

Les batteries au lithium

Connaître et prévenir les risques

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS)

pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles est une association loi 1901, créée en 1947 sous l'égide de la Caisse nationale d'assurance maladie, administrée par un Conseil paritaire (employeurs et salariés).

De l'acquisition de connaissances jusqu'à leur diffusion, en passant par leur transformation en solutions pratiques, l'Institut met à profit ses ressources pluridisciplinaires pour diffuser une culture de prévention dans les entreprises et proposer des outils adaptés à la diversité des risques professionnels à tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, services de santé au travail, instances représentatives du personnel, salariés... Toutes les publications de l'INRS sont disponibles en téléchargement sur le site de l'INRS : www.inrs.fr.

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) et les caisses générales de sécurité sociale (CGSS) de l'Assurance maladie - Risques professionnels, disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé notamment d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ces professionnels sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, instances représentatives du personnel, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Les caisses assurent aussi la diffusion des publications édités par l'INRS auprès des entreprises.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle). La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

© INRS, 2021.

Édition : Jérôme Lemarié (INRS)
Conception graphique : Julie&Gilles
Illustrations : Jean-André Deledda
Mise en pages : Opixido



ED 6407 |
Février 2021

Démarche de prévention
Équipements | Lieux de travail

Les batteries au lithium

Connaître et prévenir
les risques

Brochure INRS élaborée par S. Miraval en collaboration avec S. Hardy, F. Marc, M. Mjallad, A. Romero-Hariot, B. Salle, P. Serre et M. Vaufleury

Ce document a fait l'objet d'une relecture par A. Bordes, T. Delbaere, G. Marlair et M.-A. Soenen de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris)

Sommaire

Introduction	5
1 Définitions et terminologie	6
2 Risques	8
2.1 Risque électrique	8
2.2 Risque chimique	9
2.3 Risque d'incendie et d'explosion	9
2.4 Risque lié à la manutention des batteries	10
3 Principales mesures de prévention	11
3.1 Utilisation (manipulation, charge et décharge, maintenance)	11
3.2 Stockage	13
3.3 Gestion des batteries en fin de vie	14
Annexe	17
Transport par route des déchets de piles et batteries au lithium	
Bibliographie	19

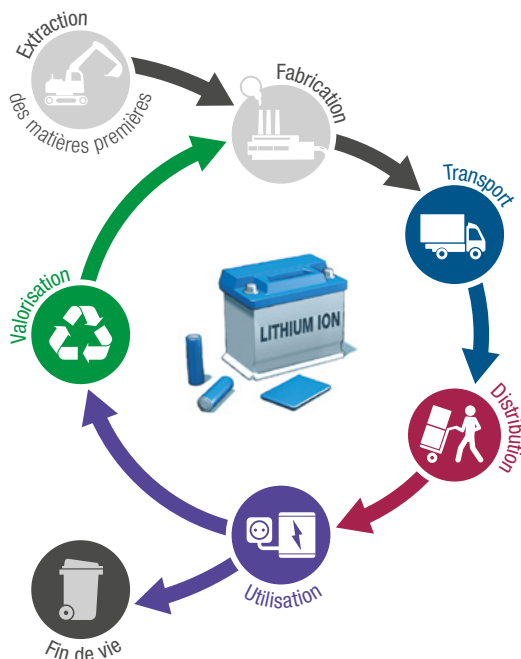
Introduction

Ces dernières années ont vu une évolution extrêmement rapide du besoin et du développement technologique des batteries et des systèmes de stockage de l'énergie. La pression sociétale et politique, destinée à limiter les émissions de polluants et plus particulièrement ceux issus des moyens de transport, a fortement contribué à cette évolution. Le besoin toujours plus important d'autonomie électrique des utilisateurs (nomadisme) et les derniers développements technologiques font ainsi du stockage de l'énergie électrique un enjeu majeur de notre société du XXI^e siècle.

Le stockage de l'énergie dans des batteries électrochimiques à base de lithium¹ est aujourd'hui une technique extrêmement répandue. De grandes familles de batteries peuvent être identifiées en fonction de la présence, d'une part, de lithium sous forme métallique (lithium primaire) ou sous forme ionique (lithium secondaire) et, d'autre part,

de l'électrolyte sous forme liquide ou gélifiée. Les technologies des batteries doivent en permanence s'adapter à une demande très forte d'amélioration de leurs performances (durée de vie, puissance, densité d'énergie, temps de charge, stabilité chimique), de réduction des coûts de fabrication et d'élimination, tout en intégrant un aspect géopolitique de gestion des matières premières nécessaires à leur fabrication. La sécurité ainsi que la prise en compte de la prévention des risques sont des facteurs qui doivent également être intégrés tout au long du cycle de vie de ces batteries.

Ce guide, à destination des employeurs, chargés de prévention, responsables HSE et utilisateurs, informe sur les principaux risques rencontrés lors des phases de manipulation, de stockage, de transport, de collecte et de tri des batteries au lithium ainsi que sur les mesures de prévention à mettre en œuvre.



1. Ce document s'intéresse essentiellement aux batteries rechargeables à base de lithium ; elles seront nommées « batteries » ou « batteries au lithium » dans la suite du document.



1. Définitions et terminologie

| Pile

Une pile est un système électrochimique non rechargeable stockant de l'énergie sous forme chimique et la restituant sous forme électrique.

| Accumulateur (ou cellule ou élément)

Un accumulateur (voir Figure n° 1) est un système électrochimique unitaire rechargeable, stockant de l'énergie sous forme chimique et la restituant sous forme électrique.

Il est généralement caractérisé par :

- sa tension nominale « U » (exprimée en volts, V), tension moyenne mesurée à ses bornes ;
- sa capacité nominale « C » (exprimée en ampères-heures, Ah), correspondant à la quantité d'énergie électrique pouvant être stockée.

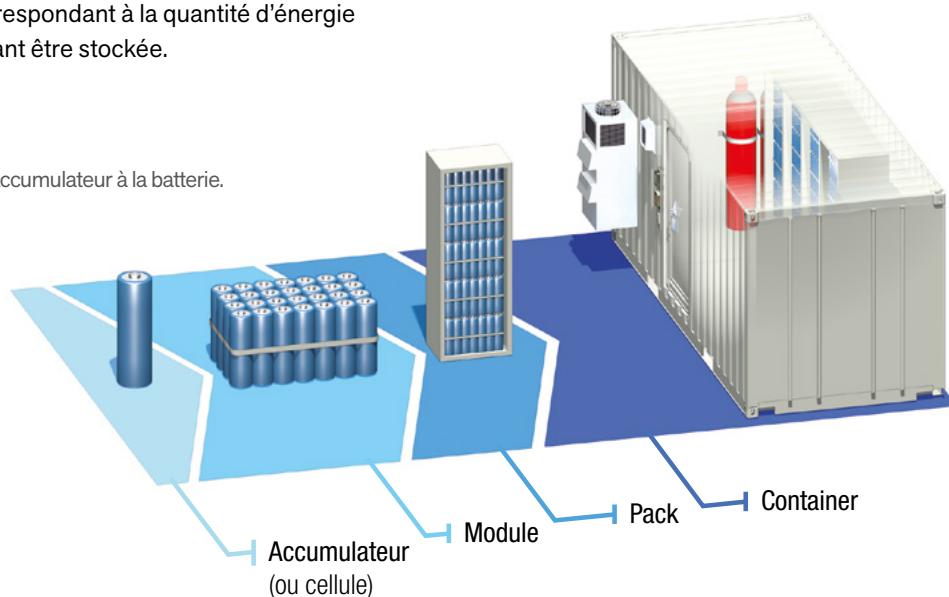
| Batterie

Une batterie est constituée de piles ou d'accumulateurs reliés entre eux en série ou en parallèle (voir Figure n° 1). Une batterie constituée exclusivement de piles ne se recharge pas.

Une batterie peut également être définie comme étant un assemblage :

- de **modules** reliés entre eux en série ou en parallèle, chaque module étant déjà un assemblage d'accumulateurs reliés entre eux en série ou en parallèle ;
- de **packs** reliés entre eux en série ou en parallèle, chaque pack étant déjà un assemblage de modules reliés entre eux en série ou en parallèle.

■ Figure n° 1 : De l'accumulateur à la batterie.



Différentes architectures de liaison existent entre accumulateurs ou modules. Le choix d'une architecture au profit d'une autre (parallèle, série ou combinaison des deux) dépendra des caractéristiques de tension et de capacité souhaitées.

Une batterie est considérée comme **usagée** dès lors que ses performances en termes de charge ou de tenue de charge ne permettent plus de l'utiliser pour son usage initial. Lorsque l'analyse des risques et la sûreté de fonctionnement le permettent, les batteries usagées peuvent parfois bénéficier d'une seconde vie : elles sont utilisées à des fins différentes de leur usage initial. L'exemple le plus courant est la conversion de batteries de véhicules en batteries de stockage stationnaire.

Une batterie est considérée comme étant **abîmée ou endommagée** si elle apparaît déformée, gonflée, percée ou si elle présente un écoulement d'électrolyte. Une batterie neuve ou usagée peut être abîmée ou endommagée. Cependant, l'endommagement d'une batterie n'est pas toujours détectable visuellement, notamment après une chute, un choc violent, une agression thermique...

Battery Management System (BMS)

Le *Battery Management System* (BMS) est le nom donné au système électronique qui supervise la gestion d'une batterie. Dans la plupart des cas, il gère le niveau de charge de chacune des cellules pour optimiser la répartition du courant, empêche la cellule et le pack de fonctionner dans des plages de températures, de tensions ou de courants non recommandées et évite toute surcharge et surdécharge de la batterie. Il permet ainsi d'assurer la sécurité de la batterie en détectant et désactivant tout élément défaillant et d'améliorer son rendement et sa durabilité. La complexité d'un BMS est étroitement liée à l'application à laquelle la batterie est dédiée, au niveau de sécurité à atteindre et à la chimie des cellules utilisées.

Le tableau ci-dessous présente quelques exemples de caractéristiques de batteries au lithium.

	Tension nominale (V)	Capacité nominale (Ah)	Poids (kg)	Nombre de cellules
Cellule unitaire	3,2 – 3,7	2,2 – 3,9	0,02 – 0,05	–
Ordinateur portable	11 – 15	2,6 – 5,2	0,2 – 0,5	3 – 8
Outillage électroportatif	12 – 48	2 – 12	0,2 – 1	10 – 40
Vélo électrique	24 – 48	10 – 20	3 – 8	10 – 50
Véhicule électrique	300 – 500	100 – 250	300 – 600	200 – plusieurs milliers
Container de stockage	600 – 800	1000 – 2000	14 000 – 19 000	Non limité <i>a priori</i>



2. Risques

Tout au long de son cycle de vie, depuis sa conception jusqu'à son recyclage, en passant par son transport, son stockage et sa manipulation, une batterie expose l'utilisateur à différents risques. Si certains sont toujours présents car inhérents à la batterie, qu'elle soit neuve ou usagée (risques électriques ou risques liés à la manipulation de batteries lourdes de véhicule électrique par exemple), d'autres risques liés aux produits qui la composent (risques chimiques, incendie/explosion) ne surviennent qu'en cas de dysfonctionnement. Les causes de ces dysfonctionnements peuvent être d'origine interne (défaut de fabrication par exemple) ou liés à un usage ou à une contrainte non conforme à l'utilisation définie par le fabricant (choc ou surcharge par exemple).

2.1 Risque électrique

L'électrisation et le flash électrique sont les deux principaux risques électriques liés à l'usage de batteries (voir Figure n°2). Leurs conséquences peuvent être plus ou moins importantes en fonction de la tension nominale et de la capacité de la batterie.

Un courant électrique traversant le corps humain provoque une électrisation ayant des conséquences multiples, notamment des contractions musculaires, une tétanie des muscles

■ Figure n°2: Le pictogramme de danger «Électricité».



■ Figure n°3: Le pictogramme de danger «Flash électrique».



respiratoires, des troubles du rythme cardiaque, des brûlures, des atteintes neurologiques... L'électrocution désigne une électrisation dont les conséquences mènent au décès.

L'énergie électrique stockée dans les batteries peut également être libérée de manière involontaire et incontrôlée en raison d'un court-circuit ou d'un arc électrique. Ces phénomènes peuvent survenir lors de la connexion ou la déconnexion des bornes d'une batterie ou lorsque des objets conducteurs entrent en contact simultanément avec les bornes positive et négative de la batterie, créant ainsi un court-circuit externe. L'endommagement d'une batterie peut également être la cause d'un

court-circuit interne ou externe. Compte tenu de l'énergie qui peut être considérable, la chaleur générée par le courant de court-circuit peut détériorer la batterie et entraîner la fusion et la projection de métal, des étincelles, des flashes, une explosion, un incendie, une vaporisation de l'électrolyte et l'émission de gaz potentiellement toxiques.

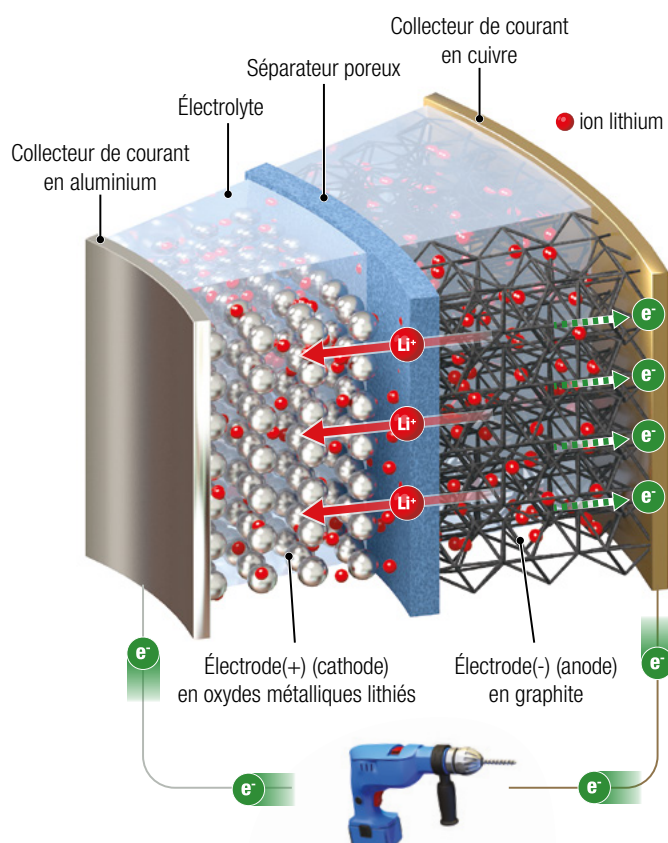
L'arc électrique (voir Figure n°3) occasionne principalement des brûlures plus ou moins graves en fonction de l'énergie libérée. Il peut également provoquer des atteintes oculaires et auditives.

2.2 Risque chimique

Le risque chimique lors de l'utilisation des batteries au lithium provient essentiellement de la présence de l'électrolyte organique liquide ou gélifié, renfermant principalement des sels de lithium dans un solvant organique, dans lequel sont plongées les électrodes, la cathode et l'anode (voir Figure n°4).

■ Figure n°4 : Constitution d'une batterie au lithium.

État de décharge



L'électrolyte est dangereux pour la santé et pourra notamment engendrer, selon sa composition, des brûlures de la peau, des effets graves sur certains organes (reins, os, dentition) en cas d'ingestion, d'inhalation ou de contact cutané, des lésions oculaires graves, une allergie cutanée.

Des conditions inhabituelles ou abusives d'utilisation (surcharge, court-circuit, présence d'une source de chaleur extérieure...) peuvent être à l'origine d'un phénomène d'emballement thermique capable de générer des fuites de cet électrolyte liquide et un dégagement de composés dangereux pour la santé comme le monoxyde de carbone, le dioxyde de carbone, le fluorure d'hydrogène, le chlorure d'hydrogène, le formaldéhyde, le fluorure de phosphoryle, le benzène, le styrène... susceptibles de contribuer à des expositions par inhalation et par contact cutané.

Les électrodes, quant à elles, peuvent notamment renfermer des oxydes métalliques potentiellement toxiques. À base de lithium, cobalt, manganèse, vanadium, nickel et fer, ces oxydes peuvent être à l'origine d'allergies voire de cancers ou être nocifs en cas d'ingestion ou d'inhalation. Ils peuvent être libérés sous forme de poussières également dangereuses pour la santé lors d'opérations de broyage ou de malaxage effectuées au cours de procédés de recyclage des batteries.

2.3 Risque d'incendie et d'explosion

Les produits chimiques constituant les cellules sont très réactifs : en effet, la majorité des électrolytes sont combustibles (voire inflammables), et le lithium sous forme métallique ainsi que certains de ses alliages réagissent violemment avec l'humidité de l'air.

Les risques d'incendie et d'explosion survenant avec les batteries sont principalement dus à des emballements thermiques (réaction chimique incontrôlée) pouvant former des atmosphères explosives, dites Atex (dégagement gazeux d'électrolyte ou de produits de combustion).

Les batteries étant conçues pour contenir de l'énergie sous forme électrochimique, un dysfonctionnement peut apporter la source d'inflammation

■ Montage d'une batterie au lithium sur un véhicule électrique de compétition.



© Fabrice Dintier pour l'INRS

(sous la forme d'un échauffement, d'une étincelle, d'un court-circuit interne ou externe...). Les effets seront d'autant plus importants que la quantité d'énergie stockée dans la batterie sera élevée. Ces dysfonctionnements résultent notamment d'un défaut de conception, d'un mauvais usage, d'un stockage inadapté, ou d'un endommagement de la batterie.

Dans le cas d'un assemblage de cellules, en fonction des sécurités en place, un événement peut rester isolé à un seul élément ou se propager à d'autres conduisant au phénomène d'emballement thermique évoqué plus haut.

2.4 Risque lié à la manutention des batteries

Certaines batteries, notamment celles équipant les véhicules et engins, peuvent peser plusieurs centaines de kilos. La manipulation de ces batteries, considérées comme des charges lourdes, peut causer des fatigues professionnelles et des affections du rachis lombaire. La répétitivité d'une tâche avec une batterie de poids moindre peut être quant à elle responsable de troubles musculosquelettiques.



3. Principales mesures de prévention

3.1 Utilisation (manipulation, charge et décharge, maintenance)

Avant toute utilisation de batteries, il convient de séparer et d'isoler celles qui apparaissent endommagées et qui feront l'objet de préconisations particulières lors de leur manipulation.

Lors de la **manipulation de batteries non endommagées**, il est nécessaire de respecter les préconisations données par le fabricant. En particulier, il est essentiel de veiller à ne pas les choquer, les faire tomber ou les percer. Des protections spécifiques contre les chocs doivent être mises en place lorsque celles prévues initialement ont été déposées et que la batterie est dissociée de l'équipement qu'elle alimente. Un choc apparemment anodin peut créer une dégradation interne favorisant un court-circuit ultérieur.

Afin de prévenir les risques liés aux troubles musculosquelettiques, les ports de charge doivent être réduits au maximum et des équipements d'extraction, de levage, de manutention ou d'aide à la manutention mis en place si nécessaire.

Pour évaluer le risque électrique et définir les mesures de prévention adaptées, trois caractéristiques importantes de la batterie doivent être prises en compte :

- le type de connectique : bornes protégées ou non (indice de protection IP)² ;
- la tension électrique U aux bornes (en volt) ;
- la capacité électrique C (en ampères-heures).

Pour des batteries de tension inférieure à 60 V et de capacité inférieure à 180 Ah, il est admis que le risque d'électrisation par contact direct n'existe pas ; toutefois, le risque de court-circuit et d'arc électrique doit tout de même être pris en compte.

La protection des connectiques (bornes d'indice de protection IP2X ou IPXXB³) permet de protéger l'opérateur contre les risques d'électrisation et de court-circuit, quelles que soient la tension et la capacité de la batterie. Pour les batteries dont la tension est supérieure à 60 V ou la capacité supérieure à 180 Ah et dont les connectiques ne seraient pas protégées (indice de protection IP2X ou IPXXB non assuré), la mesure prioritaire consiste en la pose de protections isolantes. Ces opérations tout comme les opérations ultérieures devront être confiées à du personnel dûment habilité et doté des EPI adaptés (gants isolants,

2. Le code IP (indice de protection) du matériel indique le degré de protection du matériel contre les pénétrations de corps solides étrangers (1^{er} chiffre) ou de l'eau (2^e chiffre). La lettre additionnelle (en option) donne une indication concernant la protection des personnes.

3. Le code IP2X signifie que le matériel est protégé contre la pénétration de corps solides de diamètre supérieur à 12,5 mm (ce qui équivaut à une protection des personnes contre l'accès aux parties dangereuses par le doigt) et le code IPXXB signifie que l'accès aux parties dangereuses du matériel est impossible avec le doigt.

écran de protection...). Pour définir le symbole d'habilitation le plus adapté, l'employeur devra notamment prendre en considération la nature de la batterie (batterie stationnaire, batterie de traction, etc.), la nature des opérations réalisées (manutention, connexion, nettoyage, etc.) et la valeur de la tension et de la capacité de la batterie. Pour en savoir plus au sujet de l'habilitation, consultez les brochures INRS ED 6127 et ED 6313.

La connexion et la déconnexion de batteries doivent par ailleurs être réalisées hors charge sur un circuit ouvert (circuit électrique n'étant relié à aucune résistance ou aucun élément électrique). Dès lors que les bornes de la batterie ne sont plus connectées, elles deviennent accessibles et doivent être impérativement protégées contre le risque de contact direct (mise en place de protection d'indice IP2X ou IPXXB).

Dans le cas où un grand nombre de batteries sont manipulées, une zone dédiée doit être délimitée et un équipement de protection collective (par exemple, un dossier aspirant) doit être installé pour permettre l'évacuation d'éventuels dégagements gazeux. Il existe par ailleurs des armoires de sécurité ventilées dédiées à la charge (mais aussi au stockage) des batteries au lithium.

La **manipulation de batteries endommagées** peut induire des risques chimiques (fuite de l'électrolyte à la suite d'une perte d'étanchéité de la batterie) et d'incendie/explosion avec dégagement de gaz potentiellement toxiques et corrosifs.

Cette manipulation doit être effectuée dans un espace ventilé et des précautions particulières sont à prendre comme la mise en œuvre :

- d'outils de préhension isolants (pince...) pour éviter tout contact direct avec ces batteries ;
- de matériel absorbant inerte (sable, vermiculite...) en cas d'écoulement de l'électrolyte ;
- d'un récipient incombustible et hermétique muni d'une soupape de surpression et contenant un matériau absorbant inerte et sec afin de pouvoir y mettre une batterie en dysfonctionnement lors de sa manipulation ; ce récipient est ensuite, si cela est possible, déplacé à l'extérieur ;
- d'équipements de protection individuelle adaptés : gants de protection en caoutchouc butyle (voir brochure INRS ED 112) ou gants protégeant de la chaleur et de projections de matières enflammées (type gants de soudeur), écran facial ou lunettes-masque (voir brochure INRS ED 798), vêtements de protection contre les produits chimiques de type 3 (voir brochure INRS ED 127) ; ces équipements seront complétés au besoin d'un appareil de protection respiratoire filtrant équipé de cartouches ABEK (voir brochure INRS ED 6106).

Une surveillance (contrôle de la température par caméra infrarouge par exemple) de la batterie endommagée, d'une durée appropriée à sa nature (de quelques heures pour les petits modèles à deux jours pour les batteries de véhicules), doit être mise en place en cas d'incident (choc, utilisation abusive, échauffement anormal...).

Charge des batteries

La charge doit se faire dans la plage de températures préconisée par le fabricant. Le maintien du courant de charge à un niveau approprié pour le type de batterie utilisé est d'une importance primordiale. Par conséquent, il est préconisé d'utiliser un chargeur régulé communiquant avec le BMS de la batterie, assurant ainsi une répartition adaptée de la charge entre les cellules. À défaut, la batterie court le risque d'une explosion ou d'un emballement thermique, pouvant entraîner sa destruction totale. Il est ainsi essentiel de proscrire tout usage de chargeurs inadaptés ou de contrefaçon !

La zone ou le local de charge de batteries lithium doit être ventilé mécaniquement en permanence pour qu'en cas de dysfonctionnement, un renouvellement de l'air permette de diluer les éventuels dégagements gazeux (il n'y a pas de dégagement d'hydrogène, en fonctionnement normal, durant la charge des batteries au lithium).

De plus, si la puissance de charge maximale utilisable dépasse 600 kW, la réglementation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) s'applique (voir la rubrique « 2925 : Ateliers de charge d'accumulateurs électriques » sur le site : <https://aida.ineris.fr>).

■ Moyens d'extinction et d'évacuation des fumées

Une couverture anti-feu peut être utilisée pour recouvrir une batterie de taille moyenne (outils électroportatifs, vélo...) qui présente un risque d'emballage thermique ou de combustion, caractérisé par une chaleur importante ou une déformation, un gonflement.

Un extincteur est peu adapté pour éteindre un feu de batterie ou limiter son emballement thermique car l'agent d'extinction ne pénètre pas de manière efficace à l'intérieur de l'équipement. L'utilisation d'un extincteur permet cependant d'éviter la propagation du feu à l'environnement d'une batterie en cours de combustion (l'agent d'extinction doit être adapté aux combustibles présents dans l'environnement de la batterie).

Des études sont en cours pour dimensionner des bacs d'extinction par immersion dans une solution d'eau salée. Par ailleurs, des agents d'extinction spécifiques sont en développement, à l'heure actuelle principalement des additifs permettant d'améliorer la pénétration de l'eau au sein de la batterie et d'améliorer sa capacité extinctrice.

Quelles que soient les procédures retenues et les moyens d'intervention disponibles, la conduite à tenir en cas d'urgence doit être clairement affichée au niveau du poste de travail.

Il est par ailleurs recommandé que le local dans lequel sont manipulées des batteries soit équipé d'un dispositif de désenfumage pouvant aussi servir d'aération au quotidien, afin qu'il puisse être mis en œuvre dès le début d'un dégagement de fumées ou d'un emballement thermique.

La présence d'une douche de sécurité, d'une fontaine oculaire ainsi que d'un poste de premier secours est indispensable dans les zones de travail où sont manipulées des batteries endommagées.

Un contenant compatible avec la nature de l'électrolyte (résistance à la corrosion, perméabilité...) doit être dédié à la récupération des éléments souillés (chiffons, absorbants, vêtements de protection, gants...) afin qu'ils ne puissent pas être réutilisés et qu'ils ne soient pas mélangés avec d'autres déchets. Ce contenant doit par la suite être pris en charge par une entreprise spécialisée dans le transport et le traitement des déchets dangereux. Les quantités stockées et les temps de séjour doivent être limités.

■ 3.2 Stockage

Le stockage des batteries au lithium doit se faire dans des zones ou des locaux ventilés possédant des sols imperméables ou dans des conteneurs étanches pour prévenir la pollution du sol et du sous-sol et être à l'abri de l'humidité, des sources de chaleur et des variations de température.

Les locaux de stockage doivent être délimités ou balisés et signalés de manière claire. Une indication

explicite de la présence de ces batteries au lithium doit être reportée sur les plans à destination des équipes d'intervention (sapeurs-pompier). Ces locaux seront organisés de manière à faciliter la manutention des batteries en toute sécurité (une attention particulière est notamment à porter au dimensionnement des éventuelles voies pour les engins ou équipements d'aide à la manutention).

Les préconisations suivantes doivent également être prises en compte :

- **Batteries non endommagées**

- respecter les conditions de stockage préconisées par le fabricant (notamment les plages de températures et les taux de charge) ;
- les entreposer dans un local, une zone dédiée ou une armoire de caractéristique de résistance au feu EI 60 minimum (coupe-feu 1 heure) ;
- empêcher le contact de batteries entre elles afin d'éviter les courts-circuits quand elles ne sont pas conservées dans leur emballage d'origine (connectiques IP2X ou IPXXB ou mise en place de protections amovibles sur les bornes assurant un indice de protection IP2X ou IPXXB).

- **Batteries endommagées**

- protéger leurs bornes (connectiques IP2X ou IPXXB ou mise en place de protections amovibles sur les bornes assurant un indice de protection IP2X ou IPXX) ;

- les conserver à l'écart des autres batteries, à l'abri de l'humidité, des sources de chaleur et variations de température ;
- les stocker dans des récipients incombustibles, hermétiques (non métalliques pour éviter les courts-circuits et obligatoirement munis d'un sac plastique étanche pour contenir d'éventuelles fuites d'électrolyte) et disposant d'une soupape de surpression. Si plusieurs batteries sont stockées dans le même récipient, elles doivent être de la même famille (lithium primaire ou ionique) et séparées par une couche suffisamment épaisse et uniforme de matériau absorbant inerte (sable, vermiculite) ;
- disposer ces récipients de préférence dans une armoire EI 60, en extérieur ou dans un local dédié suffisamment ventilé et présentant une résistance au feu au minimum EI 60 (coupe-feu 1 heure) ;
- pour les batteries susceptibles de réagir violemment, une option consiste à les immerger dans de grandes quantités de solution salée pour les stabiliser voire les inerte électrochimiquement (l'eau alors souillée devant ensuite être traitée). Attention cependant car un risque d'inflammation existe lors de la sortie de la batterie de la solution ;
- ne pas stocker à proximité des batteries non endommagées.

■ Moyens d'extinction automatiques

D'une manière générale, les systèmes automatiques d'extinction ne sont pas d'une grande efficacité contre un incendie de batteries pour les mêmes raisons que celles évoquées concernant l'efficacité des extincteurs, mais ils sont un bon moyen de limiter la propagation de l'incendie. En première approche, au regard de l'énergie électrique contenue dans les batteries et de la possibilité de les mettre en court-circuit, les systèmes automatiques à eau ne sont pas conseillés. Cependant, des études menées par des sociétés d'assurance ont montré qu'ils peuvent avoir une bonne efficacité en augmentant les débits d'eau et le nombre de point de diffusion. Une étude spécifique doit donc être menée par un spécialiste afin de déterminer et de garantir l'efficacité de l'installation.

3.3 Gestion des batteries en fin de vie

En vue de leur élimination, les batteries sont préalablement déchargées et stockées dans les conditions décrites aux § 3.1 et 3.2.

■ Cadre juridique

À la date de publication de ce guide, les objectifs de collecte et de recyclage des batteries sont fixés au niveau communautaire dans la directive n° 2006/66/CE du 06/09/06 modifiée relative aux piles et accumulateurs ainsi qu'aux déchets de piles et d'accumulateurs et abrogeant la directive 91/157/CEE. Le taux de collecte minimal de ces déchets est fixé à 45 % depuis le 26 septembre 2016.

Les déchets collectés doivent être soumis à un traitement consistant *a minima* en l'extraction des fluides et acides qu'ils contiennent permettant notamment un recyclage d'au moins 50 % du poids moyen des déchets de piles et d'accumulateurs autres que ceux au plomb-acide et nickel-cadmium (les batteries au lithium sont par conséquent concernées par ces dispositions).

Ces dispositions sont fixées dans le Code de l'environnement (articles R. 543-124 à R. 543-134) et l'arrêté du 9 novembre 2009 relatif au transit, au regroupement, au tri et au traitement des piles et accumulateurs usagés prévus à l'article R. 543-131 du chapitre III du titre IV du livre V de la partie réglementaire du Code de l'environnement, modifié.

Des évolutions réglementaires au niveau communautaire vont imposer à court terme des rendements de recyclage spécifiques pour les batteries au lithium et leurs composés (*voir Bibliographie, Autres documents page 19*).

Collecte

Soumise au dispositif de responsabilité élargie des producteurs (REP), la gestion de la filière des déchets de piles et batteries peut être organisée selon deux procédures :

- procédure d'approbation pour les systèmes individuels mis en place par les metteurs sur le marché (par exemple dans le domaine des piles et batteries automobiles) ;
- procédure d'agrément pour les éco-organismes : Screlec et Corepile sont les deux éco-organismes disposant d'un agrément au moment de la publication de ce guide, vers lesquels il convient de se rapprocher pour organiser la reprise et le traitement de ces déchets.

Non triés dans les points de collecte (magasins, déchèteries), ces déchets sont par défaut classés dans la catégorie des déchets dangereux codifiés « 20 01 33* » selon la nomenclature européenne des déchets, en matière de transport et de traitement (l'astérisque du code déchet signifie que le déchet est dangereux).

Les contenants doivent être étiquetés « 9A » pour le transport et entreposés à l'abri de l'humidité, dans un endroit ventilé, sur une surface imperméable pour prévenir la pollution du sol et du sous-sol. Ils doivent pouvoir être fermés. Les emballages utilisés sont ceux préconisés et mis à disposition par les éco-organismes et répondant aux critères décrits dans l'annexe « Transport par route des déchets de piles et batteries au lithium » (page 17) en vue de leur collecte et leur expédition vers les installations de traitement.

Tri

Les déchets de piles et batteries au lithium doivent être séparés des autres types de piles et batteries afin de faciliter leur traitement ultérieur. Ces opérations de tri sont réalisées dans des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) réalisant le tri-transit-regroupement des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE), de déchets contenant des substances ou des mélanges dangereux et de déchets dangereux.

Le tri est réalisé manuellement sur un tapis adapté, après une étape préalable de criblage mécanisé permettant de séparer les piles boutons et les piles plates des autres piles et batteries. La conception de la cabine de tri devrait s'appuyer sur les préconisations de la norme NF X35-702 « Principes ergonomiques pour la conception des cabines de tri des déchets recyclables secs ménagers et assimilés issus des collectes sélectives »

pour notamment réduire les risques de troubles musculo-squelettiques et permettre une bonne ventilation des postes de travail. La formation des opérateurs de tri (voir encadré « Formation », page 16) intègre la reconnaissance des types de piles et batteries pour éviter les risques d'accident en cas de mélange de piles et batteries incompatibles entre elles. Ils sont équipés de vêtements de travail à manches longues, de chaussures de sécurité, de gants de protection contre les risques chimiques, anti-coupure et anti-piqûre (ces gants doivent néanmoins permettre de conserver une bonne dextérité), de protections auditives et de lunettes de sécurité.

Les zones d'entreposage sont couvertes, ventilées, construites avec des matériaux résistants au feu, et dotées d'un dispositif de désenfumage. Elles doivent être clairement identifiées, et les distances de sécurité entre les lots de déchets entreposés présentant des incompatibilités chimiques entre eux doivent être respectées selon les dispositions fixées dans la réglementation ICPE en fonction de la rubrique concernée. Pour information, une distance d'environ 10 mètres est équivalente à un mur REI 120 (coupe-feu 2 heures).

■ Signalétique d'une zone d'entreposage de piles en mélange en attente de tri dans une installation de tri-transit-regroupement de DEEE.



© Lumiver

Une zone tampon est aménagée pour isoler les fûts suspects avant ou lors de leur ouverture (fût déformé par un choc, écoulement d'électrolyte, présence d'une quantité d'eau, dégagement de fumée, paroi chaude au contact du fût...). Un bac contenant du sable sec est positionné à proximité de cette zone pour y plonger les déchets en cas d'échauffement et d'endommagement constatés.

L'opérateur chargé de l'ouverture des fûts « suspects » doit être équipé, en plus de ses vêtements de travail :

- d'un écran facial ;
- d'un tablier et de gants résistants aux produits chimiques et à la chaleur (voir brochures INRS ED 127 et ED 112) ;
- d'une protection respiratoire filtrante munie de cartouches ABEK (voir brochure INRS ED 6106).

Le transfert des fûts vers les postes de tri est réalisé délicatement pour éviter d'endommager les piles et batteries. La zone doit être régulièrement nettoyée pour éviter l'écrasement des déchets tombés au sol. Des caméras thermiques ou des détecteurs de fumée correctement répartis dans les zones d'entreposage et de tri, reliés à des dispositifs d'alarme, peuvent améliorer le délai d'intervention pour la prise en charge d'un début d'incendie et réduire le risque de propagation du feu dans l'installation (voir encadré « Moyens d'extinction et d'évacuation des fumées » page 13).

Recyclage

Les deux principaux modes de traitement des batteries au lithium sont l'hydrométallurgie et la pyrométallurgie. Les risques spécifiques et les mesures de prévention associées à ces deux procédés ne sont pas abordés dans ce document.

Formation des salariés

Le personnel étant en contact avec des batteries ou évoluant à leur proximité doit être dûment formé à la prise en compte des risques et aux mesures de prévention et de protection correspondantes, ce qui comprend notamment :

- la conduite à tenir en cas de déversement sur le sol : endiguer et recueillir avec une matière absorbante (sable, terre, etc.) ;
- la conduite à tenir en cas de projections cutanées et/ou oculaires : rincer immédiatement et abondamment la peau et/ou les yeux (paupières ouvertes) avec de l'eau pendant au moins 15 minutes ; compte tenu de la gravité potentielle des effets, une évaluation médicale est nécessaire dans tous les cas : appeler rapidement le Samu qui guidera la suite de la prise en charge en fonction des circonstances d'exposition et de l'état du salarié ;
- la conduite à tenir en cas de dégagement gazeux, d'emballement thermique, de gonflement, de combustion... ;
- la conduite à tenir vis-à-vis du risque électrique. Il est important de rappeler que toute opération sur des batteries dont les connectiques ne seraient pas protégées, dès lors que la tension aux bornes est supérieure à 60 V en courant continu ou la capacité supérieure à 180 Ah, doit être réalisée par des personnes spécifiquement habilitées par l'employeur ;
- la conduite à tenir en cas d'accident électrique (protéger, alerter, secourir).

ANNEXE

Transport par route des déchets de piles et batteries au lithium



Les piles et batteries au lithium sont classées dans la réglementation transport matières dangereuses (ADR : Accord pour le transport des marchandises dangereuses par la route) comme des marchandises dangereuses et sont identifiées par un numéro ONU (voir tableau ci-dessous) :

■ Étiquette classe 9A



3090	Piles au lithium métal (y compris les piles à alliage de lithium)
3091	Piles au lithium métal contenues dans un équipement (y compris les piles à alliage de lithium)
3091	Piles au lithium métal emballées avec un équipement (y compris les piles à alliage de lithium)
3480	Piles au lithium ionique (y compris les piles au lithium ionique à membrane polymère)
3481	Piles au lithium ionique contenues dans un équipement (y compris les piles au lithium ionique à membrane polymère)
3481	Piles au lithium ionique emballées avec un équipement (y compris les piles au lithium ionique à membrane polymère)
3536	Batteries au lithium installées dans des engins de transport (batteries au lithium ionique ou batteries au lithium métal)

Les numéros ONU des piles et batteries au lithium et leur classe 9 – M4 (classe 9 : matières et objets divers dangereux ; M4 : piles au lithium) doivent être reportés sur les emballages et les documents de transport.

Les piles et batteries au lithium sont soumises à l'étiquetage de classe 9A pour le transport, cet étiquetage apparaissant sur les conditionnements. Différentes exigences s'appliquent pour leur transport, par exemple une restriction de poids transporté (à l'exception des batteries de code ONU 3536 installées dans les engins de transport) et une restriction de circulation en tunnel.

Le document de transport doit mentionner les renseignements prévus à l'ADR, et les consignes spécifiques de sécurité liées à la dangerosité des déchets de piles et batteries au lithium doivent être connues des membres de l'équipage (risques de brûlures, risque d'incendie, risque d'explosion et risques pour l'environnement en cas de déversement).

Attention

Selon les codes ONU, plusieurs dispositions spéciales permettent une exemption totale à l'ADR pour le transport. Selon qu'il s'agit de piles ou batteries au lithium ionique ou au lithium métal, les dispositions spéciales s'appliquent en s'appuyant sur les critères suivants :

- teneurs maximales en lithium ;
- seuils de capacité d'énergie ;
- masse des colis ;
- piles ou batteries intégrées ou non dans des équipements, masse totale dans l'équipement.

Ces dispositions spéciales sont toutefois accompagnées de conditions d'emballage devant être respectées pour pouvoir en bénéficier. Il convient de se référer à l'ADR pour connaître l'ensemble des dispositions spéciales possibles et leurs critères, et définir les procédures adaptées avec un conseiller à la sécurité transport matières dangereuses (TMD).

Si les piles ou batteries sont endommagées ou défectueuses et selon leur nature, les mentions à porter sur l'emballage sont les suivantes : « Piles ou batteries au lithium ionique endommagées/

défectueuses » ou « Piles ou batteries au lithium métal endommagées/défectueuses ».

L'emballage des piles et batteries endommagées ou défectueuses non susceptibles de réagir dangereusement s'effectue selon les dispositions de la procédure P908 (ou LP904) de l'ADR. Les bornes des batteries endommagées sont protégées. Elles sont placées individuellement dans un emballage intérieur étanche fermé et non conducteur de l'électricité, placé dans un emballage extérieur non combustible dans lequel est ajouté un matériau de rembourrage

■ Figure n°5: Exemple de conditionnement pour le transport de piles et batteries au lithium endommagées et présentant un risque de réagir dangereusement, dans laquelle sont versés des sachets absorbants de vermiculite.



■ Figure n°6: Mention apposée sur des fûts métalliques contenant des piles destinées au recyclage.



sec, non combustible et non conducteur de l'électricité (type vermiculite) évitant les vibrations, les frottements et les chocs lors du transport. Si leur masse est supérieure à 30 kg, elles doivent être emballées individuellement dans un emballage extérieur.

Si les piles et batteries sont endommagées ou défectueuses et susceptibles de réagir dangereusement (production de flamme, de dégagement de chaleur, émission de gaz ou vapeurs toxiques, corrosifs et inflammables dans les conditions normales de transport), leur emballage s'effectue selon les dispositions de la procédure P911 (ou LP906) de l'ADR, dans des conteneurs (voir Figure n°5) respectant notamment les critères de sécurité suivants :

- emballages résistants à la chaleur (100 °C maximum en surface extérieure, pointe momentanée à 200 °C maximum) ;
- dispositif de protection contre les surpressions ;
- intégrité du colis conservée en cas d'inflammation à l'intérieur.

Lorsque des piles et batteries sont transportées en vue de leur élimination ou de leur recyclage, leurs emballages doivent porter les mentions correspondantes « Piles ou batteries au lithium pour élimination » ou « Piles ou batteries au lithium pour recyclage » (voir Figure n°6). Si les piles et batteries sont endommagées ou défectueuses, il convient d'indiquer la mention adéquate (voir Figure n°5). Un bordereau de suivi de déchets dangereux est établi pour chaque unité de transport.

Bibliographie



Documents INRS (www.inrs.fr)

- Dossier web « Énergie / Utilisation de batteries au lithium »
- Dossier web « Risques électriques »
- Dossier web « Métiers de l'environnement »
- L'habilitation électrique (ED 6127)
- L'habilitation électrique – Opérations sur véhicules et engins (ED 6313)
- L'essentiel sur l'incendie sur le lieu de travail (ED 6336)
- L'essentiel sur l'explosion d'Atex sur le lieu de travail (ED 6337)
- Consignes de sécurité incendie. Conception et plans associés (ED 6230)
- Le transport des matières dangereuses – L'ADR en question (ED 6134)
- Les équipements de protection individuelle des yeux et du visage – Choix et utilisation (ED 798)
- Des gants contre le risque chimique. Fiche pratique de sécurité (ED 112)
- Les appareils de protection respiratoire – Choix et utilisation (ED 6106)
- Quels vêtements de protection contre les risques chimiques (ED 127)

Autres documents

- *Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR)*. UNECE (www.unece.org/fr/trans/danger/publi/adr/adr_f.html)
- Organisation professionnelle RECHARGE (rechargebatteries.org/)
- Proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil relatif aux batteries et aux déchets de batteries, abrogeant la directive 2006/66/CE et modifiant le règlement (UE) 2019/1020 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:52020PC0798>)

Toutes les publications de l'INRS sont téléchargeables sur ■

www.inrs.fr

Pour commander les publications de l'INRS au format papier ■

Les entreprises du régime général de la Sécurité sociale peuvent se procurer les publications de l'INRS à titre gratuit auprès des services prévention des Carsat/Cramif/CGSS. Retrouvez leurs coordonnées sur www.inrs.fr/reseau-am.

L'INRS propose un service de commande en ligne pour les publications et affiches, payant au-delà de deux documents par commande.

Les entreprises hors régime général de la Sécurité sociale peuvent acheter directement les publications auprès de l'INRS en s'adressant au service diffusion par mail à service.diffusion@inrs.fr.

Les batteries au lithium sont aujourd'hui omniprésentes dans le milieu professionnel, que ce soit dans des applications mobiles (équipement électronique portable, équipement de levage et manutention, outillage électroportatif, véhicule...) ou des applications fixes (stockage de surplus d'énergie électrique...). Lors des phases de manipulation, de stockage, de transport, de collecte ou encore de tri de ces batteries, les salariés peuvent être exposés à des risques d'incendie, d'explosion mais aussi électriques, chimiques. Cette brochure à destination des employeurs, chargés de prévention, responsables HSE et utilisateurs, explique ces différents risques et propose les mesures de prévention adaptées.



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail
et des maladies professionnelles
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris
Tél. 01 40 44 30 00 • info@inrs.fr

Édition INRS ED 6407

1^{re} édition | février 2021 | 1 000 ex. | ISBN 978-2-7389-2628-9

L'INRS est financé par la Sécurité sociale
Assurance maladie / Risques professionnels