

ROYAUME DE BELGIQUE

BREVET D'INVENTION



NUMERO DE PUBLICATION : 1001781A6

NUMERO DE DEPOT : 8800675

MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

Classif. Internat.: B09B

Date de délivrance : 06 Mars 1990

Le Ministre des Affaires Economiques,

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d' invention, notamment l' article 22;

Vu l' arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d' invention, notamment l' article 28;

Vu le procès verbal dressé le 14 Juin 1988 à 10h00
à l' Office de la Propriété Industrielle

ARRETE:

ARTICLE 1.- Il est délivré à : CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES -
CENTRUM VOOR RESEARCH IN DE METALLURGIE Association sans but lucratif - Vereniging
zonder winstoogmerk
rue Montoyer 47, 1040 BRUXELLES(BELGIQUE)

représenté(e)(s) par : LACASSE Lucien, CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES
A.S.B.L., Rue Ernest Solvay, 11 - 4000 LIEGE.

un brevet d' invention d' une durée de 6 ans, sous réserve du paiement des taxes
annuelles, pour : PROCEDE DE TRAITEMENT DE MATIERES CONTENANT DES METAUX LOURDS PAR
LIXIVIATION ACIDE.

INVENTEUR(S) : Josis Christian, Beauregard 20bis, 4050 Esneux(BE);Hissel Joseph, chemin
de la Bruyère 4, 4801 Stembert(BE)

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité
de l' invention, sans garantie du mérite de l' invention ou de l' exactitude de
la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeur(s).

Bruxelles, le 06 Mars 1990
PAR DELEGATION SPECIALE :

WUYTS L.
Député

Procédé de traitement de matières contenant des métaux lourds par
lixiviation acide.

La présente invention concerne le traitement de matières contenant des métaux lourds, en vue de séparer et de récupérer les métaux que ces matières contiennent et de contribuer ainsi à la protection de l'environnement industriel et à l'économie des matières premières. Elle
5 vise en particulier le traitement de résidus industriels, notamment de résidus sidérurgiques, tels que les boues et les poussières résultant du dépoussiérage du gaz des hauts fourneaux et des aciéries. Parmi les métaux lourds visés par l'invention, on peut notamment citer le zinc et le plomb.

10

La description qui va suivre portera, à titre de simple illustration, sur le traitement de résidus sidérurgiques.

On connaît déjà, par le brevet BE-A-08800144, un procédé pour le traitement de matières contenant des métaux lourds par lixiviation acide
15 au moyen d'un bain usé de décapage contenant du fer. Ce procédé comporte notamment une opération dans laquelle on assure d'une part la précipitation de ce fer sous la forme de composés insolubles et d'autre part, la mise en solution, sous la forme de composés solubles,
20 des métaux lourds et des éléments alcalins et alcalino-terreux présents dans ces matières.

Dans son principe, cette opération, qui se déroule dans un réacteur unique, est particulièrement intéressante pour le traitement de résidus sidérurgiques tels que d'une part les bains usés de décapage à l'acide et d'autre part les boues et les poussières de haut fourneau et d'aciérie. Elle permet de séparer d'une part les constituants du fer, qui peuvent alors être réintroduits dans le cycle sidérurgique, et d'autre part les constituants non ferreux qu'il est également intéressant de récupérer.

10 Poursuivant ses travaux dans le cadre de ce procédé connu, le demandeur a alors cherché à préciser les conditions opératoires optimales conduisant à une bonne séparation des constituants précités. Il est apparu à cette occasion quelques inconvénients.

15 Si l'on utilise un agent oxydant chimique faible, tel que l'air, l'air enrichi ou même l'oxygène pur, on obtient un milieu dans lequel la concentration en Fe^{+++} est faible; par conséquent, le potentiel d'oxydo-réduction du milieu est faible et son pH est relativement élevé, c'est-à-dire de l'ordre de 4. De telles conditions assurent la

20 formation d'un précipité de goethite ($Fe(OH)$) d'excellente qualité. Cette méthode entraîne cependant une diminution du pouvoir de solubilisation du zinc et du plomb, à cause d'un pH trop élevé, et elle donne lieu à une post-précipitation de plomb métallique, par suite d'un potentiel d'oxydo-réduction trop faible.

25

Si l'on utilise un agent oxydant chimique plus puissant, tel que l'hypochlorite de sodium, on provoque un relèvement de la concentration en Fe^{+++} et par conséquent une augmentation du potentiel d'oxydo-réduction de la solution et un abaissement de son pH à environ

30 1, la suppression de la post-précipitation du plomb et une amélioration du pouvoir de solubilisation du zinc et du plomb. Il en résulte cependant aussi une augmentation du coût des réactifs, notamment de l'agent oxydant, une dégradation des propriétés de précipitation du fer, qui ne précipite plus uniquement sous forme de goethite, ainsi
35 qu'une perte en fer du fait de la plus grande proportion d'ions Fe^{+++} restant en solution.

La présente invention a pour objet de proposer un procédé permettant de remédier aux divers inconvénients précités et d'assurer de ce fait une bonne séparation du fer d'une part et des métaux lourds d'autre part, tout en limitant le coût de l'opération et en rendant possible
5 la séparation individuelle des divers métaux lourds.

Conformément à la présente invention, un procédé de traitement de matières contenant des métaux lourds par lixiviation acide à l'aide d'une solution acide riche en ions Fe^{+++} et pauvre en ions Fe^{++} est
10 caractérisé par les opérations successives suivantes :

- (a) on met en présence ladite solution acide et lesdites matières contenant des métaux lourds, et on provoque d'une part l'hydrolyse et la précipitation d'au moins une partie du Fe^{+++} de ladite solution acide et d'autre part la dissolution desdits métaux
15 lourds, ce qui produit une deuxième solution;
- (b) on mesure à intervalles réguliers le pH de ladite deuxième solution et on interrompt l'addition desdites matières lorsque ledit pH est sensiblement égal à 2;
- (c) on recueille ladite deuxième solution, on règle son pH à une
20 valeur comprise entre 3 et 5 par addition d'une substance alcaline, on oxyde le Fe^{++} résiduel en Fe^{+++} au moyen d'un agent oxydant, et on provoque la précipitation sélective du fer résiduel en solution;
- (d) on sépare la phase solide résultant de ladite précipitation
25 sélective et la phase liquide contenant lesdits composants solubles;
- (e) on ajoute à ladite phase liquide, soit simultanément, soit successivement, au moins un réactif provoquant la formation et la précipitation d'un composé insoluble d'au moins un desdits métaux
30 lourds à partir dudit composé soluble correspondant présent dans ladite phase liquide;
- (f) après chaque opération de précipitation d'un composé insoluble, on sépare la phase liquide résiduelle et la phase solide contenant ledit composé insoluble.

Dans le cadre du présent procédé, l'étape (a) ci-dessus peut être mise en oeuvre au moyen de toute solution acide riche en ions Fe^{+++} . En particulier, il ne sortirait pas du cadre de l'invention que le procédé comporte une étape préliminaire consistant à soumettre à une opération d'oxydation une solution acide riche en ions Fe^{++} , afin d'oxyder ceux-ci et de produire une solution acide riche en ions Fe^{+++} .

Conformément à cette variante, il est particulièrement intéressant, dans l'optique de la récupération des résidus sidérurgiques, d'utiliser un bain usé de décapage à l'acide. Comme on le sait, ces bains sont riches en ions Fe^{++} .

Suivant l'invention, l'opération d'oxydation effectuée au cours de cette étape préliminaire peut être réalisée en introduisant dans le bain un agent oxydant approprié, soit gazeux tel que l'air ou l'oxygène pur, soit liquide tel que le peroxyde d'hydrogène, ou l'hypochlorite de sodium, soit encore solide tel que le monopersulfate de potassium. Il va de soi que les agents oxydants cités ici ne constituent que des exemples d'agents utilisables dans le cadre de l'invention. Cette oxydation peut encore être réalisée avantageusement par voie électrochimique.

Egalement suivant l'invention, on mesure le potentiel d'oxydo-réduction et le pH de la solution pendant l'opération de lixiviation (a), on compare les valeurs mesurées à des valeurs de référence prédéterminées et on règle l'addition d'ions Fe^{+++} , respectivement de matières contenant des métaux lourds, en fonction de l'écart entre les valeurs mesurées et les valeurs de référence du potentiel d'oxydo-réduction, respectivement du pH.

On sait que la teneur en ions Fe^{+++} et le potentiel d'oxydo-réduction de la solution sont liés; ce potentiel doit être suffisamment élevé pour éviter la post-précipitation du plomb; il convient cependant de ne pas le relever exagérément afin de limiter la teneur en Fe^{+++} de la

solution, fer ferrique qui serait alors perdu pour la lixiviation des métaux lourds.

Les matières contenant des métaux lourds présentent un caractère
5 alcalin et une addition incontrôlée entraînerait une augmentation excessive du pH de la solution. A cet égard, il convient que le pH de la solution reste inférieur à 2, et soit de préférence inférieur à 1, ce qui assure à la solution un excellent pouvoir de solubilisation des matières contenant des métaux lourds.

10

Selon une particularité intéressante de l'invention, on agite la solution et on la maintient à une température inférieure à 90°C au cours de l'étape de lixiviation (l'étape a).

15 Il est également avantageux de mesurer en continu le pH de ladite deuxième solution, dans l'étape (b).

Selon une variante particulière de réalisation de l'étape (d), on précipite simultanément le zinc et le plomb sous la forme
20 d'hydroxydes.

Il s'est avéré intéressant de réaliser cette précipitation sous la forme d'hydroxydes par une addition d'un hydroxyde, en particulier d'hydroxyde de calcium, à ladite phase liquide.

25

Selon une autre variante de réalisation de l'étape (d), on précipite simultanément le zinc et le plomb sous la forme de sulfures.

Dans ce cas, il s'est avéré intéressant de réaliser cette précipita-
30 tion sous forme de sulfures en introduisant un composé sulfuré dans ladite phase liquide.

A cet égard, il est avantageux d'utiliser l'acide sulfhydrique contenu dans le gaz de fours à coke, ce qui permet d'assurer une désulfuration
35 partielle de ce gaz.

Il est également possible, dans le cadre de l'étape (d) du procédé de l'invention, de précipiter individuellement et de séparer les métaux lourds à partir de leurs composés solubles contenus dans ladite phase liquide.

5

En particulier, on peut opérer la précipitation du plomb, sous forme de plomb métallique, par cémentation à l'aide d'ions Fe^{++} , ces ions Fe^{++} étant fournis par toute source appropriée et de préférence par un bain usé de décapage.

10

Après séparation de ce précipité de plomb, on obtient une nouvelle phase liquide, à laquelle on peut par exemple ajouter un hydroxyde alcalin pour provoquer la précipitation d'hydroxyde de zinc. A cet effet, le pH de la solution alcaline est de préférence compris entre 7

15 et 7,5.

D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée, donnée ci-dessous à titre d'exemple, d'une variante préférée de mise en oeuvre du procédé;

20 cette description se réfère à la figure unique annexée, qui illustre schématiquement la séquence d'opérations conformément à la variante de l'étape (d) où le plomb et le zinc sont séparés individuellement et successivement.

25 La figure illustre l'utilisation d'un bain usé provenant d'une installation A1 de décapage d'acier à l'acide chlorhydrique, pour le traitement de matières constituées par des boues et des poussières, riches en plomb et en zinc, produites dans une aciérie à l'oxygène A2 et dans un haut fourneau A3. Le bain usé de décapage est symbolisé par B1, les
30 boues et les poussières d'aciérie par B2 et celles de haut fourneau par B3.

Typiquement, un bain de décapage à l'acide chlorhydrique, rejeté à raison de 25 l/tonne d'acier laminé, contient 144 g/l soit 2,58
35 moles/l d'ions ferreux (Fe^{++}), 2 g/l soit 0,036 moles/l d'ions ferriques (Fe^{+++}) et 205 g/l soit 5,77 moles/l d'ions chlorure (Cl^-). Ces

teneurs sont données à titre purement indicatif et ne peuvent en aucun cas constituer une quelconque limitation du procédé de l'invention.

Par ailleurs, les principaux constituants des résidus sidérurgiques 5 sont le fer (30 - 60 %), le zinc (1 - 10 %), le plomb (0 - 5 %), le carbone (1 - 35 %), le calcium (1 - 5 %) et le magnésium (0 - 3 %). Les valeurs mentionnées entre parenthèses donnent, à titre purement indicatif, les teneurs pondérales couramment rencontrées pour ces constituants. Les teneurs effectives de ces constituants peuvent dès 10 lors varier assez largement selon l'origine des résidus, notamment selon qu'ils proviennent d'une aciérie à l'oxygène, d'une aciérie électrique ou d'un haut fourneau.

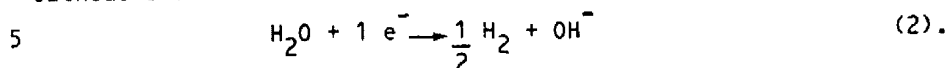
Dans la variante de mise en oeuvre qu'illustre la figure, le bain usé 15 B1 est introduit dans un premier réacteur C1 pour y subir une oxydation électrochimique des ions ferreux (Fe^{++}) en ions ferriques (Fe^{+++}). A cet effet, le réacteur C1 est divisé en un compartiment anodique 1, contenant une anode 2, et un compartiment cathodique 3, contenant une cathode 4. Le bain usé B1 est introduit dans le compartiment anodique 20 1, où les ions ferreux sont oxydés, en milieu acide, suivant la réaction :



Les deux compartiments sont séparés par une membrane 5 à perméabilité 25 sélective, qui empêche les ions fer d'aller se réduire à la cathode, mais qui laisse au contraire migrer les anions en particulier Cl^- et OH^- . La solution contenue dans le compartiment anodique s'enrichit dès lors en ions ferriques Fe^{+++} .

30 Le compartiment cathodique 3 du réacteur C1 est alimenté par une solution aqueuse de sels tels que des chlorures alcalins ou alcalino-terreux; cette solution est généralement quelconque, mais elle est de préférence constituée par la saumure obtenue après la séparation du fer et des métaux lourds, comme on le verra plus loin.

Dans ce compartiment cathodique, il se produit une réduction des molécules d'eau, avec dégagement d'hydrogène et formation d'ions OH^- , conférant à la solution cathodique un caractère alcalin. La réaction à la cathode s'écrit :



Les solutions anodique et cathodique sont fortement agitées. En particulier, l'anode 2 et/ou la cathode 4 peuvent être tournantes.

10 La solution riche en ions ferriques Fe^{+++} est transférée en 6, du compartiment anodique 1 dans un deuxième réacteur C2, où elle est mise en présence des résidus sidérurgiques B2, B3, qui ont un caractère alcalin. Le réacteur C2 est équipé d'un agitateur 7 et d'un élément chauffant 8 destinés à agiter et, le cas échéant, à chauffer le bain 15 résultant.

L'addition de la solution riche en ions Fe^{+++} , à caractère acide, est asservie à une mesure, en 9, du potentiel d'oxydo-réduction du bain, tandis que l'addition de résidus est asservie à une mesure, en 10, du 20 pH de ce bain.

Le pH est de préférence voisin de 1, de manière à assurer, dans une mesure satisfaisante, la mise en solution des résidus, notamment du plomb et du zinc, mais aussi des métaux alcalins (Na, K,...) et des 25 alcalino-terreux (Ca, Mg,...). Le potentiel d'oxydo-réduction doit être suffisamment élevé pour éviter la post-précipitation du plomb tout en restant à des niveaux permettant de limiter la fuite de fer, qui serait ainsi perdu pour la lixiviation.

30 Dans un tel milieu acide ($\text{pH} \cong 1$), le fer précipite de préférence sous la forme d'un hydrate ferrique gélatineux, colloïdal, dont il est difficile d'opérer la décantation.

La boue résultant des réactions se déroulant dans le réacteur C2 est 35 ensuite transférée en 11, dans un troisième réacteur C3, en vue d'une post-oxydation et d'une précipitation du fer sous forme d'hydroxydes

divers $\text{Fe}(\text{OH})_n$ et d'oxydes.

Pour favoriser cette oxydation et cette précipitation du fer, on opère en milieu oxydant avec un pH voisin de 4.

5

Le $\text{pH} \approx 4$ peut être obtenu par addition d'une solution alcaline quelconque; dans la variante illustrée, il est obtenu au moyen de la solution alcaline produite par la réaction (2), dans le compartiment cathodique 3 du réacteur C1. Cette addition peut être asservie à une mesure du pH, en 12.

Le milieu oxydant est obtenu par introduction d'un agent oxydant chimique, B4, tel que l'air, l'air enrichi en oxygène ou même l'oxygène pur, provenant par exemple également de l'aciérie A2. La quantité d'agent oxydant introduite peut être asservie à une mesure du potentiel d'oxydo-réduction en 13. Enfin, le bain peut également être agité, par exemple au moyen d'une hélice 14.

La solution résultant de ces réactions est transférée, par 15, dans un premier séparateur D1, où l'on procède à une séparation solide-liquide, par exemple par décantation, par filtration ou par centrifugation. On obtient ainsi une phase solide, qui contient essentiellement des hydroxydes $\text{Fe}(\text{OH})_n$ et des oxydes de fer (FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4), ainsi que d'autres substances insolubles telles que le carbone (C) et la silice (SiO_2), et une phase liquide, à caractère acide, contenant essentiellement des chlorures.

Les phases solide et liquide peuvent subir les traitements décrits dans le document BE-A-08800144 précité, en vue de leur recyclage dans des processus industriels appropriés. Il n'y a pas lieu de reproduire ici la description de ces traitements.

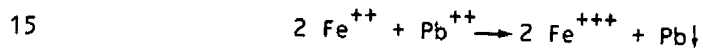
Dans la variante illustrée, la phase solide S1 obtenue dans le séparateur D1 reçoit en 16 de l'eau de lavage puis, après lavage et déshydratation en E1, cette phase solide ayant la composition rappelée qualitativement dans la figure, est dirigée vers l'agglomération de

minerais de fer G1, où elle est recyclée. Cette opération est analogue à celle du document BE-A-08800144 précité.

La fraction liquide recueillie en 17 est mélangée à la phase liquide L1 provenant du séparateur D1; cette phase liquide L1 contient essentiellement des chlorures et présente un caractère acide.

Le mélange résultant est dirigé vers un réacteur C4, équipé d'un agitateur 18, où il reçoit une addition d'une solution riche en ions ferreux Fe^{++} , provenant par exemple d'un bain usé de décapage tel que B1.

Dans ce réacteur C4 se produit une réaction de cémentation du plomb par les ions Fe^{++} , qui s'écrit :

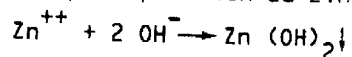


et qui provoque la précipitation du plomb sous forme métallique.

On transfère par 19 le bain dans un deuxième séparateur D2, d'où la phase solide, constituée essentiellement de plomb est, après lavage et 20 déshydratation classiques en E2, recyclée en G2 dans l'industrie des métaux non ferreux.

La fraction liquide 20 est à son tour mélangée à la phase liquide L2 et le mélange résultant est introduit dans un réacteur C5, équipé d'un 25 agitateur 21. Dans ce réacteur C5, on introduit en 22 une solution alcaline afin d'obtenir un pH de l'ordre de 7. Cette solution alcaline est quelconque, mais elle provient de préférence du compartiment cathodique du réacteur C1.

30 On provoque ainsi la précipitation du zinc par la réaction :



L'hydroxyde de zinc insoluble est ensuite séparé dans un séparateur D3 puis, après lavage et déshydratation classiques en E3, il est recyclé 35 en G3 dans l'industrie des métaux non ferreux.

La phase liquide finale, L3, mélangée à la fraction liquide provenant de E3, contient des sels peu polluants et peut, par exemple, être rejetée directement dans la mer ou dans un cours d'eau à débit élevé.

- 5 Si le rejet de cette phase liquide finale n'est possible que dans un cours d'eau à faible débit, il est recommandé, également suivant l'invention, d'inclure une étape de dessalement de cette phase liquide.

Les produits solides obtenus par cette opération de dessalement
10 peuvent notamment être utilisés comme sels de déneigement.

Le rejet final est symbolisé par le repère G4, et l'étape éventuelle de dessalement n'est pas représentée dans la figure.

- 15 Comme on l'a indiqué plus haut, la phase liquide finale L3 peut également, au moins en partie, être renvoyée dans le compartiment cathodique du premier réacteur C1, où elle constitue l'électrolyte nécessaire à la réaction d'alcalinisation.

- 20 Le procédé qui vient d'être décrit et illustré peut s'appliquer directement aux boues et aux poussières de hauts fourneaux et d'aciéries à l'oxygène. Il s'adresse cependant de préférence à des concentrats enrichis en zinc et en plomb, résultant d'opérations de traitement primaires.

25

Il permet dès lors de considérer ce type de résidus sidérurgiques d'une part comme un minerai de fer recyclable à l'agglomération et d'autre part comme une source de zinc et de plomb susceptibles d'intéresser l'industrie des métaux non ferreux.

30

Un autre intérêt majeur du procédé de l'invention est de combiner en un seul processus le traitement d'un important type de déchets sidérurgiques et la valorisation des bains usés de décapage à l'acide chlorhydrique. Il permet d'utiliser avantageusement l'acidité poten-
35 tielle et le pouvoir complexant considérables de ces bains usés et

d'éviter ainsi la régénération de ces bains usés qui, dans certains cas, peut grever le prix de l'acide chlorhydrique dans une mesure atteignant 30 %.

5 Il va de soi que l'invention n'est pas limitée à la description qui vient d'en être faite. En particulier, il ne sortirait pas du cadre de l'invention d'appliquer le procédé en utilisant des bains usés de décapage à l'acide sulfurique, moyennant l'adaptation, évidente pour un homme de métier, des réactifs utilisés dans les différentes étapes 10 du procédé.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de traitement de matières contenant des métaux lourds par lixiviation acide à l'aide d'une solution acide riche en ions Fe^{+++} , et pauvre en ions Fe^{++} , caractérisé par les opérations successives suivantes :
- 5 (a) on met en présence ladite solution acide et lesdites matières contenant des métaux lourds, et on provoque d'une part l'hydrolyse et la précipitation d'au moins une partie du Fe^{+++} de ladite solution acide et d'autre part la dissolution des métaux lourds, ce qui produit une deuxième solution;
- 10 (b) on mesure à intervalles réguliers le pH de ladite deuxième solution et on interrompt l'addition desdites matières lorsque ledit pH est sensiblement égal à 2;
- (c) on recueille ladite deuxième solution, on règle son pH à une valeur comprise entre 3 et 5 par addition d'une substance
- 15 alcaline, on oxyde le Fe^{++} résiduel en Fe^{+++} au moyen d'un agent oxydant, et on provoque la précipitation sélective du fer résiduel en solution;
- (d) on sépare la phase solide résultant de ladite précipitation sélective et la phase liquide contenant lesdits composants solubles;
- 20 (e) on ajoute à ladite phase liquide, soit simultanément, soit successivement, au moins un réactif provoquant la formation et la précipitation d'un composé insoluble d'au moins un desdits métaux lourds à partir dudit composé soluble correspondant présent dans ladite phase liquide;
- 25 (f) après chaque opération de précipitation d'un composé insoluble, on sépare la phase liquide résiduelle et la phase solide contenant ledit composé insoluble.
2. Procédé de traitement suivant la revendication 1, caractérisé en ce
- 30 que, dans une étape préliminaire, on produit ladite solution acide riche en ions Fe^{+++} par oxydation d'au moins une partie des ions Fe^{++} contenus dans une solution acide riche en ions Fe^{++} , en particulier dans un bain usé de décapage de l'acier.

3. Procédé de traitement suivant l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'on mesure le potentiel d'oxydo-réduction, respectivement le pH de la solution pendant l'opération de lixiviation (étape a), en ce que l'on compare les valeurs mesurées de ces paramètres à des valeurs de référence prédéterminées, et en ce que l'on règle l'addition d'ions Fe^{+++} , respectivement de matières contenant des métaux lourds, en fonction de l'écart entre les valeurs mesurées et les valeurs de référence du potentiel d'oxydo-réduction, respectivement du pH, de ladite solution.
- 10 4. Procédé de traitement suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'on maintient la solution à une température inférieure à 90°C au cours de l'opération de lixiviation (étape a).
- 15 5. Procédé de traitement suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que dans l'étape (e), on utilise un réactif provoquant la précipitation desdits métaux lourds sous la forme d'hydroxydes.
- 20 6. Procédé de traitement suivant la revendication 5, caractérisé en ce que ledit réactif est l'hydroxyde de calcium.
7. Procédé de traitement suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que dans l'étape (e), on utilise un réactif provoquant la précipitation desdits métaux lourds sous la forme de sulfures.
- 25 8. Procédé de traitement suivant la revendication 7, caractérisé en ce que ledit réactif est l'acide sulfhydrique.
- 30 9. Procédé de traitement suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que dans l'étape (e), on utilise un réactif contenant des ions Fe^{++} et on provoque la précipitation d'un premier

métal lourd, tel que le plomb, par cémentation à l'aide desdits ions Fe^{++} .

10. Procédé de traitement suivant la revendication 9, caractérisé en ce que l'on sépare la phase solide contenant le précipité dudit premier métal lourd, et la phase liquide contenant notamment les composés solubles des autres métaux lourds, en ce que l'on ajoute à ladite phase liquide un réactif provoquant la précipitation d'au moins un second métal lourd, tel que le zinc, sous forme d'hydroxyde, et en ce que l'on sépare la phase solide contenant ledit précipité et la phase liquide résiduelle.

