

ÉTAT DE L'ART DES TECHNOLOGIES DE DESULFATATION DES ACCUMULATEURS AU PLOMB

Août 2011

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par (contrat n° 0802C0065)
BIO Intelligence Service S.A.S.
(Véronique MONIER – Victoire ESCALON – Laura CASSOWITZ – Hortense MONToux)

Coordination technique : Nicolas VALLÉE / Fabienne BENECH
Service Filières REP et Recyclage – Direction Consommation Durable et Déchets
ADEME Angers



RAPPORT FINAL

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Yves Blanchoz et Étienne Ageneau de TERRA S.A pour leur collaboration, ainsi que tous les acteurs ayant fourni des informations au cours de cette étude, qu'ils soient professionnels de la désulfatation, fabricants de batteries, recycleurs, ou membres d'organismes publics.

Copyright :

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par la caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

SOMMAIRE

Table des figures	5
Table des tableaux	5
Préambule	6
I. Contexte et objectifs	7
I.1. Les accumulateurs au plomb	7
I.1.1. Composants et fonctionnement	7
I.1.2. Applications	8
I.1.3. Motifs de dégradation des accumulateurs au plomb	9
I.2. Les filières de collecte et de traitement des accumulateurs au plomb	11
I.2.1. La filière REP	11
I.2.2. Le traitement des accumulateurs au plomb en fin d'usage	11
I.2.3. Les objectifs en matière de recyclage	12
I.3. Champ de l'étude : la désulfatation	13
I.4. Objectifs de l'étude	13
II. Méthodologie de l'étude	14
III. Les procédés de désulfatation	16
III.1. Définition	16
III.2. Procédés de désulfatation identifiés	16
III.2.1. Procédé de désulfatation chimique	17
III.2.2. Procédé de désulfatation électrique	21
III.2.3. Procédé de désulfatation combiné électrique et chimique	26
III.3. Analyse technique des procédés de désulfatation	31
III.3.1. Caractéristiques techniques des procédés	31
III.3.2. Performances des procédés	33
III.3.3. Fondements scientifiques des procédés	34
III.4. Analyse économique des procédés de désulfatation	35
III.4.1. Analyse des coûts supportés par les professionnels de la désulfatation	35
III.4.2. Analyse des coûts pour les clients finaux de la désulfatation	36
III.4.3. Analyse des garanties proposées	37
III.5. Analyse environnementale des procédés de désulfatation	38
III.5.1. Flux entrants et flux sortants liés à la mise en œuvre des procédés de désulfatation	38
III.5.2. Cycle de vie des batteries avec et sans désulfatation	41
IV. Le marché de la désulfatation	43
IV.1. Acteurs de la désulfatation identifiés en France et à l'étranger	43
IV.2. Cartographie des installations de désulfatation en France	46

IV.3. Analyse des acteurs de la désulfatation	47
IV.3.1. Caractéristiques communes des acteurs français de la désulfatation	47
IV.3.2. Typologie des acteurs de la désulfatation	49
IV.3.3. Situation de la France dans le contexte mondial de la désulfatation	53
IV.4. Le poids de la désulfatation en France	54
V. Analyse réglementaire	56
V.1. Statut réglementaire de l'activité de désulfatation	56
V.2. Nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)	57
V.2.1. Principales rubriques concernées	57
V.2.2. Position des acteurs	58
V.2.3. Analyse de l'existant	58
V.3. désulfatation de batteries et recommercialisation	59
V.4. Le règlement REACH	59
V.4.1. Principaux rappels	59
V.4.2. Les acteurs de la désulfatation et REACH	59
V.4.3. Caractère dangereux des produits utilisés	60
V.5. Risques et sécurité	61
VI. Freins et leviers au développement de la désulfatation	62
VI.1. Freins techniques et scientifiques	62
VI.2. Frein réglementaire	63
VI.3. Frein organisationnel	64
VI.4. Synthèse	65
VII. Conclusion	66
Annexes	67
Annexe I : Acteurs ayant contribué à l'étude	67
Annexe II : Fichier de recensement de sites de désulfatation en France	69
Annexe III : Glossaire	70
Annexe IV : Sources d'information	73

TABLE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Constitution d'un accumulateur au plomb à plaques planes.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure 2 : Organigramme des textes en vigueur relatifs aux piles et accumulateurs en France et en Europe</i>	<i>12</i>
<i>Figure 3 : Cartographie des acteurs en France</i>	<i>46</i>
<i>Figure 4 : Répartition des acteurs en France selon leur activité principale dans le domaine de la désulfatation ..</i>	<i>49</i>
<i>Figure 5 : Répartition des établissements en France selon leur appartenance ou non à un réseau</i>	<i>50</i>
<i>Figure 6 : Répartition des acteurs en France selon le type de batteries désulfatées.....</i>	<i>51</i>
<i>Figure 7 : Synthèse des pistes d'action</i>	<i>65</i>

TABLE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1 : Dégradation des accumulateurs au plomb</i>	<i>10</i>
<i>Tableau 2 : Exemples de flux entrants et sortants liés à la désulfatation</i>	<i>39</i>
<i>Tableau 3 : Acteurs de la désulfatation identifiés sur le territoire français (France métropolitaine et DOM)</i>	<i>44</i>
<i>Tableau 4 : Acteurs de la désulfatation identifiés à l'étranger</i>	<i>45</i>
<i>Tableau 5 : Répartition nominative des acteurs selon les critères de la typologie.....</i>	<i>52</i>

PREAMBULE

Cette étude a pour objectif de recenser les technologies de désulfatation (également qualifié de « régénération » par les professionnels du secteur) des accumulateurs au plomb existantes en France et à l'étranger. Les technologies de désulfatation des accumulateurs au plomb visent à prolonger la durée d'usage des accumulateurs au plomb en combattant le phénomène de sulfatation. Ce sont des procédés relativement récents en France.

Ce rapport présente les trois types de procédés existants en France et à l'étranger (électrique, chimique, combiné électrique et chimique) et leur mode de fonctionnement. Une analyse comparée des différents procédés est présentée, tant au niveau technique qu'économique. Les principales données environnementales connues font également l'objet d'une analyse. Dans un second temps, le marché de la désulfatation est étudié sous l'angle des professionnels du secteur. L'accent est mis principalement sur le marché français ; toutefois les acteurs étrangers sont également présentés. Une cartographie des installations permet d'autre part de situer les différents acteurs en France et dans les DOM. Les enjeux réglementaires de la profession sont présentés dans un troisième volet de ce rapport.

L'analyse menée permet d'identifier les principaux freins techniques, réglementaires et organisationnels existants, ainsi que les pistes d'actions. Ces dernières visent à permettre un éventuel développement de ce secteur et une intégration à la filière française existante de traitement des piles et accumulateurs.

Note à l'attention du lecteur :

Ce document est destiné à toute personne intéressée par la connaissance des technologies de désulfatation des accumulateurs au plomb.

Il s'agit d'un premier état de l'art dans ce domaine et il ne vise donc pas à l'exhaustivité ni à des conclusions précises en la matière.

Ce rapport utilise indifféremment la dénomination « accumulateur », conformément à la réglementation, et « batterie », employée couramment par les professionnels du secteur.

Dans un souci de clarté et afin d'éviter les confusions, le terme désulfatation est privilégié dans ce rapport pour faire référence au procédé plutôt que celui de « régénération » fréquemment utilisé par les professionnels et pouvant faire penser aux activités de régénération tels qu'ils existent, par exemple, dans le domaine de traitement des huiles usagées.

The objective of this study is to list and analyse existing lead-acid battery desulfation technologies, in France and abroad. Desulfation technologies aim to prolong the lifetime of lead-acid batteries by reducing sulfation. Such processes are a relatively recent development in France.

This report presents the three types of existing processes and how they function. Technical and economic data are analysed, along with available environmental information. The market for battery desulfation is also evaluated. A map of existing desulfation sites helps locate the various actors in France and its overseas departments. Regulatory issues for the desulfation industry are presented in the third part of the report.

The analysis has helped identify technical, regulatory and organisational difficulties, and potential actions to be taken to help develop this industry.

Mots clés : accumulateurs, batteries, plomb, désulfatation, régénération, état de l'art, réutilisation, réemploi.

Key words: accumulators, batteries, lead, regeneration, state-of-the art, reuse.

I. CONTEXTE ET OBJECTIFS

I.1. LES ACCUMULATEURS AU PLOMB

I.1.1. COMPOSANTS ET FONCTIONNEMENT

Un accumulateur au plomb est une source d'énergie électrique obtenue par transformation directe d'énergie chimique. Rechargeable, il s'agit historiquement du premier dispositif de ce type qui a été développé et commercialisé. Chaque accumulateur au plomb est habituellement constitué de plusieurs cellules dont la tension - qui dépend de l'état de charge - est de l'ordre de 2 V. Les cellules sont associées en série et permettent ainsi d'atteindre des tensions nominales de 6, 12, 24 V et au-delà. Chaque cellule est composée d'un couple d'électrodes positive et négative isolées par un séparateur microporeux, destiné à éviter les courts-circuits tout en laissant circuler les ions. Les électrodes positives sont à base de peroxyde de plomb (PbO_2), les électrodes négatives sont à base de plomb métal (Pb) et l'électrolyte est une solution aqueuse d'acide sulfurique (H_2SO_4).

On distingue deux technologies différentes pour les électrodes :

- La technologie à « **plaques planes** » : les électrodes sont constituées de grilles en alliage de plomb, dont les alvéoles sont remplies d'une matière active poreuse (PbO_2 ou Pb en fonction de l'électrode). Moins coûteuse mais plus fragile, cette technologie est principalement utilisée pour les accumulateurs automobiles.
- La technologie à « **plaques tubulaires** » : l'électrode positive se présente sous la forme d'un tube constitué au centre d'une épine en alliage de plomb, autour duquel est déposée la matière active. Chaque tube est enfin entouré d'une enveloppe poreuse, qui assure la tenue de la matière active. Cette technologie plus robuste est utilisée pour les applications industrielles.

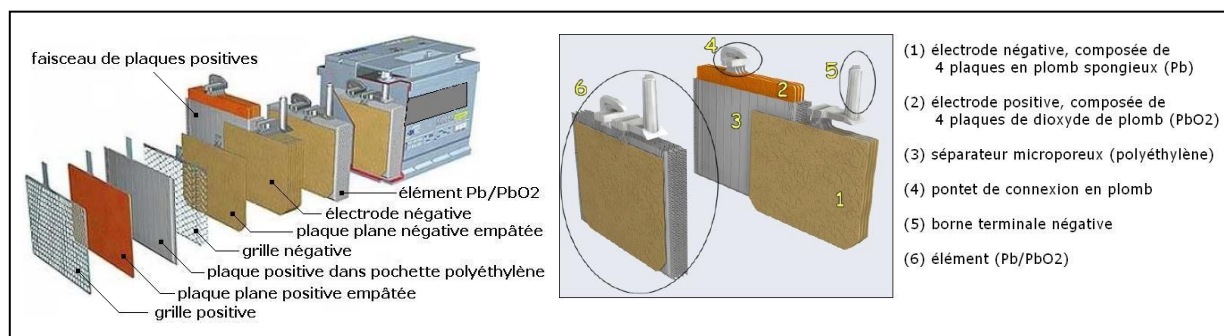


Figure 1 : Constitution d'un accumulateur au plomb à plaques planes¹

Les accumulateurs contiennent en poids environ 60 % de plomb, de 10 à 30 % d'électrolyte, de 5 à 10 % de matériaux pour la caisse (polypropylène par exemple) et de 20 à 40 % d'autres matériaux (silicone pour les batteries à électrolyte gélifié, séparateurs des électrodes, etc.). Ces proportions sont variables en fonction des fabricants et des technologies². La concentration de l'électrolyte en acide sulfurique au repos varie entre 30 % et 40 % en fonction de la technologie de la batterie³.

¹ Visuel délivré par Johnson Controls.

² Cette composition moyenne est issue de la fiche de données de sécurité des batteries au plomb d'Enersys : <http://www.enersys.com/pdfs/msds/english/MSDS%20853020%20Lead%20Acid%20Battery.pdf>.

³ Guillaume DILLENSEGER (2004), Caractérisation de nouveaux modes de maintien en charge pour batteries stationnaires de secours, Thèse.

Les réactions chimiques de charge et décharge sont des réactions d'oxydoréduction entre l'électrode négative, l'électrode positive et l'électrolyte.

La décharge de l'accumulateur au plomb consomme les solides des électrodes (Pb et PbO₂) et les ions H⁺ de l'électrolyte et conduit à la formation de sulfate de plomb PbSO₄ sur les électrodes :



À l'inverse, la charge de l'accumulateur au plomb forme les solides des électrodes et les ions H⁺ de l'électrolyte (la concentration en acide augmente, le pH diminue), et le sulfate de plomb PbSO₄ disparaît des électrodes :



De plus, à la fin de la charge, le courant de charge déclenche l'électrolyse de l'eau contenue dans l'électrolyte, produisant un dégagement d'hydrogène à l'électrode négative et d'oxygène à l'électrode positive.

Les accumulateurs au plomb peuvent soit être « **ouverts** », les gaz peuvent alors s'échapper par les orifices prévus et il est nécessaire d'ajuster régulièrement le niveau d'eau (excepté pour les batteries dites « sans entretien », voir le paragraphe consacré aux batteries automobiles), soit « **à recombinaison de gaz** » (en anglais VRLA pour « valve-regulated lead-acid battery ») avec un électrolyte sous forme de gel (dit gélifié) ou absorbé dans une matière fibreuse (dit absorbé) qui ne nécessite ainsi pas d'ajustement du niveau d'eau.

1.1.2. APPLICATIONS

Selon le décret n°2009-1139 du 22 septembre 2009, les piles et accumulateurs sont classés en trois catégories :

- Les piles et accumulateurs **automobiles** : ce sont les piles ou accumulateurs destinés à alimenter un système de démarrage, d'éclairage ou d'allumage.
- Les piles et accumulateurs **industriels** : ce sont les piles ou accumulateurs conçus à des fins exclusivement industrielles ou professionnelles ou utilisés dans tous types de véhicule électrique.
- Les piles et accumulateurs **portables** : ce sont les piles ou accumulateurs scellés, qui peuvent être portés à la main et qui n'appartiennent pas aux deux autres catégories.

Au niveau mondial, la technologie au plomb reste largement prédominante avec près de 75 % du marché des accumulateurs⁴ en valeur. En France, les accumulateurs au plomb représentent 65 % du marché de l'accumulateur (en Wh)⁵.

Les accumulateurs au plomb sont majoritairement utilisés pour **des applications automobiles et industrielles** : ce sont des applications nécessitant un courant de grande intensité et où le poids a peu d'importance (voire, où le poids important de l'accumulateur est utile). Dans ce cas, le choix d'un accumulateur au plomb reste la solution la plus économique. Il existe aussi quelques applications portables.

Les professionnels distinguent couramment les accumulateurs **monoblocs** et ceux dits à **éléments**. En effet, les accumulateurs automobiles sont monoblocs, c'est-à-dire que tous les éléments de l'accumulateur sont soudés ensemble dans un seul bloc. Les accumulateurs industriels peuvent être monoblocs ou à éléments, ils sont alors constitués d'éléments juxtaposés en série et c'est la somme des tensions de tous les éléments qui indique la tension finale.

⁴ MEEDDM / CGDD (2009), Étude « filières vertes » – Stockage énergie – Batteries.

⁵ Entretien avec un représentant d'Enersys.

1.1.2.1 ACCUMULATEURS AU PLOMB AUTOMOBILES

Les accumulateurs au plomb automobiles, **dits accumulateurs de démarrage**, sont de type « ouvert » (des orifices sont prévus pour laisser les gaz s'échapper) et dits « sans entretien ». Il s'agit en effet d'accumulateurs scellés dans lesquels le phénomène d'électrolyse qui consomme de l'eau est réduit, il n'est ainsi plus nécessaire d'ajuster le niveau d'eau au cours de la vie de l'accumulateur. Ils sont utilisés pour les véhicules de loisirs à deux et quatre roues, ainsi que pour des véhicules plus lourds de type camion ou tracteur.

En France, en 2009, 8 millions d'accumulateurs automobiles au plomb (soit 126 413 t) ont été déclarés mis sur le marché par les producteurs⁶. Les accumulateurs au plomb représentent 98 % en nombre (et plus de 99,9 % en tonnage) des mises sur le marché des piles et accumulateurs automobiles⁶. Les accumulateurs de démarrage représentent environ 60 % du marché européen des accumulateurs (en chiffre d'affaires)⁷.

1.1.2.2 ACCUMULATEURS AU PLOMB INDUSTRIELS

Outre la typologie réglementaire, les accumulateurs industriels sont classés en sous-catégories par les professionnels.

Ainsi, on distingue les **accumulateurs industriels stationnaires**, utilisés dans les systèmes de secours en cas de défaillance du réseau principal (télécommunications, signalisation des chemins de fer, hôpitaux, etc.) et les installations photovoltaïques ou éoliennes, des **accumulateurs industriels de traction**, qui sont principalement utilisés dans les équipements de types chariots élévateurs, équipements de manutention, fauteuils roulants, etc. Le poids du plomb permet aux véhicules d'avoir un contrepoids lorsqu'il soulève des charges lourdes (pour les chariots élévateurs).

En France, en 2009, 2,7 millions d'accumulateurs industriels au plomb (soit 62 227 t) ont été déclarés mis sur le marché par les producteurs⁶. Parmi ceux-ci, on compte environ 1,4 million de batteries stationnaires, et 1,3 million d'éléments de batteries de traction⁷. Les accumulateurs industriels représenteraient environ 40 % du marché européen des accumulateurs (en chiffre d'affaires)⁷.

1.1.2.3 ACCUMULATEURS AU PLOMB PORTABLES

Les accumulateurs au plomb portables sont par exemple utilisés dans les systèmes d'alarmes, les onduleurs et les vélos électriques. Ces applications sont très minoritaires et en France en 2009, seul 0,3 million d'accumulateurs portables au plomb (soit 402 t) ont été déclarés mis sur le marché par les producteurs⁶.

1.1.3. MOTIFS DE DEGRADATION DES ACCUMULATEURS AU PLOMB

Certains phénomènes d'usure ainsi que de mauvaises conditions d'utilisation peuvent diminuer les performances des batteries et donc leur durée d'usage. Le Tableau 1 ci-dessous présente les principaux types de dégradation qui peuvent affecter les batteries au plomb industrielles, ainsi que les causes et les conséquences de ces dégradations. Pour les batteries de démarrage, la hiérarchisation semble plus difficile à établir mais la liste des types de dégradation est identique.

⁶ ADEME (2010), Rapport annuel Piles et Accumulateurs – données 2009.

⁷ Entretien avec un représentant d'Enersys.

Tableau 1 : Dégradation des accumulateurs au plomb⁸

TYPE DE DEGRADATION	CAUSES	CONSEQUENCES	TYPE DE BATTERIE CONCERNE ⁹	REVERSIBILITE
Corrosion de l'électrode positive	- Oxydation spontanée au repos et en charge - Accéléré par la stratification ¹⁰ de l'électrolyte	- Courts-circuits - Altération de la conduction électrique	- Cause principale pour les batteries stationnaires - Cause secondaire pour les batteries de traction	NON
Dégradation de la matière active	Phénomène spontané	Courts-circuits	Cause principale pour les batteries de traction	NON
Assèchement de l'électrolyte	- Recombinaison des gaz jamais efficace à 100 % - Perte d'eau lors de surcharges	Accélération de la sulfatation	Information non disponible	NON
Sulfatation	- Mauvaise utilisation ou mauvais entretien - Accéléré par la stratification de l'électrolyte	Altération de la conduction électrique	Cause secondaire pour les batteries de traction et stationnaires (liée à une mauvaise utilisation : temps de décharge trop long, sous-charge, etc.)	OUI : Désulfatation

Les différents phénomènes évoqués dans le tableau sont concrètement les suivants :

- La **corrosion** de l'électrode positive correspond à l'oxydation spontanée du plomb de la grille de l'électrode positive lorsque l'accumulateur est au repos et en charge.
- La **dégradation de la matière active** est la décomposition de la matière active de l'électrode positive en particules qui s'accumulent au fond de la batterie. Les particules peuvent pénétrer dans les réseaux poreux des séparateurs et s'accumuler entre deux plaques.
- La **sulfatation** est une accumulation de sulfate de plomb dans la batterie. Durant la décharge, des cristaux de sulfate de plomb ($PbSO_4$) se forment sur les électrodes positives et négatives. Ce phénomène disparaît normalement lors de la recharge. Cependant, sous certaines conditions (décharge prolongée ou trop profonde, température importante, gazéification de l'électrolyte, sous-charge), des îlots stables de sulfate de plomb apparaissent et ne sont plus dissous lors de la charge.

La corrosion et la dégradation de la matière active sont respectivement les principales causes de défaillance des accumulateurs stationnaires et de traction, ces phénomènes étant irréversibles⁹. De tous les types de dégradation pouvant affecter les accumulateurs au plomb, **seule la sulfatation est réversible**.

D'un point de vue pratique, une batterie au plomb est considérée en fin d'usage lorsqu'elle ne répond plus au besoin de l'utilisateur. Les fabricants considèrent qu'une batterie est en fin d'usage lorsque sa capacité atteint 80 % de la capacité nominale¹¹.

⁸ Jacques Robert, Jean Alzieu, Accumulateurs au plomb, Techniques de l'ingénieur.

⁹ Entretien avec un représentant d'Enersys.

¹⁰ La stratification de l'électrolyte est la concentration de l'acide de l'électrolyte, plus dense, au fond de la batterie.

¹¹ Voir l'entrée Capacité dans le glossaire (Annexe III).

I.2. LES FILIERES DE COLLECTE ET DE TRAITEMENT DES ACCUMULATEURS AU PLOMB

I.2.1. LA FILIERE REP

La **filière des piles et accumulateurs** est organisée en France selon le principe de Responsabilité Élargie du Producteur (REP)¹² depuis 2001 pour les ménages et depuis 2009 pour les professionnels. En 2009, cette filière a permis de collecter 206 577 tonnes de piles et accumulateurs usagés, dont 196 698 tonnes, soit 95 % en masse, d'accumulateurs au plomb¹³.

La collecte est organisée différemment selon les types de piles et accumulateurs :

- Il existe deux éco-organismes agréés pour la gestion des piles et accumulateurs portables, COREPILE et SCRELEC ;
- La collecte des accumulateurs automobiles se fait depuis plusieurs années par un circuit autofinancé en France métropolitaine, du fait de la forte valeur marchande du plomb. L'équilibre financier dépend du niveau du cours du plomb. Dans les DOM/COM, en revanche, la filière n'est pas équilibrée en raison des coûts supplémentaires induits par les transferts transfrontaliers des déchets et le rapatriement en métropole pour le traitement. Un (des) éco-organisme(s) automobile(s) devrai(en)t ainsi être agréé(s) par le Ministère à l'avenir, afin de prendre en charge la filière des piles et accumulateurs automobiles dans les DOM/COM ;
- Pour les accumulateurs industriels, les producteurs gèrent la collecte et le traitement de façon individuelle le plus souvent en faisant appel à des prestataires de collecte privés ou en incluant la collecte et l'élimination dans les opérations de maintenance. La responsabilité peut aussi être déléguée à l'utilisateur final, qui gère alors la collecte et le traitement au travers de dispositifs qui lui sont propres.

I.2.2. LE TRAITEMENT DES ACCUMULATEURS AU PLOMB EN FIN D'USAGE

La Directive cadre déchets (2008/98/CE) établit la hiérarchie suivante des modes de traitement des déchets :

1. Prévention ;
2. Préparation à la réutilisation ;
3. Recyclage ;
4. Autre valorisation (notamment énergétique) ;
5. Élimination.

Selon l'arrêté du 9 novembre 2009 relatif au traitement des piles et accumulateurs, ceux-ci sont classés comme déchets dangereux¹⁴. S'ils ne peuvent être réemployés ou réutilisés, ils doivent, en tant que déchets dangereux, être éliminés par les moyens suivants :

- Valorisation matière ;
- Valorisation énergétique ;
- Élimination pour les résidus de traitement seulement.

La mise en décharge des accumulateurs est interdite¹⁵.

¹² Principe selon lequel le producteur d'un produit est responsable de son produit tout au long de son cycle de vie et notamment de la gestion des déchets qui en résulteront.

¹³ ADEME (2010), Rapport annuel Piles et Accumulateurs – données 2009.

¹⁴ Décret 2002-540 du 18 avril 2002.

¹⁵ Arrêté d'application du 9 novembre 2009 relatif au traitement des piles et accumulateurs.

Les installations exerçant au moins une des activités suivantes doivent répondre de la législation ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) :

- Transit ou regroupement de piles et accumulateurs usagés ;
- Tri de piles et accumulateurs usagés ;
- Traitement thermique et non thermique de piles et accumulateurs usagés ;
- Stockage de piles et accumulateurs usagés.

D'autres textes s'appliquent aux substances (exemption à la limitation de la teneur en cadmium), au Registre national des producteurs de piles et accumulateurs (modalités d'enregistrement et de déclarations au registre national des producteurs de piles et accumulateurs) et à l'agrément des éco-organismes pour la collecte et le traitement des piles et accumulateurs portables. La Figure 2 ci-dessous présente la réglementation spécifique applicable aux piles et accumulateurs.

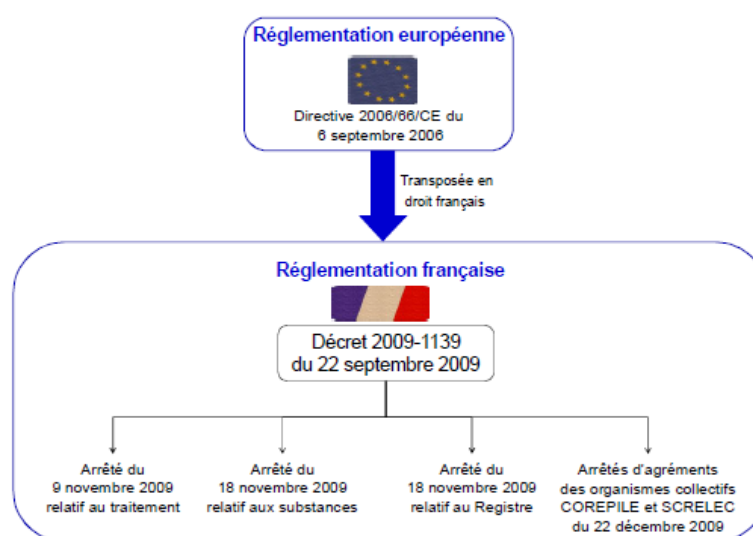


Figure 2 : Organigramme des textes en vigueur relatifs aux piles et accumulateurs en France et en Europe¹⁶

En France, 229 533 tonnes d'accumulateurs au plomb ont été traitées en 2009 (dont 18 % en provenance de l'étranger), dont 213 731 tonnes d'accumulateurs automobiles et 15 802 tonnes d'accumulateurs industriels. Parmi ces 229 533 tonnes, 193 240 tonnes ont été traitées par valorisation matière, 13 594 tonnes ont été valorisées énergétiquement et 16 024 tonnes ont été détruites (le reste étant des pertes matières au cours des traitements).

Il existe en France huit sites acteurs de la filière de traitement des accumulateurs au plomb, dont un site de transfert des accumulateurs usagés (APSM), quatre sites de prétraitement par broyage des accumulateurs (EPUR, GDE, APSM), et trois sites de traitement complet, allant du broyage jusqu'à la coulée des lingots de plomb (Métalblanc, STCM, RECYLEX)⁶.

I.2.3. LES OBJECTIFS EN MATIERE DE RECYCLAGE

La directive européenne 2006/66/CE relative aux piles et accumulateurs impose « un recyclage d'au moins 65 % du poids moyen des piles et des accumulateurs plomb-acide, y compris un recyclage du contenu en plomb qui soit techniquement le plus complet possible tout en évitant les coûts excessifs ». Le mode de calcul des rendements de recyclage est en cours de définition par la Commission européenne à la date de rédaction de ce rapport.

¹⁶ ADEME (2010), Rapport annuel Piles et Accumulateurs – données 2009.

I.3. CHAMP DE L'ETUDE : LA DESULFATATION

Depuis quelques années, de nouveaux procédés dits de « désulfatation » des accumulateurs au plomb ont émergé, en prestation de service ou vente d'équipements aux professionnels et aux particuliers. Ces procédés visent à prolonger l'usage d'accumulateurs initialement considérés en fin d'usage (notamment des accumulateurs automobiles).

Cette activité de désulfatation des accumulateurs au plomb est un marché en cours de développement, aussi bien pour les batteries industrielles (accumulateurs de traction ou stationnaires) que pour les batteries automobiles (accumulateurs de démarrage).

Les acteurs pratiquant la désulfatation la définissent comme un procédé permettant de **prolonger la durée d'usage des batteries** en fin d'usage ou dont les performances ne répondent plus au besoin de l'utilisateur, **en remédiant au phénomène de sulfatation**. Le même procédé peut parfois être appliqué sur des accumulateurs neufs (ou quasi-neufs) afin d'agir contre le phénomène de sulfatation de façon préventive.

Dans le cadre de cette étude, le champ de la désulfatation se limite aux prestations de service de désulfatation et de vente d'équipements de désulfatation. Les activités de désulfatation pouvant être réalisées en interne par les entreprises possédant des parcs de batteries au plomb sont exclues du champ de l'étude.

I.4. OBJECTIFS DE L'ETUDE

La prolongation de la durée d'usage des accumulateurs au plomb semble présenter un intérêt en termes de potentiel de réduction des impacts environnementaux des batteries au plomb. C'est pour cette raison que l'ADEME a souhaité réaliser un état de l'art des technologies de désulfatation des accumulateurs au plomb afin de recenser les techniques de désulfatation actuellement disponibles et d'identifier les procédés pertinents ou innovants.

Dans le cadre de cette étude, une analyse technico-économique et environnementale des procédés a également été réalisée à partir des informations disponibles dans la littérature et communiquées par les professionnels du secteur. Cette analyse vise à évaluer le potentiel d'évolution de l'activité de désulfatation et étudie le positionnement de cette activité par rapport à la filière de traitement existante.

La méthodologie utilisée pour mener à bien cette étude est décrite dans la partie suivante.

II. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

L'étude a consisté à analyser les procédés de désulfatation opérant sur les accumulateurs au plomb disponibles sur le marché.

En termes de périmètre géographique, le travail s'est concentré sur les zones dans lesquelles des procédés de désulfatation sont utilisés. La France métropolitaine et les DOM ont fait l'objet d'investigations approfondies. Les autres pays européens, les États-Unis, le Canada et l'Asie ont également été étudiés afin de s'assurer que tous les procédés de désulfatation existants avaient bien été identifiés lors de l'étude du marché français.

Deux phases ont structuré la démarche :

- Phase 1 : recueil d'informations et étude bibliographique ;
- Phase 2 : analyse technique, économique, et environnementale des technologies existantes de désulfatation des accumulateurs.

► PHASE 1

Afin d'obtenir une première vision globale du sujet, treize entretiens structurants ont été réalisés auprès d'interlocuteurs variés. Ces entretiens ont été menés auprès d'organismes publics (Ministère de l'écologie, ADEME, Commission européenne, CEA), d'éco-organismes (COREPILE), de fédérations professionnelles (au niveau national et européen), d'acteurs de la désulfatation, de fabricants et de recycleurs de batteries. Un inventaire documentaire a été proposé en parallèle au Comité de Pilotage de l'étude puis complété grâce à diverses recherches bibliographiques et consultations de sites Internet.

Dans un second temps, une enquête en ligne a été envoyée à 28 acteurs de la désulfatation en France et à l'étranger. Cette enquête, avec un taux de retour de 50 %, a permis d'affiner les types de procédés existants et leur mode de fonctionnement. Elle a également permis de compléter la liste des acteurs présents au niveau français et international.

Pour clôturer cette première phase de l'étude, une cartographie des acteurs français de la désulfatation a été réalisée.

► PHASE 2

Au cours de la phase 2, une analyse de chaque technique de désulfatation des accumulateurs au plomb existante ou en développement a été menée en examinant les aspects techniques, économiques et environnementaux associés.

Pour ce faire, cinq visites d'établissements de désulfatation ont été réalisées en métropole. En complément, la totalité des acteurs de la désulfatation identifiés dans le monde ont été sollicités pour un entretien téléphonique approfondi, ainsi que les fabricants de batterie et les recycleurs présents sur le territoire national. Ainsi, des investigations approfondies ont été menées auprès de neuf acteurs français (visite ou entretien téléphonique) sur les onze acteurs identifiés et sollicités. Les sites Internet des acteurs de la désulfatation ont également été consultés afin de compléter les informations manquantes, en particulier pour les deux acteurs français n'ayant pas répondu aux sollicitations.

Cette phase d'enquête approfondie a permis de mener l'analyse transversale présentée ci-après.

Le tableau présenté en Annexe I de ce rapport liste l'ensemble des acteurs sollicités au cours de l'étude. Pour des raisons de confidentialité, les données individuelles relatives à l'activité de ces acteurs collectées au cours des entretiens ne sont pas présentées dans ce rapport.

Limites de l'étude

Ce rapport présente l'analyse critique des éléments recueillis au cours de la phase d'investigation. Cette analyse vise à présenter les principaux aspects des technologies de désulfatation et à croiser autant que possible l'information avec celle disponible dans la bibliographie et auprès des experts.

Cet exercice s'est toutefois révélé beaucoup plus difficile que prévu : les efforts de diversification des sources ont en effet été très limités par le faible nombre de sources publiques sur le sujet. Les informations ayant servi de base à l'analyse émanent donc principalement des professionnels de la désulfatation.

Par conséquent, il a été décidé de ne présenter dans ce rapport que des informations agrégées, afin de respecter la confidentialité des informations communiquées par les acteurs d'un marché encore très jeune.

Ce choix explique la présentation de procédés génériques, ainsi que l'absence d'information spécifique aux acteurs du secteur (sauf cas exceptionnel).

Ce rapport doit donc être considéré par le lecteur comme une étude préliminaire visant à éclairer un secteur encore peu connu, et non comme un état des lieux exhaustif.

III. LES PROCÉDES DE DESULFATATION

III.1. DEFINITION

Pour la suite de l'étude, les procédés de désulfatation considérés sont ceux ayant les caractéristiques indiquées dans le paragraphe I.3. Leur objectif est de **prolonger l'usage des accumulateurs en luttant contre la sulfatation**. Les acteurs considérés sont les entreprises associées à ces procédés, à travers une offre de service, la vente d'outils de désulfatation, et éventuellement la remise sur le marché de batteries désulfatées.

III.2. PROCÉDES DE DESULFATATION IDENTIFIES

Trois procédés de désulfatation ont été identifiés au cours de cette étude :

- Procédé **chimique** ;
- Procédé **électrique** ;
- Procédé combiné électrique et chimique.

Ci-dessous sont présentés les modes de fonctionnement de ces trois procédés.

Pour chaque procédé, seuls les principes généraux s'appliquant à une majorité d'acteurs sont présentés.

A la fin de la description de chaque procédé, un tableau récapitulatif présente les acteurs associés et leur activité principale dans le domaine de la désulfatation.

La mention « Service de désulfatation » correspond à une prestation de service de désulfatation : les batteries sont alors restituées au client (qu'il soit particulier ou professionnel) suite à leur désulfatation par l'établissement. La prestation de service peut avoir lieu soit dans les locaux de l'entreprise prestataire du service, soit directement dans les locaux du client.

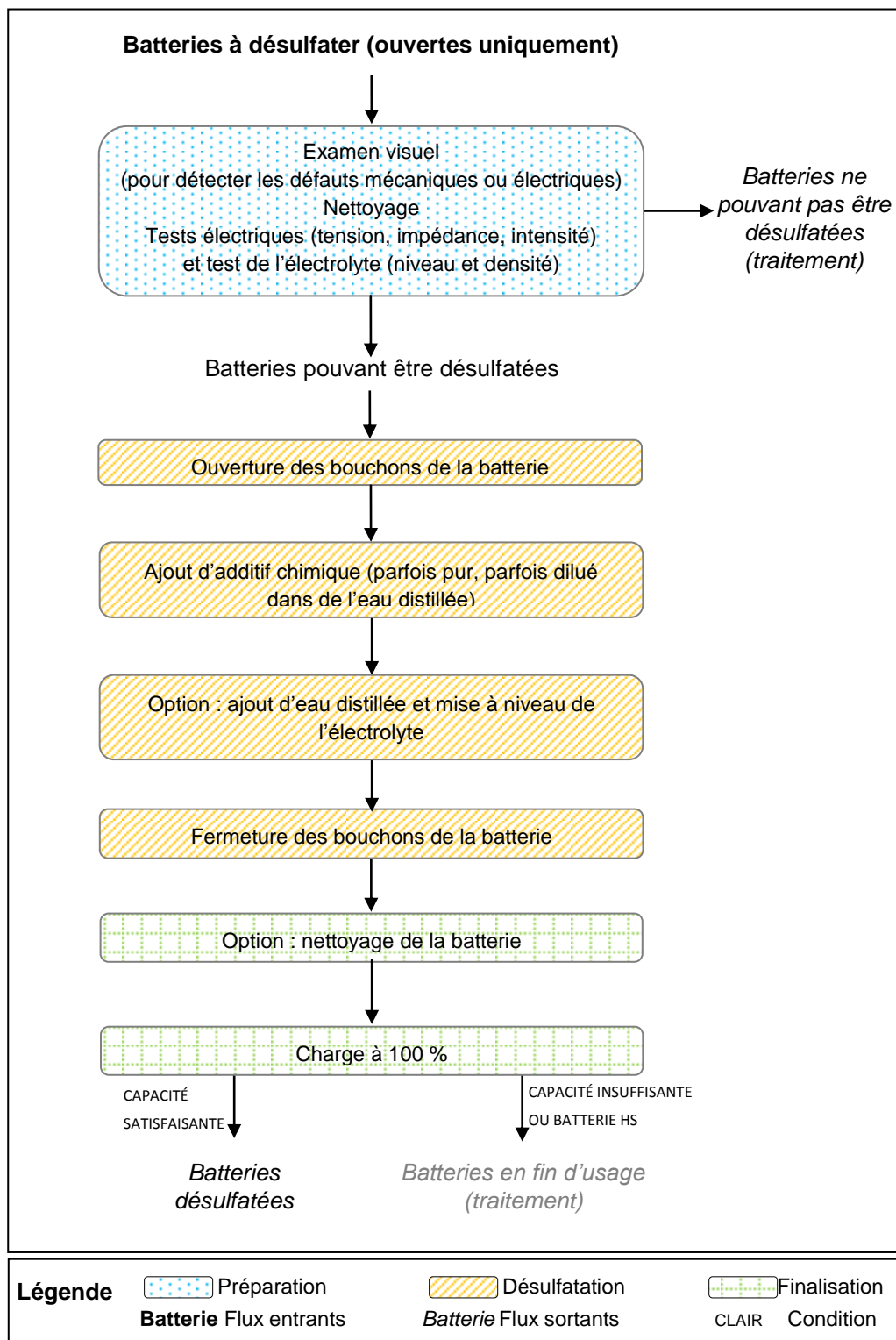
Les mentions « Vente de machines de désulfatation », « Vente de boîtiers de désulfatation » et « Vente de produits chimiques de désulfatation » correspondent à de la vente d'équipements ou de produits chimiques utilisés au cours du processus de désulfatation. Ces produits sont vendus à des utilisateurs de batteries ou à d'autres prestataires de service de désulfatation.

La vente de batteries désulfatées ne faisant partie de l'activité principale d'aucun des acteurs, elle n'est pas indiquée dans ces tableaux.

III.2.1. PROCÉDE DE DESULFATATION CHIMIQUE

À noter : cette partie décrit les procédés mettant en œuvre uniquement une composante chimique. Certains acteurs utilisent un additif chimique de façon combinée avec un procédé électrique ; cette association est considérée comme un procédé différent, et décrite dans la partie III.2.3.

III.2.1.1 SYNOPTIQUE DU PROCÉDE CHIMIQUE



Tous les acteurs réalisent en premier lieu un examen visuel de la batterie, afin de s'assurer qu'elle peut être désulfatée. Il s'agit notamment d'éliminer d'emblée les batteries présentant des fuites, de la corrosion ou des cosses abîmées, ou toute autre dégradation visible et irréversible. Selon son état, la batterie est nettoyée par certains acteurs. Des tests de tension, d'impédance, d'intensité et de densité de l'électrolyte viennent clôturer cette phase préparatoire¹⁷.

La désulfatation en tant que telle peut alors commencer : les acteurs injectent un additif chimique dans l'électrolyte. La quantité versée est calculée en fonction des paramètres de la batterie (principalement sa capacité). De l'eau distillée peut également être ajoutée pour ajuster le niveau de l'électrolyte.

Pour finaliser la désulfatation, la batterie est chargée à 100 %. Cette action permet d'activer l'additif puis de réutiliser la batterie.

III.2.1.2 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

► TYPES D'ACCUMULATEURS CONCERNES

- Types d'accumulateurs pouvant être désulfatés
 - Démarrage : deux-roues
 - Démarrage : automobile
 - Démarrage : poids lourds
 - Démarrage : autres (transport maritime, aérien, ferroviaire, etc.)
 - Traction
 - Stationnaire
- Critères de recevabilité des batteries
 - Pas de dommage mécanique ou visible.
 - Pour certains acteurs, la tension doit être supérieure à 9 Volts pour une batterie de 12 Volts.
 - Certains acteurs vérifient que la densité de l'électrolyte dans chaque cellule soit comprise entre 1,15 et 1,30. Un contrôle est également effectué par certains acteurs sur l'écart de densité entre les différentes cellules (dans ce cas, la différence de densité entre les différentes cellules doit être de 0,04 maximum).
- Utilisation du procédé en maintenance préventive : oui
 - Caractéristiques spécifiques à l'utilisation en maintenance préventive : démarche identique à l'utilisation curative. Certains additifs s'utilisent également pour des opérations de maintenance régulière de la batterie, avec le même mode opératoire.

► DESCRIPTIF DE L'INSTALLATION DE DESULFATATION

- Préparation
 - Équipement
 - Appareils de tests électriques classiques
- Désulfatation

¹⁷ Les tests effectués dépendent du type de batterie régénérée.

- Équipement
 - Additif chimique dont les composants sont confidentiels (polymère organique, EDTA, ou peroxyde d'hydrogène, entre autres) sous forme de liquide, de poudre ou de gélules.
- Paramètres de fonctionnement
 - Additif chimique : volume spécifique calculé selon la capacité et l'état de la batterie
- Finalisation
 - Équipement
 - Chargeur classique ou spécifique (capable de charger à une intensité faible) selon les acteurs

► DUREE DU PROCEDE

- L'opération de désulfatation dure quelques heures, mais le résultat final de la désulfatation (augmentation des capacités de la batterie) s'obtient après plusieurs jours, et plusieurs cycles de charge et décharge.

► REMARQUES COMPLEMENTAIRES

- L'intervention d'un opérateur est nécessaire à chacune des étapes du procédé.
- Les opérations suivantes ne sont pas réalisées par tous les acteurs : nettoyage initial et final, ajout d'eau distillée.

III.2.1.3 **PERFORMANCES DU PROCEDE CONSTATEES PAR LES PROFESSIONNELS DE LA DESULFATATION**

- Critères de contrôle pour vérifier le succès de la désulfatation
 - Les acteurs procèdent à une vérification de la capacité de la batterie désulfatée.
- Durée d'usage et performances des batteries désulfatées
 - La durée d'usage peut être multipliée par deux.
 - La capacité des batteries est améliorée de façon significative : il est possible d'atteindre une capacité identique à la capacité constructeur.
- Taux de succès
 - Une amélioration des capacités est constatée pour 70 à 90 % des batteries usagées acceptées en désulfatation, et pour 90 % des batteries neuves (dans le cadre d'une maintenance préventive).
- Garanties
 - Il n'a pas été possible d'obtenir des informations complètes sur les garanties proposées par les acteurs utilisant un procédé chimique.
 - Il est néanmoins possible d'indiquer que l'un d'entre eux propose des garanties sur la capacité de la batterie suite à la désulfatation, pour une durée de six mois.

III.2.1.4 **VARIANTES DU PROCEDE**

L'un des acteurs propose un procédé qui implique en premier lieu de vider puis de filtrer l'électrolyte. L'additif chimique est ensuite versé dans la batterie (dilué dans de l'eau distillée). À la fin de la réaction chimique, la batterie est vidée, rincée puis l'électrolyte filtré est placé dans la batterie.

III.2.1.5 ACTEURS UTILISANT OU COMMERCIALISANT CE PROCÉDE

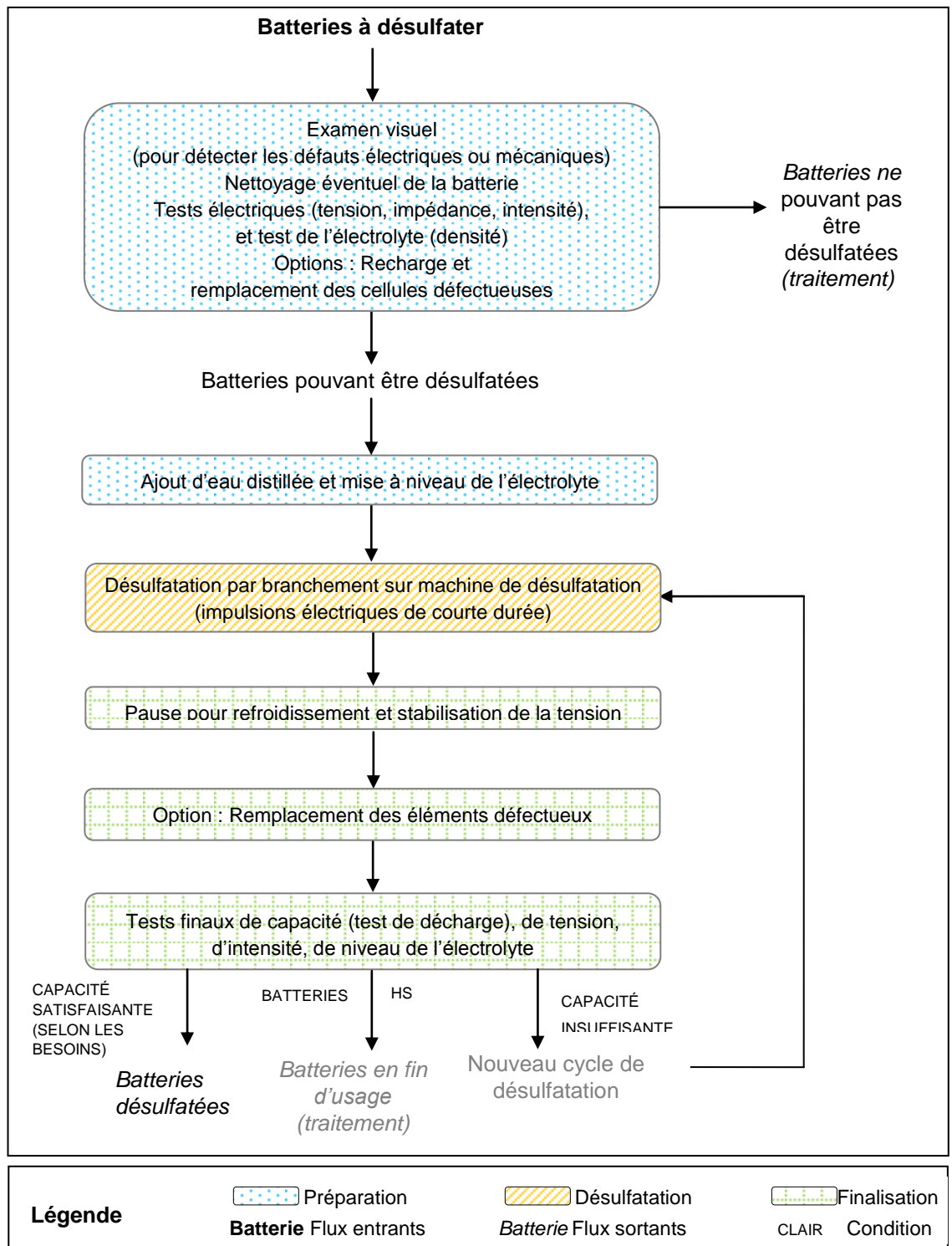
NOM	PAYS	ACTIVITE PRINCIPALE ¹⁸
Regenebatt	France	Vente de produits chimiques de désulfatation
B&R Recovery Inc.	Canada	Service de désulfatation et vente de produits chimiques de désulfatation
Battery Gurus et son réseau	Slovaquie	Service de désulfatation et vente de produits chimiques de désulfatation

¹⁸ Dans le domaine de la régénération.

III.2.2. PROCÉDE DE DESULFATATION ELECTRIQUE

À noter : cette fiche décrit les procédés mettant en œuvre uniquement une composante électrique. Certains acteurs utilisent un procédé électrique de façon combinée avec un additif chimique ; cette association est considérée comme un procédé différent, et décrite dans la partie III.2.3.

III.2.2.1 SYNOPTIQUE DU PROCÉDE ELECTRIQUE



Les étapes préparatoires sont identiques à celles du procédé chimique, et consistent à examiner les batteries visuellement pour éliminer d'emblée les batteries présentant des fuites, de la corrosion, des cosses abîmées, ou toute autre dégradation visible et irréversible. Un nettoyage de la batterie est ensuite réalisé par certains acteurs, selon l'état de la batterie. Des tests de tension, d'impédance, d'intensité et de densité de l'électrolyte sont ensuite menés (selon le type de batterie). Les cellules défectueuses peuvent être remplacées par des cellules neuves lors de la préparation pour que la batterie soit acceptée en désulfatation. De l'eau distillée et de l'électrolyte sont rajoutés en cas de besoin.

Une fois cette préparation effectuée, la batterie peut être désulfatée : la désulfatation est provoquée par l'application de pulsations électriques. Ces pulsations sont d'intensité variable selon les acteurs : forte le plus souvent (120-300 A), elle est faible pour d'autres (8 A).

À l'issue de la désulfatation, la batterie est refroidie et sa tension stabilisée. Les éventuels éléments endommagés et identifiés au départ sont remplacés s'ils ne l'ont pas été au préalable. Des contrôles finaux sont ensuite réalisés, notamment un test de décharge (qui permet de vérifier la capacité de la batterie désulfatée pour les batteries industrielles¹⁹), ainsi que des tests de tension, d'intensité et du niveau de l'électrolyte.

III.2.2.2 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

► TYPES D'ACCUMULATEURS CONCERNES

- Types d'accumulateurs pouvant être désulfatés
 - Démarrage : deux-roues
 - Démarrage : automobile
 - Démarrage : poids lourds
 - Démarrage : autres (transport maritime, aérien, ferroviaire, etc)
 - Traction
 - Stationnaire
- Critères de recevabilité des batteries
 - Pas de dommage mécanique.
 - Pour certains acteurs, la densité de l'électrolyte doit être satisfaisante²⁰ (si ce n'est pas le cas, une mise aux normes par ajout d'eau distillée ou d'électrolyte est parfois effectuée).
 - Pour certains acteurs, il existe un seuil de capacité minimale en deçà duquel les batteries ne peuvent pas être désulfatées.
- Utilisation du procédé en maintenance préventive : oui.
 - Caractéristiques spécifiques à l'utilisation en maintenance préventive : la plupart des acteurs identifiés proposent d'utiliser le procédé de façon identique pour la maintenance des batteries neuves ou au cours de leur vie. Certains indiquent que la durée de la désulfatation peut néanmoins être raccourcie par rapport au procédé curatif.

¹⁹ Capacité dans le glossaire (

Voir

l'entrée

Annexe III).

²⁰ Plage de densité conforme variable selon les acteurs.

► DESCRIPTIF DE L'INSTALLATION DE DESULFATATION

- Préparation
 - Équipement
 - Appareils de tests électriques classiques : multimètre ou voltmètre, impédance-mètre (dans le cas d'une mesure initiale de la résistance interne)
 - Densitomètre dans le cas d'une mesure initiale de densité de l'électrolyte
 - Appareils de tests de décharge de type banc de décharge (pour les batteries de traction et stationnaires)
 - Testeur spécifique de courant de démarrage (pour les batteries de démarrage)
 - Thermomètre pour batteries éventuellement, pour pouvoir surveiller la température et ainsi éviter une surchauffe qui peut endommager la batterie (45 à 65 °C maximum selon les acteurs)
- Désulfatation
 - Équipement
 - Appareil de désulfatation
 - Ordinateur pour les machines qui fonctionnent à l'aide d'un logiciel (supporté par Excel pour deux des acteurs interrogés)
 - Câbles de raccordement
 - Paramètres de fonctionnement
 - Les appareils de désulfatation fonctionnent sur 220 V, 230 V ou 380 V selon les acteurs
 - Envoi d'ondes de courant de forte intensité (jusqu'à 300 A) et de courte durée à une fréquence spécifique, déterminée de façon automatique par la machine
 - L'un des acteurs utilise des ondes de faible intensité (8 A)
- Finalisation
 - Équipement
 - Connecteurs et banc de décharge
 - Appareils identiques à la phase de préparation (des tests identiques sont réalisés afin d'obtenir une comparaison des capacités avant et après la désulfatation)
 - Paramètres de fonctionnement
 - Certains tests normalisés sont parfois utilisés, comme le « test des 5h » (C5)²¹ pour les batteries de traction (norme CEI 60254-1 : paragraphe 5.2 essai de capacité) : la décharge doit durer 5 h et la batterie rester à 80 % de sa capacité maximale.
 - D'autres référentiels normatifs sont utilisés (C1, C3, C8) ainsi que des tests adaptés à l'état de la batterie, à sa capacité maximale et aux besoins d'engagement de la batterie.
- Environnement de fonctionnement

²¹ Voir l'entrée capacité constructeur dans le glossaire (Annexe III).

- Les tests ont lieu dans un endroit abrité et ventilé, comme toute opération de charge de batterie (pour éviter tout risque d'explosion ou de nocivité lié au dégagement de gaz). Lorsque les acteurs commercialisent le procédé, ces recommandations sont transmises au futur utilisateur du procédé.

► DUREE DU PROCEDE

- La désulfatation complète d'une batterie dure de trois heures à quatre jours selon les acteurs, le type de batterie et son état initial.
- Selon certains acteurs, l'amélioration des capacités de la batterie est optimale après plusieurs semaines d'utilisation de la batterie désulfatée (plusieurs cycles de charge et décharge).

► REMARQUES COMPLEMENTAIRES

- L'intervention d'un opérateur est nécessaire à chacune des étapes du procédé.
- Les opérations suivantes ne sont pas réalisées par tous les acteurs : charge en phase préparatoire, ajout d'eau distillée et/ou d'électrolyte, second cycle de désulfatation.

III.2.2.3 **PERFORMANCES DU PROCEDE CONSTATEES PAR LES PROFESSIONNELS DE LA DESULFATATION**

- Critères de contrôle pour vérifier le succès de la désulfatation
 - Les acteurs procèdent à une vérification de la capacité de la batterie désulfatée.
- Durée d'usage et performances des batteries désulfatées
 - La durée d'usage peut être multipliée par deux.
 - La capacité des batteries est améliorée de façon significative mais très variable : il est possible d'augmenter la capacité pour atteindre 30 à 100 % de la capacité constructeur²², mais la plupart des acteurs indiquent une amélioration qui permet d'atteindre 90 à 100 % de la capacité constructeur.
- Taux de succès
 - Le taux de succès (amélioration de la capacité) de ce procédé attendrait 80 à 100 % des batteries acceptées en désulfatation.
- Garanties
 - Il n'a pas été possible d'obtenir des informations complètes sur les garanties proposées par les acteurs utilisant un procédé électrique.
 - Il est néanmoins possible d'indiquer que certains proposent des garanties sur la capacité de la batterie suite à la désulfatation (équivalente à 80 % de la capacité constructeur pour l'un d'eux), pour une durée de six mois à deux ans, selon les professionnels et selon le type de batterie (la garantie étant généralement plus longue pour les batteries industrielles que pour les batteries de démarrage).

III.2.2.4 **VARIANTES DU PROCEDE**

Certains acteurs utilisent ou proposent un petit boîtier branché en permanence à la batterie qui envoie des impulsions électriques tout au long de sa vie. Il s'agit principalement de mesures préventives.

²² VOIR L'ENTREE CAPACITE DANS LE GLOSSAIRE (ANNEXE III

Annexe III).

III.2.2.5 ACTEURS UTILISANT OU COMMERCIALISANT CE PROCÉDE

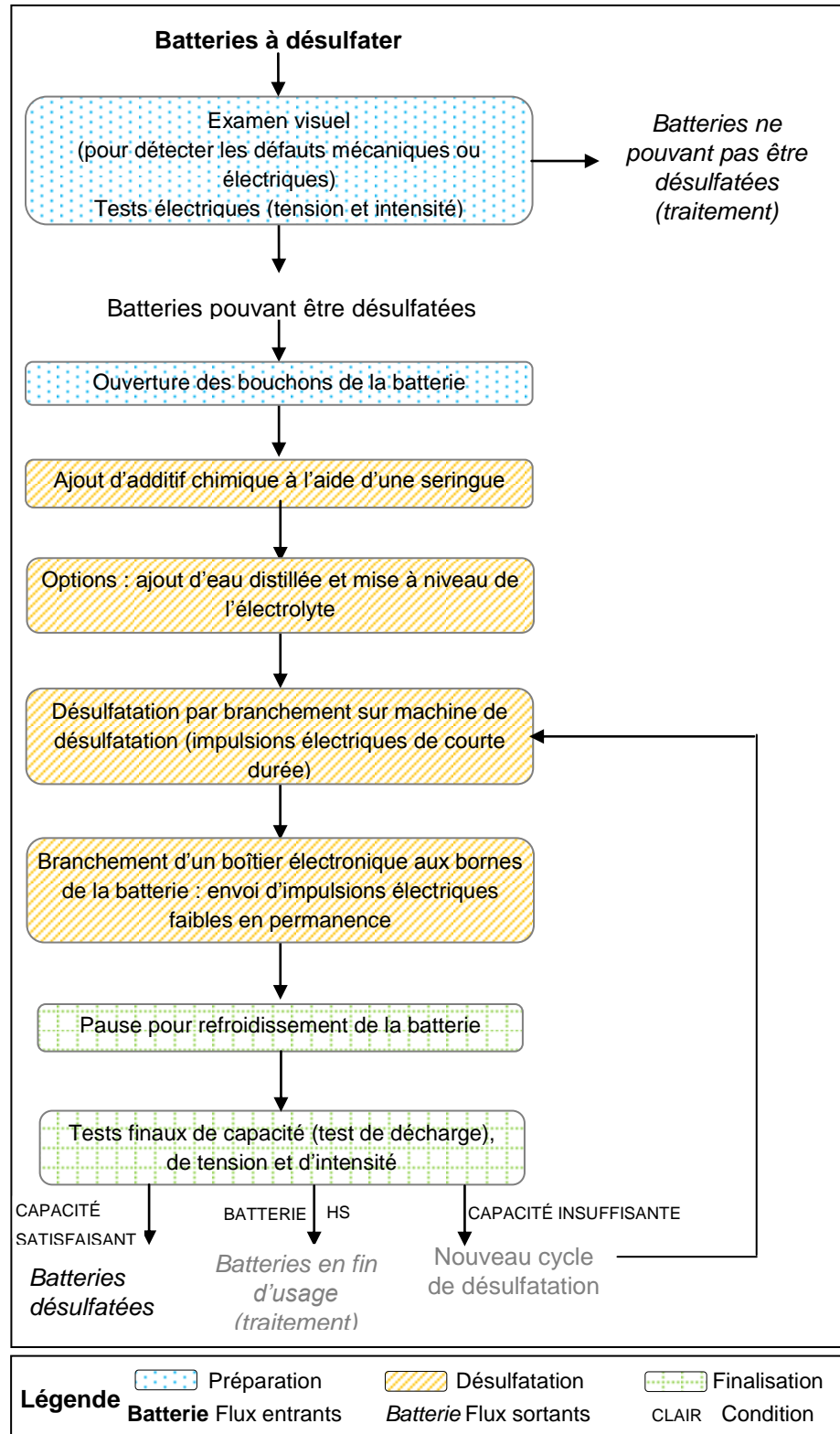
NOM	PAYS	ACTIVITE PRINCIPALE ²³
Agence Service et son réseau	France	Service de désulfatation
Batterie Plus et son réseau	France	Service de désulfatation et vente de machines de désulfatation
Manu Service	France	Service de désulfatation
Regenebatt	France	Vente de boîtiers de désulfatation
Sotolab France (réseau Sotolab Italia)	France	Vente de machines de désulfatation
Tunecharger	France	Vente de machines de désulfatation
Mega Pulse	Australie	Vente de boîtiers de désulfatation
Xtra Power Batteries	Canada	Service de désulfatation
Bravo Zulu International	États-Unis	Service de désulfatation et vente de machines de désulfatation
PulseTech	États-Unis	Vente de boîtiers de désulfatation
Sotolab Italia et son réseau	Italie	Vente de machines de désulfatation
Battery Regeneration	Royaume-Uni	Service de désulfatation
Power Cell	Royaume-Uni	Service de désulfatation
VR Sooria	Singapour	Vente de machines de désulfatation
Cobatec	Suède	Service de désulfatation et vente de machines de désulfatation
MacBat et son réseau	Suède	Service de désulfatation et vente de machines de désulfatation
MCS Energy	Thaïlande	Service de désulfatation et vente de machines de désulfatation

²³ Dans le domaine de la régénération.

III.2.3. PROCÉDE DE DESULFATATION COMBINÉ ÉLECTRIQUE ET CHIMIQUE

À noter : cette fiche décrit les procédés mettant en œuvre une combinaison électrique et chimique. Certains acteurs utilisent un procédé électrique ou un procédé chimique seul : ces procédés sont décrits dans les parties III.2.1. et III.2.2.

III.2.3.1 SYNOPTIQUE DU PROCÉDE COMBINÉ



Les différentes étapes de préparation sont identiques aux procédés chimique et électrique : examen visuel, nettoyage puis tests électriques et test de densité de l'électrolyte (selon le type de batterie).

Ce procédé combiné a la particularité de proposer une désulfatation en deux, voire en trois temps (selon les acteurs). Un additif chimique est d'abord injecté dans la batterie. De l'eau distillée et/ou de l'électrolyte est parfois ajouté suite à l'ouverture des bouchons de la batterie. Dans un second temps, la batterie est branchée sur une machine de désulfatation. Certains acteurs connectent en troisième lieu un boîtier électronique aux bornes de la batterie : celui-ci envoie en permanence des impulsions électriques. Pour les professionnels qui l'utilisent, ce boîtier fait partie intégrante du procédé de désulfatation.

Suite à un temps de refroidissement, des tests identiques aux tests initiaux sont menés en fin de procédé. Un test de décharge est réalisé de façon courante pour les batteries industrielles.

III.2.3.2 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

► TYPES D'ACCUMULATEURS CONCERNES

- Types d'accumulateurs pouvant être désulfatés
 - Démarrage : deux-roues
 - Démarrage : automobile
 - Démarrage : poids lourds
 - Démarrage : autres (transport maritime, aérien, ferroviaire, etc.)
 - Traction
 - Stationnaire
- Critères de recevabilité des batteries
 - Pas de dommage mécanique.
 - Âge et capacité de la batterie pour certains acteurs : si elle est jugée trop vieille ou d'une capacité trop faible, la désulfatation ne peut avoir lieu²⁴.
- Utilisation du procédé en maintenance préventive : oui
 - Caractéristiques spécifiques à l'utilisation en maintenance préventive : certains acteurs proposent d'utiliser l'additif chimique et le boîtier électronique pour la maintenance préventive, sans la composante électrique. D'autres utilisent un procédé strictement identique au procédé curatif décrit dans le synoptique ci-dessus, en réduisant parfois la durée de la phase électrique.

► DESCRIPTIF DE L'INSTALLATION DE DESULFATATION

- Préparation
 - Équipement
 - Appareils de tests électriques
 - Appareils de nettoyage si besoin
- Désulfatation

²⁴ Les normes d'acceptabilité varient en fonction des acteurs.

- Équipement
 - Additif chimique à base d'EDTA, d'eau, de polymère organique, de peroxyde d'hydrogène et/ou d'autres composants confidentiels
 - Appareil de désulfatation
 - Ordinateur pour les machines qui fonctionnent à l'aide d'un logiciel (supporté par Excel)
 - Câbles de raccordement
 - Optionnel : boîtier électronique pour envoi d'impulsions en permanence
- Paramètres de fonctionnement
 - Additif chimique : volume spécifique calculé selon la capacité et l'état de la batterie
 - Les appareils de désulfatation fonctionnent sur 220 V, 380 V ou 480 V (selon les acteurs)
 - Envoi d'ondes de courant de forte intensité (jusqu'à 120 A) et de courte durée à une fréquence spécifique, déterminée de façon automatique par la machine. Deux acteurs proposent des machines qui fonctionnent sur des courants de faible intensité.
 - Boîtier électronique alimenté par la tension de la batterie (branché aux bornes de la batterie)
- Finalisation
 - Équipement
 - Connecteurs et banc de décharge
 - Appareils identiques à la phase de préparation (des tests identiques sont réalisés afin d'obtenir une comparaison des capacités avant et après la désulfatation).
- Environnement de fonctionnement
 - Température des locaux maintenue entre 18 et 21 °C pour certains acteurs.
 - Les tests ont lieu dans un endroit abrité et ventilé, comme toute opération de charge de batterie (pour éviter tout risque d'explosion ou de nocivité lié au dégagement de gaz). Lorsque les acteurs commercialisent le procédé, ces recommandations sont transmises au futur utilisateur du procédé.

► DUREE DU PROCEDE

- La désulfatation curative complète d'une batterie dure de quatre heures à deux jours selon les acteurs, et selon le type de batterie.
- L'amélioration des capacités est parfois optimale après plusieurs semaines d'utilisation de la batterie désulfatée (plusieurs cycles de charge et décharge).

► REMARQUES COMPLEMENTAIRES

- L'intervention d'un opérateur est nécessaire à chacune des étapes du procédé.
- Les opérations suivantes ne sont pas réalisées par tous les acteurs : nettoyage de la batterie en phase préparatoire, ajout d'eau distillée et mise à niveau de l'électrolyte, pause pour refroidissement, second cycle de désulfatation.

III.2.3.3 **PERFORMANCES DU PROCEDE CONSTATEES PAR LES PROFESSIONNELS DE LA DESULFATATION**

- Critères de contrôle pour vérifier le succès de la désulfatation
 - Les acteurs procèdent à une vérification de la capacité de la batterie désulfatée.
- Durée d'usage et performances des batteries désulfatées
 - La durée d'usage peut être multipliée par deux.
 - La capacité des batteries est améliorée de façon significative : il est possible d'atteindre une capacité qui équivaut à 90 à 100 % de la capacité constructeur.
- Taux de succès
 - Le taux de succès (amélioration de la capacité ou de la durée d'usage) se situe entre 80 et 95 % des batteries acceptées en désulfatation.
- Garanties
 - Il n'a pas été possible d'obtenir des informations complètes sur les garanties proposées par les acteurs utilisant un procédé combiné.
 - Il est néanmoins possible d'indiquer que certains proposent des garanties sur le maintien de la capacité de la batterie suite à la désulfatation pour une durée de trois mois à cinq ans (pour les batteries industrielles). Les éléments remplacés lors de la désulfatation peuvent également être garantis.
 - Un des acteurs propose une garantie sous forme d'avoirs pour les prestations futures de désulfatation.

III.2.3.4 **VARIANTES DU PROCEDE**

Un des acteurs propose une étape de nettoyage mécanique des plaques (désulfatation manuelle, avec une brosse) avant utilisation de l'additif et de la machine de désulfatation. L'additif s'utilise dans ce cas principalement à titre préventif pour protéger les électrodes contre le retour de la sulfatation.

Certains acteurs ajoutent l'additif chimique après la phase de désulfatation électrique, et non avant.

III.2.3.5 ACTEURS UTILISANT OU COMMERCIALISANT CE PROCÉDE

NOM	PAYS	ACTIVITE PRINCIPALE ²⁵
Arebatt	France	Service de désulfatation
Batteco (réseau Duo Regen)	France	Service de désulfatation
Battery Solutions International France (réseau Battery Solutions International)	France	Service de désulfatation
BGS	France	Service de désulfatation
RBC et son réseau	France	Service de désulfatation et vente de machines et de produits de désulfatation
Battery Repair Express	États-Unis	Service de désulfatation
Battery Services International	États-Unis	Service de désulfatation
Battery Solutions International et son réseau	Israël	Service de désulfatation et vente de machines et de produits de désulfatation
Duo Regen et son réseau	Canada	Service de désulfatation et vente de machines et de produits de désulfatation

²⁵ Dans le domaine de la régénération.

III.3. ANALYSE TECHNIQUE DES PROCÉDES DE DESULFATATION

III.3.1. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES PROCÉDES

III.3.1.1 TYPES DE BATTERIES

► TYPES DE BATTERIES AU PLOMB CONCERNES

Les trois procédés identifiés sont capables de désulfater tous les types de batteries au plomb : démarrage, traction, stationnaires. Cependant, certains acteurs choisissent de désulfater uniquement des batteries industrielles pour des raisons économiques (celles-ci sont développées dans le paragraphe IV.3.2.).

Au sein des batteries au plomb, on note que les procédés chimiques ne peuvent désulfater que des batteries ouverte²⁶, c'est-à-dire à électrolyte liquide. En effet, l'additif chimique se présentant le plus souvent sous forme liquide (ou de poudre soluble), il est techniquement plus aisé de l'injecter dans la batterie si son électrolyte est également liquide.

► COUPLES ELECTROCHIMIQUES CONCERNES

Dans le cadre de l'enquête, deux acteurs utilisateur d'un procédé électrique de désulfatation, ont mentionné pouvoir également prolonger la durée d'usage des batteries de couple électrochimique Nickel-cadmium (NiCd) et Nickel-métal hydrure (NiMH). Aucun des acteurs identifiés n'a indiqué à être en mesure de « désulfater » les batteries Lithium-ion, celles-ci présentant une structure et un fonctionnement très différent des autres types de batteries. L'analyse des procédés pour ces autres couples électrochimiques n'a pas été développée car hors du périmètre de cette étude.

III.3.1.2 LES DIFFÉRENTES ÉTAPES DE LA DESULFATATION

Les trois procédés sont relativement similaires pour ce qui concerne les phases de préparation et de finalisation. Les phases de désulfatation dépendent quant à elles du type de procédé utilisé.

► PRÉPARATION

On note tout d'abord que le critère principal de recevabilité des batteries est similaire d'un procédé à l'autre. En effet, aucun des procédés identifiés ne peut désulfater une batterie si elle a subi des dommages mécaniques. Le test associé à ce critère est, dans tous les cas, un **examen visuel** de la batterie. Cet examen permet ainsi d'éliminer d'emblée les batteries présentant des fuites, de la corrosion, des cosses abîmées, ou toute autre dégradation visible et irréversible.

D'autres critères tels que l'ancienneté de la batterie, la densité de l'électrolyte ou la capacité viennent parfois compléter ce premier contrôle. Ces critères complémentaires dépendent des pratiques de chaque professionnel de la désulfatation.

Les **tests électriques initiaux** sont également similaires sur les trois types de procédés : il s'agit d'une mesure de la tension et de l'intensité de la batterie, ou d'un test de décharge²⁷. Ce test peut servir à déterminer les batteries pouvant être désulfatées. Il sert également d'étalon pour pouvoir comparer la capacité de la batterie avant et après la désulfatation.

²⁶ Voir l'entrée Batterie ouverte dans le glossaire (Annexe III).

²⁷ Le test de décharge, utilisé principalement pour les batteries industrielles, a la même fonction que les tests de tension et d'intensité, il sert à caractériser la capacité de la batterie. Voir l'entrée **Capacité** dans le glossaire (Annexe III).

Les équipements utilisés sont très semblables pour ces tests initiaux ; il s'agit d'appareils de mesure électrique classiques ou spécifiques à l'entretien et à la charge des batteries, disponibles dans le commerce (de type multimètre ou voltmètre par exemple).

L'**ajout d'eau distillée et/ou d'électrolyte** est une possibilité pour tous les procédés. L'ajout de l'un ou de l'autre permet d'ajuster la quantité et la densité de l'électrolyte présent dans la batterie. On peut néanmoins noter que cette étape intervient généralement en amont de l'opération de désulfatation elle-même pour le procédé électrique, et généralement en aval pour les procédés chimique et combiné électrique-chimique.

Enfin, le **nettoyage des batteries** (en début ou en fin de procédé) n'est pas systématique, car il dépend de l'état de la batterie et des procédures propres à chaque acteur (changement ou non de l'étiquette par exemple). Il ne semble pas avoir de réelle fonction liée à la désulfatation.

► DESULFATATION

Les étapes de désulfatation en elles-mêmes diffèrent selon les procédés.

Le procédé chimique consiste, pour tous les acteurs l'utilisant, à injecter un produit chimique (sous forme liquide, de poudre ou de gélule) dans la batterie pour la désulfater. Le procédé électrique, quant à lui, consiste à appliquer des courants de courte durée aux bornes de la batterie. Le procédé combiné propose de coupler ces deux modes opératoires. Dans ce cas, l'additif chimique peut être ajouté avant ou après la mise en désulfatation électrique selon les acteurs.

► FINALISATION

Les **tests finaux** sont, dans la plupart des cas, similaires aux tests initiaux pour les trois procédés, en particulier le test de capacité ou de décharge réalisé au départ et servant d'étalon pour mesurer la capacité gagnée grâce à la désulfatation. Il est donc logique que le test final soit identique et consiste également à mesurer la tension, l'intensité, et éventuellement la densité de l'électrolyte.

Ainsi, la plupart des opérations de préparation et de finalisation sont similaires et servent à opérer un contrôle sur la batterie, pour déterminer si la désulfatation a été effectuée avec succès.

La phase de **refroidissement** est commune aux procédés électrique et combiné, bien que non systématique (la moitié des acteurs français utilisant l'un de ces procédés la mentionnent). Elle n'intervient pas sur le procédé chimique. La désulfatation électrique (commune aux procédés électrique et combiné) peut en effet provoquer une montée en température des batteries, contrairement à l'ajout d'additif chimique.

Le procédé chimique se termine par une **charge** de la batterie afin de pouvoir vérifier sa capacité en la déchargeant. Ce n'est pas le cas pour les procédés électrique et combiné pour lesquels, dans la plupart des cas, le procédé de désulfatation électrique charge la batterie durant le cycle de désulfatation. Le test de capacité ou de décharge peut donc se faire immédiatement à la fin du procédé.

III.3.1.3 DUREES DE MISE EN ŒUVRE DES PROCÉDES

La durée de la désulfatation complète est très variable **pour les procédés électrique et combiné électrique-chimique**. En effet, selon le type de batterie, son état initial et les besoins du client, la désulfatation peut durer de quelques heures (le minimum identifié se situant à trois heures) à plusieurs jours (jusqu'à quatre jours). Cette variation est liée au nombre de cycles (d'une durée variable selon les acteurs) que l'appareil électrique de désulfatation doit effectuer pour parvenir à désulfater la batterie. Le procédé électrique permet dans certains cas une augmentation de la capacité au cours du premier mois d'utilisation, grâce à la succession des cycles de charge et décharge.

Pour le procédé chimique, l'opération de désulfatation en elle-même (la réaction due à l'additif chimique) dure généralement quelques heures, mais il faut plusieurs semaines, parfois plusieurs mois, pour que la désulfatation opère de façon optimale. En effet, l'ajout de l'additif perturbe l'équilibre chimique de la batterie (en dissolvant le sulfate de plomb) ; les cycles de charge et décharge permettent un retour à l'équilibre.

III.3.1.4 **MODE D'UTILISATION DES PROCÉDES ET DESULFATATIONS SUCCESSIVES**

▶ **MODE D'UTILISATION DES PROCÉDES**

Concernant leur mode d'utilisation, les trois procédés peuvent être utilisés en maintenance préventive (sur des batteries neuves) et semi-curative (au cours de la vie des batteries), moyennant quelques adaptations. La durée de la phase électrique est notamment raccourcie par rapport à la désulfatation curative pour les procédés électrique et combiné.

Plusieurs acteurs ont, à ce sujet, indiqué que l'utilisation préventive pouvait faire partie des objectifs principaux de ces procédés : en limitant dès le départ les nuisances liées au phénomène de sulfatation, la durée d'usage des batteries est prolongée au maximum.

▶ **DESULFATATIONS SUCCESSIVES**

Au vu des résultats de l'enquête, il semble possible techniquement pour l'ensemble des procédés de les appliquer plusieurs fois à une même batterie. Cependant cette opération ne présente pas toujours un intérêt économique. Par exemple, pour les chariots élévateurs, la durée d'usage du chariot risque d'être inférieure à celle de la batterie désulfatée (les autres pièces du chariot risquant de se dégrader avant la fin de la seconde vie de la batterie). L'épuisement de la matière active de la batterie avec le temps peut également rendre l'opération de désulfatation inefficace.

III.3.2. PERFORMANCES DES PROCÉDES

III.3.2.1 **CRITERES DE CONTROLE POUR VERIFIER LE SUCCES DE LA DESULFATATION**

La grande majorité des professionnels de la désulfatation (tous procédés confondus) utilisent la capacité comme mesure du succès de la désulfatation. Si la capacité est satisfaisante pour l'utilisateur, ou supérieure à un seuil défini au préalable, ils considèrent la batterie comme étant désulfatée. La capacité peut en effet être mesurée de façon immédiate ; il est donc intéressant de retenir cet indicateur pour valider la désulfatation.

Le succès de la désulfatation est donc principalement mesuré pour les trois types de procédés via la **mesure de la capacité post-désulfatation**.

III.3.2.2 **CAPACITE ET DUREE D'USAGE DES BATTERIES DESULFATEES**

Dans la perspective de mener des opérations de désulfatation adaptées aux besoins précis du client, la plupart des acteurs indiquent que les critères qui permettent d'affirmer qu'une batterie est désulfatée avec succès sont très variables. Ainsi, une capacité retrouvée équivalente à 60 ou 70 % de la capacité constructeur peut parfois satisfaire le client (en fonction de son besoin), et le prestataire considère alors que la désulfatation est validée.

Néanmoins, plus de la moitié des acteurs considèrent que la désulfatation est validée de façon certaine lorsque la **capacité retrouvée se situe entre 80 et 100 % de la capacité constructeur**. Ils notent également qu'il est parfois possible de dépasser 100 % de la

capacité constructeur car les fabricants annoncent généralement sur l'étiquette une capacité inférieure à la capacité réelle de la batterie²⁸.

L'augmentation de la **durée d'usage** des batteries désulfatées est variable, mais est en général **multipliée par 1,5 à 2** par rapport à la durée d'usage d'une batterie neuve.

Il n'est à ce stade pas possible de conclure sur l'existence de performances supérieures pour l'un ou l'autre des procédés.

III.3.2.3 TAUX DE SUCCES ANNONCES

Les acteurs désulfatant **uniquement des batteries industrielles**, tous procédés confondus, annoncent que **80 à 100 %** des batteries sont désulfatées avec succès. Les taux de succès sont légèrement plus faibles pour les acteurs qui désulfatent **à la fois des batteries de démarrage et des batteries industrielles**, la majorité se situant entre 70 et 100 %. Une sélection rigoureuse des batteries à l'entrée de l'atelier explique en partie ces taux de succès élevés.

En effet, les critères de recevabilité des batteries sont relativement stricts. Ainsi, il n'est pas rare que sur 100 batteries réceptionnées, seules 50 ou 60 soient considérées comme pouvant être désulfatées. Toutefois, ce chiffre peut varier très fortement selon les acteurs, la provenance et la qualité des batteries qu'ils traitent, et la sévérité des tests initiaux qu'ils appliquent.

III.3.3. FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DES PROCÉDES

III.3.3.1 ÉTUDES PUBLIQUES IDENTIFIÉES

Il s'est avéré difficile de trouver des études publiques étudiant de façon précise les fondements scientifiques des procédés de désulfatation. Par ailleurs, les experts indépendants interrogés²⁹ à ce sujet ne peuvent pas à ce stade se prononcer, souhaitant en effet pouvoir se baser sur des études techniques précises et indépendantes.

Une étude datant de 2004 se penche sur les pulsations électriques en lien avec le prolongement de la durée d'usage des batteries au plomb et conclut que ce type de charge peut contribuer à réduire la sulfatation³⁰. Une autre étude de 2005 propose de combiner des impulsions électriques à un additif chimique et conclut également au prolongement de la durée d'usage des batteries³¹. Ces sources peuvent servir de base intéressante mais méritent d'être actualisées et comparées avec tous les dispositifs réellement commercialisés en France à ce jour. Des études plus poussées et indépendantes évaluant les performances des procédés existants sont encore nécessaires.

III.3.3.2 MÉCANISMES INVOQUÉS

La plupart des acteurs utilisant un procédé de désulfatation électrique indiquent que les impulsions électriques appliquées à une fréquence spécifique dans la batterie provoquent la mise en résonance des cristaux de sulfate de plomb. Ceux-ci se détachent alors de la plaque sur laquelle ils se sont fixés au cours du temps (augmentant ainsi la résistance

28

VOIR L'ENTREE
CAPACITE DANS LE GLOSSAIRE (ANNEXE III

CAPACITE

Annexe III).

²⁹ Entretien avec un chercheur du CEA.

³⁰ S. Minami, A new intense pulse-charging method for the prolongation of life in lead-acid batteries (2004).

³¹ H. Ikeda, Nobel high-current pulse charging method for prolongation of lead-acid batteries (2005).

interne de la batterie). Une fois ces cristaux détachés, la surface d'échange de la batterie est alors restaurée, et la charge et la décharge de la batterie sont à nouveau possibles. Il est à noter que l'un des acteurs sollicités indique que son procédé électrique ne provoque pas de mise en résonance, mais une désulfatation plus « douce » car utilisant des ondes spécifiques. Le détail de ce procédé est néanmoins confidentiel, et connu de son seul inventeur.

Quant au procédé chimique, il semble s'agir d'une réaction de dissolution des cristaux de sulfate de plomb par l'additif chimique injecté dans la batterie. Le résultat est donc également une désulfatation des plaques, et une restauration de la surface d'échange.

Le procédé combiné électrique et chimique serait basé sur l'association de ces deux opérations (mise en résonance électrique et dissolution chimique des cristaux).

III.3.3.3 PROJETS DE RECHERCHE

Pour pallier au manque de caution scientifique publique de leurs procédés, plusieurs acteurs français sollicités au cours de cette étude ont mis en place - ou prévoient de le faire - des projets de Recherche & Développement avec des laboratoires ou des universités. Leur objectif est de faire valider scientifiquement l'efficacité des procédés de désulfatation. Il s'agit à la fois de prouver l'efficacité des procédés de désulfatation sur le plan technique, mais également de valider leur pertinence économique (économies liées à une charge de la batterie plus courte, et donc moins gourmande en énergie) ou de trouver de nouvelles applications pour ces procédés.

III.3.3.4 AUTRES SOURCES DE LEGITIMATION DES PROCÉDES

Il est à noter que les clients du secteur de la désulfatation peuvent également contribuer à légitimer l'efficacité de ces procédés sur le plan technique et économique, en continuant à avoir recours à ces procédés.

Conclusion sur l'analyse technique des procédés

Les caractéristiques suivantes s'appliquent à la majorité des procédés identifiés :

- ils peuvent désulfater tous les types d'accumulateurs au plomb ;
- ils peuvent être utilisés à différents moments de la vie d'une batterie (à titre préventif, semi-curatif ou curatif), et plusieurs fois pour une même batterie ;
- ils indiquent des taux de succès élevés (plus de 70 % des batteries pouvant être désulfatées en général) corrélés à des critères stricts de sélection initiale ;
- ils indiquent une prolongation de la durée d'usage des batteries de 1,5 à 2 fois par rapport à la durée d'usage initiale.

Néanmoins, cette analyse est basée uniquement sur les éléments communiqués par les professionnels de la désulfatation. Des études sur la base des procédés réellement utilisés en France doivent encore être menées et publiées afin de permettre au secteur de la désulfatation d'asseoir sa crédibilité technique.

III.4. ANALYSE ECONOMIQUE DES PROCÉDES DE DESULFATATION

Malgré la difficulté d'obtenir auprès des acteurs des informations précises sur les aspects économiques de leur activité, les paragraphes suivants présentent les conclusions issues des recherches et des entretiens menés lors de l'étude. De manière générale, il n'a pas été

possible de calculer des moyennes sur ces données (le nombre d'acteurs ayant fourni l'information étant trop limité), des fourchettes de chiffres ont donc été privilégiées.

III.4.1. ANALYSE DES COÛTS SUPPORTES PAR LES PROFESSIONNELS DE LA DESULFATATION

Pour analyser les investissements nécessaires à la désulfatation, il convient de distinguer les différents types d'acteurs. On peut en effet dissocier les acteurs proposant des machines ou des produits à la vente (additifs chimiques) de ceux qui ont mis en place une prestation de service.

Pour les premiers, le seul indicateur économique sur lequel il est possible de s'appuyer est le **prix de vente des machines de désulfatation**. Cette analyse permet de constater une très grande disparité des coûts : les outils de désulfatation peuvent coûter entre 220 euros (mode manuel, batteries de 3,6 à 12 V) et 25 000 euros (tous types de batteries au plomb) à l'unité. Cette différence importante peut s'expliquer par différents facteurs : le type et la variété des batteries désulfatées par une même machine, le type et les caractéristiques des outils (outil simple ou équipement complexe, puissance maximale, nombre, taille et complexité des composants, présence de plusieurs programmes pour la machine selon le type et l'état de la batterie, utilisation), les éléments annexes à la machine (présence ou non d'un logiciel associé), le caractère standard ou non de la machine.

Pour les **additifs chimiques**, on note une certaine homogénéité du prix pour les batteries automobiles. En effet, le coût de l'additif pour la désulfatation d'une batterie de démarrage (12 V, 80 Ah par exemple) est estimé entre sept et huit euros³². Pour les autres batteries (batteries industrielles), les sources d'information sont très limitées. À titre d'exemple, un acteur propose un additif à 25€ par batterie pour la désulfatation des batteries de 24 V et 100 Ah (à raison de 150 grammes d'additif par batterie).

En ce qui concerne la **prestation de service**, on peut estimer le **coût de la mise en place d'une installation de désulfatation** (en co-activité³³ ou pour de la désulfatation uniquement) **entre 25 000 et 100 000 euros selon les acteurs**. Ce coût inclut non seulement l'achat des machines de désulfatation (entre 25 000 et 90 000 euros au total car il faut en acheter plusieurs lorsque la désulfatation est l'unique activité), mais également un éventuel accompagnement à la mise en place de l'installation. Cet accompagnement peut se traduire, selon les modèles organisationnels des différents réseaux, par une assistance technique (formation technique sur les batteries et aide à l'utilisation et aux réglages des machines) et/ou commerciale (définition des cibles commerciales, des arguments promotionnels, du rayon de prospection, etc.). Dans le cas de franchises, il faut ajouter au coût de l'installation le coût de la licence pluriannuelle d'exploitation ainsi qu'un pourcentage du chiffre d'affaires à reverser au franchiseur.

Les variations de coûts ne semblent pas liées aux procédés mais davantage aux modèles organisationnels des acteurs, et aux prix des machines de désulfatation qu'ils utilisent.

Concernant la **rentabilité des procédés**, il n'a pas été possible d'obtenir les coûts de revient des acteurs de la désulfatation. Néanmoins, le développement de prestations de service de désulfatation, en réseau ou de façon indépendante, semble indiquer qu'**il existe un marché** pour cette activité. La batterie **de traction** est plus souvent le cœur du développement des activités de désulfatation, car la rentabilité de la désulfatation semble plus importante sur ce type de batteries, plus chères à l'achat.

³² Cette estimation se base sur les prix catalogue des trois acteurs identifiés comme utilisateurs d'un procédé chimique, originaires respectivement du Canada, de Slovaquie et de France, commercialisant a priori des produits différents.

³³ Certains acteurs proposent en effet la mise en place d'un centre de désulfatation pour compléter une activité pré-existante. Dans ce cas, le nombre de machines et la quantité d'équipement nécessaires sont moindres, et l'investissement de départ plus faible.

III.4.2. ANALYSE DES COÛTS POUR LES CLIENTS FINAUX DE LA DESULFATATION

Si l'on se place du côté du client final, **le prix annoncé de la désulfatation est relativement homogène entre les acteurs et les procédés.**

Pour les batteries industrielles (de traction ou stationnaires), tous les acteurs français, quel que soit le procédé utilisé, indiquent un prix situé entre 30 et 60 % du prix d'une batterie neuve, avec une majorité d'acteurs se situant sous la barre des 50 % du prix d'une batterie neuve. À titre de comparaison, le prix d'une batterie de traction neuve peut varier de quelques centaines d'euros à 8 000 euros.

Pour les acteurs qui traitent également les batteries de démarrage, le prix de la prestation (ou de la revente éventuelle d'une batterie désulfatée) est estimé à environ 50 % du prix d'une batterie neuve, soit entre 34 et 44 euros pour une batterie classique d'un véhicule moyen³⁴.

III.4.3. ANALYSE DES GARANTIES PROPOSÉES

Il n'existe pas de distinction significative entre les procédés au niveau des garanties. Les garanties proposées semblent plutôt liées aux acteurs et à leurs choix.

Les garanties proposées en France s'étendent de **six mois à cinq ans**, selon les acteurs et le type de batterie.

Les critères stricts de sélection des batteries pouvant être désulfatées permettent en effet aux acteurs de proposer des garanties sur leurs prestations et d'obtenir un taux de retour client assez faible (de l'ordre de quelques pourcents).

Les garanties sont généralement **plus longues sur les batteries industrielles, de un à cinq ans que sur les batteries de démarrage (six mois à deux ans)**. Elles sont également variables selon les cas (selon l'état initial de la batterie et les enjeux commerciaux notamment). Certains acteurs indiquent offrir des garanties identiques aux garanties constructeurs. Il convient cependant de noter que les garanties offertes par les constructeurs de batteries sont la plupart du temps dégressives³⁵.

Certains acteurs proposent des garanties contractuelles, clairement rédigées dans les conditions générales de leurs prestations. En l'état actuel des informations dont nous disposons, il n'est pas possible d'affirmer que cette pratique soit généralisée au marché français de la désulfatation.

Concernant la couverture de la garantie, plusieurs acteurs indiquent garantir une capacité minimale de la batterie (en pourcentage de sa capacité constructeur). D'autres assurent une obligation de moyens, et n'offrent donc pas de garantie sur la capacité de la batterie suite à la désulfatation.

Conclusion sur l'analyse économique des procédés

L'analyse économique des procédés de désulfatation permet d'indiquer les conclusions suivantes :

- Le coût des outils et des installations de désulfatation est très variable selon les acteurs et modèles économiques adoptés.
- Le prix des prestations de désulfatation sont homogènes entre les acteurs et les procédés : 30 à 60 % du prix d'une batterie neuve sur les batteries industrielles, 50 % du prix d'une batterie neuve pour les batteries de

³⁴ Prix estimé pour un véhicule moyen de type Renault Clio III essence 1,2 L 2005, sur la base des prix indiqués pour une batterie neuve sur le site www.norauto.fr.

³⁵ Dans le cadre d'une garantie dégressive, le dédommagement tient compte de la durée d'usage de la batterie : si le problème intervient à la fin de la période de garantie, le dédommagement sera plus faible que s'il intervient au début.

démarrage.

- Les garanties proposées sont variables en fonction des acteurs (de six mois à cinq ans), mais généralement plus longues pour les batteries industrielles. Elle couvre parfois une capacité donnée ; parfois une obligation de moyens.
- Globalement, le développement actuel de cette activité semble indiquer que celle-ci est rentable pour les professionnels de la désulfatation ainsi que pour les utilisateurs.

III.5. ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DES PROCÉDES DE DESULFATATION

III.5.1. FLUX ENTRANTS ET FLUX SORTANTS LIÉS À LA MISE EN ŒUVRE DES PROCÉDES DE DESULFATATION

Les principaux flux liés à la mise en œuvre des procédés identifiés au cours de cette étude sont de quatre types :

- Flux entrants :
 - Consommation d'énergie,
 - Consommation de matières premières.
- Flux sortants :
 - Déchets générés,
 - Émissions dans l'air et/ou dans l'eau.

Le tableau ci-dessous présente la nature des flux entrants et sortants pour chacun des procédés. On notera que cette étude était la première occasion d'interroger les acteurs à ce sujet et qu'ainsi la majorité des acteurs interrogés ne connaissent pas les quantités associées à chacun des flux. Les données présentées dans ce tableau sont ainsi issues de cas particuliers et présentées à titre informatif.

Tableau 2 : Exemples de flux entrants et sortants liés à la désulfatation

	PROCEDE CHIMIQUE	PROCEDE ELECTRIQUE	PROCEDE COMBINE ELECTRIQUE ET CHIMIQUE
FLUX ENTRANTS			
Énergie	Pas de consommation d'énergie électrique directement liée au procédé.	Énergie électrique : de 90 à 160 kWh pour une batterie de traction pour une durée de procédé de 6h à 48h	Énergie électrique : de 3 à 7 kWh pour une batterie avec une durée du procédé de 3 h
Matières premières	<ul style="list-style-type: none"> - Additifs chimiques à base de polymère organique, d'EDTA, de peroxyde d'hydrogène ou d'autres composés, compositions confidentielles (33 ml par batterie à 60 ml par tranche de 100 Ah) - Électrolyte pour la mise à niveau 	Composants et matériaux nécessaires à la fabrication des appareils de désulfatation	<ul style="list-style-type: none"> - Additifs chimiques à base de polymère organique, d'EDTA, de peroxyde d'hydrogène, d'acide phosphorique ou d'autres composés, compositions confidentielles (33 ml par batterie à 60 ml par tranche de 100 Ah ; 5,5 L en moyenne pour une batterie de 36 V) - Électrolyte pour la mise à niveau ou le remplacement - Composants et matériaux nécessaires à la fabrication des appareils de désulfatation - Composants et matériaux nécessaires à la fabrication des boîtiers électroniques
FLUX SORTANTS			
Déchets générés	<ul style="list-style-type: none"> - Batteries ne pouvant pas être désulfatées - Déchets liés à la fabrication et à la conservation de l'additif (contenants) 	<ul style="list-style-type: none"> - Éléments de batteries remplacés - Batteries ne pouvant pas être désulfatées 	<ul style="list-style-type: none"> - Éléments de batteries remplacés - Batteries ne pouvant pas être désulfatées - Déchets liés à la fabrication et à la conservation de l'additif (contenants)
Émissions dans l'air et/ou dans l'eau	Information non disponible	Dégagement d'acide	Dégagement d'hydrogène

► CONSOMMATION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Les consommations d'énergie présentées dans le tableau sont chacune issues d'un seul acteur et ne sont ainsi pas forcément représentatives. En effet, les principaux paramètres influant sur les consommations d'énergie sont la **puissance de la machine** et la **durée de la désulfatation**. Comme indiqué dans le paragraphe précédent, ces paramètres varient fortement en fonction des acteurs, ce qui explique la différence importante de consommation communiquée pour le procédé électrique (de 90 kWh pour six heures de fonctionnement à 160 kWh pour 48 heures) et pour le procédé combiné électrique et chimique (de 6 à 7 kWh pour trois heures de fonctionnement).

Deux des acteurs interrogés indiquent également que la désulfatation de batteries sulfatées permettrait par ailleurs de réduire de 20 à 30 % la consommation d'électricité lors des cycles de charge des batteries désulfatées.

► MATIÈRES PREMIÈRES

Les matières premières et leurs quantités sont fortement dépendantes du type de procédé utilisé. En effet, les procédés ayant une composante chimique présentent des matières premières chimiques qui n'existent pas dans les autres types de procédés. Les composants et les quantités des additifs chimiques étant confidentiels, il n'a pas été possible d'évaluer leur dangerosité et leur impact environnemental.

Quant aux procédés électriques, ils utilisent comme matière première des composants électriques et électroniques, dont la composition exacte est également inconnue.

► DÉCHETS GÉNÉRES

Les déchets principaux issus de la désulfatation sont des éléments d'accumulateurs ou des accumulateurs entiers, qui étaient défectueux au départ ou qui n'ont pas résisté à la désulfatation. Ceux-ci rejoignent généralement les filières de recyclage : plusieurs acteurs de la désulfatation disposent sur leur site de bacs de collecte de batteries, transmis à des collecteurs et/ou recycleurs une fois pleins. Des accords sont passés à cet effet entre acteurs de la désulfatation et collecteurs et/ou recycleurs. Certains acteurs rendent également ces batteries en fin d'usage au client.

Par ailleurs, pour les procédés utilisant un additif chimique, les contenants vides (bidons) sont des déchets. Pour les acteurs qui fabriquent eux-mêmes leur additif, des déchets liés à la fabrication (composés chimiques, contenants de ces composés) peuvent également être ajoutés au bilan environnemental de la désulfatation.

► ÉMISSIONS DANS L'AIR OU DANS L'EAU

Très peu d'acteurs (trois) ont mentionné des émissions dans l'air (ou dans l'eau) qui seraient liées au procédé de désulfatation. Il s'agirait d'émanations liées au fonctionnement et à la maintenance des batteries au plomb (acide, hydrogène), ou des émissions liées au transport éventuel des batteries. Les acteurs ayant évoqué d'éventuelles émissions n'ont pas pu les quantifier, les jugeant négligeables.

Lors des visites de sites, aucune émission significative visible ou odorante n'a été constatée.

► RECYCLAGE DES BATTERIES DESULFATÉES

D'après les recycleurs interrogés, la désulfatation, au stade actuel de son développement, n'aurait pas d'incidence sur l'étape de recyclage. En effet, pour que l'ajout de substances dans les batteries perturbe le recyclage, il faudrait que celui-ci se fasse en quantités importantes, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui. Les recycleurs n'ont par ailleurs pas identifié de substance spécifique qui pourrait perturber ce recyclage. En fin d'usage, les batteries qui ont été désulfatées peuvent donc être recyclées tout comme les batteries qui n'ont pas été désulfatées.

III.5.2. CYCLE DE VIE DES BATTERIES AVEC ET SANS DESULFATATION

Les principales étapes du cycle de vie sans désulfatation d'une batterie peuvent se résumer de la façon suivante³⁶ :



Lorsque l'on inclut une étape de désulfatation, le cycle de vie d'une batterie est alors modifié de la façon suivante :



Les différents procédés de désulfatation permettent d'après les acteurs interrogés de multiplier la durée d'usage d'une batterie par 1,5 voire par 2.

▶ ÉTUDE D'UN EXEMPLE

Afin d'illustrer cette analyse environnementale sur un exemple, les trois scénarios ci-dessous sont étudiés :

- Scénario A : pas de désulfatation ;
- Scénario B : la désulfatation permet de multiplier la durée d'usage d'une batterie par 1,5 ;
- Scénario C : la désulfatation permet de multiplier la durée d'usage d'une batterie par 2.

On considèrera pour cette analyse qu'une batterie désulfatée peut rendre le même service qu'une batterie neuve.

Afin d'illustrer l'impact de la désulfatation, on considère le cas pratique suivant : un chariot élévateur doit être alimenté en énergie électrique par une batterie au plomb pendant 12 ans. La durée d'usage de la batterie sans désulfatation est de 4 ans (scénario A). Ce cas pratique a été choisi car il s'agit d'un type de batterie couramment désulfaté par les acteurs interrogés.

Dans les scénarios B et C, la durée d'usage d'une batterie est alors respectivement de 6 ans et de 8 ans lorsque la désulfatation est effectuée avec succès³⁷.

Si l'on considère que 50 % des batteries peuvent être désulfatées et sont effectivement désulfatées avec succès, alors, le nombre de batteries nécessaire pour alimenter en énergie électrique le chariot pendant 12 ans, est de :

- Scénario A : 3 batteries ;
- Scénario B : 2,4 batteries³⁸ ;
- Scénario C : 2 batteries³⁹.

³⁶ Les étapes de transport sont ici exclues de l'analyse. L'extraction des matières premières est considérée incluse dans l'étape de fabrication.

³⁷ Hypothèse de travail basée sur la section « Performances des procédés » : sur 100 batteries réceptionnées, il arrive que seules 50 soient désulfatées. Le taux de succès sur ces batteries désulfatées est ensuite compris entre 80 et 100%.

³⁸ 2,4 batteries = 12 ans / (50% * 4 ans + 50% * 6 ans).

³⁹ 2 batteries = 12 ans / (50% * 4 ans + 50% * 8 ans).

Le cas étudié précédemment permet ainsi d'identifier les impacts et bénéfices suivants pour la désulfatation :

- Bénéfices :
 - Les scénarios B et C permettent respectivement d'éviter la production et le recyclage de 0,6 et 1 batterie par rapport au scénario A, soit une réduction du nombre de batteries situé entre 20 et 33 % par rapport au scénario A.
- Impacts :
 - Les impacts liés à la désulfatation sont à ajouter dans les scénarios B et C par rapport au scénario A de référence.
 - En effet, sur la base du scénario C, deux cycles de désulfatation seront nécessaires pour parvenir à une durée d'usage de 12 ans. Si l'on se place dans le scénario B, il faudra 2,4 cycles de désulfatation pour permettre une durée d'usage de 12 ans.

Au vu de la difficulté d'évaluer précisément les impacts environnementaux de la désulfatation sur la seule base des données disponibles à ce jour, des analyses multi-critères (flux entrants, flux sortants, augmentation de la durée d'usage, etc.) et multi-impacts (émissions dans l'air, dans l'eau, impacts liés aux consommations électriques, aux déchets générés, aux matières premières utilisées, etc.), sont recommandées.

Conclusion sur l'analyse environnementale des procédés

En conclusion, malgré le manque de données disponibles à ce jour, la désulfatation présente un potentiel de réduction des impacts environnementaux en prolongeant la durée d'utilisation des batteries.

Afin d'affiner l'évaluation des impacts et bénéfices environnementaux associés à la désulfatation et de comparer les procédés entre eux, une analyse approfondie des points suivants devrait être effectuée :

- Description et quantification des flux entrants et sortants liés à la désulfatation (sur un procédé spécifique) ;
- Analyse statistique de l'augmentation de la durée d'usage ;
- Analyse des flux liés à la fabrication des batteries ;
- Analyse des flux liés au recyclage ;
- Analyse des interactions des flux de matière entre les étapes de fabrication, de recyclage et de désulfatation (par exemple, des déchets issus des étapes de la désulfatation sont envoyés en recyclage et le plomb recyclé peut être utilisé pour la fabrication de nouvelles batteries).

Une évaluation environnementale de type Analyse de Cycle de Vie (ACV) permettrait d'évaluer les impacts et les bénéfices environnementaux associés à la désulfatation et de comparer ceux-ci à d'autres scénarios, et notamment à la filière usuelle de recyclage des batteries au plomb.

IV. LE MARCHÉ DE LA DESULFATATION

IV.1. ACTEURS DE LA DESULFATATION IDENTIFIÉS EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER

Les tableaux ci-dessous dressent un bilan des acteurs de la désulfatation identifiés au cours de l'étude et du type de procédé qu'ils utilisent. Les tableaux présentent également le pays d'origine de chaque entreprise, ainsi que l'activité principale de l'acteur dans le domaine de la désulfatation⁴⁰.

Comme indiqué dans la partie III.2. , la prestation de service consiste à désulfater des batteries pour les restituer à leur utilisateur initial. La vente d'équipement consiste à proposer des machines et appareils de désulfatation ainsi que des produits chimiques à des utilisateurs de batteries ou à des prestataires de service de désulfatation. Il est à noter que deux acteurs indiquent remettre sur le marché des batteries désulfatées par leurs soins (batteries de démarrage principalement), mais cette activité est encore à l'étape du développement, et n'est donc pas prise en compte dans cette typologie.

À noter : pour les acteurs français, le numéro de SIRET⁴¹ est précisé ainsi que la raison sociale au RCS (Registre du Commerce et des Sociétés) lorsque celle-ci est différente du nom commercial usuel de l'acteur.

⁴⁰ Certains acteurs peuvent exercer d'autres activités non liées directement à la désulfatation de batteries (vente d'équipement électrique par exemple).

⁴¹ Lorsque que la société dispose de plusieurs établissements (pour les réseaux par exemple), seul le numéro de SIRET de l'établissement principal exerçant une activité de désulfatation est mentionné.

Tableau 3 : Acteurs de la désulfatation identifiés sur le territoire français (France métropolitaine et DOM)

NOM	ACTIVITE PRINCIPALE ⁴²	TYPE DE PROCEDE	NUMERO DE SIRET
Agence Service et son réseau de concessionnaires non franchisés (9 centres au total)	Service de désulfatation	Électrique	50922306100011
AreBatt	Service de désulfatation	Combiné électrique et chimique	52060468700019
Batteco	Service de désulfatation	Combiné électrique et chimique	50869214200013
Batterie Plus et son réseau de distributeurs (3 centres au total)	Service de désulfatation et vente de machines de désulfatation	Électrique	48319609300031
BGS (Raison sociale au RCS : Batteries Global Services)	Service de désulfatation	Combiné électrique et chimique	51049666400010
BSI France (Raison sociale au RCS : Battery Solutions International France)	Service de désulfatation	Combiné électrique et chimique	52355287500016
Manu Service (Raison sociale au RCS : B.A.G.A. Innovation & Participations)	Service de désulfatation	Électrique	41252641000045
RBC et son réseau de franchisés (19 centres au total) (Raison sociale au RCS : Regeneration Battery Corporation)	Service de désulfatation et vente de machines et de produits de désulfatation	Combiné électrique et chimique	50744721700013
Regenebatt (Raison sociale au RCS : Bouchadakh Samy)	Vente de boîtiers et de produits chimiques de désulfatation	Équipements pour procédé électrique et pour procédé chimique	51299050800024
Sotolab France (Raison sociale prévue au RCS : Sotofil)	Vente de machines de désulfatation	Équipements pour procédé électrique	Demande courant juin 2011
Tunecharger	Vente de machines de désulfatation	Équipements pour procédé électrique	49084072500025

⁴² Dans le domaine de la désulfatation.

Tableau 4 : Acteurs de la désulfatation identifiés à l'étranger

NOM	PAYS	TYPE D'ACTIVITE PRINCIPALE ⁴³	TYPE DE PROCEDE
B&R Recovery Inc.	Canada	Service de désulfatation et vente de produits de désulfatation	Chimique
Battery Gurus et son réseau	Slovaquie	Service de désulfatation et vente de produits de désulfatation	Chimique
Battery Regeneration	Royaume-Uni	Service de désulfatation	Électrique
Battery Repair Express	États-Unis	Service de désulfatation	Combiné électrique et chimique
Battery Solutions International et son réseau	Israël	Service de désulfatation et vente de machines de désulfatation	Combiné électrique et chimique
Bravo Zulu International	États-Unis	Service de désulfatation et vente de machines de désulfatation	Électrique
Battery Services International	États-Unis	Service de désulfatation et vente de machines et de produits de désulfatation	Combiné électrique et chimique
Cobatec	Suède	Service de désulfatation et vente de machines de désulfatation	Électrique
Duo Regen et son réseau	Canada	Service de désulfatation et vente de machines et de produits de désulfatation	Combiné électrique et chimique
MacBat et son réseau	Suède	Service de désulfatation et vente de machines de désulfatation	Électrique
MCS Energy	Thaïlande	Service de désulfatation et vente de machines de désulfatation	Électrique
Mega pulse	Australie	Vente de boîtiers de désulfatation	Équipement pour procédé électrique
Power Cell	Royaume-Uni	Service de désulfatation	Électrique
PulseTech	États-Unis	Vente de machines de désulfatation	Équipement pour procédé électrique
Sotolab Italia et son réseau	Italie	Vente de machines de désulfatation	Équipement pour procédé électrique
VR Sooria	Singapour	Vente de machines de désulfatation	Équipement pour procédé électrique
Xtra Power Batteries	Canada	Service de désulfatation	Électrique

⁴³ Dans le domaine de la désulfatation.

IV.2. CARTOGRAPHIE DES INSTALLATIONS DE DESULFATATION EN FRANCE

Les installations de désulfatation recensées sur le territoire métropolitain et dans les Départements d'Outre-mer (DOM) sont représentées sur la carte ci-dessous.

L'Annexe III de ce rapport présente la localisation de tous les sites.

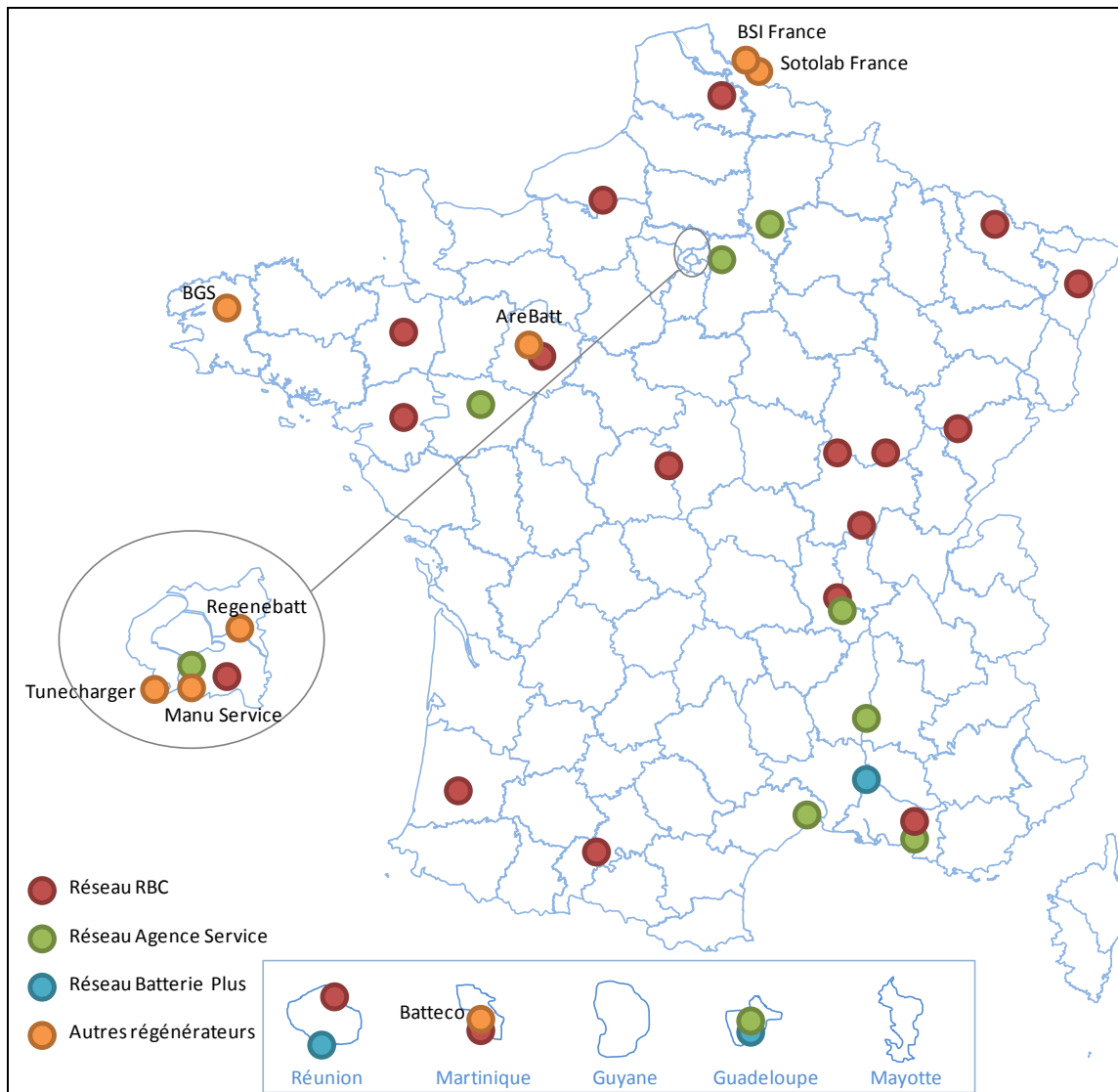


Figure 3 : Cartographie des acteurs en France

(Données août 2011)

Il est à noter que les acteurs qui traitent leurs propres batteries en interne, soit avec les équipements acquis auprès des vendeurs d'équipements de désulfatation, soit avec des équipements de désulfatation développés en interne ne sont pas indiqués sur la carte car hors du périmètre de l'étude.

Par ailleurs, l'étude a mis en évidence l'existence de six acteurs en cours de réflexion ou de lancement d'une entreprise de désulfatation. Leur état d'avancement et leur localisation exacte n'étant pas connus, ils ne figurent pas non plus sur la carte.

Enfin, le champ de l'étude n'inclut pas les Collectivités d'Outre-mer (COM). On peut noter cependant que la Nouvelle-Calédonie compte au moins deux acteurs en activité et un acteur en cours d'implantation. Un acteur a également été identifié en Polynésie Française, à Tahiti.

► REPARTITION DES ACTEURS SUR LE TERRITOIRE NATIONAL

L'étude a dénombré en France 39 établissements en activité proposant de la prestation de service ou de la vente de matériel.

Seul le centre-ouest du territoire métropolitain semble être dépourvu d'installation de désulfatation, ainsi que la Corse. À l'exception de la Guyane et de Mayotte, tous les DOM possèdent au moins un centre de désulfatation.

Le périmètre d'action des acteurs est variable, il est donc difficile de savoir si la densité du réseau est satisfaisante à ce stade. En effet, certains acteurs indiquent opérer sur toute la France et à l'étranger (BGS par exemple, qui opère en Europe et dans certains pays non européens), d'autres visent le développement de prestations plus locales (RBC par exemple, au travers de son réseau de franchisés, ou Batteco, du fait de sa situation insulaire).

Si l'on considère chaque réseau d'acteurs, le plus développé est aujourd'hui RBC. Il compte 19 centres (dont deux dans les DOM). RBC représente ainsi près de la moitié des établissements identifiés sur le territoire national. Le réseau Agence Service est également bien implanté sur le territoire avec neuf centres dont un en Guadeloupe. Quant aux centres Batterie Plus, on comptabilise le siège à Avignon ainsi que deux distributeurs répertoriés dans les DOM.

Les autres acteurs en présence (au nombre de huit) sont donc des entreprises indépendantes ou n'appartenant pas à un réseau français. Parmi celles-ci, trois appartiennent à des réseaux étrangers.

La partie IV.3. présente une analyse transversale des acteurs, de leur mode d'organisation et de leur offre.

IV.3. ANALYSE DES ACTEURS DE LA DESULFATATION

IV.3.1. CARACTERISTIQUES COMMUNES DES ACTEURS FRANÇAIS DE LA DESULFATATION

Le secteur de la désulfatation revêt une grande homogénéité dans la taille et dans l'organisation des structures présentes sur le territoire. Ces caractéristiques communes sont développées ci-après.

► DES ENTREPRISES JEUNES ET DE PETITE TAILLE

Tout d'abord, la totalité des acteurs de la désulfatation identifiés sur le territoire national sont **des entreprises jeunes** : elles ont toutes été établies entre 2005 et 2010, bien que l'un des acteurs français ait lancé une réflexion sur le sujet dès les années 1990. Par ailleurs, tous les établissements de désulfatation français sont de **Très Petites Entreprises**⁴⁴, qui comptent de un à quinze salariés selon les structures.

⁴⁴ Selon la définition communément admise d'une TPE en tant qu'entreprise de moins de 20 salariés.

► UN CLIMAT TRÈS CONCURRENTIEL QUI RESTREINT L'ORGANISATION DE LA PROFESSION

Ces entreprises évoluent dans **un climat très concurrentiel** au sein duquel chaque acteur souhaite développer son marché et protéger ses technologies propres.

Les ressources financières limitées et le sentiment d'un manque de poids et de crédibilité face à des groupes plus importants (les fabricants de batteries ou les industriels de la manutention principalement) rendent chaque innovation (formulation de nouveaux additifs chimiques, conception de nouvelles machines de désulfatation, etc.) d'autant plus précieuse aux yeux des professionnels de la désulfatation qui les développent.

Dans un tel contexte, protéger ses innovations est un enjeu majeur pour chaque professionnel du secteur. Cet enjeu a pour conséquence un défaut d'organisation de la profession lié à une méfiance mutuelle entre acteurs de la désulfatation.

► DES CONTRAINTES ECONOMIQUES FORTES

Les investissements initiaux nécessaires à la mise en place d'une activité de désulfatation imposent des contraintes fortes à des entreprises souvent jeunes et de petite taille. Ces investissements représentent plusieurs dizaines de milliers d'euros (voir partie III.4.) et nécessitent des réserves de trésorerie importantes. Par ailleurs, la co-activité (vente de matériel lié à la batterie par exemple, en complément des prestations de service de désulfatation) qui caractérise certains de ces acteurs souligne le fait qu'il est, à ce jour, difficile, pour certains, de s'assurer un revenu complet grâce à la seule désulfatation⁴⁵. Ces contraintes économiques fortes semblent également pousser les acteurs à sélectionner les batteries à désulfater de façon stricte, afin de s'assurer un taux de succès significatif et de ne pas gaspiller leurs ressources pour tenter de désulfater des batteries pour lesquelles un résultat positif n'est pas assuré.

► AUTRES CARACTERISTIQUES

Outre ces caractéristiques structurelles, on peut noter deux particularités dans le mode de fonctionnement de ces acteurs.

Ils sont pour la plupart à **la recherche d'une validation scientifique** de leurs procédés de désulfatation. Dans cette optique, plusieurs d'entre eux ont mis en place des stratégies de reconnaissance institutionnelle ou normative – partenariats avec des centres de recherche ou des universités. Le brevetage de leurs procédés semble également s'inscrire dans cette logique (bien que l'objectif premier du brevet soit de protéger leur propriété intellectuelle).

Une seconde particularité liée aux acteurs de la désulfatation tient à leur **approche « sur-mesure »** de la maintenance et du traitement des batteries. En effet, tous les acteurs sauf un insistent sur le fait que la batterie est désulfatée en fonction des besoins du client en engagement de la batterie. Il ne s'agit pas d'obtenir une capacité augmentée d'un pourcentage fixe qui s'appliquerait à toutes les situations. Les machines de désulfatation sont également adaptées à chaque type de batterie, voire à chaque utilisateur (grâce à différentes stratégies : conception spécifique de la machine suivant un cahier des charges, couplages de plusieurs machines pour augmenter leur puissance, analyse de l'environnement et de l'utilisation de la batterie, etc.). Cette approche est, pour les batteries industrielles en particulier, liée aux caractéristiques du monde de la batterie en lui-même. En effet, sur ce type de batteries, il existe peu de standards : chaque batterie est adaptée à une utilisation spécifique dans une machine déterminée. L'adaptabilité des prestations de désulfatation est également possible du fait des caractéristiques des entreprises du secteur et des quantités faibles de batteries désulfatées. Ainsi, si la question de l'industrialisation des procédés se posait, elle engendrerait sans doute des difficultés liées à une standardisation qui s'avèrerait difficile, en particulier pour les batteries industrielles, du fait de cette approche personnalisée de la batterie. Pour les batteries de démarrage, une

⁴⁵ A noter toutefois que la co-activité est également, parfois, une opportunité de toucher des clients par un autre biais, comme la vente d'équipement liés aux batteries par exemple. Il peut également s'agir d'une opportunité pour compléter les revenus d'une autre activité principale.

industrialisation semblerait plus aisée, si la rentabilité de la désulfatation de ces batteries était avérée pour tous les acteurs.

IV.3.2. TYPOLOGIE DES ACTEURS DE LA DESULFATATION

Les acteurs de la désulfatation peuvent être classés selon plusieurs critères :

- Prestation de service ou vente d'équipement ;
- Appartenance ou non à un réseau ;
- Type de batteries désulfatées.

Pour ce classement des acteurs, tous les établissements recensés ont été pris en compte en France. Pour l'étranger, seuls les acteurs identifiés sont pris en compte car il n'a pas été possible au cours de l'étude d'obtenir une liste exhaustive du nombre d'établissements par réseau.

► PRESTATION DE SERVICE OU VENTE D'EQUIPEMENT

Une distinction importante entre les acteurs est leur activité principale dans le domaine de la désulfatation. Pour rappel, la prestation de service consiste à désulfater des batteries pour les restituer à leur utilisateur initial. La vente d'équipement consiste à proposer des machines et appareils de désulfatation ainsi que des produits chimiques à des utilisateurs de batteries ou à des prestataires de service de désulfatation.

Il est à noter que deux acteurs indiquent remettre sur le marché des batteries désulfatées par leurs soins (batteries de démarrage principalement), mais cette activité est encore à l'étape du développement, et n'est donc pas prise en compte dans cette typologie.

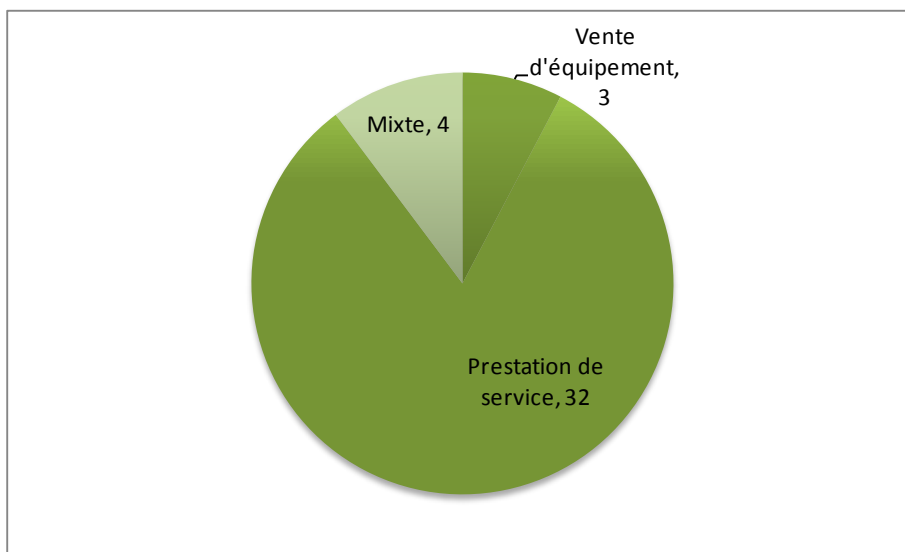


Figure 4 : Répartition des acteurs en France selon leur activité principale dans le domaine de la désulfatation

On dénombre donc actuellement en France trois établissements qui proposent uniquement des produits à la vente au niveau français, 32 établissements qui proposent des prestations de service et quatre⁴⁶ établissements qui proposent à la fois de la vente et de la prestation de service. Plus de 80 % des établissements propose donc de la prestation de service.

Au niveau international, le combiné prestation de service et vente d'équipement semble prédominer, avec neuf acteurs identifiés. Il peut s'agir des têtes de réseau de prestataires (à

⁴⁶ Le siège du réseau RBC est compté comme établissement proposant à la fois de la vente et de la prestation de service (au vu de la ventilation de son chiffre d'affaires), tandis que les franchisés sont comptabilisés dans la catégorie prestation de service.

qui il faut fournir les équipements), ou d'acteurs qui utilisent la prestation comme « vitrine » pour la vente de machines. On dénombre quatre acteurs pour la prestation de service et quatre pour la vente d'équipement.

► **APPARTENANCE OU NON A UN RESEAU**

Une seconde distinction au sein des acteurs français est l'appartenance ou non à un réseau. Plus de 85 % des 39 établissements identifiés appartiennent à un réseau, dont la tête se situe en France ou à l'étranger.

Au sein de ces réseaux, on distingue trois types de modèles organisationnels : RBC développe un réseau de franchisés, alors qu'Agence Service développe un réseau de concessionnaires non franchisés. Batterie Plus travaille quant à lui avec des distributeurs contractuels dans les DOM. Deux autres acteurs prévoient également de développer un réseau : Arebatt vise le développement d'un réseau de concessions exclusives (mené par Arebatt Technologies – trois établissements prévus pour l'automne 2011), tandis que BSI prévoit de développer des succursales directes (agences lui appartenant). Les trois autres acteurs appartiennent à des réseaux étrangers (Sotolab France, Battery Solutions International France et Batteco).

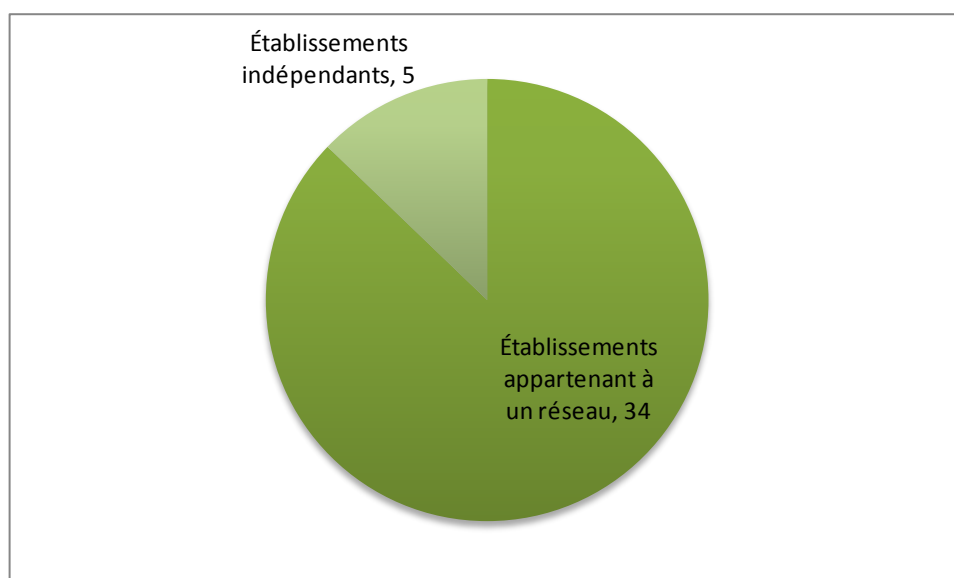


Figure 5 : Répartition des établissements en France selon leur appartenance ou non à un réseau

À l'étranger, huit têtes ou membres de réseau ont été identifiés, et neuf acteurs indépendants.

► **TYPE DE BATTERIES DESULFATEES**

Enfin, il est possible d'établir une dernière catégorisation sur le type de batteries désulfatées dans la réalité, au-delà des possibilités techniques offertes par les procédés. Pour cette catégorie, seuls les acteurs proposant des services de désulfatation ont été pris en compte. En effet, les acteurs proposant de la vente d'équipement ne régénèrent pas de batteries directement, et il n'existe donc aucune variation entre la possibilité technique de désulfater un type de batterie et le choix de le désulfater effectivement.

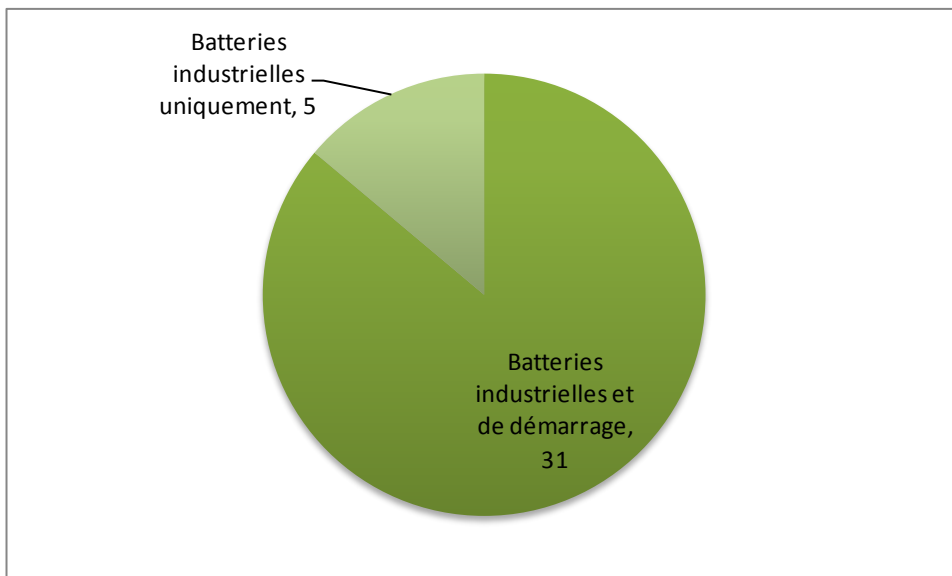


Figure 6 : Répartition des acteurs en France selon le type de batteries désulfatées

Près de 85 % des prestataires de services français traitent les batteries de démarrage et les batteries industrielles, les autres étant spécialisés dans la désulfatation des batteries industrielles (traction et stationnaires). Aucun d'entre eux ne traite uniquement les batteries de démarrage.

La décision de désulfater ou non les batteries de démarrage n'est pas liée à une question de faisabilité technique mais bien à des considérations économiques – les batteries de démarrage étant relativement bon marché à l'achat, il n'est pas toujours rentable pour le professionnel de la désulfatation d'effectuer une opération de désulfatation sur celles-ci. En effet, les ressources engagées (temps, énergie électrique, produits, etc.) ne seraient pas suffisamment couvertes par la facturation de la prestation (qui est proportionnelle au prix d'achat d'une batterie neuve). La situation semble différente dans les DOM, où les batteries en fin d'usage sont envoyées en métropole pour recyclage, ce qui engendre une complexité et des coûts importants. Dans ce contexte spécifique, la désulfatation est plus avantageuse que le recyclage, y compris pour les batteries de démarrage.

Par ailleurs, tous les acteurs traitant les batteries de démarrage et les batteries industrielles font partie d'un réseau. On peut donc penser que les seuils de rentabilité sont différents entre les acteurs indépendants et les membres d'un réseau. La désulfatation des batteries de démarrage fournit également aux prestataires une visibilité plus étendue, notamment auprès des particuliers : ceci peut faire partie de la stratégie des réseaux, et non des acteurs indépendants.

Au niveau mondial, huit acteurs prestataires de service traitent les deux types de batteries, et cinq sont spécialisés dans les batteries industrielles.

Tableau 5 : Répartition nominative des acteurs selon les critères de la typologie

INFORMATIONS GENERALES		TYPE D'ACTIVITE PRINCIPALE ⁴⁷		RESEAU	TYPE DE BATTERIES DESULFATEES	
NOM	PAYS	VENTE D'EQUIPEMENT OU DE PRODUIT CHIMIQUE	PRESTATION DE SERVICE	APPARTENANCE A UN RESEAU	DESULFATATION DE BATTERIES INDUSTRIELLES ET DE DEMARRAGE	DESULFATATION DE BATTERIES INDUSTRIELLES UNIQUEMENT
Agence Service et son réseau	France		x	Oui	x	
Are Batt	France		x	Non		x
Batteco	France		x	Oui	x	
Batterie Plus et son réseau	France	x	x	Oui	x	
Batteries Global Services (BGS)	France		x	Non		x
Battery Solutions International France (BSI)	France		x	Oui		x
Manu Service	France		x	Non		x
RBC et son réseau	France	x	x	Oui	x	
Regenebatt	France	x		Non	n.a. ⁴⁸	
Sotolab France	France	x		Oui	n.a.	
Tunecharger	France	x		Non	n.a.	
Battery Repair Express	États-Unis		x	Non	x	
Battery Services International	États-Unis	x	x	Oui	x	
Bravo Zulu International	États-Unis	x	x	Oui	x	
MacBat et son réseau	États-Unis	x	x	Oui		x
PulseTech	États-Unis	x		Non	n.a.	
B&R Recovery Inc.	Canada	x	x	Oui	x	
Duo Regen et son réseau	Canada	x	x	Oui	x	
Xtra Power Batteries	Canada		x	Non		x
Mega Pulse	Australie	x		Non	n.a.	
Battery Regeneration	Royaume-Uni		x	Non		x
Sotolab Italia	Italie	x		Oui	n.a.	
Battery Solutions International et son réseau	Israël	x	x	Oui	x	
Cobatec	Suède	x	x	Non	x	
Battery Gurus et son réseau	Slovaquie	x	x	Oui		x
VR Sooria	Singapour	x		Non	n.a.	
Power Cell	Royaume-Uni		x	Non		x
MCS Energy	Thaïlande	x	x	Non	x	

⁴⁷ Dans le domaine de la désulfatation.

⁴⁸ n.a.: Non applicable.

Analyse des codes APE

Le code APE, délivré par l'INSEE au moment de la création d'une société, permet d'identifier l'activité principale exercée par l'entreprise. Or, on note que les dix⁴⁹ acteurs français de la désulfatation répondent de huit codes APE différents.

- Prestation de service

Les huit acteurs proposant des prestations de désulfatation se placent dans cinq codes différents.

Quatre d'entre eux sont enregistrés sous le code correspondant à la « réparation d'équipements électriques » (code 3314Z).

Les autres prestataires de service sont inscrits dans les codes suivants :

- 4614Z : intermédiaires du commerce en machines, équipements industriels, navires et avions (un acteur)
- 3312Z : réparation de machines et d'équipements mécaniques (un acteur)
- 4669A : commerce de gros (commerce interentreprises) de matériel électrique (un acteur)
- 4669B : commerce de gros (commerce interentreprises) de fournitures et équipements industriels divers (un acteur)

- Vente d'équipement

Les établissements proposant à la vente du matériel de désulfatation sont inscrits dans les codes suivants :

- 2711Z : fabrication de moteurs, génératrices et transformateurs électriques (un acteur)
- 4799B : vente par automates et autres commerces de détail hors magasins, éventaires ou marchés (un acteur)

Cette diversité de codes souligne l'absence de définition de l'activité de désulfatation (par exemple, les codes « réparation d'équipements électriques » et « réparation de machines et d'équipements mécaniques » se côtoient pour la prestation de service). Cette diversité est également le **signe de la co-activité** déjà évoquée pour certains acteurs de la désulfatation.

IV.3.3. SITUATION DE LA FRANCE DANS LE CONTEXTE MONDIAL DE LA DESULFATATION

► GENESE ET POSITION ACTUELLE DE LA DESULFATATION

La désulfatation semble avoir émergé plus tôt dans d'autres pays qu'en France : Duo Regen et MacBat ont été créés en 1998 par exemple. Toutefois, aucun des acteurs sollicités n'a identifié de pays où ces procédés seraient aujourd'hui significativement plus reconnus ou plus développés.

► PENETRATION DU MARCHÉ FRANÇAIS PAR LES ACTEURS ÉTRANGERS

Le marché français de la désulfatation est fortement pénétré par les acteurs étrangers, et de nombreux liens sont établis entre la France et d'autres pays dans ce domaine.

⁴⁹À date de l'écriture de ce rapport, Sotolab France n'ayant pas encore d'immatriculation en France, il n'a pas été pris en compte dans l'analyse des codes APE.

Il s'agit tout d'abord de **liens commerciaux** via l'achat de machines ou produits conçus à l'étranger. Par exemple, les outils MacBat (Suède), Sotolab Italia (Japon pour les machines), Duo Regen (Canada), Battery Gurus (Slovaquie) sont utilisés en France.

Il peut également s'agir de **stratégie d'implantation** sur le territoire français : comme indiqué précédemment, certaines entreprises françaises font partie de réseaux originaires de pays étrangers. C'est le cas pour Batteco (réseau canadien Duo Regen), Sotolab France (réseau italien Sotolab Italia) et Battery Solutions International France (réseau israélien Battery Solutions International). Par ailleurs, certains acteurs étrangers cherchent à s'établir de façon directe en France, et sont actuellement dans une phase de prospection commerciale.

► PRESENCE DES ACTEURS FRANÇAIS A L'ETRANGER

À l'inverse, certains acteurs français sont également présents à l'étranger, à travers des ventes de produits principalement. La France n'apparaît cependant pas comme un centre important de diffusion de la désulfatation, car seulement 8 % des acteurs français interrogés mentionnent avoir des clients ou des partenaires à l'étranger.

IV.4. LE POIDS DE LA DESULFATATION EN FRANCE

Il est difficile de calculer de façon précise la quantité de batteries désulfatées chaque année en France, du fait de l'hétérogénéité des données disponibles chez les professionnels de la désulfatation et de l'absence de données bibliographiques à ce sujet.

Néanmoins, sur la base des informations recueillies auprès des acteurs interrogés, des estimations ont pu être réalisées.

En 2010, au moins 2 000 tonnes de batteries industrielles auraient été désulfatées en prestation de service, soit environ 2 700 batteries⁵⁰. Pour les batteries de démarrage, l'estimation 2010 se situe autour de 300 tonnes, soit environ 20 600 batteries désulfatées⁵¹.

Ces quantités représentent **environ 3,4 % des 62 227 tonnes de batteries industrielles et 0,3 % des 126 413 tonnes de batteries de démarrage mises sur le marché annuellement** (chiffres 2009).

Il n'est en revanche pas possible d'obtenir une estimation réaliste du nombre de batteries désulfatées en interne par des opérateurs ayant acquis un procédé de désulfatation pour leur propre usage.

Ces quantités faibles soulignent le fort potentiel de développement de la désulfatation en France. Le pourcentage est particulièrement faible pour les batteries de démarrage, à la fois parce que plusieurs acteurs font le choix de se détourner de ce type de batteries (car la désulfatation n'est pas toujours rentable pour des batteries assez peu chères), et parce que le gisement de ce type de batteries est très diffus et difficile d'accès.

Concernant les batteries industrielles, le gisement de batteries stationnaires est également difficile d'accès pour les acteurs de la désulfatation, car ce sont des parcs de batteries appartenant à des structures importantes ou liés à des enjeux de sécurité forts.

► POIDS DE CHAQUE PROCÉDE EN FRANCE

Cette section présente le poids relatif de chaque procédé en France en prestation de service, sur la base des informations collectées auprès des acteurs. Les batteries désulfatées en interne (c'est-à-dire par des opérateurs ayant acheté une machine de désulfatation pour leur propre usage) ne sont pas prises en compte, car ces informations ne sont pas disponibles.

⁵⁰ Poids estimé d'une batterie de traction estimé à 0,7 t selon les informations communiquées par les acteurs.

⁵¹ Poids moyen d'une batterie de démarrage estimé à 15,8 kg à partir des données 2009 du Registre Piles et Accumulateurs délégué à l'ADEME.

Le procédé combiné prédomine largement en France, à la fois en termes d'établissements concernés (23) et de tonnages désulfatés en prestation de service (environ 1 700 tonnes en 2010). Le procédé électrique est relativement répandu, avec seize établissements (vente et service) et environ 300 tonnes désulfatées en prestation de service. Le procédé chimique est beaucoup moins utilisé en France que les deux autres procédés. En effet, un seul acteur le mettant en œuvre a été identifié sur le territoire ; il ne propose pas de prestation de service mais uniquement de la vente de produits.

À noter : les ventes de machines de désulfatation sont prédominantes sur le procédé électrique, ce qui laisse penser qu'il existe un gisement important de batteries désulfatées en interne. Le manque de données à ce sujet ne permet pas de pousser plus loin l'analyse du gisement global de batteries désulfatées en prestation de service et en interne.

Le détail des procédés utilisés ou commercialisés par chaque acteur est consultable au Tableau 3.

V. ANALYSE REGLEMENTAIRE

V.1. STATUT REGLEMENTAIRE DE L'ACTIVITE DE DESULFATATION

En fonction de l'origine du flux de batteries étant désulfatées par les professionnels, l'activité de désulfatation des accumulateurs revêt un statut réglementaire différent.

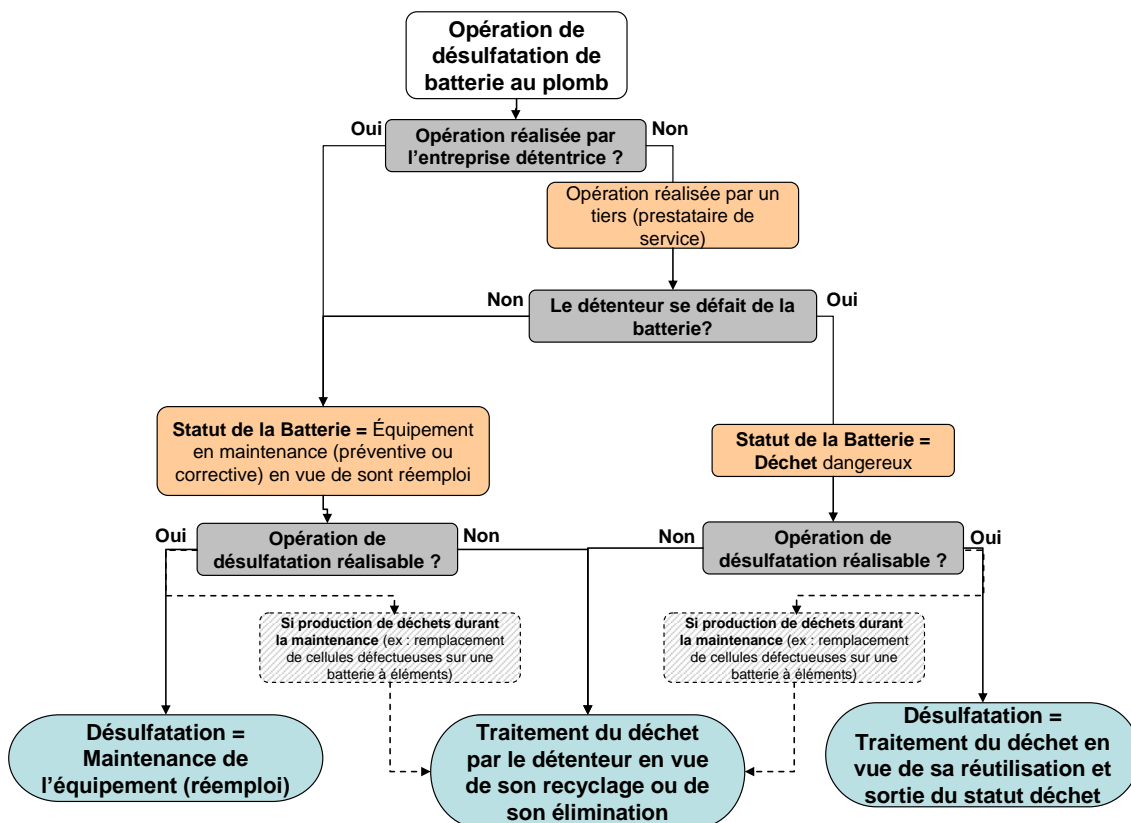
Il faut distinguer :

- d'une part, la désulfatation effectuée sur le produit (batteries en usage) dans un objectif de maintenance des batteries. C'est le cas, par exemple, de la désulfatation de batterie pouvant être réalisée par un détenteur directement dans son établissement ou encore de la prestation de services de désulfatation de batteries proposée aux utilisateurs de batterie souhaitant les réemployer lorsque le détenteur récupère la même batterie désulfatée ou récupère explicitement le déchet si la batterie n'est pas désulfatée, et,
- d'autre part, la désulfatation réalisée sur des déchets (batteries dont le détenteur se défait ou a l'intention ou l'obligation de se défaire) dans un objectif de remise sur le marché.

Dans le premier cas, l'activité ne relève pas d'une activité de traitement de déchet dans la mesure où la batterie n'est pas un déchet à son départ de l'installation d'origine, mais relève de la maintenance et contribue à la prévention de la production de déchets.

Dans le second, les batteries traitées ont acquis un statut de déchet et les activités doivent obligatoirement être réalisées en installation classée ICPE déchet.

Le logigramme décisionnel ci-dessous synthétise le statut de la désulfatation en fonction de l'opération réalisée :



La section suivante, présente les rubriques de la réglementation ICPE pouvant potentiellement concerner l'activité de désulfatation des accumulateurs.

V.2. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE)

La désulfatation des accumulateurs usagés répond de la législation ICPE sous différentes rubriques.

V.2.1. PRINCIPALES RUBRIQUES CONCERNEES

- 27xx Activités/ Déchets
 - **2718** : Installation de transit, regroupement ou tri de déchets dangereux ou de déchets contenant les substances dangereuses ou préparations dangereuses mentionnées à l'article R. 511-10 du Code de l'Environnement, à l'exclusion des installations visées aux rubriques 1313, 2710, 2711, 2712, 2717 et 2719.

La quantité de déchets susceptible d'être présente dans l'installation étant :

- supérieure ou égale à 1 t : Autorisation,
- inférieure à 1 t : Déclaration soumise à contrôles périodiques (DC)

Cette rubrique de la nomenclature des ICPE est applicable uniquement aux activités de tri, transit ou regroupement de déchets seules. Un site industriel effectuant du traitement de déchet dangereux, ne peut pas être également classé sous la rubrique 2718 (pas de double classement sous des rubriques relatives aux déchets dangereux). Les stocks de déchets à traiter ou produits par l'activité de traitement présents sur le site sont gérés sous la rubrique de traitement de déchet.

- **2790** : Installation de traitement de déchets dangereux ou de déchets contenant les substances dangereuses ou préparations dangereuses mentionnées à l'article R. 511-10 du Code de l'Environnement, à l'exclusion des installations visées aux rubriques 1313, 2720, 2760 et 2770.

Cette rubrique est systématiquement soumise à Autorisation.

Cette rubrique est applicable dans le cas où la désulfatation est effectuée en tant que préparation à la réutilisation, c'est-à-dire lorsque les batteries sont apportées au prestataire par leur détenteur qui s'en défait. En cas de succès de la désulfatation et revente à un tiers, la batterie doit faire l'objet d'une sortie du statut de déchet. Les acteurs de la désulfatation doivent en outre prouver que les batteries ne pouvant pas être désulfatées sont traitées conformément à la réglementation en vigueur et notamment en respectant la hiérarchie des modes de traitement des déchets.

En revanche, si la désulfatation est effectuée par l'utilisateur/détenteur in situ sur le lieu de la génération d'un accumulateur à désulfater (plus apte à l'usage), l'activité de désulfatation effectuée est du réemploi. Ces accumulateurs conservent le statut de produit. Dans ce cas, la rubrique 2790 n'est pas applicable.

- 29xx Activités/ Divers - **2925** : Accumulateurs (ateliers de charge)

La puissance maximale de courant continu utilisable pour cette opération étant :

- supérieure à 50 kW : Déclaration.

Cette rubrique concerne l'activité relative à la charge d'accumulateurs. Un professionnel de la désulfatation d'accumulateurs au plomb peut aussi être classé sous cette rubrique 2925 s'il procède à la recharge en sus du traitement (classé sous la rubrique 2790).

Bien que la majorité des procédés consiste à utiliser l'énergie électrique pour désulfater ou reconditionner les batteries, aucun des acteurs interrogés dans le cadre de cette étude n'utilise une puissance de courant continu supérieure à 50 kW qui

constitue le seuil de déclenchement pour que l'activité soit soumise au régime déclaratif suivant cette rubrique.

- 16xx Substances et préparations dangereuses/Corrosifs - **1611** : Emploi ou stockage d'acide sulfurique à plus de 25 %

La quantité totale susceptible d'être présente dans l'installation étant :

- supérieure ou égale à 250 t : Autorisation,
- supérieure ou égale à 50 t mais inférieure à 250 t : Déclaration.

L'électrolyte d'une batterie au plomb étant constitué d'acide sulfurique d'une concentration comprise entre 30 et 40 %, cette rubrique pourrait donc concerner les prestataires mettant un œuvre un procédé nécessitant la manipulation de quantités importantes d'électrolyte lors d'opérations de remplacement par exemple. C'est notamment le cas de l'un des procédés qui consiste à vidanger systématiquement les accumulateurs à désulfater. En considérant une quantité d'accumulateurs annuellement désulfatés supérieure à 250 tonnes et une part d'électrolyte de 20 % en poids, la quantité d'électrolyte employée dans le cadre de ce procédé peut dépasser les 50 tonnes et, le cas échéant, doit faire l'objet d'une déclaration.

V.2.2. POSITION DES ACTEURS

Certains acteurs qui utilisent l'énergie électrique dans leur procédé ont souhaité naturellement positionner leur activité par rapport à la rubrique 2925 relative aux ateliers de charge d'accumulateurs.

Toutefois, compte tenu du fait que la puissance utilisée en courant continu est systématiquement inférieure au seuil imposant le régime déclaratif (supérieure à 50 kW), leur activité n'est pas classable suivant cette rubrique.

Par ailleurs, à ce jour aucun acteur ne considère son activité comme liée à la gestion des déchets. Aucun d'entre eux ne se place donc dans la rubrique 27xx Activités/Déchets.

V.2.3. ANALYSE DE L'EXISTANT

En fonction de la nature de leur activité, les acteurs de la désulfatation peuvent être soumis aux dispositions relevant des rubriques ICPE 1611, 2718, 2790 et 2925.

La modification de la nomenclature des ICPE du traitement des déchets et les travaux de transposition de la directive cadre sur les déchets (directive 2008/98/CE) ont clarifié le positionnement des acteurs de la désulfatation d'accumulateurs au plomb.

La circulaire du 24 décembre 2010 précise que les activités de désulfatation de déchets sont soumises à la législation des installations classées du traitement de déchets, sauf si et seulement si le client remettant sa batterie pour désulfatation récupère soit la même batterie désulfatée, soit récupère explicitement le déchet pour envoyer celui-ci dans la filière agréée lorsque la batterie ne peut pas être désulfatée.

On peut noter qu'en se conformant à la législation ICPE, les professionnels de la désulfatation de déchets de batteries pourront justifier auprès des détenteurs d'accumulateurs usagés de la mise en œuvre concrète d'un traitement respectueux de l'environnement et de la santé humaine, et démontrer ainsi à leur client la validité technique de la filière de gestion des déchets qu'ils leur proposent. Naturellement, cette organisation devrait permettre d'accéder à des gisements plus importants tels que, par exemple, ceux des collecteurs d'accumulateurs usagés.

Les procédures administratives préalables à l'exploitation d'une installation classée de désulfatation d'accumulateurs doivent être anticipées par les porteurs de projet, notamment dans le cadre du développement de ce secteur.

V.3. DESULFATATION DE BATTERIES ET RECOMMERCIALISATION

Un classement sous rubrique ICPE 2790 est requis pour les établissements procédant à la désulfatation des batteries au plomb ayant acquis un statut déchet (batteries dont le détenteur s'est défait) en vue de les recommercialiser.

A ce jour, cette activité concerne essentiellement les batteries monoblocs de démarrage du fait de leur caractère standard. Cette activité peut être classée en tant que traitement de déchets en vue de la préparation à la réutilisation.

L'activité constatée sur le terrain chez certains acteurs consiste à approvisionner des batteries en provenance de particuliers et/ou de professionnels (collecteurs de déchets, démolisseurs, etc.), à les désulfater et à les revendre soit en direct soit via des réseaux de distribution. Dans ce cas, l'utilisateur final de la batterie désulfatée n'est pas le même que celui qui a fourni la batterie usagée à désulfater. Les professionnels de la désulfatation reconditionnent en général les batteries désulfatées avec leur propre étiquette en ayant pris soin au préalable de retirer l'étiquette originale du fabricant. Cette activité relève du traitement de déchet.

D'après la jurisprudence applicable aux DEEE et notamment aux appareils recommercialisés par le réseau Envie (opérateur agréé de collecte de DEEE et d'électroménager rénové), les producteurs de biens d'occasion ne sont pas soumis aux obligations des producteurs de première mise en marché. Toutefois, ces appareils conservent la marque initiale du fabricant, ce qui n'est pas le cas dans le secteur de la désulfatation pour les batteries désulfatées commercialisées par les désulfatateurs.

Aussi, dans le cas des accumulateurs désulfatés commercialisés sous la marque du professionnel de la désulfatation, ceux-ci doivent être considérés comme nouvellement mis sur le marché et le professionnel de la désulfatation, en tant que « producteur » devient responsable de la gestion de leur fin de vie.

V.4. LE REGLEMENT REACH

V.4.1. PRINCIPAUX RAPPELS

Le règlement européen REACH est entré en vigueur le 1er juin 2007. REACH signifie « enRegistrement, Évaluation, Autorisation des substances Chimiques » et comporte comme l'indique son nom quatre grands volets : l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation, et la restriction.

Ce règlement vise notamment à améliorer la connaissance des usages et des propriétés dangereuses des substances chimiques fabriquées ou importées dans l'Union Européenne, afin d'en améliorer la gestion des risques. Le règlement REACH concerne les substances chimiques en tant que telles, ou contenues dans les mélanges ou dans les articles. Les acteurs concernés sont les fabricants, importateurs ou utilisateurs professionnels de substances chimiques.

V.4.2. LES ACTEURS DE LA DESULFATATION ET REACH

Certains professionnels de la désulfatation utilisent dans leur procédé des additifs chimiques à vocation curative ou préventive qu'ils ont développés en mélangeant différentes substances.

Au titre du règlement REACH, la majorité des acteurs sont considérés comme des utilisateurs en aval.

- Définition d'un utilisateur en aval :

Un utilisateur en aval est défini par REACH comme toute personne physique ou morale établie dans la Communauté, autre que le fabricant ou l'importateur, qui utilise

une substance, telle quelle ou contenue dans un mélange, dans l'exercice de ses activités industrielles ou professionnelles.

En conséquence, un utilisateur en aval est une personne physique ou morale qui réalise des opérations de transformation, de formulation, de consommation, de stockage, de conservation, de traitement, de chargement conteneurs, de transfert d'un conteneur à un autre, de mélange, de production d'un article ou tout autre usage.

Dans le cas des procédés de désulfatation chimiques, l'utilisateur final assure généralement au moins un des deux rôles suivants :

- Le formulateur de mélanges, et/ou
 - L'utilisateur final des substances contenues dans des mélanges.
- Les principales obligations d'un utilisateur en aval :
 - Suivre les recommandations mentionnées dans les Fiches de Données de Sécurité (FDS) ainsi que dans les Scénarii d'Exposition (SE) mis à disposition par les fournisseurs.
 - Si une substance ou un mélange est utilisé en dehors des conditions décrites dans le scénario d'exposition, plusieurs possibilités : déclarer l'usage au fournisseur afin d'en faire une utilisation identifiée, préparer son propre Rapport sur la Sécurité Chimique (CSR), etc.
 - S'il y a introduction de mélanges dangereux sur le marché, fournir obligatoirement des FDS aux clients.
 - Tenir informés les fournisseurs en retour notamment si l'utilisateur en aval dispose de nouvelles données relatives aux dangers du mélange, ou si des mesures de gestion des risques ne sont pas appropriées.
 - S'assurer que les fournisseurs se conforment à REACH.
 - Les conséquences de l'enregistrement pour l'utilisateur en aval

L'utilisateur en aval n'a pas à enregistrer les substances qu'il utilise (ni les mélanges qu'il réalise), mais l'enregistrement ou non de ces substances par les fabricants ou les importateurs aura une incidence sur ses activités :

 - Les substances qui ne seront pas enregistrées ne seront plus disponibles sur le marché de l'UE,
 - La classification et l'étiquetage de certaines substances peuvent changer. En tant que formulateur, l'utilisateur en aval devra revoir en conséquence la classification des mélanges et les FDS correspondantes,
 - Les FDS doivent comporter le numéro d'enregistrement des substances.

Si les acteurs de la désulfatation importent les substances au sein de l'UE, ils sont en revanche considérés comme des importateurs et sont soumis à enregistrement.

V.4.3. CARACTERE DANGEREUX DES PRODUITS UTILISES

Les fiches de sécurité (FDS) ont été demandées auprès de l'ensemble des acteurs français de la désulfatation manipulant des additifs chimiques. Seuls trois FDS ont été collectées sur six acteurs concernés.

D'après les FDS obtenues, on peut noter que les substances à base de polymère organique ne présentent pas de danger particulier pour l'environnement ni pour la santé. Les fiches pour les additifs à base d'EDTA indiquent des précautions d'utilisation liées à la santé des personnes (port d'un masque, contact avec la peau à éviter, etc.) et des précautions de stockage (sur un sol cimenté résistant à la corrosion par exemple). Cette substance est

considérée comme irritante dans la nomenclature européenne⁵². Il est néanmoins difficile de conclure sur la dangerosité environnementale ou sanitaire des additifs chimiques utilisés par les procédés de désulfatation, car les informations collectées à ce jour restent incomplètes.

En conclusion, les professionnels de la désulfatation qui utilisent des additifs chimiques dans leur procédé ont des obligations en tant qu'utilisateurs en aval au regard du règlement REACH.

Tout manquement de leur part pourrait mettre en péril la pérennité de leur activité.

V.5. RISQUES ET SECURITE

La manipulation des batteries au plomb présente les risques potentiels suivants⁵³ :

- L'acide sulfurique contenu dans l'électrolyte peut causer de graves brûlures,
- Le plomb est une substance toxique,
- L'hydrogène et l'oxygène qui se dégagent peuvent être explosifs,
- Des courants électriques importants peuvent être générés ainsi que des chocs électriques en cas de courts-circuits.

Les ateliers de charge des accumulateurs classés sous le régime déclaratif sont soumis à ce jour à l'arrêté du 29 mai 2000 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 2925. Ce texte définit les mesures de sécurité que doivent satisfaire ces installations concernant l'implantation et l'exploitation des locaux, la prévention des risques, l'eau, les déchets, le bruit et la remise en état en fin d'exploitation. Des mesures spécifiques sont en particulier imposées pour prévenir les incendies (ventilation, moyens de secours, matériel électrique de sécurité, seuil de contrainte limite en hydrogène) et les pollutions (rétention des aires et locaux de travail, interdiction des rejets en nappe, etc.). Les déchets d'accumulateurs doivent être éliminés dans des installations autorisées et l'exploitant doit pouvoir en justifier l'élimination,

De la même manière, les installations classées sous la rubrique 1611 sous le régime déclaratif (acide sulfurique à plus de 25 %) sont soumises à ce jour à l'arrêté du 6 septembre 2000 qui définit en particulier les mesures en matière de stockage et manipulation des substances.

⁵² Source : <http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/>.

⁵³ Source : Exide, Informations pour une utilisation en sécurité des accumulateurs au plomb.

VI. FREINS ET LEVIERS AU DEVELOPPEMENT DE LA DESULFATATION

L'activité de désulfatation des batteries sur le territoire national concerne encore aujourd'hui des quantités relativement faibles de batteries au regard des quantités de batteries mises sur le marché annuellement (environ 3,4 % des batteries industrielles et 0,3 % des batteries de démarrage mises sur le marché en 2010). Plusieurs freins et leviers d'action au développement de la désulfatation en France ont été identifiés au cours de cette étude et sont décrits ci-après.

VI.1. FREINS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES

- Frein N° 1 : un manque de preuves scientifiques relatives au fonctionnement des procédés

Si les performances annoncées par les acteurs sont prometteuses, les explications concernant les fondements scientifiques des procédés de désulfatation sont peu nombreuses⁵⁴, en général confidentielles, et ne concernent souvent qu'un seul acteur du secteur ; elles ne peuvent donc pas, à ce stade, contribuer à crédibiliser les procédés dans leur ensemble. En particulier, le phénomène de mise en résonance des cristaux de sulfate de plomb n'est pas expliqué et les réactions chimiques qui se déroulent avec les additifs ne sont pas communiquées.

→ **Levier d'action** : Des **études techniques ou de R&D** doivent être menées afin d'expliquer le fonctionnement des procédés et d'évaluer leur efficacité. Ces études devraient être réalisées pour tous les procédés et prendre en compte les différents types de batteries qui existent sur le marché (en termes d'applications et de technologies).

Cette validation technique constitue une première étape indispensable afin d'apporter une meilleure reconnaissance du secteur de la désulfatation.

- Frein N° 2 : un manque de données pour évaluer le gisement potentiel de la filière de désulfatation

La sulfatation est le seul phénomène de dégradation réversible des batteries au plomb. Pourtant, il n'existe actuellement aucune donnée de gisement validée scientifiquement ou a minima par les acteurs du secteur permettant d'évaluer les quantités de batteries en fin d'usage affectées par la sulfatation et qui pourraient potentiellement être désulfatées chaque année en France. Il n'est ainsi pas possible de déterminer à ce jour dans quelle mesure la désulfatation peut constituer une solution pour réduire le nombre de batteries arrivant en fin d'usage chaque année en France. Ces données seraient particulièrement intéressantes dans l'optique d'une organisation de la profession, et/ou dans l'objectif d'obtenir le soutien de la filière par les pouvoirs publics.

→ **Levier d'action** : Des **études techniques de type caractérisation et analyse de marché** pourraient être réalisées afin de déterminer les quantités de batteries pouvant potentiellement faire l'objet d'une désulfatation ainsi que le marché potentiel des batteries d'occasion.

⁵⁴ Les deux principales sources publiques répertoriées ici étant les suivantes : S. Minami, A new intense pulse-charging method for the prolongation of life in lead-acid batteries (2004), et H. Ikeda, Nobel high-current pulse charging method for prolongation of lead-acid batteries (2005).

- Frein N° 3 : un manque de données pour permettre l'évaluation de l'intérêt environnemental des procédés de désulfatation

La désulfatation présente bien un potentiel de réduction des impacts environnementaux en prolongeant la durée d'usage des batteries. Il n'existe cependant aucune étude précise à ce jour sur les impacts et les bénéfices environnementaux des procédés existants de désulfatation des batteries.

→ **Levier d'action** : Une **évaluation environnementale de type Analyse du Cycle de Vie (ACV)** pourrait être réalisée, afin d'évaluer les impacts et les bénéfices environnementaux liés à la désulfatation. Cette approche permettrait de confirmer ou d'infirmer le potentiel de réduction des impacts environnementaux de la désulfatation. Une étude de ce type demanderait la collaboration des différents acteurs du secteur afin d'obtenir des données fiables et permettant une bonne analyse.

Il faut cependant noter que la hiérarchie des modes de traitement donne de fait à ce jour la priorité à la désulfatation (après la réduction à la source et sous réserve que celle-ci soit efficace et intégrée dans la filière) devant le recyclage dans la mesure où cette opération peut être considérée comme de la préparation à la réutilisation.

- Frein N° 4 : un manque de données homogènes pour connaître le secteur de la désulfatation

Les informations quantitatives concernant le secteur (gisement traité, taux de succès, flux entrants, flux sortants, etc.) ne sont pas toujours disponibles auprès des acteurs. Lorsqu'elles existent, ces informations sont difficilement comparables, car la méthode de compilation des données ainsi que les unités utilisées diffèrent d'un acteur à l'autre.

Comme pour le frein N° 2, ces données seraient particulièrement intéressantes dans l'optique d'une organisation de la profession, et/ou dans l'objectif d'obtenir le soutien de la filière par les pouvoirs publics. Dans cette optique, les données collectées pourraient par exemple quantifier les difficultés d'accès au gisement que rencontrent les professionnels de la désulfatation.

→ **Levier d'action** : Des **enquêtes** régulières pourraient être réalisées afin d'effectuer un suivi du secteur de la désulfatation et de collecter des données quantitatives fiables. Les données collectées périodiquement pourraient concerner les quantités de batteries reçues, les quantités désulfatées, les quantités non désulfatées, la destination des batteries non désulfatées, les sources d'approvisionnement en batteries, les types de batteries, etc.

Ces enquêtes permettraient d'homogénéiser les méthodes de calcul et les unités utilisées dans le secteur et d'établir un panorama précis du marché de la désulfatation.

A ce jour, les professionnels de la désulfatation n'ont néanmoins aucune obligation de répondre à ce type d'enquête, et les données risquent donc de manquer de représentativité en cas de faible taux de retour. Dans l'hypothèse de la mise en œuvre d'un tel suivi de la filière par les pouvoirs publics par exemple, il apparaît donc indispensable de trouver un moyen de solliciter efficacement les acteurs du secteur.

VI.2. FREIN REGLEMENTAIRE

- Frein N° 5 : une activité pouvant relever du traitement de déchets

L'analyse réglementaire présentée dans la partie V présente les rubriques de la législation ICPE pouvant concerner l'activité de désulfatation en fonction de la nature de l'activité exercée par les acteurs. En particulier, lorsque les prestations de désulfatation de batteries en fin d'usage portent sur le traitement de déchets de batteries (batteries dont le détenteur se défait), ces prestations sont soumises à autorisation dans le cadre des dispositions prévues par la rubrique 2790 de la législation des installations classées de traitement de déchet.

A ce jour on peut observer qu'aucun des acteurs de la désulfatation n'est enregistré en tant qu'ICPE au titre de la rubrique 2790 relative à l'activité de traitement de déchets dangereux. Ce constat peut s'expliquer par plusieurs facteurs :

- d'une part, une évolution récente de la réglementation dans le cadre de la transposition de la directive cadre déchet ;
- d'autre part, une perception historique de leur activité par les professionnels de la désulfatation en tant que prestation de service de maintenance d'équipement.
- Enfin, l'activité de désulfatation de batteries pour remise sur le marché constitue à ce jour une partie généralement très minoritaire de l'activité exercée par les professionnels dont les prestations sont principalement axées vers la maintenance de parcs de batteries – essentiellement industrielles – des professionnels.

➔ **Levier d'action** : Dans ce contexte, la mise en conformité des professionnels de la désulfatation concernés par la réglementation ICPE constitue une étape indispensable afin de permettre au secteur de s'insérer dans la filière nationale de traitement des piles et accumulateurs, et de bénéficier d'une reconnaissance de leur activité de maintenance, et le cas échéant, d'un accès au gisement de batteries pouvant être désulfatées lorsque les établissements sont conformes à la réglementation ICPE.

Il faut noter que les acteurs existants de la désulfatation sont à ce jour pour la majorité de très petites structures pouvant nécessiter un accompagnement dans ce changement.

VI.3. FREIN ORGANISATIONNEL

- Frein N° 6 : un manque d'intégration du secteur de la désulfatation à la filière nationale des piles et accumulateurs

La majorité des batteries usagées sont actuellement prises en charge par la filière de collecte des batteries au plomb. Elles sont ensuite directement acheminées en centre de traitement. Cette filière est très efficace en France grâce à la valeur marchande du plomb et la présence de nombreux opérateurs de traitement sur le territoire⁵⁵. D'un point de vue organisationnel, il n'existe pour l'instant que très peu de liens entre les collecteurs et les professionnels de la désulfatation du fait que ceux-ci ne sont pas soumis à la réglementation ICPE. D'un point de vue technique, les batteries étant destinées à être recyclées peuvent parfois être partiellement endommagées (enveloppe extérieures, bornes, par exemple). Si ce dommage est généralement sans conséquence lorsque la batterie est destinée à être recyclée, ces dégradations peuvent cependant réduire l'intérêt d'une opération de désulfatation et de préparation à la réutilisation de la batterie. Ainsi, dans une optique de préparation à la réutilisation, il est donc probable que des précautions supplémentaires dans le cadre du stockage et du transport soient nécessaires pour éviter d'endommager les batteries potentiellement aptes à être désulfatées et donc réutilisées.

➔ **Levier d'action** : Le **développement de partenariats** entre fabricants, collecteurs, recycleurs et acteurs de la désulfatation pourrait être encouragé, notamment en instaurant des **objectifs de réutilisation** (comme cela est déjà le cas au sein de la filière DEEE) et de réemploi dans la filière. Un véritable dialogue entre tous les acteurs de la filière permettrait de positionner la désulfatation en amont et en complément du recyclage. Certains circuits et modes de collecte des batteries pourraient également être revus. Les fabricants de batteries, quant à eux, pourraient intégrer l'aspect désulfatation en amont de leurs processus de fabrication afin de faciliter les opérations de désulfatation ou encore intégrer les actions de maintenance visant à désulfater les batteries dans les garanties afin d'inciter les utilisateurs à envisager la désulfatation de leurs batteries avant que celles-ci ne soient jetées. Cette intégration globale de la filière incluant la désulfatation permettrait d'optimiser la fin d'usage des batteries, et d'assurer une meilleure performance environnementale au secteur dans son ensemble.

⁵⁵ ADEME (2010), Rapport annuel Piles et Accumulateurs – données 2009.

VI.4. SYNTHÈSE

La figure ci-dessous présente la synthèse des différents freins et leviers d'actions identifiés. Le frein réglementaire que peut présenter à ce jour l'obligation réglementaire applicable aux installations de traitement des déchets n'est pas présenté dans ce tableau. Il relève de la responsabilité des établissements concernés de se conformer aux prescriptions réglementaires applicables dans le cadre de la mise en place et du développement de leurs activités.

<p>Prouver les fondements et l'efficacité technique des procédés de désulfatation</p>	<p>Mener des études complémentaires sur les aspects techniques</p>
<p>Prouver la pertinence environnementale de la désulfatation</p>	<p>Mener une évaluation environnementale de type ACV</p>
<p>Mieux connaître le marché actuel, son potentiel et disposer d'outils de suivi</p>	<p>Mener des études complémentaires sur le gisement et des enquêtes régulières de suivi</p>
<p>Intégrer le secteur de la désulfatation à la filière nationale des piles et accumulateurs</p>	<p>Développer des partenariats au sein de la filière des piles et accumulateurs, notamment en instaurant des objectifs de réutilisation</p>

Figure 7 : Synthèse des pistes d'action

VII. CONCLUSION

Cette étude a permis de présenter les trois types de procédés de désulfatation identifiés sur le territoire national, et de les analyser sous un angle technique, économique, environnemental, et réglementaire.

- Les différents procédés de désulfatation (électrique, chimique, combiné) permettent de prolonger significativement la durée d'usage de tous les types d'accumulateurs au plomb, avec des taux de succès annoncés élevés, corrélés à une sélection initiale du gisement des batteries pouvant être désulfatées stricte.
- La désulfatation peut s'appliquer en tant que maintenance préventive du phénomène de sulfatation ou à titre curatif.
- La prestation de services de désulfatation est un marché en forte croissance. Toutes les entreprises présentes sur le territoire français ont été créées dans les 10 dernières années.
- D'un point de vue économique la désulfatation des accumulateurs se montre attractive pour les détenteurs de batteries. La prestation de désulfatation d'une batterie est facturée entre 30 % et 60 % du prix d'achat d'une batterie neuve.
- L'étude a permis d'identifier, en août 2011, 39 établissements en activité en France (DOM inclus) proposant de la prestation de service ou de la vente de matériel. Les acteurs étrangers identifiés utilisent les mêmes types de procédés que les procédés présents sur le territoire national.
- La plupart des acteurs sur le territoire national privilégient la désulfatation des accumulateurs industriels dont le coût d'achat neuf est plus élevé. On note cependant que des modèles économiques et des équipements très variés sont adoptés par les professionnels de la désulfatation, d'où des coûts de gestion très variables entre les acteurs.
- Sur le plan environnemental, les premières investigations, bien que partielles, semblent indiquer un potentiel intéressant de réduction des impacts environnementaux liés au cycle de vie des batteries au plomb. Néanmoins, des études complémentaires de type Analyse de Cycle de Vie (ACV) sont à mener afin de pouvoir approfondir cet aspect.
- Réglementairement, la circulaire du 24 décembre 2010 précise que les activités de désulfatation de batteries ayant acquis un statut de déchet sont soumises à la législation des installations classées du traitement de déchets. Une partie de l'activité de certains professionnels de la désulfatation est donc concernée par ces dispositions réglementaires.

Plusieurs pistes d'action ont été mises en évidence, dans la perspective du développement du secteur. En particulier, outre les aspects réglementaires, l'apport de preuves scientifiques concernant l'efficacité technique et le potentiel de réduction des impacts environnementaux de la désulfatation semblent encore nécessaires. Une meilleure connaissance du gisement potentiel de batteries à désulfater et du marché potentiel en termes de batteries de seconde main permettrait par ailleurs d'évaluer le potentiel de développement du secteur sur le territoire national.

ANNEXES

ANNEXE I : ACTEURS AYANT CONTRIBUE A L'ETUDE

STRUCTURE	PAYS	NOM DE L'INTERLOCUTEUR
ORGANISMES PUBLICS		
ADEME	France	Fabienne Benech
		Stéphane Biscaglia
		Nicolas Vallée
ADEME Guyane	France	Stéphane Catalano
ADEME Réunion	France	Roselyne Duval
Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Renouvelables	France	Marion Perrin
Commission européenne	-	Ruska Kelevska
Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement	France	Claire Frey
ACTEURS DE LA DESULFATATION		
Agence Service	France	Gilles Mounier
AreBatt	France	Franck Clemenceau
		Gérald Riotto
B&R Recovery Inc	Canada	Ron MacDonell
Batteco	France	Jérôme Joseph
Batterie Plus	France	Bertrand Coste
Battery Gurus	Slovaquie	Dušan Uhrík
Battery Plus	Belgique	Yvan Lequime
Battery Repair Express	États-Unis	Dustin Reeh
Battery Solutions International - France	France	Michael Waisblum
Battrecon	États-Unis	Bruce Zeier
BGS	France	Gérémy Boyer
BSI	États-Unis	Juan Angel Rosado
Cobatec	Suède	Lars Arenander
Duo Regen	Canada	DJ Drissi
MacBat	Suède	Daniel Palsson
MCS Energy	Thaïlande	Paweerat Kultangwattana
Pluton	France	Christian Malardeau

STRUCTURE	PAYS	NOM DE L'INTERLOCUTEUR
ACTEURS DE LA DESULFATATION		
RBC	France	Claude Meunier
Regenebatt	France	Samy Bouchadakh
Sotolab France	France	Filippo Marano
Sotolab Italia	Italie	Lucio Palmarini
Tunecharger	France	Franck Vallée
		Fabienne Vallée
Xtra Power Batteries	Canada	Frederik Gustavsson
FABRICANTS ET RECYCLEURS DE BATTERIES		
ENERSYS	France	Xavier Muneret
Epur	France	Robert Lifchitz
Eurobat	-	Erwin Marckx
Exide / Franbat	France	Marc Cousin
FEDEM (Fédération des minerais, Minéraux industriels et Métaux non ferreux)	France	Jean-François Delsol
GUY DAUPHIN ENVIRONNEMENT (GDE)	France	Alban Grosvallet
JOHNSON CONTROLS	France	Vincent Hego
METAL BLANC	France	Christophe Crespin
RECYLEX	France	Jean-François Huchard
STCM (Société de Traitement chimique des métaux)	France	Philippe Pradère
STECO	France	Gaël Hémon

ANNEXE II : FICHER DE RECENSEMENT DE SITES DE DESULFATATION EN FRANCE

NOM/RAISON SOCIALE	COORDONNEES		
	ADRESSE	VILLE	CODE POSTAL
RBC France / RBC 31	6 rue de Partanais	Saint Orens	31650
RBC 13	Chemin de Rigaud, RN 13	Salon de Provence	13 300
RBC 21	5 rue de Citeaux	Beaune	21200
RBC 25	29, bd J.F Kennedy	Besançon	25000
RBC 33	6, avenue Maurice Lévy	Merignac	33700
RBC 35	ZA des 4 chemins	Mouaze	35250
RBC 69	ZI de Montalègre	Chazelles sur Lyon	42140
RBC 44	11, rue des compagnons	St Herblain cedex	44806
RBC 62	54 bis rue Etienne Dolet	Achicourt	62 217
RBC 57	116-118 route de Thionville - Zone Tilly Hall 15	Woippy	57140
RBC 58	164 route de Nevers	Marzy	58180
RBC 67	14 rue Charles Adolphe Wurtz	Wolfisheim	67202
RBC 71	Rue du 19 Mars 1962 - ZAC des Platières	Sance	71000
RBC 71	15 rue Paul Sabatier	Crissey	71530
RBC 72	2 bis rue Albert Einstein ZAC du vivier 2	Allonnes	72700
RBC 76	10 rue Claude Chappe - BP 80097	Sotteville les Rouen Cedex	76303
RBC 94	21 rue Gabriel Peri	Valenton	94460
RBC 972	Route Jeanne d'Arc - Voie N°1 - Pays Mele	Le Lamentin	97232
RBC 974	6 rue Marchesseaux, La Mare	Sainte-Marie	97438
Batterie plus	MIN B3 - 135 Av Pierre SEMARD	Avignon	84 000
Centre Batterie Plus DOM	n.d.	n.d.	n.d.
Centre Batterie Plus DOM	n.d.	n.d.	n.d.
Agence Service	126, rue Pierre Julien - BP 27	Montélimar	26200
Agence Batterie Régénération	n.d.	Angers	49000
Accu Régénération	Quai de Boulogne Bâtiment A4	Rungis	94150
GMS	n.d.	Château-Thierry	2400
SODAP	n.d.	Savigny-le-Temple	77176
Centre Agence Service	n.d.	Lyon	69000
Agence Service Languedoc	n.d.	Béziers	34000
Agence Service 13	n.d.	Marseille	13100
Centre Agence Service	n.d.	Pointe-à-Pitre	97110
BGS	n.d.	Landivisiau	29400
Manu Service	50 rue Victor Baloche	Wissous	91320
Tunecharger SAS	2-12 chemin des femmes	Massy	91300
Regenebatt	ZI des Chanoux, 54bis rue des Frères Lumières	Neuilly sur Marne	93330
AreBatt	29 Rue des Freres Lumiere	La Chapelle-Saint-Aubin	72650
Batt Eco SARL	4 avenue des Arawaks, Chateauboeuf	Fort de France	97200
BSI France	2 avenue de l'Europe	Roncq	59223
Sotolab France	33 Rue de L'Hôpital Militaire	Lille	59000

ANNEXE III : GLOSSAIRE

- **Batterie automobile**

Les batteries automobiles sont destinées à alimenter un système de démarrage, d'éclairage ou d'allumage⁵⁶. Elles sont utilisées pour les véhicules de loisirs à deux et quatre roues, ainsi que pour des véhicules plus lourds de type camion ou tracteur. Ces batteries sont couramment appelées batteries de démarrage.

- **Batterie industrielle**

Les batteries industrielles sont conçues à des fins exclusivement industrielles ou professionnelles ou utilisées dans tous types de véhicule électrique⁵⁷.

On distingue les accumulateurs industriels **stationnaires**, utilisés dans les systèmes de secours en cas de défaillance du réseau principal (télécommunications, signalisation des chemins de fer, hôpitaux, etc.) et les installations photovoltaïques ou éoliennes, des accumulateurs **de traction**, qui sont principalement utilisés dans les équipements de types chariots élévateurs, équipements de manutention, fauteuils roulants, etc.

- **Batterie monobloc, batterie à éléments**

Tous les éléments d'une batterie monobloc sont soudés ensemble dans un seul bloc.

A contrario, les batteries à éléments sont constituées d'éléments juxtaposés en série – c'est la somme des tensions de tous les éléments qui indique la tension finale. Les éléments ont une valeur de 2 V ; la tension de la batterie est donc exprimée en multiples de 2 V.

Les batteries automobiles sont monoblocs.

Les batteries industrielles peuvent être monoblocs ou à éléments.

- **Batterie ouverte**

Les accumulateurs de type « ouvert » sont des accumulateurs scellés avec des orifices prévus pour laisser les gaz s'échapper et dans lesquels l'électrolyte est liquide. Sauf dans le cas de batteries dites « sans entretien », il convient de rajouter de l'eau au cours de la vie de l'accumulateur.

Ils sont opposés aux accumulateurs dits « à recombinaison de gaz » (en anglais VRLA pour « valve-regulated lead-acid battery »), avec un électrolyte sous forme de gel (dit gélifié) ou absorbé dans une matière fibreuse (dit absorbé) qui ne nécessite ainsi pas d'ajustement du niveau d'eau.

- **Biberonnage**⁵⁸

Par opposition à la charge de longue durée, le biberonnage consiste à administrer des charges partielles à une batterie, dès que l'opportunité se présente. Ce mode opératoire dégrade les performances de la batterie sur le long terme.

⁵⁶ Définition par le décret n°2009-1139 du 22 septembre 2009.

⁵⁷ Définition par le décret n°2009-1139 du 22 septembre 2009.

⁵⁸ Source : <http://www.citelec.org/fr/faq.php#102>.

- **Capacité**

« On entend, par capacité d'une pile ou d'un accumulateur, la charge électrique délivrée par cette pile ou cet accumulateur dans certaines conditions spécifiques. », selon le règlement européen du 29 novembre 2010 établissant des règles relatives au marquage de la capacité des piles secondaires et accumulateurs portables et des piles et accumulateurs automobiles⁵⁹.

Cette capacité C, exprimée en ampères-heures (Ah), varie suivant les conditions d'utilisation.

La capacité nominale C_N est une valeur de référence qui est, elle, fixée par le fabricant, et définie par la norme internationale CEI 60254-1 : paragraphe 5.2, « Essai de capacité ». Elle est valable à une température de 30°C de l'élément ou de la batterie, pour une durée de décharge de N h et une tension d'arrêt $U_f = 1,70$ V par élément. Le courant de décharge correspondant est

$$I_N = C_N / N$$

I en Ampères

C en Ah

N en heures⁶⁰

Ainsi, le test C5 (le plus courant) mesure la décharge pendant 5 heures, le test C1 pendant 1 heure, C3 pendant 3 heures, et C8 pendant 8 heures. Ces tests de décharge sont appliqués principalement aux batteries industrielles.

Dans ce rapport, le terme capacité constructeur désigne la capacité indiquée par le constructeur (sur l'étiquette de la batterie). La capacité réelle désigne la capacité maximale présentée par la batterie ; elle est parfois supérieure à la capacité constructeur.

- **Engagement d'une batterie**⁶¹

L'engagement d'une batterie permet d'exprimer son niveau d'utilisation. Il peut être de trois ordres :

- Engagement faible : utilisation sur un poste de travail avec décharge inférieure à 60 % C5. T °C électrolyte environ 30 °C
- Engagement normal : utilisation sur un poste de travail avec décharge jusqu'à 80 % C5. T °C électrolyte 30 °C
- Engagement intensif :
 - sur un poste de travail avec décharges de 80 % C5 et courants de décharge élevés ;
 - utilisation avec charges partielles pour augmenter la capacité d'utilisation ;
 - utilisation sur plusieurs postes avec ou sans échange de batteries ;
 - environnement à T °C élevée.

- **Impédance**

Résistance interne de la batterie. Elle est augmentée par la sulfatation, et s'oppose au passage du courant. Ceci a pour effet d'empêcher la batterie de fonctionner normalement.

⁵⁹ Source : <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:313:0003:0007:FR:PDF>.

⁶⁰ Source : http://www.evs.ee/Checkout/tabid/36/screen/freedownload/productid/153832/doclang/en/preview/1/EVS_EN_60254_1;2003_en_preview.aspx.

⁶¹ Source : www.enersys-hawker.com/pdf/hf_charger/lifeplus_powertech/lifeplus_powertech_f.pdf.

- **Procédés curatifs, préventifs, semi-curatifs**

Les procédés **curatifs** visent à redonner de la capacité ou de la durée d'usage à une batterie qui était considérée par son utilisateur comme étant **en fin d'usage**. On parlera alors de **procédé de désulfatation** dans le cas d'un procédé visant à lutter contre la sulfatation sur une batterie en fin d'usage.

Les procédés **préventifs** s'appliquent sur des batteries **neuves**, et visent à éviter ou réduire le phénomène de sulfatation qui pourrait intervenir durant la vie des batteries.

Les procédés **semi-curatifs** s'appliquent à des batteries **au cours de leur vie**, afin de réduire le phénomène de sulfatation avant qu'il ne devienne trop important.

Dans le cas de procédés intervenant sur des batteries neuves ou au cours de leur vie, on parlera de **procédés de maintenance**.

ANNEXE IV : SOURCES D'INFORMATION

IDENTIFICATION DU DOCUMENT					
TITRE	SOURCE	NATURE	AUTEUR	DATE	SITE INTERNET
Synthèse piles et accumulateurs	ADEME	synthèse filière	ADEME	données 2009	http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=74004&p1=00&p2=05&ref=17597
Accumulateurs au plomb	Techniques de l'ingénieur	article scientifique	Jacques Robert, Jean Alzieu	-	www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/energies-th4/convertisseurs-et-machines-electriques-ti301/accumulateurs-d3352/
Caractérisation de nouveaux modes de maintien en charge pour batteries stationnaires de secours	serveur thèses en ligne	Thèse	Guillaume DILLENSEGER	2004	http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/04/79/11/PDF/tel-00008901.pdf
Battery services international - regeneration	industriel	présentation commerciale	Battery Services International	-	www.batteryrejuvenation.com/principal.htm
Electromagnetic Regeneration of Lead/Acid batteries	Material Science	article scientifique	M. Wieger, G. Dombasjan, H. Hauser	-	https://iospress.metapress.com/content/duaqqw5h9ku5led9/resource-secured/?target=fulltext.pdf
Lead Accumulator Regeneration by Pulsed Currents	Material Science	article scientifique	M. Wieger, G. Dombazian, H. Kök, H. Hauser	-	www.iemw.tuwien.ac.at/publication/2001/010712.pdf
Manuel d'utilisation BRT-20	industriel	mode d'emploi	Batterie plus	-	www.batterie-plus.fr/images/pdf/Manuel%20d%27%20utilisation%20BRT20-2.pdf
Rapport Bat4life	industriel	tests pro	Bat4life	2009	www.bat4life.com/media/2009/07/rapport-bat4life-ifp-phase-1-en.pdf
Solutions BGS régénération	industriel	présentation commerciale	BGS	-	www.batteries-global-services.com/index.php?page=regeneration-chimique
Max Battery Life solutions	industriel	présentation commerciale	Max Battery Life	-	www.maxbattery.com/images/pdf/PPP_Battery%20Regeneration.ppsx
Digital Battery Regenerator	industriel	présentation commerciale	Far East Metals PTE LTD	-	www.vrsooria.com/far_east_metal/Digital_Battery_Regenerator.php#parent4-6
Beneficial action of complex organic polymer additions for the regeneration of deteriorated lead acid batteries	ITE Lett Batter New Technol Med	article scientifique	M Sugawara et al	2003	http://sciencelinks.jp/j-east/article/200322/000020032203A0660746.php
Behavior of dissolved antimony in lead acid batteries electrolyte and the new proposed treatments for battery and electrolyte regeneration and reuse	ITE Lett Batter New Technol Med	article scientifique	Y Mori et al	2003	http://sciencelinks.jp/j-east/display.php?id=000020032203A0660747

IDENTIFICATION DU DOCUMENT					
TITRE	SOURCE	NATURE	AUTEUR	DATE	SITE INTERNET
Method for implementing full cycle regeneration of waste lead acid battery	World Intellectual Property Organisation	brevet	Dongguan songshan technology group co, ltd	2009	www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?WO=2010003382
RBC	industriel	présentation commerciale	RBC	-	www.regbat.com/fr/rubrique-38-procede-ecologique.html
Power Batt and Power Batt Plus	industriel	présentation commerciale	Battery Gurus	-	www.battery-gurus.com/powerbattplus.html
Method of regenerating lead battery cells and regenerative agent for performing of this method	Patentdocs	brevet	J Mrazek / Dykema Gossett	-	www.fags.org/patents/app/20090140695
Methode and device for regenerating batteries	US Patents	brevet	B Andersson	2005-2010	http://www.freepatentsonline.com/7786734.html
Global Battery Regeneration	industriel	présentation commerciale	GBR	-	http://www.globalbatteryregeneration.com/the-company/awards.html
ResureX® Battery Additive	industriel	présentation commerciale	Duo-Regen	-	http://www.batterylifeplus.com/additive.htm
Lead acid battery rejuvenator and charger	US Patents	brevet	C.E.Gali	1990-1991	http://www.google.com/patents?hl=en&lr=&vid=USPAT5063341&id=PeAfAAAAEBAJ&oi=fnd&dq=lead+battery+rejuvenation&printsec=abstract#v=onepage&q=lead%20battery%20rejuvenation&f=false
On-board diagnostic and rejuvenation system for electric vehicles	Vehicular Technology Conference	article scientifique	C. Alaoui, Salameh Z	2003	http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1286252
Solar powered lead acid battery rejuvenator and trickle charger	US Patents	brevet	C.E.Gali	1990-1992	http://www.google.com/patents?hl=en&lr=&vid=USPAT5084664&id=1_wkAAAAEBAJ&oi=fnd&dq=lead+battery+rejuvenation&printsec=abstract#v=onepage&q=lead%20battery%20rejuvenation&f=false
Use EDTA to chemically desulfate batteries	edu hosting	tutoriel	-	-	http://eduhosting.org/classes/windgens/fixbatts.html
Battery Power	industriel	présentation commerciale	Battery Power	2002	http://www.batterypower.co.nz/technology.htm
Method and apparatus for dissolving crystals	US Patents	brevet	C.A. Van Breemen	2005	http://ip.com/patapp/US20050046383
Bat4life	industriel	présentation commerciale	Bat4life	-	http://www.bat4life.com/en/regenerate/lead-acid-batteries.html
MacBat	industriel	présentation commerciale	MacBat	-	http://www.macbat.com
Electric Fuel™ Zinc-Air Battery Regeneration Technology	industriel	présentation scientifique	J R Goldstein et al	1995	http://www.electric-fuel.com/evtech/papers/duisburg.pdf
Centre Technique de Régénération des Batteries	industriel	présentation commerciale	CTRB	2005	http://www.ctrb-batterie.com/index.php

IDENTIFICATION DU DOCUMENT					
TITRE	SOURCE	NATURE	AUTEUR	DATE	SITE INTERNET
Procédé Duo Regen	industriel	présentation commerciale	Duo Regen	1982	http://www.duoregen.com/machines.html
New Colloidal and Organic-Carbon Additives For Lead Acid Batteries	Battery Conference	article scientifique	A Kosawa et al	1998	http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=653893
Optimization studies of carbon additives to negative active material for the purpose of extending the life of VRLA batteries in high-rate partial-state-of-charge operation	Journal of Power Sources	article scientifique	D P Boden et al	2010	http://www.sciencedirect.com/
Characterisation of the effect of pulsed recharge current on lead acid batteries using radioelement detection	CEA	article scientifique	Florence Mattera et al	-	http://www.electrochem.org/dl/ma/206/pdfs/0465.pdf
ITE-GTP Activator Technology for Chinese Lead-acid Batteries	Journal of Asian Electric Vehicles	article scientifique	A Kosawa et al	2005	http://helec.elec.eng.osaka-cu.ac.jp/~aevc/747-749.pdf
ETP (EcoTechPower) Lead Acid Battery rejuvenator and stabilizer	industriel	présentation commerciale	-	-	http://www.leadacidbatteryrejuvenator.com/page/398435732
Des batteries de longue durée	Le quotidien de la Réunion	article de presse	-	2006	http://www.lequotidien.re/actualites/la-reunion/63977-saint-pierre-des-batteries-de-longue-duree.html
A new intense pulse-charging method for the prolongation of life in lead-acid batteries	Journal of Asian electric vehicles	Article scientifique	S. Minami et al	2004	http://www.jstage.jst.go.jp/article/jaev/2/1/541/pdf
Nobel high-current pulse charging method for prolongation of lead-acid batteries	Journal of Asian electric vehicles	Article scientifique	H. Ikeda et al	2005	http://www.jstage.jst.go.jp/article/jaev/3/1/681/pdf

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) est un établissement public sous la triple tutelle du ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et du ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie. Elle participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable.

Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr