

Les batteries : de quoi parle-t-on, chimies, segmentation du marché
(étude ADEME) « Piles et accumulateurs industriels »

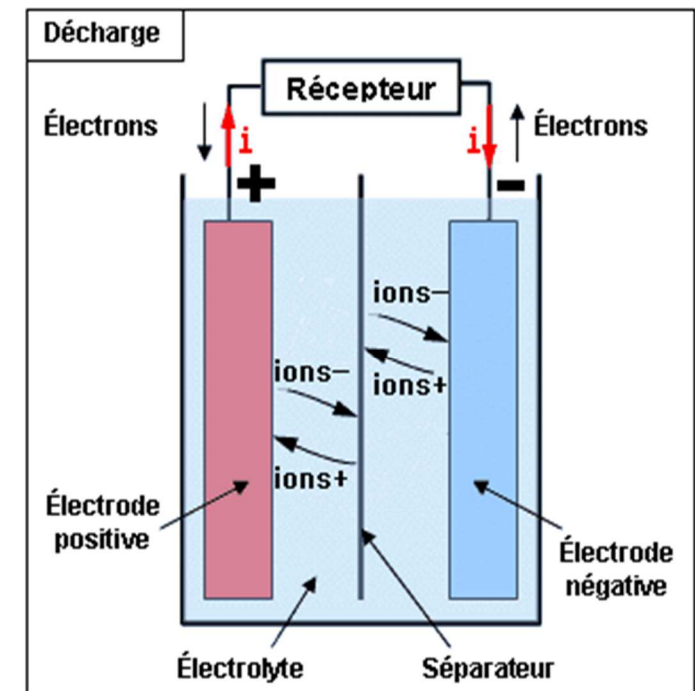
Définitions et contexte réglementaire de la filière

Un accumulateur (cellule) est constitué de quatre éléments :

- La cathode (reçoit les électrons)
- L'anode (libère les électrons)
- L'électrolyte (conducteur pour assurer le transfert des charges mais inerte vis-à-vis des matériaux d'électrodes)
- Le séparateur (isolant mais poreux pour permettre le passage des ions)

Un accumulateur est basé sur un système électrochimique réversible.
Il est rechargeable.

Nombreuses interactions électrochimiques, notamment aux interfaces, réactions parasites avec la répétition des cycles, systèmes très complexes... mise au point très longue.



Une batterie est un assemblage d'accumulateurs:

- En série pour additionner les tensions
- En parallèle pour additionner les capacités

+ Connectique + BMS + boîtier (casing)



© LionTec

Cellule standard
18650 (Li-ion)
3,6 V / 2,5 Ah



Pack (Li-ion)



Batterie VEH (Li-ion)
350 V / 200 Ah

Tous les accumulateurs n'ont pas les mêmes caractéristiques et ne répondent pas au même besoin, ils sont plus ou moins performant en matière de cyclage, de densité d'énergie et de densité de puissance.

Cyclage / secours

- En cyclage : subira des cycles de charge et décharge réguliers lors de son utilisation.
- En secours : ne sera sollicité qu'en cas de coupure du réseau d'alimentation principal.

Puissance / Energie

- « en puissance » exige de la batterie la capacité de renvoyer une forte intensité en peu de temps (type batterie de démarrage / outillage industriel).
- « en énergie » exige une forte capacité de stockage afin de pouvoir délivrer un courant de faible intensité mais sur une longue durée (type stockage stationnaire)

Fixe / Mobile

- Le poids (et donc la densité d'énergie) est un facteur déterminant pour une utilisation mobile

- **Depuis les années 90 Directive 91/157/CEE :**
 - obligations en matière de collecte séparée des P&A
 - information au public et marquage pour les piles et accumulateurs (mercure, du cadmium et du plomb)

- **Réglementation régulièrement renforcée, pour :**
 - réduire la dangerosité des déchets de P&A (mercure et cadmium)
 - favoriser la collecte, le recyclage et la valorisation des matières premières

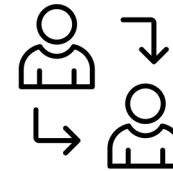
- **Directive 2006/66/CE** transposée en droit français par le décret 2009-1139 (22/09/2009) > REP :
 - systèmes garantissant que **toutes les piles et tous les accumulateurs** soient collectés en vue de leur recyclage.
 - **principe de la REP** : financer la collecte, le traitement et le recyclage des piles et accumulateurs qu'ils mettent sur le marché.

- **Pour cela :**



Soit assurer directement l'élimination de leurs déchets de P&A (individuellement ou collectivement)

OU



Soit transférer leurs obligations à l'utilisateur final industriel ou professionnel, au travers d'accords directs

- **Concrètement, les producteurs doivent (en France) :**



S'enregistrer auprès de l'ADEME (registre SYDEREP) + préciser leur mode d'organisation

ET



Déclarer annuellement les quantités mises sur le marché, les quantités collectées et traitées en fonction de la nature chimique des P&A industriels.

Rendements de recyclage (Données France)

- Depuis 2014 > reporting sur les rendements de recyclage
- Reporting réalisé par site de traitement, par procédé de traitement et par catégorie de PA
- Compilation par les pouvoirs publics > moyenne pondérée (sur les tonnages traités)

Les résultats des **rendements de recyclage de la France** sont synthétisés ci-dessous :

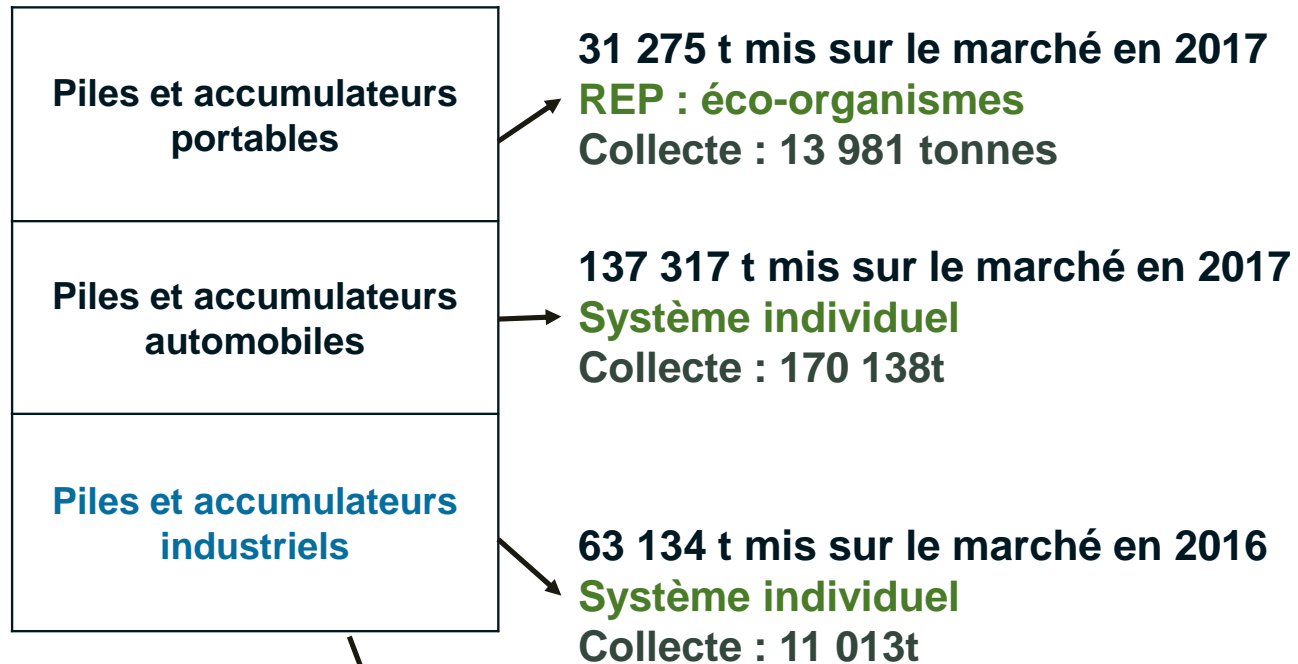
Nature de PA	Objectif européen	Rendement de recyclage					
		2012	2013	2014	2015	2016	2017
Accumulateurs NiCd	75 %	77 %	79 %	77 %	81 %	81 %	79%
Accumulateurs Plomb	65 %	> 70 %	> 70 %	84 %	82 %	81 %	85 %
Autres piles et accumulateurs	50 %	53 %	57 %	58 %	64 %	61 %	75 %

Source : données des recycleurs, compilées par les pouvoirs publics.

- La réglementation définit trois types de P&A en fonction de leur utilisation :

Piles et accumulateurs portables	Piles, piles boutons, assemblages en batterie ou accumulateurs qui sont scellés, sont susceptibles d'être portés à la main et ne sont ni des piles et accumulateurs automobiles ni des piles ou accumulateurs industriels	→ REP : éco-organismes
Piles et accumulateurs automobiles	Piles ou accumulateurs destinés à alimenter un système de démarrage, d'éclairage ou d'allumage.	→ Système individuel
Piles et accumulateurs industriels	Piles ou accumulateurs conçus à des fins exclusivement industrielles ou professionnelles ou utilisés dans tout type de véhicule électrique.	→ Système individuel

**Étude ADEME menée en 2016-2017 par Alterinnov et Recystem Pro :
« Évaluation de la filière des piles et accumulateurs industriels »**



**Étude ADEME menée en 2016-2017 par Alterinnov et Recystem Pro :
« Évaluation de la filière des piles et accumulateurs industriels »**

***Étude ADEME menée en 2016-2017 par Alterinnov et Recystem Pro :
« Évaluation de la filière des piles et accumulateurs
industriels »***

« Évaluation de la filière des piles et accumulateurs industriels »

Méthodologie de l'étude

- Segmentation du marché – répartition par chimie
- Ateliers de travail réguliers avec les acteurs de la filière
- Enquête auprès des metteurs en marché, collecteurs et recycleurs (environ 800 entités enquêtées)
- Zoom sur des familles de P&A

Spécificités, avantages et inconvénients selon la chimie utilisée (pour les technologies les plus courantes en P&A industriels)

Plomb-Acide : Robustesse, facilité d'utilisation, cout avantageux 80 à 90 % du volume de batteries tous marchés confondus

- robustes, fiables, peu chères et facilement recyclables
- fonctionne aussi bien en cyclage qu'en secours
- faible densité d'énergie
- Charge et décharge non contraignante
- fin de vie soudaine

Ni-Cd : Robustesse, fiabilité, facilité d'utilisation

- Durée de vie importante, vieillissement et perte de performance progressif, facilité de maintenance, fiable dans des conditions d'exploitation difficile (variation de T, pression, vibrations.....)
- Utilisée en **secours** ou en **cyclage**
- Charge et décharge non contraignante
- 3 à 4 fois plus cher que le Plomb
- **utilisation fortement encadrée** par la réglementation dans le cadre de la restriction d'utilisation des substances dangereuses (interdiction en portable)
- Sites isolés, conditions extrêmes, secours en transport ferroviaire et aérien

Ni-MH

- **Forte densité d'énergie** (mais moins que le Li-ion)
- Moins cher que le Li-ion
- Technologie plus complexe, a ouvert la voie au Li-ion (anode d'intercalation)
- Exige un chargeur « intelligent » - ne supporte pas les dépassements de charge.
- Remplacé par le Li-ion dans de nombreuses applications

Lithium ion : Applications mobiles

- **2%** de Lithium dans les batteries Li-ion, diversité de composition du Li-ion
- **Forte densité d'énergie**
- Fonctionne en puissance et en énergie
- Prix baissé au cours des dernières années, favorise le développement (en remplacement du Ni-Cd et Ni-MH par ex. sur l'outillage portatif)
- **Sécurité**
 - Utilisation : Risques d'emballement thermique maîtrisés (gestion des phase de charge et décharge – BMS)
 - Risques de départ de feu **en cas d'atteinte à l'intégrité** (écoulement de l'électrolyte) – précautions au recyclage

Autres chimies du marché P&A

- Il existe de nombreuses autres chimies, minoritaires, dont les enjeux en matière de recyclage sont de ce fait moins importants
 - Na-S, batteries à flux, LMP, Ni-Zn, Ni-Fe, Zebra (Sodium-Chlorure de Nickel), Zn-Air....etc
 - Pile à combustible (Hydrogène)

R&D – les batteries du futur

- Technologies Métal-Air, X-ion, Li-S
 - Potentiel théorique pour une meilleure densité d'énergie
 - De nombreux verrous technologiques avant un développement commercial
 - 10 à 15 ans avant une éventuelle entrée significative sur le marché
- Amélioration du Li-ion
 - Mobilise une grande partie des financements en R&D
 - Technologie « tout solide »
 - Production série en 2025 ?

Bilan comparatif des technologies de batteries selon des critères non liés à la performance

	Pb	Ni-Cd	Ni-MH	Li-ion
Prix	+++	++	+	-
Sécurité d'utilisation	+++	+++	++	-
Facilité de gestion (maintenance, charge et décharge)	++	++	-	--
Fiabilité dans un environnement extrême (T° / chocs)	+	++	+	-

Légende couleur :

Stable
En cours d'évolution

Légende : plus il y a de « + » et plus la chimie présente un intérêt positif par rapport au critère évalué.

- Les chimies ne sont pas toujours **interchangeables** > l'apparition de nouvelles chimies ne vient **pas forcément remplacer les anciennes** (ex : Plomb et le Ni-Cd restent largement utilisées).
- L'**électronique portable** (ordinateur portable, téléphone,...) puis la **mobilité électrique** ont favorisé **l'émergence du Ni-Mh puis du Li-ion**
- **Augmentation de la densité d'énergie** (pour limiter le poids embarqué) pour les applications mobiles
- Li-ion : **poids limité mais autonomie suffisante...** d'où son développement malgré un certain nombre d'inconvénients (sécurité, gestion des phases de charge et décharge, prix)

Segmentation de la filière réalisée avec les acteurs de la filière

Piles primaires comptage

Compteurs intelligents réseaux de distribution eau, électricité, gaz

Systèmes d'alarme professionnels

Li-Primaire, Alcalines/salines

Accumulateurs: Applications stationnaires

Usage en secours

Système d'alarme pro
Éclairage de sécurité
Alimentation de secours (industries, santé...) AC et DC

Pb, Ni-Cd, Ni-MH

Usage en cyclage

Installation photovoltaïque

Pb (80%), Li-ion (10%), Ni-Mh (10%)

Stockage restitution réseau, ENR, Smart grid

Pb (10%), Li-ion (90%)

Accumulateurs: Applications mobiles

Usage secours

Transport ferroviaire et aéronautique

Ni-Cd majoritaire, Pb, Li-ion (aviation)

Usage cyclage

Equipements de levage et de manutention et nettoyage
Pb (95%), Li-ion (5%)

Véhicules électriques (2, 3 et 4 roues) - **Li-ion (90%)**

Véhicules électriques marins - **Pb (95-99%)**

Dispositif médicaux
Li-ion

Enseignements segmentation et de l'enquête

- Forte croissance du Li-ion portée par la mobilité et ENR - Enjeux : sécurisation du flux (départ de feu) et financement de la filière
- Concentration des tonnages par quelques secteurs et des acteurs internationaux, **problèmes d'identification marginaux** (portable / industriel / automobile) et **organisation efficiente**

Voitures électriques

Télécommunications

Manutention - chariots élévateurs

Production et la distribution
électrique

Transport ferroviaire

- **91 % des tonnages de P&A industriels mis sur le marché (registre SYDEREP) sont déclarés par 18 acteurs** > marché est massifié
- Autres secteurs d'activités (ex : équipements électrotechniques) - grand nombre d'entreprises de petite taille
 - > modes d'organisation moins structurés
 - > gisement de P&A important en **unités, diffus, très diversifié**, intégré dans des Equipements Electriques et Electroniques (EEE)

- **Améliorer le suivi et la traçabilité des volumes en prenant en compte**
 - **Les entreprises non déclarantes** et/ou les **problèmes de classification** (portable/industriel) : entreprises de vente à distance, intégrateurs de P&A dans des EEE ou encore nouveaux secteurs émergents > structuration en cours exemple des VAE
 - **La complexité de la réglementation** (classification) et son **manque de cohérence avec la réalité opérationnelle** (différences de logique avec la réglementation DEEE, cohérence avec les canaux de collecte)
 - Les problèmes de marquage et d'identification des chimies
- **Pérenniser la filière (capacités de traitement et financement)**
 - Aujourd'hui, la filière des P&A industriels est largement dominée par les batteries au plomb – les tonnages non pris en charge restent marginaux
 - Evolution en cours : augmentation des volumes de P&A industriels (VEH et mobilité électrique, stockage EnR) et forte pénétration du Li-ion dont le recyclage n'est pas autofinancé.
- Enjeux de l'étude : **travailler avec les acteurs de la filière pour porter au niveau européen les propositions** (marquage, canaux de collecte) – les propositions ont aidé à formuler la position française dans le cadre de la **révision de la directive européenne**

Merci de votre attention

<https://www.ademe.fr/evaluation-filiere-piles-accumulateurs>

Manon CARRE
Alterinnov

Batteries : comment les recycler ou leur donner une seconde vie ?
| 21 mai 2019 | Paris

