



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Constantine 1 frères Mentouri
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département : écologie et environnement

قسم:

Mémoire présenté en vue l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Science de la nature et la vie

Spécialité : écologie fondamentale et appliquée

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé

Recyclage des batteries au plomb – acide au niveau de la wilaya de Oum EL Baoughi

Présenté et soutenu par :

Le :12/06/2024

- ZOUGHBI LAMIS
- NEKAA INDJAD

Jury d'évaluation :

Président : DrTouati Laid, Prof,UFMCI

Rapporteur : Mme Boughaba Rokia, MAB, UFMCI

Examinatrice : Dr Cheriti Oumnya, MAB, UFMCI

Année universitaire
2023 - 2024



Remerciement

Nous ne saurions commencer sans pour autant remercier tout d'abord ALLAH le tout puissant de nous avoir accordé paix, santé, sérénité, et surtout abnégation et courage pour poursuivre nos études, et espérer un avenir meilleur.

Nous tenons à remercier de tous nos cœurs nos parents que nous aimons, tant et qui nous ont toujours soutenue, merci encore chers parents.

Nous exprimons toute notre gratitude et nos remerciements les plus Chaleureux à Dr BOUGHABA ROKIA, qui a assuré l'encadrement de ce mémoire, par leur conseil et leur disponibilité.

Nous adressons aussi nos vifs remerciements aux membres des jurys, pour avoir bien voulu examiner et juger ce modeste travail.

Nous sommes reconnaissants également envers tous les enseignants du département d'Ecologie fondamentale et appliqué, et notamment le chef de département.

Merci également à toute l'équipe de SARL EL CHAFEK particulièrement KHELLOUF HAMZA et SARL FABCOM particulièrement MR ABDELLAH et NADJI de nous avoir donné la possibilité de disposer de toutes les informations pour l'élaboration de ce travail.

Merci à tous ceux qui ont, de près ou de loin, contribué à la faisabilité de ce mémoire, ces personnes qui ont toujours manifesté leur attachement





Dédicace

Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail. Je dédie ce mémoire :

À mon très cher père Mohammed, Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es. Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation. Je t'aime papa et j'implore le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.

À ma chère mère DJAMILA, qui a toujours cru en moi et m'a encouragé à poursuivre mes rêves, même lorsque les obstacles semblaient insurmontables. Sans toi, je n'aurais pas acquis la force et la résilience nécessaires pour aboutir à ce stade. Ta lumière et ton amour continueront d'éclairer mon chemin.

A mes chers parents, que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, pour leur patience illimitée, leur encouragement continu, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect pour leurs grands sacrifices.

A mes chères frères témoins des étapes de ma vie, dans ma joie et ma tristesse, pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.

À mon grand-père Ahmed (que Dieu lui fasse miséricorde), mon plus grand amour et soutien

A ma chère binôme lamis, ton soutien sans faille et ton esprit libre ont toujours éclairé mon chemin. En écrivant ces lignes, je te remercie de l'énergie positive que tu apportes dans mon existence. Ta présence dans mon cœur est un trésor précieux. Merci.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible, Merci d'être toujours là pour moi.

Indjad





Dédicace

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut.

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect,

Et la reconnaissance que j'ai,

À ma grand-mère MESSAI sassia, qui m'a accompagné par sa prière, sa douceur, et son amour
inconditionnel.

À mon grand-père SAIB Ahmed, Qui je souhaite une bonne santé.

À mes très chers parents Zoughbi kamel et Saib Chafia,

Vous m'avez donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.

Une mère merveilleuse, la prunelle de mes yeux et ma raison de vivre,

Ma maman chérie qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences
et qui n'a épargné aucun effort pour

Me rendre heureuse : mon adorable mère.

À mes très chers frères : Djamel eddine Bahaa eddine et houssem eddine Merci de m'avoir
toujours prêté main forte pour me soutenir et me réconforter.

À mes tantes Amel et Assia, pour leur encouragement et soutien.

À mon cher binôme Indjad Pour sa complicité, sa sympathie,

Et pour son soutien moral.

À mon amie Fadwa qui la distance nos à séparer mais tu es toujours dans mon cœur à tout
moment, miss you.

À mes chers cousines : Nada Djihene Lina et Ranim pour leurs encouragements

À mes chers professeurs, pour leur soutien.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis
merci.



Lamis

Résumé

L'objectif principal de ce travail de fin d'étude est concentré sur le recyclage des batteries plomb-acide en Algérie, en observant les activités de La SARL FABCOM et LA SARL ELCHAFEK à Ainmilla. L'étude a permis de comprendre les différentes étapes du recyclage des batteries plomb-acide : broyage, réduction de plomb et affinage. Et assurer la fabrication et commercialisation des batteries aux plomb de démarrages des véhicules a partir du plomb recyclé.

Et aussi notre travail a permis d'identifier les mesures préventives mises en œuvre par les 2 sociétés afin de minimiser l'impact environnemental du recyclage des batteries usagées par la mise en place des filtres à manches pour le traitement des fumées et la neutralisation des effluents industriels sans les rejetés dans les chaînes d'assainissement. Et autres procédures spéciales pour les autres déchets obtenus lors les processus de recyclage comme le plastique et les scories.

Mots clés : plomb, recyclage, traitement, batteries, acide.

ملخص

الهدف الرئيسي من هذا العمل الختامي هو التركيز على إعادة تدوير بطاريات الرصاص الحمضية في الجزائر، من FABCOM SARL و SARL ELCHAFEK في عين مليلة . خلال مراقبة أنشطة كل من شركة لقد سمحت هذه الدراسة بفهم المراحل المختلفة لإعادة تدوير بطاريات الرصاص الحمضية: السحق، تخفيض الرصاص والتنقية. كما تضمنت تصنيع وتسويق بطاريات الرصاص لبدء تشغيل المركبات من الرصاص المعاد تدويره.

كما سمح عملنا بتحديد التدابير الوقائية المطبقة من قبل الشركتين لتقليل الأثر البيئي لإعادة تدوير البطاريات المستعملة من خلال تركيب فلاتر أكياس لمعالجة الدخان وتحييد المياه الصناعية المتدفقة دون إطلاقها في شبكات الصرف الصحي. وغيرها من الإجراءات الخاصة للنفايات الأخرى الناتجة عن عمليات إعادة التدوير مثل البلاستيك والخبث.

الكلمات المفتاحية: إعادة تدوير، الرصاص ، معالجة، البطاريات، حمض.

Abstract

The main objective of this final project is focused on the recycling of lead-acid batteries in Algeria, by observing the activities of FABCOM SARL and ELCHAFEK SARL in Ain M'Lila. The study allowed to understand the different stages of lead-acid battery recycling: crushing, lead reduction, and refining. It also ensured the manufacturing and commercialization of lead-starting batteries for vehicles from the recycled lead.

Our work also allowed to identify the preventive measures implemented by the 2 companies in order to minimize the environmental impact of recycling used batteries through the installation of bag filters for smoke treatment and the neutralization of industrial effluents without discharging them into the sanitation networks. And other special procedures for other waste obtained during the recycling processes such as plastic and slag.

Keywords: lead, recycling, treatment, batteries, acid.

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des Abréviations

Introduction.....01

I.Synthèse bibliographique.....03-23

1. Définition du mot batterie.....	03
2. Types des batteries.....	04
2.1. Batterie lithium.....	04
2.2. Batterie Nickel-cadmium (NI-CD).....	05
2.3. La batterie Nickel-Métal Hydrure (NI-MH).....	05
2.4. Les batteries plomb-acide BPA.....	06
3. Les différents composants des batteries plomb-acide.....	08
3.1. Les grilles.....	08
3.2. Les électrodes positive.....	09
3.3. L'électrode négative.....	10
3.4. Les séparateur microporeux.....	10
3.5. L'électrolyte.....	11
4. Impacte des batteries sur l'environnement.....	12
4.1. Impact environnemental et sanitaire au plomb.....	12
5. Définition du recyclage.....	15
6. L'impact de recyclage des batteries plomb-acide.....	15
7. Le devenir des batteries au plomb-acide	18
8. Le recyclage des batteries au plomb.....	19
8.1. Sur le plan international.....	19
8.2. Sur le plan nationale (en Algérie).....	20
9. Réglementations nationales (en Algérie).....	21
9.1. Conventions internationales.....	21
10. En Algérie, les procédures de collecte et de transport des batteries usagées.....	22
10.1. Collecte initiale.....	22
10.2. Collecte sélective.....	22
10.3. Transport sécurisé.....	22
10.4. Documentation et suivi.....	23

II. Recyclage des batteries en Algérie.....24-48

□ Sarl FABCOM.....	24
1. Présentation de l'entreprise.....	24
2. Méthode de recyclage.....	27
2.1. La collecte.....	27

2.2. Lieu de stockage.....	29
2.3. Broyage.....	30
2.4. Réduction.....	32
2.5. Affinage.....	34
2.6. Echantillonnage et analyse du plomb raffiné.....	36
□ Sarl EL CHAFEK.....	38
1. Présentation de la société.....	38
2. Méthode de recyclage.....	39
2.1. Tri et transports des BPA.....	39
2.2. Stockage des batteries BPA.....	39
2.3. Phase de broyage.....	40
2.4. Phase de fusion et réduction de plomb.....	41
2.5. Affinage du plomb.....	43
III. Résultats et discussion.....	49-59
☒ I. Au niveau Sarl FABCOM.....	49
1. Le traitement des déchets industriels.....	49
1.1. Traitement des fumées, Protection de l'environnement et de la santé.....	49
1.2. Processus de traitement des eaux usées contaminées à l'acide sulfurique issu du broyage.....	50
2. Devenir des produits obtenus lors de processus de recyclage des batteries au plomb.....	51
2.1. Devenir des déchets de plastiques.....	51
2.2. Devenir des scories de réduction.....	51
2.3. Devenir de plomb final de la phase d'affinage.....	52
3. Quantité des BPA recyclées au niveau de FABCOM.....	52
3.1. Quantité des batteries BPA broyées en 2024.....	52
3.2. Quantité de plomb d'œuvre résulte d'une réduction.....	53
3.3. Quantité de production les différents types de plomb dans l'étape l'affinage.....	54
□ Au niveau Sarl EL CHAFEK.....	55
1. Le traitement des déchets industriels.....	55
1.1. Le traitement des déchets industriels.....	55
1.2. Le traitement des effluents industriels.....	56
2. Devenir des produits obtenus lors de processus de recyclage des batteries au plomb.....	56
2.1. Devenir des scories.....	56
2.2. Devenir du plastique.....	57
2.3. Devenir de plomb final.....	57
3. Quantité des plomb finale produit par EL CHAFEK.....	57
II. Comparaison entre FABCOM et ELCHAFEK.....	58
Conclusion.....	60
Références	
Annexes	

Liste des figures

Figure	Titre	Page
01	Schéma général d'une batterie	04
02	La batterie Nickel-Cadmium (Ni-Cd)	05
03	Coupe transversale d'une batterie NiMH	06
04	Schéma générale d'une batterie plomb- acide.	07
05	Grilles en plomb d'une batterie plomb -acide	09
06	Photo de plaques positives d'une batterie plomb –acide	09
07	Photo de plaques négative d'une batterie plomb –acide.	10
08	Séparateur d'une batterie plomb –acide.	11
09	Photo de FABCOM	24
10	Location de FABCOM	24
11	Schéma synthétique de recyclage des batteries au plomb au niveau de SARL FABCOM	26
12	Lieu de collecte	27
13	Un réservoir vibrant	29
14	Lieu de stockage	29
15	Phase de broyage au niveau de SARL FABCOM	31
16	Le grapheur	31
17	Un broyeur	31
18	Produits finis de l'étape de Broyage : A) séparateur, B) polyéthylène (plastique, boîte et couver de boîte) C) la pâte (oxyde plomb) D) métal	32
19	Phase de réduction au niveau de SARL FABCOM	33
20	Four rotatif, les poches de collés, plomb d'œuvre	34
21	Cuve d'affinage, plomb final	36
22	SPECTROMETRIE D'EMISSION OPTIQUE	37
23	LA SARL EL CHAFEK, La localisation géographique de l'entreprise.	38
24	Schéma synthétique de recyclage des batteries au plomb au niveau de SARL ELCHAFEK	39
25	Aire de stockage des batteries usagées arrivant au sein de l'unité., tapis roulante, Machine de broyage des batteries usagées.	41
26	Fours rotatifs, oxyde de plomb.	42

27	Four à creuset.	44
28	Chaine de lingotière.	45
29	Pastille, Laboratoire d'analyse métallurgique	45
30	Plomb final	45
31	Spectrométrie SOLARIS CCD PLUS.	47
32	Filtre à manche pour le traitement des fumées.	49
33	Atelier de purification des eaux	50
34	Quantités de batteries au plomb broyées durant les quatre mois de 2024.	52
35	Quantité de plomb final produite dans l'affinage	54
36	Filtre à manche pour le traitement des fumées, Filtrat.	55
37	Bassin de l'électrolyte, Le lait de la chaux.	56
38	la quantité des plomb final produits en 2023 .	57

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
01	Différents types de batteries et leurs grandeurs caractéristiques, (expliquer les termes en rouge en dessous du tableau)	07
02	Analyse chimique de scories provenant du recyclage de batteries plomb acide (Coya et al., 2000).	17
03	Description de la nature, de la désignation et du symbole des déchets spéciaux dangereux à collecter, conformément aux dispositions du décret exécutif n° 06-104.	27
04	Liste des travailleurs affectés au processus de collecte, ainsi que les certificats de qualification	28
05	Le tableau ci-dessus représente les quantités des additifs importants qui doivent être ajoutés aux cuves de plomb pendant la phase d'affinage.	48
06	Comparaison entre FABCOM et ELCHAFEK	58

Liste des Abréviations

A	
AND	Agence Nationale des déchets. Transport
ADR	des marchandises dangereuses
AlAg	Aluminium.
As	Argent. Arsenic.
B	
BPA	Batteries Plomb Acide.
Bi	Bismuth.
C	
CCD	Charge Coupled Device.
Ca	Calcium.
Cd	Cadmium.
Cu	Cuivre.
D	
Fe	Fer.
N	
Ni	Nickel.
NIMH	Batterie Nickel Métal Hydrure.
NICD	Batterie nickel cadmium.
O	
ONU	Organisation des Nations Unies.
P	
Pb	Plomb.
S	
SARL	Société à responsabilité limité.
S	Soufre.
Sn	Etain.
Se	Sélénium.
Sb	Antimoine
T	
Te	Tellure.
Z	
Zn	Zinc

Introduction

Introduction

L'Algérie est le pays du Maghreb le plus peuplé avec plus de 43 millions d'habitants et son parc automobile compte 6,5 millions de véhicules dont plus de 4 millions de véhicules de tourisme soit plus de 64% du parc global. Ce parc est en hausse de 6% par an. Une étude de marché, réalisée récemment par le ministère de l'environnement, montre que le potentiel annuel de batteries usagées à recycler est estimé à plus de 2 millions de tonnes/an, alors que seuls 30% sont récupérés et recyclés.

Les principaux détenteurs de la batterie usagée en Algérie que ce soit les réseaux de récupération ou les entreprises marchandes cherchant à se débarrasser des quantités énormes générées par leurs flottes, installations ou industries, ignorent la réglementation et les règles les plus élémentaires pour la gestion de ces déchets dangereux classés comme tel par la réglementation nationale et internationale (1).

Les batteries automobiles usagées sont un type spécifique de batterie qui alimente les véhicules à combustion interne, tels que les voitures, les camions et les motos. Ces batteries sont essentielles pour le démarrage du moteur et l'alimentation des systèmes électriques des véhicules.

Cependant, une fois que ces batteries atteignent la fin de leur cycle de vie utile, elles deviennent des déchets potentiellement dangereux en raison des substances toxiques qu'elles contiennent, telles que le plomb, l'acide sulfurique et d'autres métaux lourds. Si elles ne sont pas gérées correctement, les batteries automobiles usagées peuvent présenter des risques pour l'environnement et la santé publique.

C'est là que le recyclage des batteries automobiles usagées joue un rôle crucial. Le recyclage permet de récupérer les matériaux précieux et de traiter de manière appropriée les substances toxiques contenues dans ces batteries. Cela contribue à réduire l'impact environnemental et à prévenir la contamination des sols, de l'eau et de l'air.

Selon le Ministère de l'Environnement, nous avons recensé, sur territoire national, 16 entreprises qui font le recyclage des batteries usagées des automobiles ; parmi les entreprises de traitement des déchets spéciaux et/ou dangereux.

Le but de notre travail est d'explorer en détail le processus de recyclage des batteries automobiles usagées An niveau de la wilaya d'OUM BOUAGUI société SARL FABCOM et EL CHAFEK (1), les avantages environnementaux du recyclage et l'importance de participer à des programmes de recyclage appropriés pour assurer une gestion responsable des déchets et promouvoir une mobilité durable.

Selon la loi le Décret exécutif n° 06-104 du 29 Muharram 1427 / 28 février 2006 Fixant la nomenclature des déchets y compris les déchets spéciaux dangereux. Les piles et les accumulateurs ont classées selon le code 16.6 et les Accumulateurs au plomb sous le code 16.6.1 et elles sont classées déchets Spéciaux et Dangereux (SD).

Notre travail de mémoire est divisé en trois chapitres. Le premier chapitre une synthèse bibliographique sur les batteries plomb acides, leurs compositions, les procédés permettant le recyclage de ce type de batteries et les impacts de ces dernières sur la santé et l'environnement.

Le deuxième Le chapitre est consacré à la présentation des deux société FABCOM et ELCHAFK et la chaîne de recyclage des batteries et les différents protocoles utilisés au sein de chaque entreprise. Enfin, dans le troisième chapitre, nous présenterons les principaux résultats de ce stage pratique.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

1. Définition du mot batterie.

Les batteries sont constituées d'une ou plusieurs cellules électrochimiques. Chaque cellule est composée de trois parties principales recouvertes de plastique ou de métal. Il existe deux électrodes, une électrode positive (ou cathode) et une électrode négative (ou anode). Ces deux électrodes sont séparées par le troisième composant, l'électrolyte. Un électrolyte est un produit chimique sous forme de fluide ou de gel. [1].

Lorsque vous vous connectez à une batterie, un courant électrique est produit à partir de la réaction chimique entre l'électrolyte et l'anode. Cette réaction crée des électrons de recharge, qui peuvent quitter la batterie par sa borne négative (-).

À l'extérieur, ces électrons continuent leur voyage à travers le circuit de l'élément alimenté par la batterie et retournent dans la borne positive (+), qui se connecte à la cathode de la batterie.

A la cathode, une autre réaction se produit entre la cathode et l'électrolyte, permettant à la cathode d'accepter les électrons.

Le processus se répète ensuite jusqu'à ce que la réaction chimique ait transformé tout l'électrolyte. À ce stade, la batterie est à plat et vous vous demandez pourquoi la batterie ne fonctionne plus.

L'objectif principal d'une batterie est de fournir de l'énergie sans que vous ayez besoin de vous connecter au réseau électrique de votre maison. Il crée cette énergie en convertissant l'énergie chimique en énergie électrique, tout cela se produit à l'intérieur de la batterie [2].

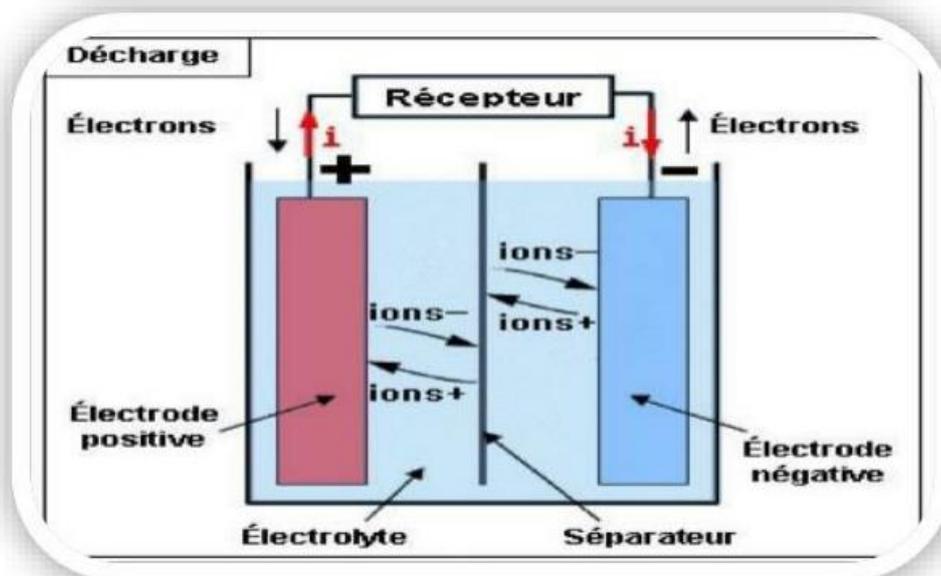


Figure 1 : Schéma général d'une batterie [3]. (La source www.everydayrecycler.com/recycling-batteries-why-is-it-important/)

2. Types des batteries

2.1. Batterie lithium- ion :

La batterie lithium-ion, d'origine plus récente, basée sur l'échange réversible de l'ion lithium entre une électrode positive (un oxyde de métal de transition lithié) et une électrode négative en graphite.

Son plus : l'énergie massive qu'elle peut déployer. Sa faiblesse : un coût important qui l'a longtemps cantonné aux systèmes de petites tailles, comme les montres ou les téléphones portables. On la retrouve toutefois aujourd'hui dans les ordinateurs portables et les automobiles électriques.

Est un type de batterie rechargeable dans laquelle les ions lithium se déplacent de l'électrode négative (anode) vers l'électrode positive (cathode) lors de la décharge, et inversement lors de la charge.

C'est le choix le plus populaire pour les applications électroniques grand public, principalement en raison de sa densité d'énergie élevée, de sa durée de vie plus longue, de sa durée de stockage supérieure et de l'absence d'effet mémoire.

Alors que les batteries lithium-ion suscitent actuellement un vif intérêt dans le domaine des véhicules électriques, les progrès réalisés dans ce domaine pourraient bien contribuer à la lutte contre le réchauffement climatique et à la protection de l'environnement [4].

2.2. La batterie Nickel-Cadmium (Ni-Cd) :

Est un type de batterie rechargeable qui utilise de l'hydroxyde d'oxyde de nickel comme cathode, du cadmium métallique comme anode et de l'hydroxyde de potassium (KOH) comme électrolyte. L'abréviation Ni-Cd est dérivée des symboles chimiques du nickel (Ni) et du cadmium (Cd).

Les batteries Ni-Cd sont une technologie mature et sont utilisées dans des situations où une longue durée de vie et une économie de fonctionnement sont requises dans des conditions envi [5].



Figure 02: La batterie Nickel-Cadmium (Ni-Cd) [6] (la source: [What is a nickel-cadmium battery \(NiCd\)? - Independent Power Supply Systems Engineering \(powersystemscoach.com\)](http://www.powersystemscoach.com))

2.3. La batterie Nickel-Métal Hydrure (Ni-MH) :

Les batteries nickel-métal hydrure (NiMH) ont été développées en 1989 et commercialisées au Japon en 1990. Elles présentent plusieurs avantages :

- Haute capacité électrochimique
- Sécurité accrue
- Bon respect de l'environnement
- Fonctionnement efficace sur une large plage de températures

- Longue durée de vie
- Faible taux d'autodécharge

Avant 1992, les batteries NiCd dominaient le marché des batteries portables rechargeables. En 1992, environ la moitié des batteries NiCd du monde ont été remplacées par des batteries NiMH, en raison de la toxicité du cadmium et des meilleures performances des batteries NiMH. Dans l'Union européenne (UE), les ventes de batteries NiMH sont passées de moins de 6 000 à environ 10 000 tonnes entre 1999 et 2003 [7].

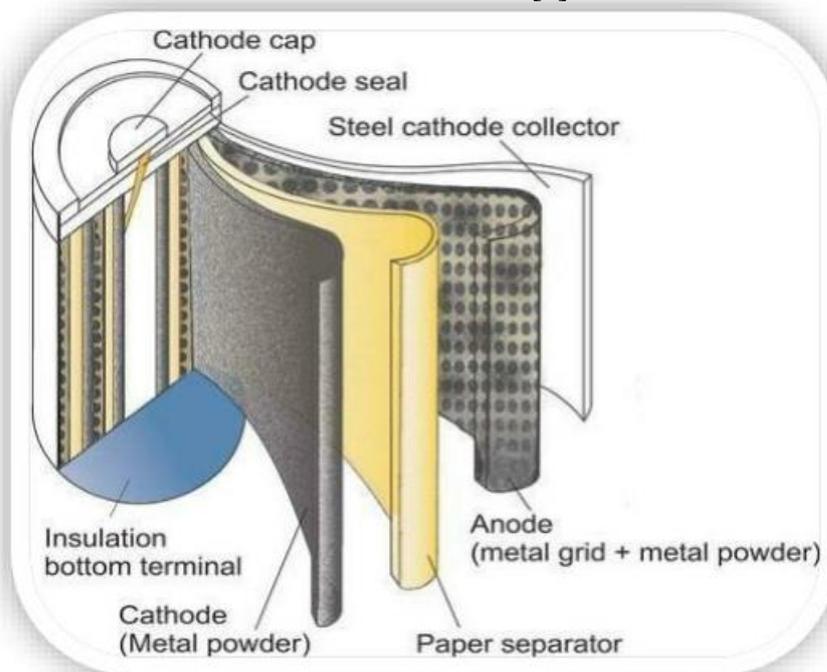


Figure 03 : coupe transversale d'une batterie NiMH [8] (la source : NiMH battery dissection. | Download Scientific Diagram (researchgate.net)) Sheng-Lun Lin,2015

2.4. Les Batteries plomb-acides BPA :

La batterie acide-plomb est constituée de deux électrodes immergées dans une solution d'acide sulfurique. Il s'agit d'une technologie plus ancienne, durable, efficace et recyclable. En général, on retrouve ce type de batterie dans certains véhicules thermiques ou ordinateurs.

Inventée en 1859 par Gaston Planté, la batterie plomb-acide est largement utilisée à travers le monde depuis plus de 150 ans. On la retrouve aujourd'hui dans toutes les voitures, et elle sert également de système de secours pour l'alimentation électrique dans les domaines des télécommunications, des bureaux et des équipements médicaux d'urgence.

De plus, elle est utilisée comme batterie de traction pour les chariots élévateurs électriques et, plus récemment, pour les cyclomoteurs électriques en Chine et en Asie. La batterie plomb-acide est ainsi devenue un élément indispensable de notre vie quotidienne [9].

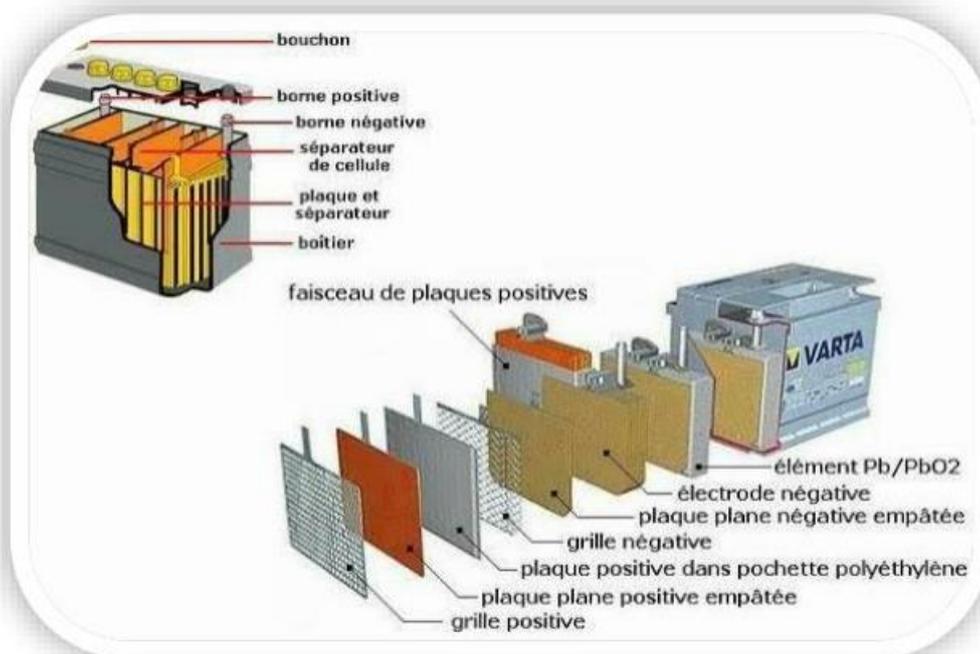


Figure 04 : schéma générale d'une batterie plomb- acide[10]. Séquence 3 : Sciences de l'Ingénieur - Batterie d'accumulateurs (ac-limoges.fr)

Tableaux 01 : Différents types de batteries et leurs grandeurs caractéristiques [11] (la source : www.culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/chimie-

Type	Énergie spécifique en (wh/kg)	Capacité spécifique en (mAh/g)	Fem en (V)	Cyclabilité
Batteries ou plomb	20-35	9,5	2	200-300
Ni-Cd et dérivés (Ni-Fe; Ni-Zn)	50-80	41,7	1,3	>1000
Nickel-Métal hydrure	80	62,5	1,3	600
Li-métal	200	100	3,5	400-500
Li- polymère	120	33,3	3,7	300-600
Li-ion	150-250	60-300	3,6	500-2000

Explication des grandeurs du tableau :

- **Energie spécifique** : Quantité d'énergie stockée par kilogramme de batterie. Plus la valeur est élevée, plus la batterie est puissante pour son poids.
- **Capacité spécifique** : Quantité de charge électrique stockée par gramme de batterie. Plus la valeur est élevée, plus la batterie peut stocker de charge pour son poids.
- **Tension** : Tension nominale de la batterie.
- **Cyclabilisé** : Nombre de cycles de charge/décharge que la batterie peut supporter avant de perdre une capacité significative.

3. Les différents composants des batteries plomb-acide.**3.1. Les grilles :**

Sont un élément essentiel de la batterie, fabriquées à partir d'un alliage de plomb. Elles sont utilisées pour la collecte de courant et offrent une résistance mécanique aux substances actives de la batterie.

Des recherches approfondies ont été menées sur les grilles et une grande attention leur est accordée, car la corrosion des grilles peut limiter la durée de vie de la batterie au plomb.

Le choix du matériau des grilles est limité. Le plomb est pratiquement le seul métal qui, tout en ne constituant pas un poison pour la batterie, résiste convenablement aux conditions corrosives de l'environnement. Cependant, le plomb pur est trop mou pour être utilisé directement. C'est pourquoi d'autres métaux tels que l'étain, l'antimoine, le calcium et l'argent sont introduits dans la composition des grilles pour améliorer leur dureté et leur résistance à la corrosion. Les alliages traditionnels à base de plomb- antimoine sont souvent négligés, que ce soit pour les batteries de démarrage ou les batteries industrielles. De nos jours, la plupart des alliages utilisés sont à base de plomb-calcium. Il existe une multitude de grilles dans l'industrie, appelées grilles plomb-calcium avec différentes teneurs en étain, argent, etc. Ces variations sont déterminées en fonction de l'application spécifique [11].

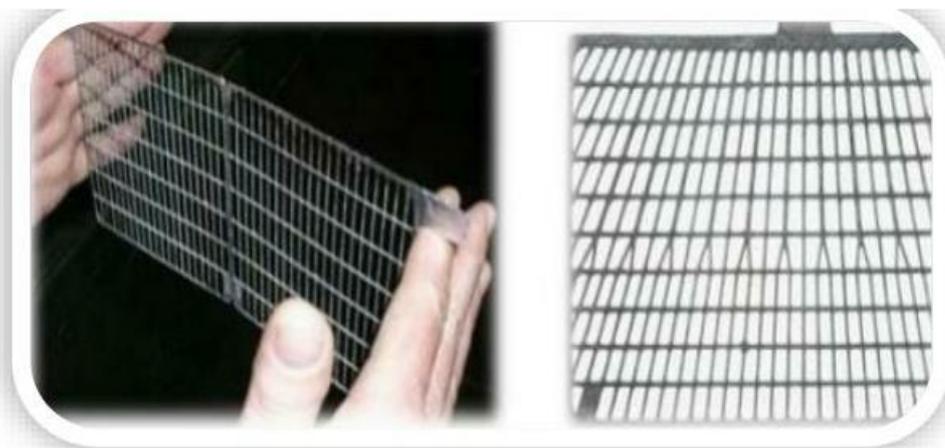


Figure 05 : Grilles en plomb d'une batterie plomb -acide [12] D'antonio, A. Santoro, «Powder neutron diffraction study of chemically prepared β lead dioxide », Acta Cryst., B 36, (1980) 2394. A.Santoro,P.D'antonio and S.M.Caulder , «A.Neutron powder diffraction study of α - and β - PbO₂ in the positive electrode material of lead-acid

3.2. Les électrodes positives :

Sont constituées de grilles en alliage binaire ou ternaire de plomb (PbSb, Pb-Sn, Pb- çà, Pb-Sb-As, etc.), dont les alvéoles sont remplies d'une pâte poreuse de peroxyde de plomb (PbO₂), qui est le matériau actif des électrodes positives. Les éléments d'alliage ajoutés dans les grilles visent à améliorer leurs propriétés mécaniques et ont une influence sur les performances globales des batteries.



Figure 06 : Photo de plaques positives d'une batterie plomb -acide. [13] Fourment, M. et Guillet, L.(1926). Métallurgie du plomb, nickel et cobalt et alliages de ces métaux, J.-B. Baillièrre et fils ed. , p. 485 dans Mahé-Le Carlier Cécile et Ploquin Alain (1999) Typologie et caractérisation des scories de réduction de la métallurgie du Fer. Revue d'Archéométrie,

3.3. L'électrode négative :

Joue un rôle complémentaire en tant qu'anode pendant la décharge et cathode pendant la charge. Elle est composée de plomb spongieux en tant que matière active. Tout comme l'électrode positive, elle est fixée sur un support rigide en alliage de plomb [14].



Figure 07 : Photo de plaques négative d'une batterie plomb –acide[15]. Fourment, M. et Guillet, L.(1926). Métallurgies du plomb, nickel et cobalt et alliages de ces métaux, J.-B. Baillièrre et fils ed. , p. 485 dans Mahé-Le Carlier Cécile et Ploquin Alain (1999) Typologie et caractérisation des scories de réduction de la métallurgie du Fer. Revue d'Archéométrie, 2

3.4. Le séparateur microporeux :

A pour rôle d'empêcher le contact direct entre les électrodes positives et négatives, évitant ainsi les courts-circuits. Il est généralement constitué de feuilles rectangulaires placées entre les plaques positives et négatives. Les séparateurs possèdent des caractéristiques remarquables, notamment :

- Une isolation électrique parfaite ;
- Une perméabilité élevée aux ions porteurs de charges électriques.
- Une porosité élevée.
- Une excellente résistance à l'acide sulfurique.

Les séparateurs sont souvent fabriqués à partir d'un feutre de fibres cellulosiques protégées par une résine, de chlorure de polyvinyle fritté ou de feutres en fibre de verre [16].



Figure 08 : Séparateur d'une batterie plomb –acide. [17] D. Pavlov, G. Papazov and V. Iliev, «Mechanism of the processes of formation of lead-acid battery positive plates», J.Electrochem. Soc., 119 (1972) 8.

3.5. L'électrolyte :

Dans une batterie au plomb peut être liquide, gélifié ou absorbé, selon le type de batterie utilisé. L'électrolyte remplit deux fonctions principales : il assure la conduction ionique nécessaire au transport de l'électricité et participe en tant que réactif aux réactions de charge et de décharge.

3.5.1. L'électrolyte liquide (libre) :

L'électrolyte liquide est une solution d'acide sulfurique dans de l'eau distillée. La densité de l'électrolyte est déterminée par la proportion du mélange. Par exemple, un électrolyte avec 33% en masse d' H_2SO_4 aura une densité de $1,28 \text{ g/cm}^3$.

Dans l'état liquide, les molécules d'eau se dissocient en ions H^+ et OH^- . L'ion H^+ est généralement associé à une molécule H_2O , formant un ion H_3O^+ . Les molécules d'acide sulfurique se dissocient principalement en ions hydrogène H^+ (qui deviennent H_3O^+) et en ions hydrogénosulfate HSO_4^- (entourés de molécules d'eau). Il existe également une proportion plus faible d'ions sulfate SO_4^{2-} .

3.5.2. L'électrolyte gélifié ou absorbé (immobilisé) :

L'électrolyte gélifié est obtenu en coagulant une poudre de silice colloïdale avec l'acide présent dans l'électrolyte. Le gel ainsi formé immobilise l'électrolyte à l'intérieur des compartiments de la batterie. L'électrolyte absorbé est une solution aqueuse d'acide sulfurique qui est absorbée par un séparateur fibreux placé entre les plaques positives et négatives. Dans ce cas, l'électrolyte reste liquide mais est immobilisé grâce au séparateur.

Le volume et la densité de l'électrolyte sont déterminés par les fabricants en fonction du type et de l'utilisation de la batterie. Cela nécessite un compromis entre la capacité souhaitée, la durée de vie, l'intensité de courant requise et la résistance aux basses températures, car la viscosité de l'électrolyte est influencée par la température, ce qui affecte sa conductivité.

Dans une cellule de batterie, les surfaces des plaques en vis-à-vis et le volume d'électrolyte entre les plaques jouent un rôle prépondérant, car ce sont eux qui permettent le passage du courant de manière efficace. Ces zones offrent les chemins les plus courts pour le courant électrique et drainent la majeure partie du courant [18].

4. Impacte des batteries sur l'environnement.

Tant qu'elles sont intactes, ces sources d'énergie ne présentent aucun danger. Cependant, la moindre fissure ou brisure peut déclencher une fuite de substances dangereuses (acide, cobalt, acide fluorhydrique) qui doit être stoppée immédiatement.

Composées de substances corrosives et toxiques, en cas de libération dans la nature, ces produits chimiques contaminent les sols, les nappes phréatiques et les cours d'eau, entre autres.

La faune et la flore environnantes sont également victimes de ces incidents. De plus, ces accumulateurs très populaires de nos jours peuvent prendre feu s'ils sont exposés à des conditions climatiques inappropriées.

Cela inclut des températures trop élevées ou une humidité excessive. Lors de la combustion, la batterie libère des émanations nocives dans l'air, exposant la santé humaine et l'environnement à un niveau de contamination élevé. Un emballement thermique est un risque réel.

Pour réduire considérablement les risques de catastrophe matérielle et biologique, il est important de comprendre les causes profondes. Les raisons qui conduisent à des dommages à ces batteries comprennent : impact physique, chute, collision pendant le transport [19].

4.1. Impact environnemental et sanitaire des batteries au plomb.

4.1.1. Impact environnemental : Les batteries au plomb ont été largement utilisées comme dispositifs d'alimentation importants dans les domaines de l'automobile, des systèmes d'alimentation sans interruption (ASI), des systèmes de télécommunication et de diverses applications de traction.

Selon les statistiques, environ 3 millions de tonnes de batteries usagées sont générées chaque année, et la production de batteries au plomb devrait augmenter encore plus fortement avec le développement économique soutenu et rapide.

Les batteries au plomb sont constituées d'un électrolyte, de grilles en plomb et en alliage de plomb, de pâte de plomb, de matières organiques et de plastiques, qui comprennent de nombreuses substances toxiques, dangereuses, inflammables et explosives pouvant facilement créer des sources de risques potentiels. Les matériaux contenus dans les batteries au plomb peuvent provoquer de nombreux accidents de pollution tels que des incendies, des explosions, des intoxications et des fuites, contaminant l'environnement et endommageant l'écosystème.

Le plomb, ses composés et l'antimoine sont toxiques et présentent des dangers pour les humains et l'environnement. Cependant, ils font partie de la structure interne de la batterie et existent principalement sous forme solide. Cela ne crée pas de conditions d'exposition ou de diffusion pendant la récupération, le stockage et le transport. L'électrolyte, lui, est liquide et peut fuir en cas de collision ou de vieillissement du bac de la batterie. C'est pourquoi ce projet se concentre sur le risque de fuite de l'électrolyte, considéré comme le principal risque environnemental des batteries au plomb pendant la production, le traitement, le transport, l'utilisation ou le stockage, en excluant les accidents causés par des catastrophes naturelles.

L'acide sulfurique a fait l'objet d'une évaluation des risques environnementaux car ce projet se concentre sur la fuite de l'électrolyte. Or, l'électrolyte est principalement constitué d'acide sulfurique à une certaine concentration, un acide minéral fort et très corrosif [20].

4.1.2. L'impact sanitaire du plomb (un danger invisible) : Le plomb, un métal lourd présent dans l'environnement naturel et dans certaines activités humaines, représente une menace majeure pour la santé humaine, en particulier pour les enfants et les femmes enceintes. Son exposition peut causer des dommages irréversibles à divers systèmes du corps, entraînant des problèmes de santé graves et à long terme.

□ **Impact sur le développement neurocognitif des enfants :**

L'exposition au plomb est particulièrement préoccupante chez les enfants, car leur système nerveux en développement est plus vulnérable à ses effets toxiques. Même à des niveaux relativement bas, le plomb peut altérer le développement cérébral, affectant les fonctions cognitives telles que l'apprentissage, la mémoire, l'attention et le comportement. Des études ont montré que :

Une augmentation du risque de diminution des capacités cognitives, du quotient intellectuel (QI), de l'attention, des capacités visuelles-motrices et de raisonnement.

Des conséquences sur le comportement social, augmentant les risques de troubles du comportement, d'hyperactivité et d'agressivité.

Un fardeau accru sur la santé publique et l'économie, lié aux coûts des soins de santé, de l'éducation spécialisée et de la perte de productivité.

□ **Risques cardiovasculaires chez les adultes :**

L'exposition au plomb chez les adultes est également associée à des risques accrus de maladies cardiovasculaires, notamment l'hypertension artérielle, les maladies cardiaques ischémiques et les accidents vasculaires cérébraux (AVC). Des analyses ont révélé que :

Une augmentation des concentrations de plomb dans le sang chez les adultes est associée à une augmentation de la tension artérielle systolique.

Bien que l'impact individuel soit faible, l'augmentation de la tension artérielle est un facteur de risque important pour les maladies cardiovasculaires.

L'exposition au plomb contribue à une part significative de la charge mondiale des maladies cardiaques ischémiques et des AVC.

□ **Le plomb exerce ses effets néfastes sur le corps humain par plusieurs mécanismes :**

Poison thioloprive : Le plomb se lie aux groupements thiol (-SH) présents dans les acides aminés et les protéines, perturbant leur fonction et altérant les processus biochimiques essentiels.

Imitation du calcium : Le plomb peut imiter les mouvements du calcium, un élément crucial pour de nombreuses réactions moléculaires et processus cellulaires. Cette substitution perturbe le fonctionnement normal de ces processus.

Absorption facilitée : Sous forme ionique, le plomb peut se combiner avec d'autres sels, favorisant son absorption par l'organisme, notamment dans l'intestin grêle.

Solubilité accrue en milieu acide : Le plomb peut former du Pb^{2+} en milieu acide, une forme plus soluble dans l'eau et donc plus facilement absorbable par l'organisme source [21].

L'intoxication au plomb peut se manifester de manière aiguë ou chronique, selon le niveau et la durée d'exposition.

Intoxication aiguë : Troubles digestifs (coliques, crampes abdominales, vomissements), troubles rénaux, anémie, troubles neurologiques (jusqu'au coma).

Saturnisme (intoxication chronique) : Retards du développement intellectuel chez les enfants, fatigue, maladresse, troubles de la mémoire, persévérance, insuffisance rénale chronique, anémie légère, possible impact sur l'hypertension artérielle.

Cancérogénicité : Le plomb et ses dérivés inorganiques sont classés comme "probablement cancérogènes pour l'homme" par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC).

Exemple tragique : Le cas de Dakar, Sénégal, En 2008, une série de décès d'enfants au Sénégal a mis en lumière les dangers dévastateurs de l'exposition au plomb. Des activités informelles de recyclage de batteries au plomb dans un quartier de Dakar ont entraîné une contamination massive de l'environnement et une intoxication aiguë au plomb chez les enfants. Cet incident tragique illustre les conséquences dramatiques que peut avoir l'exposition au plomb, en particulier pour les populations vulnérables [22].

5. Définition du recyclage.

Le recyclage est un procédé de valorisation des déchets par lequel des matériaux valorisables contenus dans des produits arrivés en fin de vie sont transformés en nouveaux produits ou en matières premières. Il s'agit d'une alternative à l'élimination des déchets par enfouissement ou incinération, qui permet de réduire la consommation de matières premières et de préserver les ressources naturelles.

6. L'impact de recyclage des batteries plomb-acide.

Depuis sa découverte par Gaston Planté en 1859, l'utilisation de la batterie plomb-acide n'a cessé de croître pour représenter aujourd'hui 99,9% des batteries utilisées dans l'automobile. Le plomb est un matériau facile à recycler et le plomb de seconde fusion n'est pas distinguable du plomb de première fusion. Environ 47% du plomb consommé dans le monde provient de matériaux recyclés. Le recyclage du plomb présente de nombreux avantages :

- Facilité d'obtention,
- Réduction de l'énergie nécessaire (35-40%) et
- Diminution de la dispersion du plomb dans l'environnement.

Ainsi, en 1994, 85% des batteries plomb-acide ont été recyclées en Europe et en 2013, ce taux atteignait 82% en France. Les deux principaux constituants recyclables sont le plomb et le polypropylène

Cependant, cette industrie est potentiellement polluante en raison des émissions de gaz, de particules et des scories produites. Chaque année, l'industrie du recyclage des batteries plomb-acide génère 200 000 tonnes de scories et plus de 280 000 tonnes de résidus. Les principaux types de pollution rencontrés sur les sites de recyclage sont les particules/poussières riches en plomb, l'acide sulfurique, les oxydes de plomb, etc. Le risque de contamination des milieux dépend de l'étape de production, du volume de production et du respect des normes environnementales [23].

□ **Des principaux défis environnementaux liés au recyclage des batteries plomb-acide :**

Le recyclage des batteries plomb-acide usagées soulève plusieurs préoccupations environnementales importantes à prendre en compte. Tout d'abord, le processus de fonderie émet dans l'atmosphère des polluants tels que des oxydes de plomb, du dioxyde de soufre et des particules fines. Ces émissions atmosphériques peuvent avoir des impacts sanitaires et environnementaux significatifs, notamment pour les populations et écosystèmes à proximité des sites de recyclage. Une amélioration des technologies de dépollution s'avère donc cruciale pour limiter ces rejets.

Par ailleurs, le recyclage génère d'importantes quantités de déchets solides, comme des scories et du gypse. Or, ces résidus peuvent contenir des métaux lourds et composés toxiques, représentant un risque de contamination des sols et des eaux s'ils ne sont pas éliminés de manière sécuritaire. Une gestion et un traitement plus performants de ces déchets solides sont nécessaires.

De plus, bien que le recyclage soit moins énergivore que la production primaire, le processus reste consommateur d'énergie, souvent d'origine fossile. Cela contribue à l'empreinte carbone et aux émissions de gaz à effet de serre de cette industrie, soulignant la nécessité d'optimiser l'efficacité énergétique.

Enfin, le traitement de l'acide sulfurique usagé des batteries génère des effluents liquides acides qu'il faut neutraliser et traiter adéquatement. Une mauvaise gestion de ces déchets liquides peut entraîner des risques de contamination des milieux aquatiques.

Tableau 02 : Analyse chimique de scories provenant du recyclage de batteries plomb acide (Coya et al., 2000).

Elément / Composé %	massique
FeS	40-50
Na ₂ CO ₃	20-30
Coke	10-20
SiO ₂	4
Pb°	1-2,3
CaO	1
PbS	1
Cu	0,44
Sn	0,31
Zn	0,24
Ni	0,028
Sb	0,014

□ **Son avantage [24]. :**

Le recyclage des batteries au plomb (L'ABS) est crucial, car il affecte de nombreux aspects liés aux activités humaines. Nous les regroupons ici en cinq catégories, les ressources, l'énergie, l'environnement, l'économie et la société.

En termes de ressources, les batteries L'ABS usagées constituent des ressources secondaires critiques et précieuses, riches en plomb. Leur recyclage permet une utilisation efficace des ressources en plomb, réduisant ainsi la demande en minerai de plomb et prolongeant la durée de vie exploitable des mines de plomb.

Selon les données statistiques, la production mondiale de plomb raffiné en 2021 était de 12,28 millions de tonnes, dont environ 64,57% provenaient du plomb recyclé. Cela indique que le recyclage des ressources secondaires de plomb est une source cruciale pour maintenir l'équilibre offre-demande existant.

Il est à noter que les États-Unis ont atteint 100% d'approvisionnement en plomb de fonderie à partir de plomb secondaire. De plus, en Chine, plus de 300 millions de batteries L'ABS usagées sont générées chaque année, contenant près de 40 millions de tonnes de plomb. Ce volume important de déchets souligne l'immense potentiel de récupération du plomb à partir des batteries L'ABS usagées et la possibilité de réaliser des économies de ressources significatives à grande échelle.

Pour l'aspect énergétique, les batteries L'ABS jouent un rôle important en tant que matériaux de stockage de l'énergie dans divers domaines. Le recyclage et l'utilisation des batteries L'ABS usagées contribuent incontestablement au développement de l'industrie de l'énergie, en particulier dans la promotion de l'utilisation des sources d'énergie renouvelables. Par exemple, la mise en place de systèmes de stockage d'énergie utilisant des batteries L'ABS recyclées permet le stockage de l'électricité

7. Le devenir des batteries au plomb-acide usagées.

Dans de nombreuses régions du monde, notamment dans les îles des Caraïbes, le commerce des voitures d'occasion est en plein essor. Des milliers de voitures d'occasion japonaises y sont importées chaque année dans le but d'être démontées et vendues en pièces détachées. Ces véhicules contiennent des batteries au plomb qui sont retirées et expédiées au Venezuela pour être recyclées [25].

Le traitement des piles et batteries usagées pose également problème. Selon une étude de l'EPBA (European Portable Battery Association), seulement 45% des piles et batteries usagées sont collectées pour être recyclées dans l'Union européenne, tandis que ce chiffre était inférieur à 2% en Chine en 2012. Lorsqu'elles ne sont pas récupérées, ces batteries sont souvent jetées dans la nature, incinérées ou enfouies.

Cela entraîne une pollution environnementale durable, car certaines piles libèrent leurs métaux, ce qui pollue les écosystèmes à long terme. Par exemple, selon l'Institut Bruxelles Environnement, le mercure contenu dans une pile bouton usagée peut contaminer 400 litres d'eau ou un mètre cube de terre pendant 50 ans.

Il s'agit donc d'une pollution importante, d'autant plus regrettable lorsque l'on sait que les matériaux contenus dans les piles collectées pourraient être utilisés dans la fabrication d'autres batteries, de couverts, de carrosseries de voiture ou de gouttières. [26].

Les batteries au plomb présentes dans les voitures constituent la principale source de déchets pour l'affinage secondaire. L'industrie progresse positivement pour favoriser le recyclage de ces batteries, notamment grâce à l'augmentation du parc automobile mondial et à l'augmentation du taux de retour des anciennes batteries. La production secondaire peut également nécessiter des installations d'affinage si les matières premières recyclées contiennent des composés indésirables [27].

Dans certains pays, comme l'Allemagne, il existe des obligations imposées aux revendeurs de batteries pour qu'ils acceptent les anciennes batteries des consommateurs, et aux fabricants de batteries pour qu'ils les acceptent des détaillants. Une caution de 15 DM par batterie au plomb est perçue auprès de l'acheteur d'une nouvelle batterie si l'ancienne batterie n'est pas retournée

8. Le recyclage des batteries au plomb.

8.1. Sur le plan international :

Le recyclage des batteries au plomb est devenu une activité rentable en raison de la demande croissante de l'industrie automobile et de la hausse du prix du plomb sur le marché mondial. Environ 75% de la production mondiale de plomb est utilisée dans la fabrication de batteries, ce qui a conduit à une forte demande pour le recyclage du plomb contenu dans les batteries usagées.

La production mondiale de plomb secondaire, provenant principalement des batteries usagées, joue un rôle important dans le contrôle du prix du plomb. Les collecteurs de batteries et les fonderies peuvent bénéficier de la hausse des prix, tandis que les producteurs de batteries sont confrontés à des coûts plus élevés.

Cela incite certains producteurs à mettre en place leur propre réseau de collecte de batteries usagées pour réduire les coûts de recyclage. Certains producteurs vont même jusqu'à faire fondre les batteries usagées dans leurs propres usines pour limiter davantage les coûts [28].

La consommation de batteries au plomb-acide en Australie est importante, avec environ 9,2 millions de batteries vendues chaque année, dont 7,8 millions atteignent la fin de leur durée de vie. Les batteries au plomb- acide représentent jusqu'à 91% des batteries éliminées en Australie, soit plus de 120 000 tonnes par an. Les ménages australiens achètent à eux seuls plus de 7,6 millions de batteries [29].

En Europe, la quantité de batteries au plomb usagées atteint environ 1,2 à 1,5 kg par habitant et par an. L'Union européenne est l'une des principales régions productrices de plomb au monde, avec une production importante provenant de matières secondaires. Le recyclage du plomb est une préoccupation écologique majeure, et la production primaire de plomb est en déclin régulier.

L'industrie du recyclage du plomb en Europe est composée d'un grand nombre de petites raffineries indépendantes. Cependant, de plus en plus de grandes sociétés multinationales et de groupes de production de batteries acquièrent ces petites raffineries ou mettent en place leurs propres opérations de recyclage [30].

En résumé, le recyclage des batteries au plomb est une pratique essentielle pour récupérer le plomb et réduire les impacts environnementaux associés à leur élimination. La demande croissante de plomb dans l'industrie automobile et la hausse des prix ont rendu le recyclage du plomb contenu dans les batteries usagées rentable. Cependant, il reste encore des défis à relever pour améliorer la collecte et le recyclage des batteries au plomb à l'échelle mondiale.

8.2. Sur le plan nationale (en Algérie) :

L'Agence Nationale des Déchets (AND) estime que la quantité de batteries usagées générées en 2018 s'élevait à 62 467 tonnes. 71% de ces batteries provenaient de véhicules de tourisme et 26% de camions et camionnettes [31].

Quelques entreprises en Algérie sont autorisées par le ministère de l'Environnement à recycler les batteries usagées, voire à les transformer en batteries neuves. Par exemple, la société publique Impec de Sétif se charge du broyage des batteries usagées, puis elle fait fondre et affine le plomb pour fabriquer de nouvelles batteries. Une autre entreprise, récemment ouverte à Ain Oussera, a une capacité de traitement annuelle de 20 000 tonnes de batteries.

Dans la commune de Ain M'lila, dans la wilaya d'Oum El Bouaghi, il existe également deux entreprise privée appelée "SARL EL CHAFEK" et "FABCOM" spécialisée dans la collecte et le recyclage des batteries usagées pour produire du plomb secondaire. Ce plomb est ensuite réintégré dans le cycle de production de nouvelles batteries.

Ces initiatives de recyclage en Algérie contribuent à la gestion des batteries usagées et à la réduction de leur impact sur l'environnement. Cependant, il reste encore des défis à relever pour sensibiliser davantage les détenteurs de batteries usagées aux réglementations et aux bonnes pratiques de gestion des déchets, afin d'augmenter le taux de récupération et de recyclage des batteries usagées dans le pays.

La gestion des batteries usagées en Algérie est régie par des réglementations nationales et internationales. Voici un aperçu des principales réglementations pertinentes.

9. Réglementations nationales (en Algérie).

Loi algérienne relative à la gestion des déchets (loi n° 01-19 du 12 décembre 2001): Cette loi établit le cadre général pour la gestion des déchets en Algérie, y compris les batteries usagées. Elle définit les responsabilités des producteurs et des détenteurs de déchets, les procédures de collecte, de transport, de stockage temporaire, de traitement et d'élimination des déchets dangereux. Décret exécutif n° 03-212 du 16 juin 2003 : Ce décret précise les modalités d'application de la loi sur la gestion des déchets. Il détaille les exigences spécifiques relatives à la collecte, au transport, au stockage, au traitement et à l'élimination des déchets dangereux, y compris les batteries usagées. [32]

9.1. Conventions internationales :

Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination : L'Algérie est partie à cette convention internationale qui vise à réduire les mouvements transfrontières de déchets dangereux, y compris les batteries usagées.

La convention établit des principes et des procédures pour le contrôle et la gestion de ces déchets à l'échelle mondiale.

Accord de l'Organisation des Nations Unies (ONU) relatif au transport des marchandises dangereuses (ADR) : L'Algérie, en tant que membre de l'ONU, suit les directives de l'ADR pour le transport des batteries usagées et d'autres déchets dangereux. L'accord établit des règles spécifiques pour l'emballage, l'étiquetage, la documentation et le transport sécurisé de ces marchandises.

Ces réglementations nationales et internationales visent à promouvoir une gestion appropriée des batteries usagées en Algérie. Elles encouragent la collecte sélective, le recyclage, le traitement et l'élimination sécurisée de ces déchets, tout en minimisant les impacts négatifs sur la santé humaine et l'environnement. Il est essentiel que les acteurs concernés, tels que les producteurs, les détenteurs, les collecteurs et les recycleurs, se conforment à ces réglementations pour assurer une gestion responsable des batteries usagées. [33]

10. En Algérie, les procédures de collecte et de transport des batteries usagées.

Sont réglementées afin de garantir une gestion appropriée de ces déchets dangereux. Voici un aperçu des principales étapes et procédures impliquées : [34]

10.1. Collecte initiale :

Les batteries usagées sont collectées auprès des détenteurs, tels que les particuliers, les entreprises, les industries, les commerces, les établissements de santé, etc. Les détenteurs sont encouragés à séparer les batteries usagées des autres déchets et à les stocker provisoirement dans des contenants appropriés, tels que des boîtes ou des sacs étanches, pour éviter les fuites et les dommages.

10.2. Collecte sélective :

Des points de collecte sélective sont mis en place à travers le pays, tels que des centres de collecte, des points de dépôt dans les supermarchés ou les stations-service, ou des initiatives de collecte mobile. Les détenteurs peuvent apporter leurs batteries usagées à ces points de collecte sélective, où des mesures de sécurité sont généralement en place pour éviter les risques liés aux déchets dangereux.

10.3. Transport sécurisé :

Le transport des batteries usagées doit être effectué conformément aux réglementations nationales et internationales, notamment l'Accord de l'ONU relatif au transport des marchandises dangereuses (ADR).

Les transporteurs doivent utiliser des véhicules adaptés et autorisés pour le transport des déchets dangereux. Les batteries usagées doivent être correctement emballées, étiquetées et sécurisées pour prévenir les fuites ou les dommages pendant le transport.

10.4. Documentation et suivi :

Les transporteurs doivent fournir les documents requis, tels que les bordereaux de suivi des déchets, qui indiquent la quantité, la nature des batteries usagées transportées, ainsi que les informations sur les parties impliquées dans le transport. Des systèmes de suivi peuvent être utilisés pour enregistrer et suivre les mouvements des batteries usagées depuis leur collecte jusqu'à leur destination finale, afin d'assurer une traçabilité adéquate.

Il est important de souligner que ces procédures peuvent varier légèrement en fonction des réglementations locales et des pratiques spécifiques mises en place par les autorités compétentes et les opérateurs de gestion des déchets en Algérie. Il est essentiel de se conformer à ces procédures pour assurer une gestion sûre et responsable des batteries usagées tout au long du processus de collecte et de transport.

Chapitre II

Recyclage des BPA en

Algérie cas de SARL

FABCOM & SARL EL

CHAFEK

SARL FABCOM

1. Présentation de la société

La société FABCOM est une Société à Responsabilité Limitée (SARL) spécialisée dans le secteur industriel, basée à Ain Melilla, dans la Zone Industrielle N°104.



Figure 09 : photo de FABCOM



Figure 10 : localisation de FABCOM

Source : photo prise par nos soins le 6 mars 2024

Elle a été créée le 16 janvier 2011 et a commencé ses activités effectives en mars 2015. Son numéro d'immatriculation commerciale est 0404865 B11 et son numéro d'identification fiscale est 001104040486559. Elle est également enregistrée sous le numéro d'identification statistique 001104030000579.

FABCOM se concentre sur la fabrication de diverses batteries pour véhicules, ainsi que sur le recyclage et la filtration des batteries au plomb usagées. La société détient des certificats, notamment l'ISO 9001/2015, obtenu le 11 février 2017, ce qui témoigne de son engagement envers la qualité de ses produits et services.

La capacité de production de société 'environ 1 000 000 d'unités de batteries pour véhicules par an. De plus, elle a recyclé environ 44 000 tonnes de batteries usagées pour en extraire le plomb, contribuant ainsi à la gestion responsable des déchets et à la préservation des ressources naturelles.

FABCOM emploie environ 400 travailleurs directs, ce qui souligne son rôle en tant qu'employeur dans la région.

□ Liste nominative des membres des organes de direction

- M. Attia Abdel Rashid (Associé)
- M. Attia Essam (Responsable Partenaire)
- M. Attia Amin (Associé).
- M. Attia Yassin (Associé).
- Description du signataire du demandeur, M. Attia Essam (responsable associé).

□ Description de la nature, de la désignation et du symbole des déchets spéciaux dangereux à collecter conformément aux dispositions du décret exécutif n° 06-104

BUT DU PROJET : L'objectif principal de ce projet est le recyclage de 44.000 Tonnes de batteries usagées par An (équivalent à 2.300.000 unités de batteries) pour tirer 24.000 Tonnes de plomb affiné et 4.000 Tonnes de plastique.

OPPORTUNITES DU PROJET : Le présent projet consiste à réaliser une Recyclage de batteries et production du plomb. Nouvelle unité d'Il est dimensionné pour recycler 44.000 Tonnes (l'équivalent de 2.300.000 unités) de batteries usagées par An et génère 24.000 Tonnes de plomb affiné et ceci afin de :

- Répondre aux besoins de l'industrie algérienne des batteries notamment les besoins de l'usine de FABCOM ;
- Augmenter le taux d'intégration du produit national ;
- Exporter les produits et faire rentrer les devises au pays ;
- Création de 100 nouveaux postes d'emploi directs ;
- Participer dans le programme national de la protection de l'environnement à travers la collecte des batteries usagées ;
- Recyclage des déchets conformément aux normes internationales de la protection de l'environnement ;
- Disponibilité de l'infrastructure industrielle de la SARL FABCOM.
- Réduire le prix de revient de la batterie.

□ **Le processus technologique de recyclage :**

En recyclant une batterie, récupère du plomb fondu qui peut être réutilisé après affinage. Le traitement du plomb usagé représente quant à lui, une économie énergétique de 25% par rapport à l'extraction du métal neuf. La majorité des matières plastiques et des produits chimiques que contient la batterie usagée est aussi recyclée pour divers usages industriels.

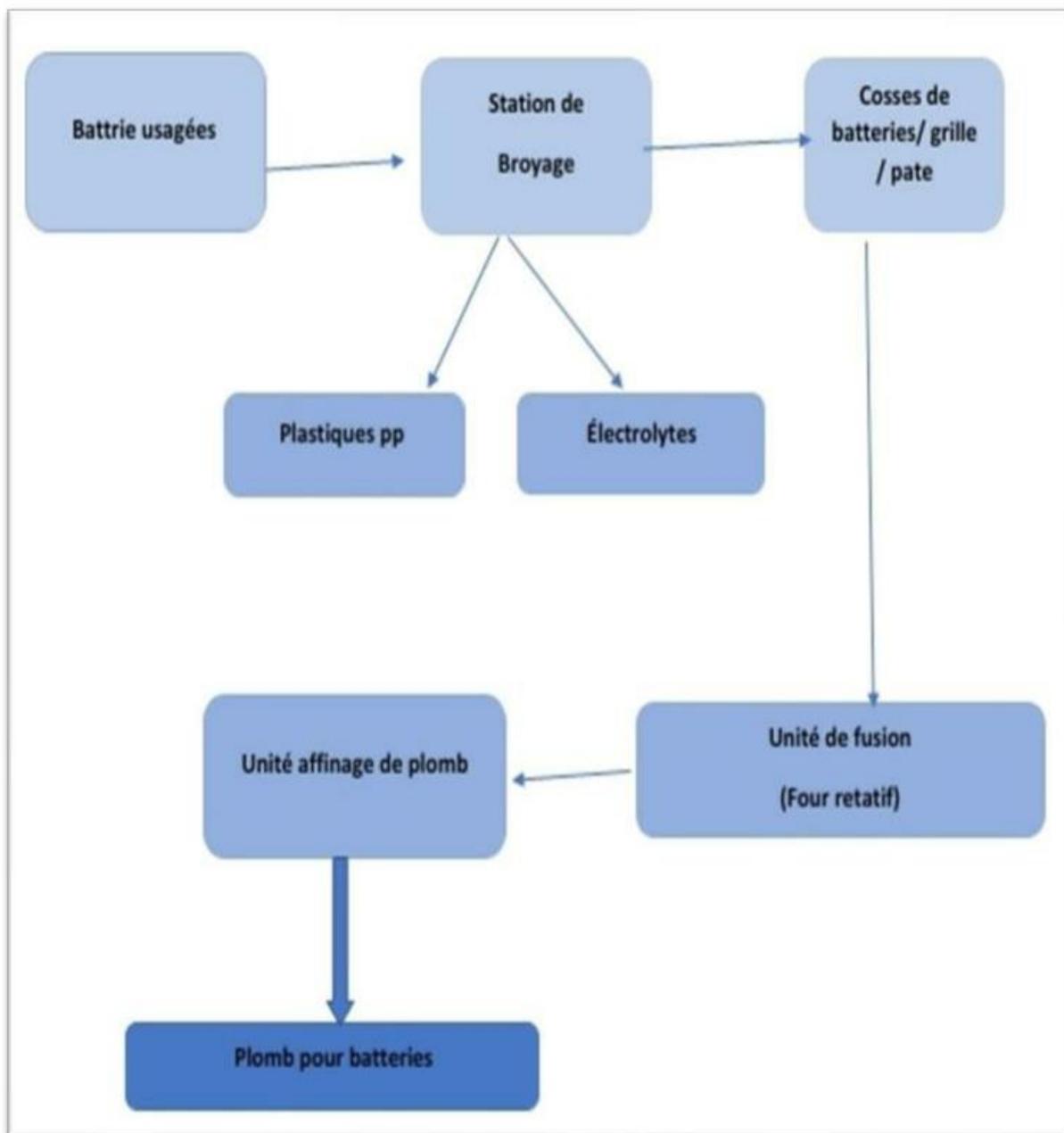


Figure 11 : schéma synthétique de recyclage des batteries au plomb au niveau de SARL FABCOM

Source : photo prise par nos soins le 6 mars 2024

2. Méthode de recyclage.

Les batteries BPA sont recyclées en des étapes :



Figure 12 : lieu de collecte

Source : photo prise par nos soins le 6 mars 2024

2.1. La collecte :

Les régions concernées par la collecte : La collecte se fait à l'échelle nationale, englobant toutes les régions du pays.

Tableau 03 : Description de la nature, de la désignation et du symbole des déchets spéciaux dangereux à collecter, conformément aux dispositions du décret exécutif n° 06-

104.

Symbole des déchets	Etiquette déchet	Classement des déchets	Mesures de gravité
1.6.16	Composés contenant du plomb	Déchets spéciaux dangereux	Toxique

Tableau 04 : Liste des travailleurs affectés au processus de collecte, ainsi que les certificats de qualification

Prénom Nom	Certificat ou qualification	profession
Abbasa Abdallah	Diplôme d'ingénieur d'État en construction mécanique Permis de conduire n° 8823936	Travailleur de collecte
Bushama Ahmed Ayoub	Diplôme de Technicien Supérieur en Installation et Maintenance d'Appareils de Chauffage, Climatisation et de Réfrigération	
Attia Hamza	Numéro de permis de conduire : 4572523	chauffeur

□ **Méthodes de collecte**

Après la récupération des conteneurs contenant du plomb, ils sont pesés et chargés sur le camion à l'aide d'appareils de levage. Pour faciliter le processus de collecte, un plan de routage est préparé.

Les conteneurs contenant du plomb collecté sont directement transportés vers l'unité de recyclage des batteries usagées et de traitement du plomb appartenant à la société à responsabilité limitée FABCOM, située dans la zone industrielle, lot 10J, dans la municipalité d'Aïn M'lila, wilaya d'Oum El Bouaghi.

Un bon de réception et d'enlèvement des déchets est préparé, contenant les informations suivantes : la quantité et le type de déchets, le nom et l'adresse du producteur et du collecteur, ainsi que le destinataire final.

Un registre de collecte est également établi, contenant les données suivantes

Éléments d'identification des détenteurs.

- Nature et code des déchets spéciaux collectés.
- Quantité de déchets spéciaux collectés.
- Date de chaque levée.

Éléments d'identification des destinataires.

Mention de tous les incidents survenus pendant la collecte et les mesures prises pour y remédier.

Ce registre est remis aux autorités compétentes chargées du suivi et du contrôle.

□ Mesures prises pour éviter ou faire face à tout danger menaçant la santé humaine et/ou l'environnement

Les véhicules de transport sont équipés de boîtes d'extincteurs, de panneaux de signalisation d'avertissement (triangles de signalisation), de filets de couverture, de cordes de levage (câbles de liaison), de cales de roues, de sacs de sable, de pelles, de gants, de trousse de premiers secours et de lampes de poche

De plus, les travailleurs chargés de la collecte sont équipés d'équipements de protection individuelle tels que des casques, des chaussures de protection, des masques anti-poussières, des lunettes et des gants.

Les mesures prises en cas d'accident comprennent :

La mise en place des signaux nécessaires (triangles de signalisation) pour éviter tout autre accident.

La préparation des moyens de levage ou des grues pour récupérer les déchets dispersés sur la voie publique.

En cas d'accident pendant le transport causant une fuite de déchets spéciaux ou dangereux, les autorités de police, de gendarmerie, de protection civile et les autorités régionales compétentes sont immédiatement informées afin de : Arrêter la fuite de déchets spéciaux dangereux.

Récupérer les déchets spéciaux et tous les matériaux contaminés.

2.2. Lieu de stockage.

Les batteries usagées au plomb qui arrivent au sein de l'unité sont acheminées par les ferrailleurs pour les déposer et les stocker sur une dalle étanche.



Figure13 : un réservoir vibrant



Figure 14 : Lieu de stockage

Source : photo prise par nos soins le 6 mars 2024

2.3. Broyage :

Les batteries sont broyées dans le but d'extraire les matières suivantes :

- La pâte de plomb provenant de la matière active de la batterie
- Le plomb métallique des grilles et des connexions
- Le poly propylène du boîtier de la batterie qui sera recyclé
- L'électrolyte (acide sulfurique + eau) qui sera régénérée.

Nous avons un stock de batteries usagées dans lequel un dispositif de saisie, appelé grapheur (Figure16), prend les batteries et les place dans un réservoir vibrant (Figure13) contrôlés par ordinateur en fonction de la quantité de batteries.

Ensuite, elles passent dans un broyeur (Figure17) équipé de marteaux pour les casser à une vitesse de 8t/h. En dessous, il y a un tamis vibrant sur lequel de l'eau est pulvérisée. Le tamis vibre et l'eau pénètre avec la pâte, puis l'ensemble descend dans le réservoir TK 05 où l'on trouve des références.

La pompe évacue l'excédent pour le séchage, Avec une machine à filtre-pression, la pâte humide est pressée par des plaques, ce qui permet de séparer la pâte et de la faire tomber au sol. Le plomb et les plastiques sont séparés dans des réservoirs par gravité dans l'eau, dans une série de réservoirs où les matières se déposent ou flottent selon leurs densités relatives.

Les matières lourdes comme les métalliques (grille et connections) coulent au fond et les matières légères comme le plastique continuent de flotter à la surface. Les matières lourdes sont constamment retirées par une chaîne de halage et les plastiques flottant à la surface sont retirés sur un tamis ou par une visse de décharge, le plastique lourd et l'inclusion qui ne se séparent pas complètement flotteront par le flux d'air (ventilation).

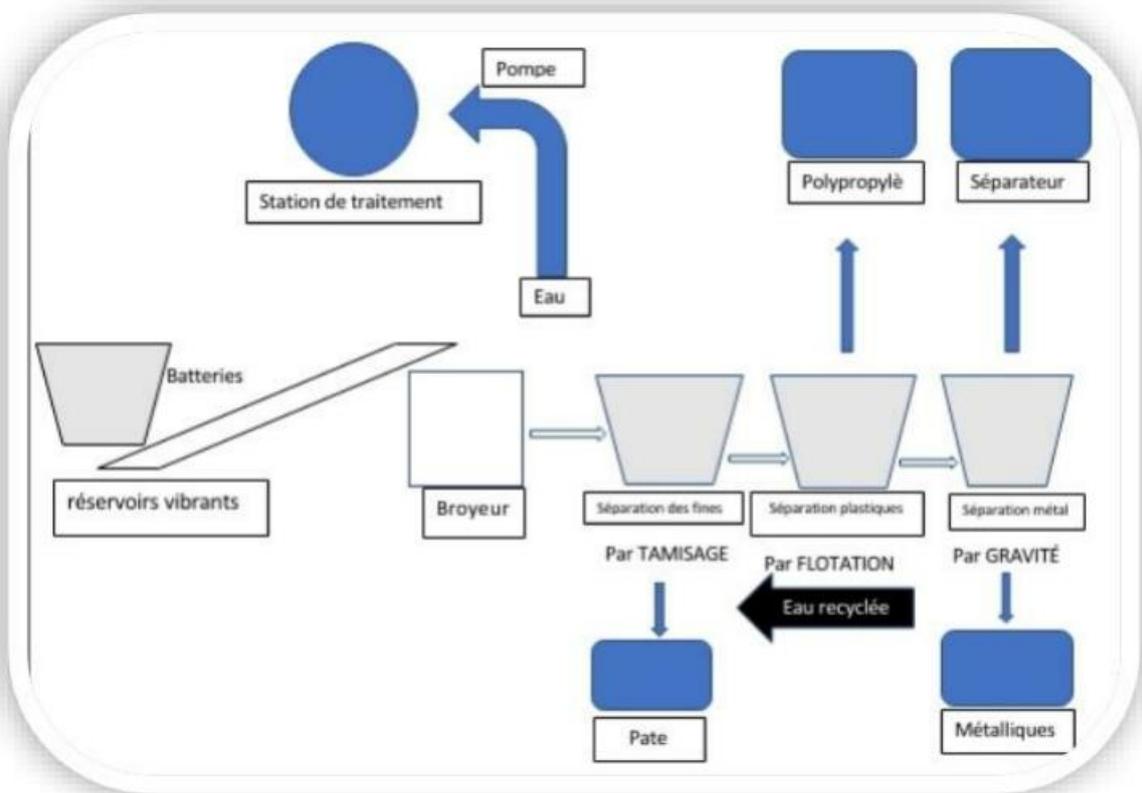


Figure 15 : phase de broyage au niveau de SARL FABCOM

Source : photo prise par nos soins le 6 mars 2024

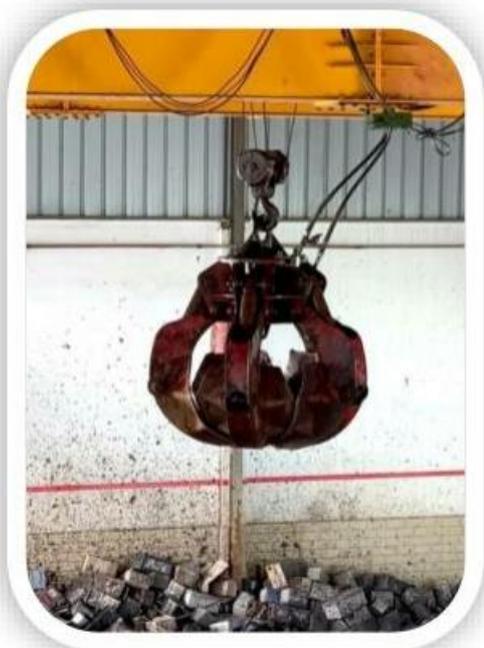


Figure 16 : le grapheur



Figure 17 : un broyeur

Source : photo prise par nos soins le 6 mars 2024



Figure 18 : Produits fini de l'étape de Broyage :A) séparateur, B) polyéthylène (plastique ,boîte et couver de boîte) C) la pâte (oxyde plomb) D) métal

Source : photo prise par nos soins le 6 mars 2024

2.4. Réduction :

□ Fusion des déchets métalliques et des pâtes :

Obtention du plomb d'œuvre et des scories La deuxième étape du processus de traitement du plomb consiste à fondre les déchets métalliques et les pâtes provenant du broyeur. Cette étape cruciale a pour objectif d'extraire le plomb sous forme de plomb d'œuvre et de séparer les impuretés sous forme de scories.

□ Fonctionnement du four rotatif

Les déchets métalliques et les pâtes broyés sont introduits dans un four rotatif incliné plus charbonate de sodium, charbon, fer et Déchets de plaques, chauffé à une température d'environ 1000°C.

La rotation du four permet une -homogénéisation optimale de la charge et favorise une fusion efficace. Au cours du processus de fusion, les différents constituants du mélange se séparent en deux phases distinctes :

Plomb d'œuvre : Le plomb fondu, débarrassé de la majorité de ses impuretés, s'accumule dans la partie inférieure du four.

Scories : Les impuretés, plus légères que le plomb fondu, forment une couche de scories à la surface du bain de fusion.

□ Gestion du cycle de fusion :

Durée du cycle : Chaque charge de déchets métalliques et de pâtes possède un temps de cycle spécifique, défini en fonction de sa composition et des propriétés recherchées pour le plomb d'œuvre.

Contrôle de la température : Un système de contrôle précis maintient la température du four à un niveau optimal tout au long du cycle, garantissant une fusion homogène et efficace.

**Figure 20 : four rotatif****les poches de collés****plomb d'œuvre**

Source : photo prise par nos soins le 6 mars 2024

2.5. Affinage.

Dans cet atelier, le plomb brut va subir une transformation dite « Affinage de plomb » afin de répondre aux spécifications strictes des clients.

- Le plomb d'œuvre est épuré puis enrichi de certains métaux et enfin coulé en lingots qui seront utilisés par les fabricants de batteries
 - On peut préciser que ce processus d'affinage est réalisé sous contrôle du laboratoire qui valide les différentes étapes par le biais de ses analyses.
 - Une fois traités, les composants d'une batterie fournissent du plomb comme produit fini et le plastique et l'électrolyte comme produit secondaire.
 - Le plomb affiné est mis en vente sous forme de lingots afin de réapprovisionner les usines de fabrication de batteries
 - A l'échelle mondiale, on estime d'ailleurs que 55% de la production de plomb affiné est issue de plomb recyclés.
- **Affinage du plomb Un processus méticuleux pour un produit haut**

L'affinage du plomb est une étape essentielle dans la transformation du plomb brut en un produit final répondant aux exigences strictes des clients, notamment les fabricants de batteries.

Ce processus vise à, purifier, le plomb en éliminant les impuretés indésirables et à, l'enrichir, avec des éléments spécifiques afin de lui conférer les propriétés recherchées.

□ **Les étapes clés de l'affinage du plomb :**

Décrassage méticuleux : La cuve 1 est traitée à la chaux et à la balle, une opération visant à éliminer méticuleusement les impuretés. La cuve 2 reçoit un traitement spécifiquement adapté aux exigences particulières de chaque cas.

- Le transfert du plomb de la cuve 1 vers la cuve 2 s'effectue via une pompe dédiée.

Les substances sont filtrées rigoureusement afin d'éliminer les particules résiduelles.

Purification poussée : L'antimoine est traité par l'oxygène et à l'air, permettant d'obtenir un plomb purifié à 98%.

Enrichissement et traitement final : Le plomb purifié est transféré dans les cuves 3 et 4.

Des additifs, tels que le calcium (Ca), sont ajoutés pour améliorer les propriétés du plomb, comme sa résistance mécanique ou sa stabilité chimique.

La composition des additifs peut varier en fonction des besoins spécifiques du processus et des caractéristiques souhaitées pour le produit final.

IL y a 5 types de plomb produit par l'entreprise : plomb doux ,1.7%, 2.6 %, Ca±, Ca-

- Moulage en lingots précis.

Le plomb affiné est coulé en lingots pour faciliter son transport et son stockage ultérieur.

- Contrôle qualité rigoureux :

Un échantillon représentatif est prélevé et analysé en laboratoire afin de valider la conformité du produit aux spécifications requises.

Un rapport détaillé est établi et l'opérateur finalise le processus en s'assurant du respect des normes de qualité les plus strictes.

Ce processus d'affinage est réalisé sous surveillance rigoureuse du laboratoire afin de garantir la qualité irréprochable du produit final



Figure 21 : Cuve d'affinage



plomb final

Source : photo prise par nos soins le 6 mars 2024

2.6. Échantillonnage et analyse du plomb raffiné.

□ Échantillonnage et analyse du plomb raffiné :

L'échantillonnage et l'analyse du plomb raffiné constituent des étapes cruciales dans le processus de contrôle qualité, garantissant la conformité du produit final aux exigences strictes des clients. Ces deux étapes permettent de vérifier la pureté du plomb raffiné et de s'assurer qu'il répond aux spécifications techniques requises.

- Échantillonnage : Précision et représentativité, La cuillère à échantillon est l'outil privilégié pour prélever un échantillon représentatif du plomb raffiné. Son utilisation garantit que l'échantillon prélevé est homogène et exempt de contamination.
- Le choix du moment du prélèvement est également crucial. Il est généralement effectué à la fin du processus d'affinage, lorsque le plomb est homogénéisé et prêt à être coulé.

□ Analyse par spectromètre d'émission optique : Performance et précision

Le spectromètre d'émission est la technique d'analyse privilégiée pour le plomb raffiné. Cette technique permet de déterminer la composition élémentaire du plomb avec une grande précision et une sensibilité élevée.

L'analyse par spectromètre d'émission optique permet de détecter et quantifier les différents éléments présents dans le plomb raffiné, tels que le cuivre, l'antimoine, l'arsenic, le bismuth et le fer.

Les données obtenues par l'analyse du spectromètre d'émission optique permettent de prendre des décisions éclairées quant à l'utilisation du plomb raffiné et de s'assurer qu'il est adapté à l'application prévue.



Figure 22 : SPECTROMETRIE D'EMISSION OPTIQUE

Source : photo prise par nos soins le 6 mars 2024

SARL EL CHAFEK

1. Présentation de la société.

LA SARL EL CHAFEK est une société Algérienne spécialisée dans le recyclage des batteries plomb-acide et la fabrication des batteries automobiles. Implantée dans la zone industrielle de Ain M'Lila route nationale 100 wilaya d'Oum El Bouaghi.



Figure 23 : LA SARL EL CHAFEK.

La localisation géographique de l'entreprise.

Source : photo prise par nos soins le 19 mars 2024

L'entreprise propose une large gamme de batteries pour différents types de véhicules.

Créée en novembre 2006 d'une superficie totale de 30000 m², et une surface bâtie de 23000m².

C'est une société industrielle de fabrication et recyclage des batteries usagées et Commercialisation de :

- Batterie de démarrage de véhicules.
- Acide sulfurique pour batterie.
- Plomb pour batterie.

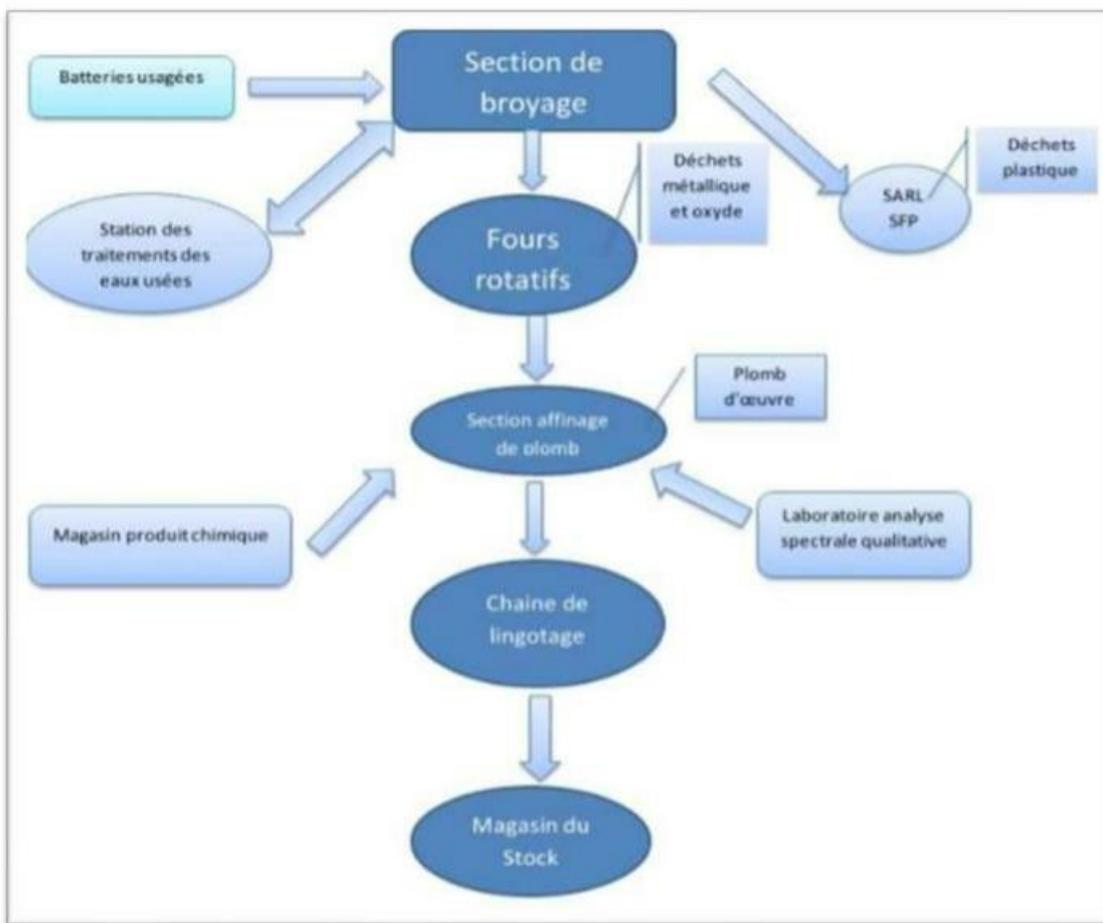


Figure 24 : schéma synthétique de recyclage des batteries au plomb au niveau de SARL ELCHAFEK

Source : photo prise par nos soins le 19 mars 2024

2. Méthode de recyclage :

2.1. Tri et transports des BPA :

Pour alimenter son processus de production, la société privilégie l'utilisation de batteries plomb-acide pour son activité. Ces batteries proviennent de fournisseurs de batteries BPA et font l'objet d'un contrôle rigoureux dès l'arrivée des camions. Ce contrôle garantit la qualité de la matière première et permet d'écarter les batteries défectueuses.

2.2 Stockage des batteries BPA :

La société stocke les batteries BPA à leur arrivée dans un espace ouvert sans appliquer de procédures préalables, ce qui peut générer de nombreux risques. Si les batteries usagées ne sont pas stockées correctement, elles peuvent fuir d'acide sulfurique, dans le sol et l'eau environnants.(Figure 25 :a).

2.3. Phase de broyage :

Le broyage est un processus mécanique essentiel dans le recyclage des BPA. Il permet de séparer les principaux composants de la batterie : le plastique, le plomb et l'acide dans un broyeur à marteau.

❖ Le déroulement du processus consiste à :

Transport et lavage :

Les BPA sont transportés depuis l'aire de stockage vers le broyeur à marteau à l'aide d'un Clark de chargement. Elles passent ensuite sur un tapis roulant (figure 25 :b),où elles sont lavées pour éliminer tout élément indésirable ou nuisible (bois, pierres, etc.).

Broyage :

Les batteries sont broyées dans un broyeur à marteau qui a une capacité de broyer 20 tonnes de batteries plomb acide en 8 heures.

Séparation par tamisage

Un tamis vibrant permet de séparer la pâte et l'eau des composants métalliques et du plastique. La pâte et l'eau s'écoulent vers une citerne tandis que les métaux et le plastique restent sur les tamis.

Séparation par densité

Des mèches spécialisées de la machine de broyage transportent les métaux et le plastique vers des bassins d'eau par le tapis roulant. Le séparateur du machine de broyage (figure 25 :c) permet de séparer le plastique des constituants de la batterie, en raison de leur différence de densité, les métaux coulent au fond tandis que le plastique flotte à la surface.

Recyclage du plastique

Le plastique récupéré est transporté par une autre mèche vers des bacs de lavage puis envoyé vers d'autres usines pour être recyclé.

□ Traitement de la pâte et de l'eau

La pâte et l'eau de la citerne sont traitées avec un flocculant, un agent qui agglomère les particules fines. Les oxydes plus lourds, se déposent au fond tandis que l'eau claire est évacuée.

□ Neutralisation de l'acide

L'électrolyte acide est dirigé vers un réservoir spécifique pour être neutralisé. Et Les gaz résultant du broyage sont évacués pour être traité



Figure 25 : a)Aire de stockage des batteries usagées arrivant au sein de l'unité., b) tapis roulante,c) séparateur.

Source : photo prise par nos soins le 19 mars 2024

2.4. Phase de fusion et réduction de plomb :**□ Réduction et fusion du plomb :**

C'est l'étape clé pour récupérer le métal pur, la réduction du plomb oxydé riche en sulfure de plomb, constitue la deuxième étape fondamentale du processus de recyclage du plomb. Elle vise à extraire les électrons du plomb liés au carbone, permettant ainsi de récupérer le métal pur.

Le déroulement du processus consiste à :

- Chargement du four rotatif : Le plomb oxydé riche en sulfure de plomb, provenant de l'étape précédente, est introduit dans un four rotatif avec une quantité définie de carbone qui joue le rôle d'un élément réducteur de plomb.
- Chauffage à haute température : Le mélange est chauffé pendant 8 heures à une température de 1200°C. Cette chaleur intense est essentielle pour la réaction de réduction.
- Réaction de réduction : Au cours du chauffage, le carbone réagit avec l'oxygène présent dans le plomb oxydé, libérant ainsi les atomes de plomb sous forme métallique.

La réduction du plomb oxydé est une étape cruciale du recyclage car elle permet :

- De récupérer le plomb pur à partir de ses oxydes, ce qui le rend réutilisable.
- De valoriser les déchets de plomb, réduisant ainsi l'impact environnemental lié à leur élimination

SARL EL CHAFEK dispose de trois fours rotatifs, ce qui lui confère une capacité de production importante en matière de recyclage du plomb. À la fin de cette phase, nous avons de 2 produits : les scories et le plomb d'œuvre

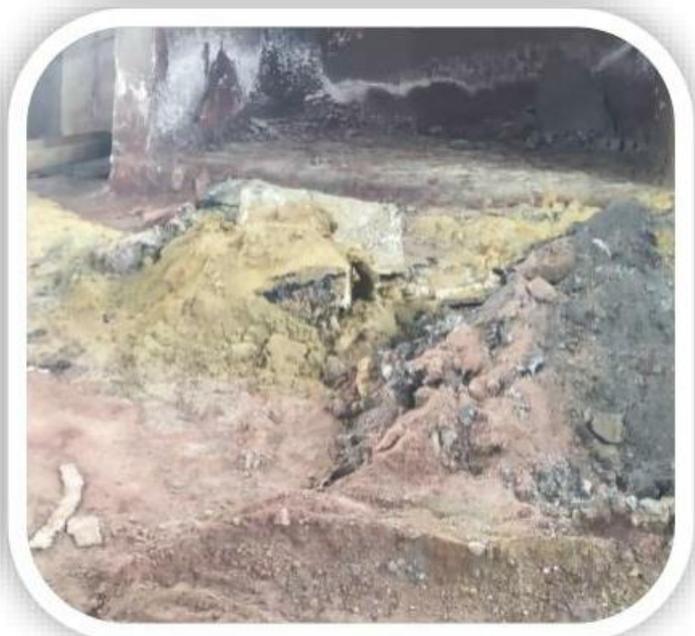


Figure 26 : fours rotatifs

oxyde de plomb.

Source : photo prise par nos soins le 19mars 2024

2.5. Affinage du plomb.

L'affinage s'effectue sur du métal liquide dans des creusets à capacité unique de 30 tonnes à des températures données.

Cette étape consiste à ajouter des additifs et faisant des traitements du plomb et à la fin d'opération il faut obtenir un plomb doux à 99.99 %.

Donc, après la réduction de plomb, il résulte d'une part les scories et d'autre part, il résulte le plomb d'œuvre qui est un produit semi fini qui doit être affiné, ce dernier se charge dans le four à creuset dans une température supérieure à 500°C (300°C est suffisante pour la fusion du plomb mais il se met en 500°C afin de dissoudre bien le plomb et nous faisons le traitement approprié). L'agitateur du four mélangé le plomb pour l'homogénéiser.

□ La 1 ère cuve nous donne 2 types du plomb.

Le premier type : plomb pure (99.98%) : dans cette cuve le traitement se fait par oxygène, lorsque nous ajoutons l'oxygène au plomb chaud, la réaction d'oxydation se produit, pour oxyder les impuretés qui flottent et les éliminer par un tamis puis nous rajoutons la soude caustique (NaOH) Donc la pureté va augmenter de 99,96% jusqu'à 99,98%.

Le deuxième type : plomb dure (s'appelle aussi plomb d'antimoine ou plomb 1,7), en général, dans la métallurgie : un métal + un autre métal, les deux acquérant les caractéristiques chimiques ou physiques de l'autre, dans ce cas Lorsque le plomb est ajouté à l'antimoine, il acquiert la propriété de dureté. Ce type de plomb est utilisé pour fabriquer les bornes de la batterie des véhicules.

Dans la 2 ème cuve, nous ajoutons le calcium qui a 2 rôles :

- **1 er rôle :** ce type de plomb est utilisé dans la fabrication des plaques de la batterie, nous ajoutons le calcium dans le but d'éviter la corrosion des plaques.
- **2 ème rôle :** lorsqu'une réaction oxydation-réduction se produit dans la batterie, en l'absence de calcium, l'eau s'épuisera rapidement, mais en présence de calcium, la réaction ne consomme pas d'eau.

□ **On distingue 2 types de plaques, alors il y a 2 types de plomb calcium :**

- **Plomb calcium+ :** pour la fabrication du plaques positive de la batterie. (Plus épais que la plaque négative Parce que à son niveau l'interaction oxydation-réduction se produit.
- **Plomb calcium - :** pour la fabrication du plaques négative de la batterie.

Dans cette cuve on rajoute l'étain, ce dernier fonctionne à l'opposé du l'antimoine, donc il rendra le plomb plus flexible afin d'éviter la probabilité de fracture les grilles de la batterie.



Figure 27 : Four à creuset.

Source : photo prise par nos soins le 19 mars 2024

Après la phase d'affinage nous passons rapidement à le procédé de coulage de lingots de plomb.

Donc, le plomb pure chaud coulé dans la machine de lingotière et il sera placé dans des moules sous forme d'un rectangle. Ensuite à l'aide d'un système de refroidissement le plomb deviendra solide.

Le marteau de la machine va frapper le moule afin de le séparer du lingot de plomb. Un Clark de chargement vient de porter les lingots de plomb résultant. Pour différencier le plomb pur du plomb antimonié du plomb calcium, on va utiliser des couleurs.

Afin de différencier les différents types de plomb (pur, antimonié, au calcium), on utilise un code couleur pour les identifier.



Figure 28 : chaine de lingotière.

Source : photo prise par nos soins le 19 mars 2024

□ Phase d'analyse du plomb raffiné



Figure 29 : pastille



Laboratoire d'analyse métallurgique

Source : photo prise par nos soins le 19 mars 2024

Afin de vérifier si le plomb issu de la phase d'affinage est bien pur à 99,98%, un échantillon sous forme de pastille est prélevé à l'aide d'une cuillère de prélèvement lors du traitement du plomb dans la cuve à creuset.

Cet échantillon est ensuite analysé au sein du laboratoire d'analyse métallurgique, permettant de déterminer avec précision le niveau de pureté du plomb produit.

□ Phase d'échantillonnage de plomb :

Dans le but de la connaissance si le plomb résultant de la phase d'affinage est pur à 99.98 %, nous avons prélevé un échantillon de plomb sous forme de pastille à l'aide d'une cuillère de prélèvement depuis la cuve à creuset lors la phase de traitement du plomb, l'analyse se fait au niveau du laboratoire d'analyse métallurgique

□ L'Analyse de l'échantillon prélevé par une spectrométrie d'absorption atomique :

L'appareil d'échantillonnage qui existe au niveau de LA SARL EL CHAFEK est la SOLARIS CCD plus, c'est un spectromètre d'émission optique basé sur CCD pour l'analyse des métaux



Figure 30 : lingots de plomb final.

Source : photo prise par nos soins le 19 mars 2024

L'analyse par photométrie d'émission atomique permet de connaître la composition chimique d'un échantillon en mesurant la lumière qu'il émet après avoir été chauffé à très haute température (dans une flamme ou un plasma). Cette lumière, produite par des atomes excités qui reviennent à leur état normal, fournit des informations précises sur la nature et la quantité des éléments présents.



Figure 31 : Spectrométrie SOLARIS CCD PLUS.

Source : photo prise par nos soins le 19 mars 2024

Tableau 05 : Le tableau ci-dessus représente les quantités des additifs importants qui doivent être ajoutés aux cuves de plomb pendant la phase d'affinage.

Elements	1	2	3	4
Ag	0.002	0.002	0.002	0.002
Al	0.001	0.001	0.001	0.001
Cd	0.000	0.000	0.000	0.002
Cu	0.002	0.003	0.003	0.003
Bi	0.007	0.004	0.004	0.005
Ca	0.000	0.000	0.001	0.000
Fe	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.000	0.001	0.000	0.000
S	0.001	0.002	0.002	0.001
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000
Se	0.002	0.003	0.004	0.002
Te	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.001	0.001
As	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	99.984	99.983	99.982	99.985

Il est important de noter que l'utilisation et la quantité de chaque additif doivent être soigneusement contrôlées en fonction de l'application finale du plomb. Il est également important de se conformer à toutes les réglementations de sécurité en vigueur lors de la manipulation du plomb et de ses additifs.

En plus des additifs mentionnés ci-dessus, il existe de nombreux autres additifs spécialisés qui peuvent être utilisés pour obtenir des propriétés spécifiques du plomb. Le choix des additifs appropriés dépendra de la composition et des propriétés souhaitées du produit final.

Il est important de consulter un expert en métallurgie du plomb pour obtenir des conseils spécifiques sur les additifs à utiliser dans une application particulière

Chapitre III

Résultats et discussion

I .Au niveau SARL FABCOM**1. Le traitement des déchets industriels**

1.1. Traitement des fumées industrielles : Protection de l'environnement et de la santé : la société s'engage à minimiser son impact environnemental et à protéger la santé de ses employés et des communautés voisines. Dans le cadre de cet engagement, elle a mis en place un système performant de traitement des fumées industrielles provenant des ateliers de fusion et d'affinage.

□ **Fonctionnement des filtres à manches**

Pour capturer ces particules nocives, l'entreprise a équipé les cheminées des ateliers de filtres à manches : Ces filtres sont constitués de milliers de manches en tissu qui piègent les particules de plomb à mesure que les fumées les traversent. Les gaz propres, débarrassés des particules, sont ensuite rejetés dans l'atmosphère. La poussière retourne au four ; cycle fermé

□ **Efficacité du système**

Le système de filtration à manches est conçu pour une efficacité maximale. Il permet de capturer plus de 99% des particules de plomb présentes dans les fumées, garantissant ainsi un niveau de protection élevé pour l'environnement et la santé.



Figure 32 : Filtre à manche pour le traitement des fumées.

Source : photo prise par nos soins le 6 mars 2024

1.2. Processus de traitement des eaux usées contaminées à l'acide sulfurique issu du broyage

Tri et Broyage : Les pièces sont broyées et triées à l'aide de l'eau. L'eau contaminée par l'acide sulfurique générée pendant le broyage est collectée dans un grand réservoir

Transport et Neutralisation : L'eau contaminée est pompée de l'unité de broyage vers la station de traitement des déchets de FABCOM. Les effluents du broyeur et les eaux industrielles sont également envoyés à cette station.

Neutralisation à la station de traitement : L'eau brute arrive au bassin de collecte.

Une pompe la transporte vers l'unité de neutralisation.

L'eau est neutralisée à l'aide de chaux ou de soude caustique pour ajuster le pH entre 6,5 et 7,5.

Contrôle et Rejet : L'eau neutralisée est stockée dans un réservoir.

La qualité de l'eau est contrôlée pour s'assurer qu'elle répond aux normes de rejet. Une fois conforme, l'eau est autorisée à être rejetée dans les canaux de drainage.



Figure 33 : atelier de purification des eaux

Source : photo prise par nos soins le 6 mars 2024

2. Devenir des produits obtenus lors de processus de recyclage des**batteries au plomb****2.1. Devenir des déchets de plastiques :**

Les matières plastiques (Polypropylène) obtenues après les opérations de broyage et de séparation sont vendues à des clients très variés pour être recyclées. Les proportions des déchets de plastique produisent durant les quatre premiers mois de l'an 2024 est 202,436.7 kg, la proportion de plastique dans la batterie est 6%.

2.2. Devenir des scories de réduction :

Dans le processus de traitement du plomb, les scories, résidus issus de la fusion des déchets métalliques et des pâtes, sont transformées en laitier par un procédé de réduction, permettant ainsi leur valorisation et leur réutilisation dans le processus lui-même. La transformation des scories en laitier s'effectue par un procédé de réduction. Ce procédé implique l'ajout d'un agent réducteur, généralement du charbon, aux scories dans un four spécifique. La réaction de réduction permet d'éliminer une partie du fer et d'autres impuretés présentes dans les scories, les transformant ainsi en laitier.

Il est important de noter qu'en Algérie, il n'existe pas de méthodes de traitement spécifiques pour le laitier. Ce laitier, issu de la transformation des scories, est donc stocké dans un entrepôt dédié lorsqu'il y a de grandes quantités.

Le cas de FABCOM en Algérie, le laitier produit est réutilisé dans le processus de traitement du plomb. Il est remis au four après la réduction et la séparation du plomb d'œuvre. Cette réutilisation permet de réduire la consommation de matières premières et de minimiser la production de déchets. Le laitier se distingue des scories par sa composition chimique plus homogène et sa structure cristalline mieux définie. Il contient généralement des sels minéraux, tels que des silicates, des aluminosilicates et des oxydes de calcium et de magnésium.

2.3. Devenir de plomb final de la phase d'affinage :

Après le processus de recyclage des batteries BPA, les matières fondues sont soumises à une étape de raffinage et d'épuration pour en extraire du plomb doux de très haute pureté.

À l'issue de cette phase d'affinage, le plomb doux obtenu présente une concentration en plomb de 99,99%, ce qui en fait un matériau de très grande qualité.

Cette production de plomb doux de qualité supérieure représente une part importante de la valorisation finale du processus de recyclage mis en place par la société FABCOM.

En effet, 90% de ce plomb secondaire, issu du recyclage des batteries BPA, est principalement réinjecté directement dans l'unité de fabrication de nouvelles batteries au sein même de la société. Cela démontre l'intégration verticale et l'optimisation du cycle de vie des batteries au sein de FABCOM.

Cette valorisation à 90% du plomb final issu du recyclage des batteries BPA est un élément clé de la performance et de la durabilité du modèle d'affaires de FABCOM.

3. Quantité des BPA recyclées au niveau de FABCOM

3.1. Quantité de batteries BPA broyées en 2024 :

Après l'arrivée des batteries BPA à la société FABCOM, un bilan massique est réalisé dans les 4 premiers mois de 2024, avant le broyage des batteries. Les quantités de batteries broyées sont représentées dans une figure, qui n'a cependant pas été fournie avec la requête.

Cette étape du bilan massique permet de comptabiliser précisément les quantités de batteries entrantes, avant leur passage dans le processus de broyage. C'est une étape essentielle pour avoir une vue d'ensemble des flux de matières et pouvoir suivre les rendements du procédé de recyclage.

Le fait que ce bilan soit réalisé sur les 4 premiers mois de 2024 indique que la société FABCOM met en place un suivi régulier de ces flux entrants de batteries BPA, afin d'optimiser la gestion de son processus de recyclage.

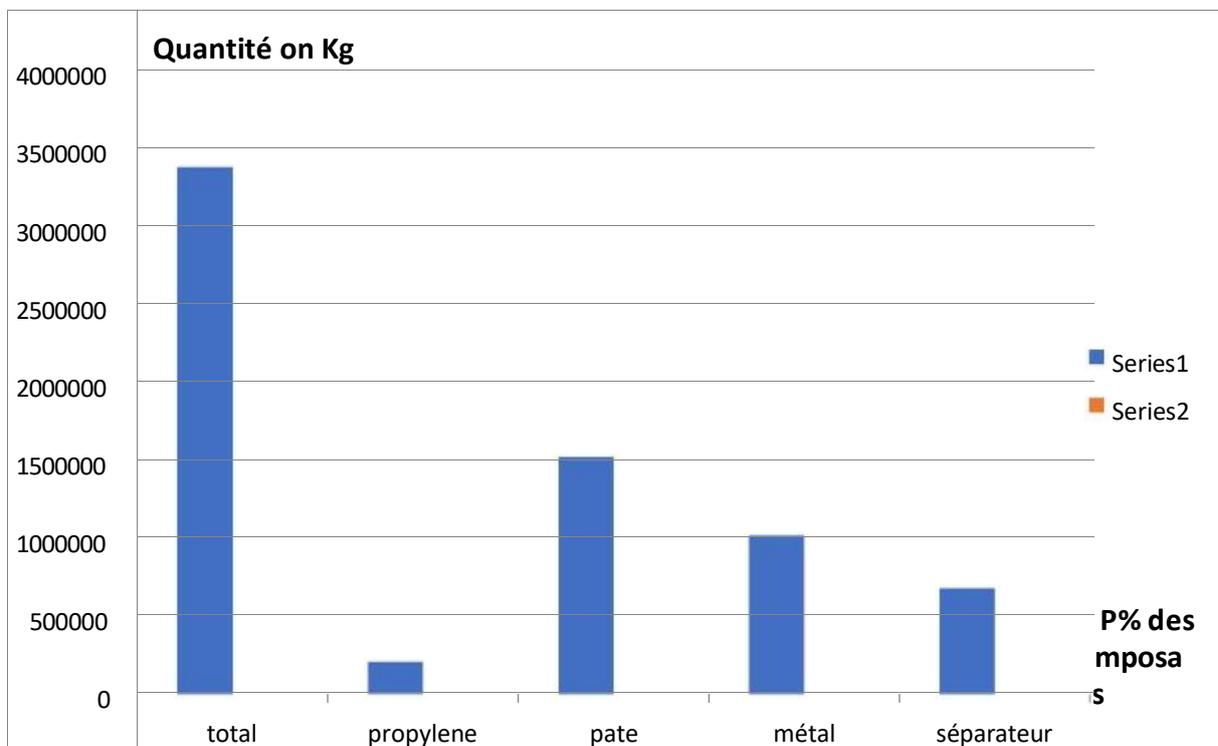


Figure 34 : Quantités de batteries au plomb broyées durant les quatre mois de 2024.

Les données de la figure (35) montrent que la quantité de batteries au plomb broyées par la société FABCOM sur les quatre premiers mois de l'année 2024 est supérieure à 3 500 tonnes témoigne du volume substantiel de matières entrantes que l'entreprise est capable de traiter dans le cadre de son activité de recyclage.

Cette quantité importante de batteries usagées et broyées se décompose de la manière suivante :

- 6% de polypropylène
- 30% de métal
- 45% de pâte
- 20% de séparateur

La répartition détaillée en pourcentage des différents composants extraits (propylène, métal, pâte, séparateur) montre la capacité de FABCOM à récupérer et valoriser les différentes fractions issues du broyage des batteries usagées.

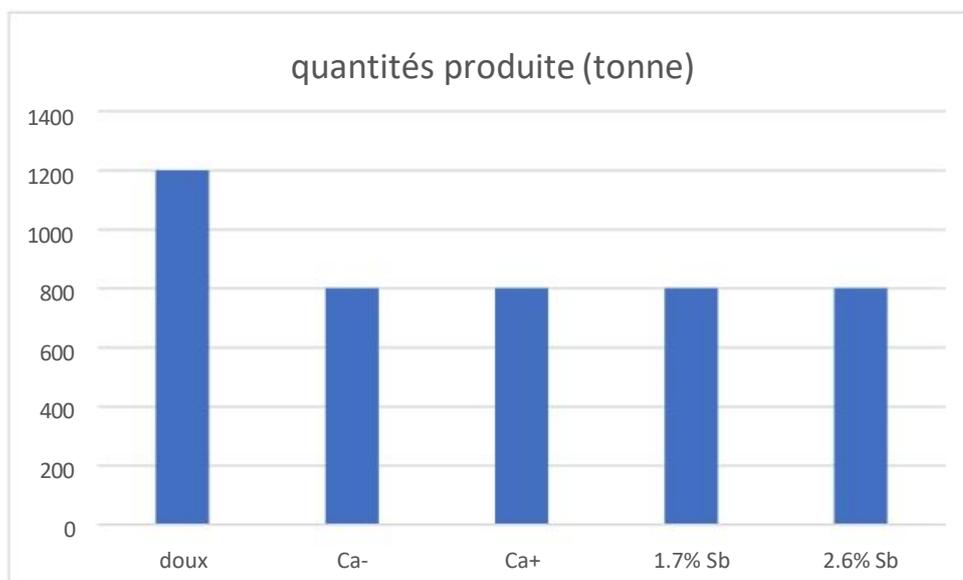
3.2. Quantités de plomb d'œuvre résulte d'une réduction :

Au cours des quatre premiers mois de l'année 2024, dans le cadre du processus de fabrication en FABCOM, une étape essentielle est la réduction effectuée dans le four. Pendant cette phase, le four joue un rôle crucial dans la production du plomb d'œuvre, qui est une matière première clé pour les activités de la société.

Selon les données fournies, la quantité totale de plomb d'œuvre fabriqué par le four lors de l'étape de réduction en FABCOM durant ces quatre premiers mois de 2024 s'élève à 2916.525 tonnes.

Il s'agit d'une production substantielle qui témoigne de l'efficacité et de la performance du four dans le cadre du processus de fabrication en FABCOM sur cette période. Cette quantité représente un volume important de la matière première nécessaire aux opérations de l'entreprise au cours des quatre premiers mois de l'année 2024.

La maîtrise de cette étape de réduction et l'optimisation de la production de plomb d'œuvre par le four sont donc des éléments cruciaux pour assurer la bonne marche des activités de la société FABCOM sur cette période.

3.3. Quantités de production les différents types de plomb dans l'étape d'affinage :**Figure 35 : Quantité de plomb final produite dans l'affinage**

La figure suivante représente les types de plomb produits pendant la phase d'affinage pendant quatre mois de l'année 2024, nous observons des quantités égales de Ca+, Ca-, 1,7%Sb et 2,6%Sb d'une valeur de 800 tonnes et la production de plomb doux en plus grandes quantités estimées à 1200 tonnes. Quantité complète final 4400 tonnes plomb final

Au niveau de SARL ELCHAFEK**1. Le traitement des déchets industriels****1.1. Le traitement des fumées industrielles :**

La société a pris des mesures spéciales pour éliminer les poussières et les métaux et minimiser les risques sur l'environnement en installant des filtres spéciaux appelés filtres à manches, ces derniers sont munis d'un système de décolmatage par insufflation d'air comprimé et sont caractérisés par leurs capacités élevées de la filtration des particules fines durant les processus de fusion.

Le principe de la filtration de ces filtres à manches repose sur l'utilisation d'une membrane en tissu qui permet le passage des gaz mais qui va retenir les poussières. Chaque manche intègre un système d'étanchéité dans son logement.

L'usure des filtres à manches conduit à une dégradation progressive de leurs capacités de filtration, ce qui peut compromettre la qualité de l'air et ce qui nécessite un remplacement périodique.

Les gaz purifiés sont rejetés dans l'atmosphère et les poussières issues des filtres à manches sont collectées dans des conteneurs et les vendre à d'autres sociétés spécialisées dans l'extraction du plomb

**Figure 36 : filtre à manche pour le traitement des fumées.****Filtrat.**

Source : photo prise par nos soins le 19mars 2024

1.2. Le traitement des effluents industriels :

Le traitement des eaux industrielles et des effluents issus des installations de recyclage du plomb est effectué au niveau de station de neutralisation. Lors du traitement l'eau chargée présente une forte acidité ($\text{pH}=2$), la station la neutralise grâce à l'augmentation de son pH (6_8.5) en utilisant la solution de lait de chaux.

Après la neutralisation, vient l'étape de la décantation qui se réalise au niveau de bassin de décantation, cette opération conduisant la formation de deux couches, la première couche contenant le lait de chaux qui se forme dans le fond de bassin, et une couche d'eau qui flotte, ils sont séparés ensuite l'eau retourne vers l'atelier de broyage pour être réutilisé (cycle fermé).



Figure 37 : bassin de l'électrolyte.



Le lait de la chaux.

Source : photo prise par nos soins date 19 mars 2024

2. Devenir des produits obtenus lors de processus de recyclage des batteries au plomb :

2.1. Devenir des scories :

Lors du recyclage des batteries au plomb, la phase de réduction dans le four rotatif permet d'obtenir 60% de plomb semi-fini, le reste étant constitué de scories.

Ces scories sont des sous-produits indésirables du processus, représentent un enjeu environnemental et économique majeur en raison de leur potentiel de contamination des sols et des eaux, ainsi que des risques sanitaires qu'elles présentent.

C'est pourquoi leur recyclage est crucial. Ce processus implique la fusion des scories à haute température afin de séparer le plomb métallique des autres composants.

2.2. Devenir du plastique :

Le plastique résultant après la phase de broyage des batteries usagées au plomb principalement le polypropylène (PP), représenté par des faibles quantités. Ce dernier est collecté et placé dans des conteneurs volumineux avant d'être expédié vers des entreprises spécialisées dans le recyclage du plastique.

2.3 Devenir de plomb final :

Le laboratoire de métallurgie analyse le plomb doux, le plomb antimonié et le plomb calcium obtenus à la fin des processus de recyclage, puis dirige ces matériaux vers l'atelier de fabrication des batteries au plomb acide au niveau de la société.

3. Quantité des plomb finale produit par EL CHAFEK

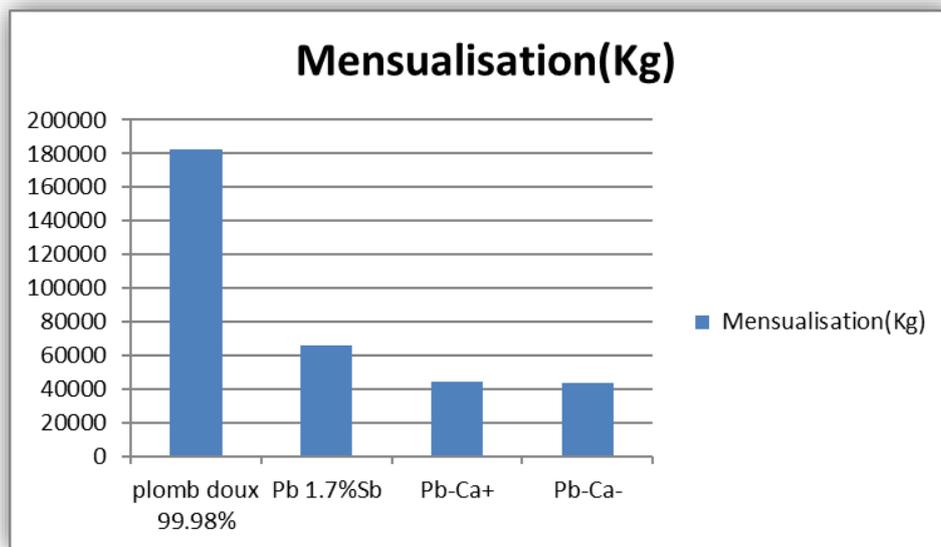


Figure 38 : la quantité des plomb final produits en 2023 .

Source : photo prise par nos soins date 19 mars 2024

La figure présente la quantité de plomb final produit par la SARL EL CHAFEK (plomb doux 99.98%, Pb 1.7%Sb, pb-ca+, Pb-ca-) en 2023 .

D'après le graphique, le plomb doux est le type de plomb le plus produit, avec une quantité d'environ 190 000 kg. Le plomb antimonié arrive en deuxième position avec une production de 60 000 kg. Le plomb calcium, quant à lui, est produit en deux types distincts, avec la même quantité qui indiquent une prédominance du plomb doux dans la production totale.

II. Comparaison entre FABCOM et ELCHAFEK

Tableau 06 : Comparaison entre FABCOM et ELCHAFEK

	FABCOM	ELCHAFEK
Traitement de fumées	<p>Les gaz débarrassés des particules, sont ensuite rejetés dans l’atmosphère. La poussière retourne au four ; cycle fermé</p> <p>Efficacité du système</p> <p>Le système de filtration à manches est conçu pour une efficacité maximale. Il permet de capturer plus de 99% des particules de plomb présentes dans les fumées, garantissant ainsi un niveau de protection élevé pour l'environnement et la santé.</p>	<p>Des filtres à manches sont mis en place afin de capter les particules fines, y compris les poussières et les polluants atmosphériques provenant des broyeurs. Ces particules sont alors piégées par le tissu des filtres. Les gaz, une fois purifiés, sont ensuite évacués dans l'environnement et les poussières sont contenues dans les big bags Sous forme de poudre qui comporte un certain pourcentage de plomb. Cette poudre est vendue à une autre entreprise qui extrait le plomb.</p>
Traitement des effluent liquides	<p>La qualité de l'eau est contrôlée pour s'assurer qu'elle répond aux normes de rejet. Une fois conforme, l'eau est autorisée à être rejetée dans les canaux de drainage.</p>	<p>Le traitement utilisé consiste à ajouter de la chaux qui est une base forte qui neutralise les acides présents dans les effluents liquides, augmentant ainsi leur pH et les rendant moins dangereux puis le réutiliser dans un cycle fermé.</p>
Devenir de scories	<p>Lorsqu’elles sont présentes en grande quantité, elles sont stockées dans des entrepôts spéciaux pour éviter tout risque.</p>	<p>Ces résidus sont renvoyés dans le four rotatif afin d’être fondus dans un cycle fermé, et ce en raison de ses faibles quantités.</p>
Quantités de plomb final	<p>>4400 tonnes (Durant les quatres premiers mois de 2024)</p>	<p>>336 tonnes (Durant 2023)</p>

Chapitre III

Résultats et discussion

Mesure de protection pour le personnel	//	l'société met en place des analyses de plombémie régulières afin de surveiller l'état de santé de personnel suite à leur exposition au plomb. Ces derniers doivent portés des bavettes et des tenues spéciales Interdiction d'accès à l'atelier aux personnes non autorisées pendant le déroulement du processus de recyclage.
Stockage des BAP	Les batteries usagées au plomb sont acheminées par les ferrailleurs et stockées sur une dalle étanche sécurisée	Les batteries usagées au plomb sont destinées par les clarck de chargement et stockées sur une espace ouvert.

Conclusion

Cette étude de fin de cursus a eu pour principal objectif de fournir une immersion approfondie dans le secteur du recyclage des batteries plomb acide, en se concentrant sur les activités de deux sociétés Algériennes, FABCOM et ELCHAFEK.

Pour ce faire, nous avons pu suivre de manière l'ensemble du processus de recyclage, depuis la réception des déchets jusqu'à la production finale de plomb affiné, et ce pendant une semaine complète au sein des installations de ces deux sociétés. Nous avons ainsi pu observer en détail les différentes étapes clés, à savoir le tri, le stockage, le concassage, la réduction et le raffinage du plomb, ainsi que l'analyse finale du produit affiné.

Les résultats obtenus au cours de notre travail qui s'est tenu du 06 au 19 mars ont révélé que durant les quatre premiers mois de 2024, plus de 4400 tonnes de plomb final au niveau de FABCOM contre 336 tonnes anné 2023 à ELCHAFAK.

Après cette première étape de broyage, les déchets métalliques issus de la fragmentation sont acheminés vers le four de fusion pour les faire fondre.

Les produits qui en résultent sont composés d'un plomb d'œuvre et des scories. La dernière étape a consisté à débarrasser ce plomb d'œuvre de ses impuretés pour en faire un plomb affiné.

Les quantités de plomb affiné produite au niveau de FABCOM est 4400 tonnes ont. Ce plomb est injecté de nouveau dans la chaîne de fabrication de nouvelles batteries. Par ailleurs, tous les déchets collatéraux générés par le cycle de recyclage sont soit traités localement au niveau de l'entreprise soit confiés à des sous-traitants pour valorisation.

Nous avons également pu examiner la gestion des autres types de déchets industriels générés, comme le traitement de l'acide sulfurique et des fumées. Nous nous sommes également penchés sur le devenir des sous- produits issus du recyclage des batteries, tels que le propylène obtenu après broyage ou les résidus de scories de fusion.

Cette étude du secteur du recyclage des batteries au plomb en Algérie nous a permis d'acquérir une compréhension très détaillée des différentes étapes, enjeux et défis associés à ce processus industriel complexe.

Références

[1] www.ecorecyclagealgerie.com/page.php?r=presentation. 29 feb 2024 18 :16

[2]www.culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/chimiephysique/electrochimie/stockage-de-l-energie-evolution-des-batteries-12 3 avril 2024

[3]www.everydayrecycler.com/recycling-batteries-why-is-it-important/

Recycling Batteries: Why is it important? April 15, 2024 Sarah Winkler

[4]www.link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-1-4419-0851-3_663#auth-Zhengming_John_Zhang 29 février 2024 23:19

[5]www.researchgate.net/publication/301631480_NickelCadmium_battery_analysis_using_spectrogram. 1 mars 2024 23:12

[6] [What is a nickel-cadmium battery \(NiCd\)? - Independent Power Supply Systems Engineering \(powersystemscoach.com\)](http://www.powersystemscoach.com/what-is-a-nickel-cadmium-battery-nicd/)

[7] Full article: Characterization of spent nickel–metal hydride batteries and a preliminary economic evaluation of the recovery processes (tandfonline.com) 1 mars 2024 23 :50

[8] [NiMH battery dissection. | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](http://www.researchgate.net/publication/301631480_NickelCadmium_battery_analysis_using_spectrogram)

[9] www.link.springer.com/referencework/10.1007/978-1-4419-6996-51 mars 2024 18:58

[10] [Séquence 3 : Sciences de l'Ingénieur - Batterie d'accumulateurs \(ac-limoges.fr\)](http://www.ac-limoges.fr)

[11]www.culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/chimiephysique/electrochimie/stockage-de-l-energie-evolution-des-batteries-12. 2 mars 2024 11 :45

[12] D'antonio, A. Santoro, «Powder neutron diffraction study of chemically prepared β lead dioxide », Acta Cryst., B 36, (1980) 2394. A.Santoro,P.D'antonio and S.M.Caulder , «A.Neutron powder diffraction study of α - and β - PbO₂ in the positive electrode material of lead-acid

[13] Fourment, M. et Guillet, L.(1926). Métallurgies du plomb, nickel et cobalt et alliages de ces métaux, J.-B. Baillièrè et fils ed. , p. 485 dans Mahé-Le Carlier Cécile et Ploquin Alain (1999) Typologie et caractérisation des scories de réduction de la métallurgie du Fer. Revue d'Archéométrie,

[14] M. Dimitrov, D. Pavlov, «Influence of grid alloy and fast charge on batterie cycle life and structure of the positive active mass of lead acid batteries», J. Power Sources, 93 (2001) 234

[15] Fourment, M. et Guillet, L.(1926). Métallurgies du plomb, nickel et cobalt et alliages de ces métaux, J.-B. Baillièrè et fils ed. , p. 485 dans Mahé-Le Carlier Cécile et Ploquin Alain (1999) Typologie et caractérisation des scories de réduction de la métallurgie du Fer. Revue d'Archéométrie, 2

- [17] D. Pavlov, G. Papazov and V. Iliev, «Mechanism of the processes of formation of lead-acid battery positive plates», J.Electrochem. Soc., 119 (1972) 8
- [18] D. Pavlov, G. Papazov and V. Iliev, «Mechanism of the processes of formation of lead-acid battery positive plates», J.Electrochem. Soc., 119 (1972) 8.
- [19]] E.E. Ferg, P. Loyson, N. Rust, «Porosity measurements of electrodes used in lead- acid batteries»,
- [20] www.himaya-safety.com/batteries-lithium-quels-risques-pour-lenvironnement/ 2 mars 2024 10:15
- [21] Jing Zhang a, Chuanmin Chen a, Xueying Zhang b, Songtao Liu a 2016
- [22] livre (Que faire des déchets ménagers? A. Le Bozec, S. Barles, N. Buclet, G. Keck page 137 138)
- [23] Organisation mondiale de la santé. (2017). Recyclage des batteries au plomb usagées : note d'information pour le secteur de la santé, Bruxelles <https://www.who.int/fr/publications-detail/WHO-FWC-PHE-EPE-17.02>
- [24] Arnaud R. Schneider, le 31 Mai 2016
- [25] A Review on Recycling of Waste Lead-Acid Batteries Tianyu Zhao1, *, Sujin Chae1, and Yeonuk Choi1, * 2738 (2024) 012019
- [26] Thornton, I. Rautiu, R et al. (2001) .Lead the facts. IC Consultants Ltd London, UK. Disponible sur : < Lead: The Facts > .(consulté le 15/02/2024)
- [27] https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://eipp.cb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/202001/JRC107041_NFM_bref2017.pdf&ved=2ahUKEwjHpKHjx9OFAxV0QaQEhf1EBQwQFnoECA0QAQ&usg=AOvVaw1Hpj02805tCQzV_RvMRs13
- [28] Mathilde Denis et al. (2012). Impact du recyclage des batteries de véhicules sur la santé humaine et l'environnement : étude pilote effectuée sur des femmes de Colobane et des mécaniciens de Médina. Ann Toxicol Anal, 24(1), 1-2
- [29] JUNEP MAP. (2015). Guide de la Gestion Écologiquement Rationnelle des Batteries au Plomb Usagées en Méditerranée, Grèce, <Guide de la gestion éEcologiquement rationnelle des batteries au plomb usagées en Méditerranée-2015guide gestion batteries plomb.pdfpdf (unep.org)>
- [30] Mouhamed Gaidi Journal El Watan Fayçal Loudjani. Expert en environnement La collecte et le recyclage des piles sont inexistantes en Algérie [en ligne]. (Le 12/03/2020). Disponible sur : <Fayçal Loudjani. Expert en environnement : La collecte et le recyclage des piles sont inexistantes en Algérie> |El Watan>(consulté le 15/04/2042)

- [31] Journal El Watan.Zineb Amina Maiche. Des entreprises pourraient bien mettre du plomb dans les réseaux clandestins [en ligne].(le04/06/ 2011) Disponible sur :<Des entreprises pourraient bien mettre du plomb dans les réseaux clandestins | El Watan> (consulté le 26/04/2024).
- [32] Loi n° 2001-19 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets
<https://www.fao.org/faolex/results/details/fr/c/LEX-FAOC043228/>
- [33] loi<https://and.dz/site/wp-content/uploads/Loi-n%C2%B001-19.pdf>
- [34] ECO RECYCLAGE : Nous fournissons plusieurs services dans le processus de recyclage (ecorecyclagealgerie.com)

Annexes

Nature des produits et matières sensibles : de ELCHAFEK

Acide sulfurique (H₂SO₄) à différentes concentration (de 25 à 98%)

Antigel (Ethylène glycol)
Antimoine (Sb)
Argon (bouteille)
Arsenic(As)
Calcium Alliage à 75 %(Ca-Al)
Calcium pure (Ca)
Carbonate de sodium (Na ₂ CO ₃)
Chaud Chlorure de sodium (NaCl)
Cock
Indicateur net (Noir d'eriochrome)
Magnisium (Mg)
Nitrate de sodium (NaNO ₃)
Oxyde de Plomb
Plomb (Pb)
Sélénium (Se)
Soude caustique (NaOH)
Soufre (S)
Titane (EDTA)

Produits stockés:

Nature	Capacité de stockage	Conditions de stockage
Acide sulfurique	155090 Kg	En Cuves
Soude caustique	2800 Kg	En Sac
Soufre sublimé	17850 Kg	En Sac
Nitrate de sodium	5200 Kg	En Sac
Sélénium	600 Kg	Granulés en bidons
Arsenic	1800 Kg	Bidons
Argon	4 bouteilles	

Quantité des batteries au plomb produites au niveau de FABCOM (annexe)

La nouvelle unité de recyclage des batteries usagées est entrée en exploitation à la fin du premier trimestre 2019.

Cette unité a une capacité de recyclage de:

- 10 tonnes de batteries usagées par heure
- 80 tonnes de batteries usagées en 8 heures
- 160 tonnes de batteries usagées en 16 heures
- 4 000 tonnes de batteries usagées en 25 jours
- 44 000 tonnes de batteries usagées par an (sur 11 mois)

Grâce à une extension réalisée en 2022, la capacité de production annuelle est passée de 44 000 tonnes à 104 000 tonnes.

Ce processus de recyclage permet de produire :

- 52 000 tonnes de plomb pur, transférées vers l'unité de fabrication de batteries intégrée à l'usine
- 10 600 tonnes de plastique, transférées vers les usines de traitement du plastique



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



Ministère de l'Environnement

وزارة البيئة

مقرر رقم 12 المؤرخ في 2022

يتضمن منح اعتماد لجمع المجمعات التي تحتوي على الرصاص
لفائدة الشركة ذات المسؤولية المحدودة فابكوم
(SARL FABCOM)

إن وزيرة البيئة.

- بمقتضى المرسوم الرئاسي رقم 21-281 المؤرخ في 26 ذو القعدة عام 1442 الموافق 07 جويلية سنة 2021. يتضمن تعيين أعضاء الحكومة المعدل.
- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم 20-357 المؤرخ في 14 ربيع الثاني عام 1442 الموافق 30 نوفمبر سنة 2020. يحدد صلاحيات وزير البيئة.
- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم 20-358 المؤرخ في 14 ربيع الثاني عام 1442 الموافق 30 نوفمبر سنة 2020. يتضمن تنظيم الإدارة المركزية لوزارة البيئة.
- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم 04-409 المؤرخ في 2 ذي القعدة عام 1425 الموافق 14 ديسمبر سنة 2004. الذي يحدد كفاءات نقل النفايات الخاصة بالخطرة.
- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم 04-410 المؤرخ في 2 ذي القعدة عام 1425 الموافق 14 ديسمبر سنة 2004. المحدد للقواعد العامة لهيئة واستغلال منشآت معالجة النفايات و شروط قبول النفايات على مستوى هذه المنشآت.
- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم 06-104 المؤرخ في 29 محرم عام 1427 الموافق 28 فبراير سنة 2006. الذي يحدد قائمة النفايات بما فيها النفايات الخاصة بالخطرة.
- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم 06-198 المؤرخ في 4 جمادى الأولى عام 1427 الموافق 31 مايو سنة 2006. الذي يضبط التنظيم المطبق على المؤسسات المصنفة لحماية البيئة.
- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم 07-144 المؤرخ في 2 جمادى الأولى عام 1428 الموافق 19 مايو سنة 2007. الذي يحدد قائمة المنشآت المصنفة لحماية البيئة.
- وبمقتضى المرسوم التنفيذي رقم 09-19 المؤرخ في 23 محرم عام 1430 الموافق 20 يناير سنة 2009. المتضمن تنظيم نشاط جمع النفايات الخاصة.

- و بمقتضى القرار الوزاري المشترك المؤرخ في 26 شوال عام 1434 الموافق 2 سبتمبر سنة 2013، الذي يحدد محتوى ملف طلب رخصة نقل النفايات الخاصة الخطرة و كفايات الحصول على الرخصة و كذا خصائصها التقنية.
- و بمقتضى القرار الوزاري المشترك المؤرخ في 26 شوال عام 1434 الموافق 2 سبتمبر سنة 2013، الذي يحدد الخصائص التقنية للمصفاة النفايات الخاصة الخطرة.
- و بموجب طلب الاعتماد المؤرخ في 10 نوفمبر 2021، المقدم من طرف الشركة ذات المسؤولية المحدودة فابكوم (SARL FABCOM) و المعضى من طرف مسيرها السيد عطية عيصام، من أجل جمع المجمعات التي تحتوي على الرصاص.
- و بموجب القرار رقم 922 المؤرخ في 30 مايو 2021، المتضمن منح رخصة استغلال لوحدة رسكلة البطاريات المستعملة و تصفية الرصاص لفائدة الشركة ذات المسؤولية المحدودة فابكوم (SARL FABCOM)، الواقعة بالمنطقة الصناعية رقم القطعة 10 ج على إقليم بلدية عين مليلة ولاية أم البواقي.
- و بموجب مطابقة ملف ش.ذ.م.م فابكوم (SARL FABCOM)، لمجمل الإجراءات المنصوص عليها في أحكام المرسوم التنفيذي رقم 19-09 المشار إليه أعلاه.
- و بناء على اقتراح مديرية السياسة البيئية الصناعية.

تقرر ما يأتي:

- المادة الأولى: يمنح الاعتماد للشركة ذات المسؤولية المحدودة "ش.ذ.م.م فابكوم (SARL FABCOM)"، ممثلة بمسيرها السيد عطية عيصام، الكائن مقرها بالمنطقة الصناعية رقم القطعة 10 ج على إقليم بلدية عين مليلة ولاية أم البواقي. من أجل جمع المجمعات التي تحتوي على الرصاص.
- ✓ المادة 2: يتم جمع المجمعات التي تحتوي على الرصاص، انطلاقا من المنشآت المنتجة لها على مستوى التراب الوطني، ليتم نقلها مباشرة باتجاه وحدة رسكلة البطاريات المستعملة و تصفية الرصاص التابعة للشركة ذات المسؤولية المحدودة فابكوم (SARL FABCOM) الواقعة بالمنطقة الصناعية رقم القطعة 10 ج على إقليم بلدية عين مليلة ولاية أم البواقي.
- المادة 3: تصنف المجمعات التي تحتوي على الرصاص المعتمدة للجمع طبقا للمرسوم التنفيذي رقم 06 - 104 المؤرخ 28 فبراير سنة 2006، و المشار إليه أعلاه، وفقا للرمز 1.6.16.
- المادة 4: تحدد التعليمات التقنية المتعلقة بجمع المجمعات التي تحتوي على الرصاص في ملحق هذا المقرر.
- المادة 5: يحظر على ش.ذ.م.م فابكوم (SARL FABCOM)، تخزين أو إيداع المجمعات التي تحتوي على الرصاص لدى منشأة معالجة غير حائزة على رخصة استغلال في المجال، وذلك طبقا لأحكام المادة 15 من القانون رقم 19-01 المؤرخ في 12 ديسمبر 2001، المتعلق بتسيير النفايات و مراقبتها و إزالتها.
- المادة 6: يتوجب على ش.ذ.م.م فابكوم (SARL FABCOM)، السهر على عدم تفرغ المجمعات التي تحتوي على الرصاص عند نقاط الجمع، بحيث تحتفظ البطاريات المستعملة بالمنحل بالكهرباء المكون من حمض الكبريت.
- المادة 7: يحظر على ش.ذ.م.م فابكوم (SARL FABCOM)، جمع أي نفاية غير مدرجة في قائمة النفايات المعتمدة للجمع في هذا الإعتداد و المحددة في المادة 3.

المادة 8: يتعين على ش.ذ.م.م فابكوم (SARL FABCOM)، لممارسة نشاطها اكتساب تأمين يغطي مسؤوليتها عن كل النتائج التي قد تلحق ضررا بالغير وتكون ناتجة عن نشاطها.

المادة 9: يتعين على ش.ذ.م.م فابكوم (SARL FABCOM)، مسك سجل الجمع مرقما وموقعا عليه. ويوضع هذا السجل تحت تصرف المصالح المكلفة بالبيئة المختصة إقليميا عند كل مراقبة. يتضمن سجل الجمع البيانات التالية:

- عناصر تحديد هوية الحائزين.
- طبيعة ورمز النفايات الخاصة بالمجموعة.
- كمية النفايات الخاصة بالمجموعة.
- تاريخ إجراء كل رفع.
- عناصر تحديد هوية المرسل إليهم.
- ذكر كل حادث وقع أثناء الجمع والتدابير المتخذة لتدارك ذلك.

المادة 10: يجب أن تحمل مركبات نقل نفايات المجمعات التي تحتوي على الرصاص لوحات إشارة خارجية خاصة ومرئية تطير صنف النفايات المنقولة، لغرض تبيين طبيعتها والأخطار التي تنجم عنها.

المادة 11: يخضع نقل المجمعات التي تحتوي على الرصاص المجموعة لأحكام المرسوم التنفيذي رقم 04 - 409 المؤرخ في 14 ديسمبر سنة 2004 المشار إليه أعلاه.

المادة 12: يتعين على ش.ذ.م.م فابكوم (SARL FABCOM)، أن تكون حائزة لرخصة نقل المجمعات التي تحتوي على الرصاص سارية المفعول. على أن تقدم هذه الرخصة خلال كل عملية مراقبة تقوم بها السلطات المؤهلة لهذا الغرض.

المادة 13: يتعين على ش.ذ.م.م فابكوم (SARL FABCOM)، أخذ كل التدابير اللازمة للحد من أي خطر حادث مرور وإعلام السلطات المختصة إقليميا فورا في حالة نشوب حريق أو في حالة الطوارئ.

المادة 14: يتعين على ش.ذ.م.م فابكوم (SARL FABCOM)، أخذ كل التدابير اللازمة لحماية صحة العمال المكلفين بعملية جمع النفايات، كما يتوجب على هؤلاء العمال استشارة طبيب بصفة استعجالية في حالة تأكد تعرضهم لخطر الإصابة.

المادة 15: يمتنع هذا الاعتماد لمدة خمس (5) سنوات ابتداء من تاريخ توقيع هذا المقرر.

المادة 16: يتعين على ش.ذ.م.م فابكوم (SARL FABCOM)، أن تقدم كل ثلاثة (03) أشهر إلى الوزارة المكلفة بالبيئة (المصالح المركزية المختصة والمصالح البيئة المختصة إقليميا)، تقريرا تصف فيه نشاطها المتعلق بالجمع والمعالجة مع إدماج لاسيما البيانات المحددة في أحكام المادة 9 المذكورة أعلاه.

المادة 17: يتعين على ش.ذ.م.م فابكوم (SARL FABCOM)، أن تقدم سنويا إلى الوزارة المكلفة بالبيئة (المصالح المركزية المختصة والمصالح البيئة المختصة إقليميا)، تصريحاً تصف فيه نشاطها المتعلق بالجمع والمعالجة مع إدماج لاسيما البيانات المحددة في أحكام المادة 9 المذكورة أعلاه.

المادة 18: تبقى قائمة النفايات المعتمدة للجمع المحددة في المادة 3 غير قابلة للتعديل في هذا المقرر. إلا بعد انتهاء مدة صلاحية هذا الاعتماد. ويتوجب على صاحب الاعتماد إخطار المصالح المكلفة بالبيئة (المديرية والوزارة) في حالة تغيير المقر الاجتماعي و/أو منشأة المعالجة على أن تكون هذه الأخيرة حائزة على رخصة استغلال في المجال.

المادة 19: يخضع نشاط الجمع إلى مراقبة المصالح المكلفة بالبيئة المختصة إقليميا.

المادة 20: عند إثبات حالة عدم المطابقة لأحكام هذا المقرر أو التنظيمات المعمول بها، تخطر المصالح المكلفة بالبيئة المختصة إقليميا، الوزير المكلف بالبيئة من أجل تعليق أو سحب الاعتماد بعد إعدار الجامع.

المادة 21: ترسل نسخة من مقرر هذا الإعتماد، إلى الولاية المختصين إقليميا.
المادة 20: يتعين على ش.ذ.م.م فابكوم (SARL FABCOM)، نشر هذا المقرر المتضمن منح اعتماد لجمع المجمعات التي تحتوي على الرصاص في جريدتين وطنيتين على الأقل وتكون مصاريف هذا النشر على عاتقها.

الأمانة العامة
الأندارة مريم هندي مهيدي

ANNEXE III (suite)

CODE DU DECHET	DESIGNATION DU DECHET	CLASSE DU DECHET	CRITERES DE DANGEROUSITE
16.6	Piles et accumulateurs		
16.6.1	Accumulateurs au plomb	SD	Toxique
16.6.2	Accumulateurs Ni- Cd	SD	Toxique
16.6.3	Piles contenant du mercure	SD	Toxique toxique vis-à-vis de la reproduction dangereuse pour l'environnement
16.6.4	Piles alcalines autres que celles visées à la rubrique 16.6.3	S	
16.6.5	Autres piles et accumulateurs	S	
16.6.6	Electrolytes de piles et accumulateurs collectés séparément	SD	Toxique
16.6.99	Déchets non spécifiés		
16.7	Déchets provenant du nettoyage de cuves et fûts de stockage et de transport (sauf catégories 5 et 13)		
16.7.1	Déchets contenant des hydrocarbures	SD	Inflammable toxique
16.7.2	Déchets contenant d'autres substances dangereuses	SD	Dangereuse pour l'environnement
16.7.99	Déchets non spécifiés		
16.8	Catalyseurs usés		
16.8.1	Catalyseurs usés contenant de l'or, de l'argent, du rhénium, du rhodium, du palladium, de l'iridium ou du platine autres que ceux visés à la rubrique 16.8.7	S	
16.8.2	Catalyseurs usés contenant des métaux ou composés de métaux de transition (2) dangereux.	SD	Dangereuse pour l'environnement
	(2)Aux fins de cette entrée, les métaux de transition sont les suivants: scandium, vanadium, manganèse, cobalt, cuivre, yttrium, niobium, hafnium, tungstène, titane, chrome, fer, nickel, zinc, zirconium, molybdène et tantale.		
16.8.3	Catalyseurs usés contenant des métaux ou composés de métaux de transition non spécifiés ailleurs	S	
16.8.4	Catalyseurs usés de craquage catalytique sur lit fluide autres que ceux visés à la rubrique 16.8.7	S	
16.8.5	Catalyseurs usés contenant de l'acide phosphorique	SD	Explosible toxique
16.8.6	Liquides usés employés comme catalyseurs	SD	Toxique
16.8.7	Catalyseurs usés contaminés par des substances dangereuses	SD	Dangereuse pour l'environnement

Capital Social: 714.000.000,00 DA

BANQUE NATIONALE D'ALGERIE
Agence Filiali 850
Constantine
Rib: 001 00850 030000035923

R.C: 11 B 04865
ART: 04030024681
NIF: 001104040186559
NIS: 001104030100579

Tel: +213 (0) 32 500 358/59
Mob: +213 (0) 561 81 40 30
Fax: +213 (0) 32 500 360
arco@fabcombatteries.com

CERTIFICAT D'ANALYSE

N°: ch0046

Date: 01/03/23

Nuance: SB 2.6

Opérateur: SALHI SMAIL

Client: Recyclage FABCOM

Con mande:

On certifie que le materiel suivant:

Matériel:

Echantillon: ARRIVAGE
Coule: CH0046/23 du 01/03/23
Quantité: Kg

	Sn%	Sb%	Cu%	Ca%	Ag%	Bi%	As%	Fe%	Cd%
Résultat	0.3903	2.684	0.0411	0.0007	0.0010	0.0095	0.0989	0.0001	0.0000
Ref. MIN	0.3500	2.600	0.0250	----	----	----	0.0900	----	----
Ref. MAX	0.4500	2.800	0.0450	0.0010	0.0030	0.0020	0.1100	0.0010	0.0010

	Al%	S%	Se%	Te%	Ni%	Co%	Mn%	Pb%
Résultat	0.0004	0.0020	0.0022	0.0007	0.0014	0.0001	0.0005	96.7676
Ref. MIN	----	----	0.0020	----	----	----	----	96.7000
Ref. MAX	0.0010	0.0040	0.0100	0.0080	0.0020	0.0010	0.0010	96.9000

Caracteristiques mécaniques

Brinell HB: 0	A%: 0	R (N/mm ²): 0	Rm (N/mm ²): 0
---------------	-------	---------------------------	----------------------------

Remarques:

Le responsable qualité:

Date: 01/03/23	16.37.03	Campo1
Programme: Pb/Sb		Campo2
Echantillon:		Campo3
Nuance: SB 2.6		Campo4
Opérateur:		Campo5
Mode d'analyse: Concentration		

	Sn %	Sb %	Cu %	Ca %	Ag %	(+) Bi %	As %	Fe %	Cd %	Al %
1	0.3866	2.641	0.0409	0.0007	0.0010	0.0096	0.0975	0.0001	0.0000	0.0004
2	0.3916	2.714	0.0413	0.0007	0.0010	0.0095	0.1003	0.0001	0.0000	0.0004
3	0.3927	2.696	0.0410	0.0007	0.0010	0.0094	0.0988	0.0001	0.0000	0.0004
Moy.	0.3903	2.684	0.0411	0.0007	0.0010	0.0095	0.0989	0.0001	0.0000	0.0004

	S %	Se %	Te %	Ni %	Co %	Mn %	Pb %
1	0.0018	0.0020	0.0006	0.0014	0.0001	0.0004	96.8162
2	0.0020	0.0021	0.0008	0.0014	0.0001	0.0005	96.7342
3	0.0023	0.0023	0.0008	0.0014	0.0001	0.0005	96.7523
Moy.	0.0020	0.0022	0.0007	0.0014	0.0001	0.0005	96.7676

Stockage des additifs au niveau de FABCOM



Antimoine



soufre



Carbonate de sodium (Na_2CO_3)



cuivre (lingo)



Calcium



cock



ARSENIC



Sélénium

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة البيئة

Ministère de l'Environnement

Liste des entreprises de traitement des déchets spéciaux et/ou dangereux

N°	Dénomination	Domaine d'Activité	Adresse
01	Eco Recyclage	Récupération et recyclage de batteries usagées	Zone industrielle, Ain Oussara, Wilaya de Djelfa
02	Sarl S.A.BA El-Fahd	Récupération et recyclage de batteries usagées	Zone industrielle extension, Wilaya de Batna
03	Sarl SAAC El Moutaza	Récupération et recyclage de batteries usagées	Zone industrielle de Rouiba, Wilaya d' Alger
04	SARL RECIBAT	Récupération et recyclage de batteries usagées	Zone d'activité Oued Soudane Bp 1242 47003 Berriane, Wilaya de Ghardaïa
05	Sarl SAS RECYCLAGE	Récupération et recyclage de batteries usagées	Zone laalalg n° 65 commune d'El Bouni, Wilaya d'Annaba
06	Groupe ENPEC	Récupération et recyclage de batteries usagées	Wilaya de Sétif BP n°88 El Hassi Sétif Email : enpecdz@enpec.dz www.enpec.dz
07	SARL EL CHAFEK	Récupération et recyclage de batteries usagées	Route Nationale N°100, Zone Industrielle Ain M'Lila, Oum El Bouaghi
08	SARL METAL LOCK	Récupération et recyclage de batteries usagées	Route de Sig El Hassasna Mers El hadjadj Oran
09	SARL FABCOM	Récupération et recyclage de batteries usagées	BP 26, Z.I N° G04 Ain M'lila Wilaya d'Oum El Bouaghi
10	SARL SAAC MOSTAGANEM	Récupération et recyclage de batteries usagées	Zone Industrielle Sidi Ben Haoua Wilaya de Mostaganem
11	SARL SAAC ORAN	Récupération et recyclage de batteries usagées	Zone Industrielle N°115/114 Hassi Bounif 12 Wilaya d'Oran
12	SARL MULTI PROD SOVIMAC	Récupération et recyclage de batteries usagées	M'lila Wilaya d'Oum El Bouaghi
13	SARL MANSOUR RECYCLAGE	Récupération et recyclage de batteries usagées	Zone d'Activités Bellaassel Commune Bellaassel Bouzegza Wilaya de Ghelizane
14	SARL RECYCLAC	Récupération et recyclage de batteries usagées	Zone industrielle commune de Ain Defla
15	FRICTION TEC	Récupération et recyclage de batteries usagées	Zone d'Activité El Ayada Ain Bya Bethioua Wilaya Oran
16	ETS MENNAS YACINE	Récupération et recyclage de batteries usagées	Bir El Ater Wilaya de Tébessa