

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 80 01138**

(54)

Procédé de valorisation de l'uranium à partir d'un minerai uranifère contenant de l'arsenic.

(51)

Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). C 22 B 1/11, 3/00, 60/02.

(22)

Date de dépôt..... 15 janvier 1980.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée :

(41)

Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 29 du 17-7-1981.

(71)

Déposant : URANIUM PECHINEY UGINE KUHLMANN, résidant en France.

(72)

Invention de : Antoine Floreancig.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Michel Gaucherand, Pechiney Ugine Kuhlmann,  
28, rue de Bonnel, 69433 Lyon Cedex 03.

PROCEDE DE VALORISATION DE L'URANIUM A PARTIR D'UN MINERAI URANIFERE  
CONTENANT DE L'ARSENIC

5 L'invention concerne un procédé de valorisation de l'uranium contenu dans un minerai uranifère soumis à une attaque sulfurique, ce minerai contenant, en outre, comme impureté particulièrement gênante, de l'arsenic.

10 Depuis longtemps déjà, il est connu que, lors de l'attaque acide d'un minerai uranifère contenant de l'arsenic, au moyen d'une liqueur aqueuse d'acide sulfurique, l'arsenic est solubilisé en même temps que l'uranium et se retrouve dans la liqueur résultant de l'attaque. Dès lors, quand s'effectue la valorisation de l'uranium solubilisé, l'arsenic en solution est extrait en partie avec l'uranium fournissant ainsi un concentré uranifère relativement chargé en cette impureté.

15 C'est ainsi, par exemple, que, lors de l'extraction de l'uranium solubilisé par un solvant organique aminé, tel que la trinormaloctylamine utilisée en solution commerciale ou à l'état pur, on a pu constater que, partant qu'une solution aqueuse contenant 5 g/l d'uranium et 3 g/l d'arsenic, la proportion relative d'arsenic et d'uranium dans le solvant organique d'extraction était de 0,5 %, valeur très nettement supérieure à la valeur admise dans les concentrés uranifères commercialisés qui est de 0,05 %.

25 La littérature spécialisée (GB. 2 001 611) a proposé, dans le cas de ces minerais uranifères chargés d'arsenic, d'en effectuer l'attaque au moyen d'une solution aqueuse d'acide sulfurique en présence d'un agent oxydant, à une température comprise entre 65°C et 200°C, le milieu d'attaque étant sous pression. Dans ces conditions opératoires, l'arsenic initialement présent dans le minerai uranifère est partiellement insolubilisé sous la forme d'un arséniate de fer par réaction avec le fer se trouvant dans le minerai en tant qu'impureté et porté à son niveau de valence supérieure lors de l'attaque oxydante dudit minerai.

35 Or, même dans les conditions les plus favorables, la liqueur résultant de l'attaque acide du minerai et de la séparation des matières insolubles comprenant l'arséniate de fer précité, contient en solution non seulement l'uranium à valoriser, mais également de l'arsenic incomplètement solubilisé lors de l'attaque du minerai. Ainsi, dans le tableau n° II du GB. 2 001 611, il apparaît que l'arsenic passe en solution, à raison de

0,38 g/l en même temps que l'uranium lors de l'attaque acide du minerai.

Bien que le procédé décrit dans le brevet précité présente des avantages certains, en offrant une solution partielle permettant de diminuer la teneur en arsenic dans le concentré d'uranium, il apparaît que l'élimination de l'arsenic doit être infiniment plus complète afin d'obtenir un concentré d'uranium pratiquement exempt en cette impureté.

Consciente des graves inconvénients que provoque la présence de l'arsenic dans les concentrés uranifères, la demanderesse poursuivant ses recherches en ce domaine a trouvé et mis au point un procédé de valorisation de l'uranium solubilisé par l'attaque sulfurique de minerai uranifère contenant de l'arsenic comme impureté particulièrement gênante.

Le procédé selon l'invention, dont le but est d'éliminer l'arsenic d'une liqueur uranifère résultant de l'attaque sulfurique oxydante d'un minerai uranifère, se caractérise par le fait que l'arsenic solubilisé lors de l'attaque est insolubilisé sous la forme d'un arséniate de fer avant que soit effectuée l'extraction de l'uranium par addition d'un agent alcalin réglant le pH de la solution résultant de l'attaque à une valeur comprise entre 1,5 et 3,5 en présence d'ions ferriques de telle manière que le rapport molaire ( $\text{Fe}^{\text{III}}$ )/(As) soit supérieur à 1.

Le fer intervenant dans cette précipitation peut provenir du minerai lui-même puisqu'il est une impureté contenue dans la gangue du minerai uranifère.

Pour qu'il y ait élimination la plus complète possible de l'arsenic, de telle manière que la proportion relative d'arsenic et d'uranium dans la solution uranifère soit inférieure à la valeur de 0,05 % admise dans les concentrés uranifères commercialisés, la solution d'uranium et d'arsenic doit contenir du fer sous sa forme d'oxydation la plus élevée, c'est-à-dire se trouver sous la forme ferrique. Dès lors, le milieu oxydant pour l'attaque du minerai uranifère doit l'être également pour l'oxydation du fer ferreux en fer ferrique, par addition d'agents d'oxydation en quantité suffisante pour assurer cette transformation. Ainsi, quand l'attaque oxydante du minerai uranifère est achevée, la suspension en résultant est soumise à une séparation des phases : la phase solide comportant tous

les matériaux inattaqués dans les conditions du procédé ainsi qu'une fraction de l'arsenic inattaqué ou précipité dans le milieu d'attaque sous la forme d'arséniate de fer, et une phase liquide contenant en solution l'uranium à valoriser ainsi que de l'arsenic et du fer solubilisés, lors de l'attaque.

5

Le fer, initialement présent dans la gangue du minerai, peut l'être en quantité insuffisante pour assurer l'élimination la plus complète de l'arsenic. Dans ce cas, il est nécessaire d'introduire des quantités complémentaires de fer dans le milieu à traiter pour assurer la précipitation complète de l'arsenic sous la forme d'arséniate de fer. Le fer  
10 ajouté dans ces conditions peut être introduit sous une forme ferreuse ou ferrique avec le minerai dans le milieu d'attaque oxydante, ou bien encore peut être introduit sous la forme ferrique dans la liqueur uranifère résultant de l'attaque sulfurique du minerai.

15

Il peut être nécessaire d'introduire des agents d'oxydation complémentaire dans la liqueur uranifère résultant de l'attaque comme l'eau oxygénée, l'hypochlorite de sodium, le bioxyde de manganèse, le chlorate de sodium, de telle manière que l'arsenic soit maintenu à son niveau d'oxydation le plus élevé au moment de la formation du précipité d'arséniate  
20 de fer.

Comme cela a déjà été exprimé, le pH de la liqueur uranifère résultant de l'attaque sulfurique du minerai est réglé sur une valeur comprise entre 1,5 et 3,5 par addition d'un agent de neutralisation tel que  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgO}$ .  
25

La demanderesse a en effet constaté que, dans cette zone de pH, l'arsenic solubilisé lors de l'attaque peut précipiter pratiquement dans sa  
30 totalité sans provoquer une coprécipitation de l'uranium. Mais, dès lors que le seuil de 3,5 est dépassé, l'uranium en solution coprécipite d'une manière très importante avec l'arsenic.

Le rapport molaire  $(\text{Fe}^{\text{III}})/(\text{As})$  est également important dans le procédé  
35 objet de l'invention, car, s'il est trop faible, une coprécipitation de l'arsenic et de l'uranium se produit, la quantité d'uranium précipité étant d'autant plus forte que le pH de la liqueur uranifère est élevé.

C'est pour cette raison que la demanderesse, ayant déterminé les limites de pH les plus favorables, a pu mettre en évidence les limites préférentielles du rapport molaire ( $\text{Fe}^{\text{III}}$ )/(As) qui se situe entre 1,5 et 4 et pour lequel l'uranium reste dans sa presque totalité en solution et n'est plus entraîné par le précipité d'arséniate de fer.

La précipitation de l'arséniate de fer peut se faire à la température de la liqueur uranifère provenant de l'attaque, c'est-à-dire entre 40°C et 80°C. Mais, il ne doit pas être exclu que cette précipitation soit effectuée à des températures autres que l'intervalle précité.

D'une manière générale, l'arséniate de fer précipité dans la liqueur uranifère résultant de l'attaque du minerai, et avant que soit extrait l'uranium, est séparé de ladite liqueur, puis subit un lavage afin de récupérer la liqueur d'imprégnation contenant l'uranium avant d'être éliminé.

Mais, il peut être avantageux, dans certains cas du procédé pour lesquels s'est produit une coprécipitation de l'arsenic et de l'uranium, de recycler, à l'attaque du minerai uranifère l'arséniate précipité, afin de solubiliser à nouveau l'uranium coprécipité. Dès lors, l'arséniate de fer est éliminé avec les matériaux inattaqués quand est réalisée la séparation de la phase solide rejetée et de la phase liquide constituée par la liqueur uranifère.

Le procédé selon l'invention d'élimination de l'arsenic, s'applique à tous les procédés d'attaque sulfurique de minerais uranifères, qu'ils soient réalisés par empâtage ou en milieu dilué par une solution sulfurique en présence d'un oxydant suffisamment énergique pour provoquer l'oxydation de l'uranium, du fer et de l'arsenic, afin de les amener aux niveaux d'oxydation favorables, tels que  $\text{U}^{\text{VI}}$ ,  $\text{Fe}^{\text{III}}$  et  $\text{As}^{\text{V}}$ .

L'invention sera mieux comprise grâce à la description du schéma annexé à la présente invention.

Selon la figure, le minerai uranifère broyé à une dimension appropriée est introduit dans le réacteur d'attaque (A) avec la liqueur d'attaque sulfurique, en présence d'un agent d'oxydation. La bouillie obtenue après attaque est conduite en (B) où s'effectue la séparation d'un résidu d'attaque

$S_1$  constitué par le mélange des matériaux inattaqués et d'arséniate de fer pouvant provenir, au titre d'un recyclage, de la zone de lavage (G), et d'une liqueur sulfurique  $L_1$  résultant de l'attaque, contenant en solution l'uranium, ainsi que la fraction d'arsenic et de fer solubilisés lors de l'attaque.

Les eaux-mères d'imprégnation du gâteau  $S_1$  sont alors extraites en (C) au moyen d'une quantité adéquate d'eau, et la liqueur en résultant  $L_1$  est mélangée à la liqueur  $L_2$  pour former la liqueur  $L_3$ .

10

Le gâteau  $S_2$ , contenant les matériaux inattaqués et l'arséniate de fer, est alors isolé et rejeté.

La liqueur  $L_3$  obtenue après attaque du minerai et constituée par le mélange des liqueurs  $L_1$  et  $L_2$ , est alors introduite en (D) où s'effectue l'introduction d'un agent de neutralisation tel que du carbonate de calcium pour régler le pH à la valeur souhaitée et du  $Fe^{III}$  de telle manière que le rapport molaire  $(Fe^{III})/(As)$  soit supérieur à 1.

20 A la sortie de (D), on recueille une suspension constituée par une phase solide contenant de l'arséniate de fer et une phase liquide contenant l'uranium en solution, dont on réalise la séparation en (E) en une fraction solide  $S_4$  riche en arsenic et une liqueur  $L_4$ .

25 Le précipité  $S_4$  est ensuite introduit en (G) où s'effectue un lavage par une quantité adéquate d'eau. On obtient ainsi un précipité  $S_5$  riche en arsenic débarrassé de la liqueur d'imprégnation et une fraction liquide  $L_5$  qui est jointe à  $L_4$ .

30 Les liqueurs  $L_4$  et  $L_5$  sont réunies en formant la liqueur  $L_6$  qui est alors introduite en (F) où se réalise la valorisation de l'uranium par un traitement connu.

Le résidu  $S_5$  riche en arsenic peut être éliminé à la sortie de (G). Mais, dans le cas où s'est réalisée une coprécipitation en (D) de l'arsenic et de l'uranium, il est possible de recycler le précipité  $S_5$  dans le réacteur d'attaque (A), où l'uranium coprécipité se redissout et où l'arséniate de fer est éliminé du cycle en même temps que les matériaux inattaqués.

Ainsi, selon le procédé de l'invention, la quasi totalité de l'arsenic initialement présent dans le minerai uranifère est éliminée de la liqueur uranifère destinée à être valorisée.

#### 5 EXEMPLE 1

Dans cet exemple, la demanderesse a voulu montrer par une série d'essais, effectués en laboratoire, l'influence déterminante des deux paramètres qui sont le pH de la liqueur uranifère résultant de l'attaque acide du minerai et le rapport molaire  $(\text{Fe}^{\text{III}})/(\text{As})$  sur la précipitation de l'arséniate de fer et les risques de coprécipitation de l'uranium.

Pour cela, on a traité dans le cadre de chaque essai un litre d'une liqueur uranifère ayant la composition suivante :

|    |                               |        |
|----|-------------------------------|--------|
|    | Uranium                       | 5 g/l  |
| 15 | $\text{H}_2\text{SO}_4$ libre | 8 g/l  |
|    | $\text{H}_2\text{SO}_4$ total | 21 g/l |
|    | Arsenic                       | 3 g/l  |

Le traitement comportait l'introduction de  $\text{CaCO}_3$  pour régler le pH de la liqueur uranifère à des valeurs croissantes, et l'introduction d'ions  $\text{Fe}^{\text{III}}$  pour obtenir un rapport molaire  $(\text{Fe}^{\text{III}})/(\text{As})$  allant de 1 jusqu'à 4.

Les résultats d'expérimentation ont été consignés dans les tableaux I à VI suivants, montrant pour un pH donné et un rapport molaire  $(\text{Fe}^{\text{III}})/(\text{As})$  les pourcentages d'arsenic précipité et d'uranium coprécipité.

TABLEAU I

| N° d'essai | pH   | (Fe <sup>III</sup> )/(As) | % As précipité | % uranium co-précipité |
|------------|------|---------------------------|----------------|------------------------|
| 1          | 1,87 | 1                         | 93,6           | 9,1                    |
| 2          | 2,10 | 1                         | 96,2           | 13,2                   |
| 3          | 2,06 | 1                         | 96,9           | 12,7                   |
| 4          | 2,54 | 1                         | 99,3           | 18,1                   |

Ainsi, l'augmentation du pH, pour un rapport molaire  $(\text{Fe}^{\text{III}})/(\text{As})$  de 1 assure la précipitation de la totalité de l'arsenic présent, mais provoque une augmentation importante de la coprécipitation de l'uranium.

TABLEAU II

|   | N° d'essai | pH   | (Fe <sup>III</sup> )/(As) | % As précipité | % uranium co-précipité |
|---|------------|------|---------------------------|----------------|------------------------|
| 5 | 5          | 1,4  | 1,5                       | 78,9           | 2                      |
|   | 6          | 1,8  | 1,5                       | 95,2           | 2,8                    |
|   | 7          | 2,1  | 1,5                       | 99,1           | 3,5                    |
|   | 8          | 2,06 | 1,5                       | 99,0           | 3,4                    |
|   | 9          | 2,54 | 1,5                       | 99,7           | 9,5                    |

Le tableau II montre, par rapport au tableau I, que l'augmentation du rapport molaire (Fe<sup>III</sup>)/(As) provoque pour un même pH une diminution très importante de la coprécipitation de l'uranium.

TABLEAU III

|    | N° d'essai | pH   | (Fe <sup>III</sup> )/(As) | % As précipité | % uranium co-précipité |
|----|------------|------|---------------------------|----------------|------------------------|
| 20 | 10         | 1,5  | 2                         | 77,7           | 1,5                    |
|    | 11         | 1,8  | 2                         | 92,1           | 1,5                    |
|    | 12         | 1,9  | 2                         | 95,2           | 1,2                    |
|    | 13         | 2,06 | 2                         | 97,8           | 1,57                   |
|    | 14         | 2,10 | 2                         | 98,4           | 1,8                    |
| 25 | 15         | 2,30 | 2                         | 99,3           | 1,95                   |
|    | 16         | 2,48 | 2                         | 99,5           | 2,44                   |

Le tableau III permet de constater, par comparaison avec les tableaux précédents, que l'augmentation du rapport molaire (Fe<sup>III</sup>)/(As) pour un même pH, permet de précipiter pratiquement la totalité de l'arsenic présent dans la solution uranifère tout en diminuant très fortement le pourcentage d'uranium coprécipité.



TABLEAU IV

| N° d'essai | pH  | (Fe <sup>III</sup> )/(As) | % As précipité | % uranium co-précipité |
|------------|-----|---------------------------|----------------|------------------------|
| 17         | 1,9 | 3                         | 88,6           | 0,93                   |
| 18         | 2,3 | 3                         | 98,9           | 0,79                   |
| 19         | 2,7 | 3                         | 99,5           | 5,1                    |
| 20         | 3,3 | 3                         | 99,9           | 19,5                   |

10

Le tableau IV montre qu'en augmentant encore le rapport molaire (Fe<sup>III</sup>)/(As), on précipite la plus grande partie de l'arsenic solubilisé tout en rendant la coprécipitation de l'uranium très faible. Mais, ce tableau révèle également que lorsque le pH devient trop élevé, la

15 coprécipitation de l'uranium est fortement augmentée.

TABLEAU V

| N° d'essai | pH  | (Fe <sup>III</sup> )/(As) | % As précipité | % uranium co-précipité |
|------------|-----|---------------------------|----------------|------------------------|
| 21         | 1,9 | 4                         | 62,1           | 0,38                   |
| 22         | 2,2 | 4                         | 76,0           | 0,28                   |
| 23         | 2,5 | 4                         | 99,9           | 2,22                   |
| 24         | 5,0 | 4                         | > 99,9         | 98,7                   |

25

Le tableau V montre, associé avec les tableaux I à IV que le pH de précipitation de l'arsenic doit se situer dans l'intervalle 1,5 à 3,5 et que le rapport molaire (Fe<sup>III</sup>)/(As) doit être toujours supérieur à

30 1 et, de préférence, être supérieur à 2.

EXEMPLE 2

On a traité un minerai uranifère ayant la composition suivante :

|           |       |
|-----------|-------|
| Uranium   | 1,9 % |
| 35 Fer    | 3,5 % |
| Nickel    | 1,6 % |
| Arsenic   | 1,1 % |
| Aluminium | 7,1 % |

|          |       |
|----------|-------|
| Calcium  | 1,6 % |
| Silicium | 27 %  |

10 kg de ce minerai ont été placés en (A) dans 10 litres d'une liqueur aqueuse sulfurique d'attaque contenant 100 g/l de réactif.

5

Le milieu d'attaque se trouvait à une température de 80°C qui a été maintenue à ce niveau pendant 6 heures.

Après une heure d'attaque, on a ajouté 60 g de chlorate de sodium.

- 10 La bouillie obtenue après attaque, qui se trouvait encore à la température de 75°C était transvasée en (B) où s'opérait la séparation des phases solide  $S_1$  et liquide  $L_1$  contenant l'uranium solubilisé.

- 15 Le gâteau  $S_1$  était ensuite lavé en (C) par 20 litres d'eau assurant l'extraction des eaux-mères d'imprégnation des inertes en donnant un résidu inerte  $S_2$  et une liqueur résiduelle  $L_2$ , qui était jointe à la liqueur  $L_1$ .

- 20 Le résidu  $S_2$  à l'état sec représentait une masse de 9,3 kg et avait la composition suivante en uranium et arsenic, exprimée en pour cent en poids :

|         |        |
|---------|--------|
| Uranium | 0,01 % |
| Arsenic | 0,3 %  |

La liqueur  $L_3$ , obtenue par le mélange des liqueurs  $L_1$  et  $L_2$  représentait un volume de 26 litres et avait la composition suivante :

|    |                 |          |
|----|-----------------|----------|
| 25 | Uranium         | 7,3 g/l  |
|    | Arsenic         | 3,1 g/l  |
|    | Fer             | 5,9 g/l  |
|    | Nickel          | 4,5 g/l  |
|    | $H_2SO_4$ libre | 10,0 g/l |

- 30 La liqueur  $L_3$  était introduite en (D) et on y ajoutait 0,048 kg de  $Fe^{III}$  sous la forme d'une solution de sulfate ferrique de façon que le rapport molaire  $(Fe^{III})/(As)$  soit de 2,5.

- 35 Puis, on introduisait 0,85 kg de  $CaCO_3$  afin d'amener le pH de ladite liqueur à une valeur de 2,4. On provoquait ainsi la précipitation de l'arséniate de fer et de sulfate de calcium dihydraté.

On obtenait alors, à la sortie de (D) une suspension d'arséniate de fer et de sulfate de calcium dihydraté dans la liqueur uranifère. Cette sus-

pension était alors introduite en (E) où s'effectuait la séparation de la liqueur uranifère  $L_4$  représentant un volume de 25,5 litres qui était conduit en (F) en vue de réaliser la valorisation de l'uranium et une masse solide  $S_4$  de 1,5 kg à l'état humide contenant la quasi totalité de l'arsenic initialement contenu dans  $L_3$  et un très faible pourcentage d'uranium.

Le précipité  $S_4$  était lavé en (G) au moyen de 2,2 litres d'eau, la liqueur  $L_5$  résultant du lavage étant alors jointe à  $L_4$  en (F).

Le solide  $S_5$  à l'état sec représentait 1,1 kg qui avait la composition suivante, exprimée en pour cent et en poids :

|         |       |
|---------|-------|
| Uranium | 0,1 % |
| Arsenic | 7,3 % |

Le solide  $S_5$  était éliminé à la sortie de (G).

Le mélange  $L_6$  constitué par les liqueurs  $L_4$  et  $L_5$  représentait un volume de 27,7 litres qui avait la composition suivante :

|         |           |
|---------|-----------|
| Uranium | 6,72 g/l  |
| Arsenic | 0,008 g/l |

L'uranium contenu dans la liqueur  $L_6$  a été extrait selon un procédé connu, au moyen d'un solvant organique contenant en mélange de la trioctylamine et de la tridécylamine en solution dans du kérosène.

Après la récupération de l'uranium, la liqueur effluente  $L_7$  était traitée par du  $\text{CaCO}_3$  avant d'en effectuer le rejet.

### EXEMPLE 3

Dans cet exemple, on a traité en continu le même minerai que dans l'exemple 2, avec la même solution sulfurique d'attaque, mais le précipité  $S_5$  était recyclé à l'attaque (A) en vue de récupérer l'uranium coprecipité et d'éliminer l'arsenic en (C) avec les matériaux inattaqués.

10 kg/h de ce minerai ont été traités en (A) dans 10 l/h d'une liqueur aqueuse sulfurique d'attaque contenant 100 g/l de réactif en présence de 1,7 kg/h du précipité humide  $S_5$ , de recyclage.

Le milieu d'attaque se trouvait à une température de 75°C, qui a été main-

La quantité de chlorate de sodium ajoutée était de 60 g/h et le temps moyen d'attaque était de 4 heures.

La bouillie obtenue après attaque, qui se trouvait encore à la température de 75°C, était transvasée en (B) où s'effectuait la séparation des phases solide  $S_1$  et liquide  $L_1$  contenant l'uranium solubilisé.

Le gâteau  $S_1$  était ensuite lavé en (C) par 21 litres d'eau à l'heure, assurant l'extraction des eaux-mères d'imprégnation des inertes en donnant un résidu inerte  $S_2$  et une liqueur résiduelle  $L_2$  qui était jointe à la liqueur  $L_1$ .

Le résidu  $S_2$  exprimé, à l'état sec, était de 10,5 kg par heure et avait la composition suivante :

|    |         |        |
|----|---------|--------|
| 15 | Uranium | 0,01 % |
|    | Arsenic | 1,05 % |

La liqueur  $L_3$ , obtenue par le mélange des liqueurs  $L_1$  et  $L_2$ , avait un débit de 26,5 l/h et avait la composition suivante :

|    |                 |          |
|----|-----------------|----------|
|    | Uranium         | 7,15 g/l |
| 20 | Arsenic         | 3,5 g/l  |
|    | Fer             | 5,5 g/l  |
|    | Nickel          | 4,4 g/l  |
|    | $H_2SO_4$ libre | 8,0 g/l  |

La liqueur  $L_3$  était introduite en (D) et on y ajoutait, par heure, 0,132 kg de  $Fe^{III}$  sous la forme d'une solution de sulfate ferrique, de façon que le rapport molaire  $(Fe^{III})/(As)$  soit de 3.

Puis, on introduisait 0,9 kg/h de  $CaCO_3$  afin d'amener le pH de ladite liqueur à une valeur de 2,5. On provoquait ainsi la précipitation de l'arséniate de fer et de sulfate de calcium dihydraté.

On obtenait, alors, à la sortie de (D) une suspension d'arséniate de fer et de sulfate de calcium dihydraté dans la liqueur uranifère. Cette suspension était alors introduite en (E) où s'effectuait la séparation de la liqueur uranifère  $L_4$  correspondant à un volume de 26 litres par heure, qui était conduite en (F) en vue de réaliser la valorisation de l'uranium et une masse solide  $S_4$  de 1,7 kg par heure à l'état humide contenant la quasi totalité de l'arsenic initialement présent dans  $L_3$  et un très faible pourcentage d'uranium.

Le précipité  $S_4$  était lavé en (G) au moyen de 1,0 l/h d'eau, la li-  
queur  $L_5$  résultant du lavage étant alors jointe à  $L_4$  en (F).

- Le solide  $S_5$ , à l'état humide, sortait de (G) avec un débit de 1,7 kg  
5 par heure et avait la composition suivante :

|         |        |
|---------|--------|
| Uranium | 0,16 % |
| Arsenic | 5,5 %  |

Le solide  $S_5$  était alors recyclé à l'attaque (A) du minerai.

- 10 La liqueur  $L_6$  avait un débit de 27 l par heure et sa composition était  
de :

|         |           |
|---------|-----------|
| Uranium | 7,0 g/l   |
| Arsenic | 0,012 g/l |

REVENDEICATIONS

- 1°/ - Procédé de valorisation de l'uranium d'un minerai uranifère contenant de l'arsenic comme impureté gênante par solubilisation de l'uranium au moyen d'une liqueur sulfurique d'attaque et selon lequel l'arsenic est éliminé sous forme d'arséniate de fer, caractérisé en ce que l'arsenic solubilisé lors de l'attaque, et se trouvant en solution dans ladite liqueur, est insolubilisé avant que soit effectuée la valorisation de l'uranium, par addition d'un agent alcalin réglant le pH de la solution résultant de l'attaque entre 1,5 et 3,5, en présence d'ions ferriques de telle manière que le rapport molaire  $(\text{Fe}^{\text{III}})/(\text{As})$  soit supérieur à 1.
- 2°/ - Procédé de valorisation selon revendication 1, caractérisé en ce que l'on augmente la teneur en  $\text{Fe}^{\text{III}}$  par ajout de quantités complémentaires d'ions Fer dans le milieu d'attaque.
- 3°/ - Procédé de valorisation selon revendication 1, caractérisé en ce que l'on augmente la teneur en  $\text{Fe}^{\text{III}}$  par ajout de quantités complémentaires d'ions Fer dans la liqueur résultant de l'attaque.
- 4°/ - Procédé de valorisation selon les revendications 1, 2 et 3, caractérisé en ce que l'on introduit un agent d'oxydation complémentaire de l'arsenic pour l'amener à l'état  $\text{As}^{\text{V}}$ .
- 5°/ - Procédé de valorisation selon revendication 4, caractérisé en ce que l'agent d'oxydation complémentaire est de l'eau oxygénée, de l'hypochlorite de sodium, du bioxyde de manganèse ou du chlorate de sodium.
- 6°/ - Procédé de valorisation selon revendication 1, caractérisé en ce que le rapport molaire  $(\text{Fe}^{\text{III}})/(\text{As})$  est compris entre 1,5 et 4.
- 7°/ - Procédé de valorisation selon revendication 1, caractérisé en ce que la précipitation de l'arséniate de fer s'effectue de préférence à la température comprise entre 40°C et 80°C.
- 8°/ - Procédé de valorisation selon revendication 1, caractérisé en ce que le précipité contenant l'arséniate de fer est séparé de la liqueur destinée à la valorisation de l'uranium et renvoyé à l'attaque du minerai.

1-1

