

PREMIER MINISTRE  
COMMISSARIAT A  
L'ÉNERGIE ATOMIQUE

# LIXIVIATION PAR CAPILLARITÉ DES MINÉRAIS D'URANIUM

par

P. MOURET et P. POTTIER

Rapport CEA n° **2105**

CENTRE D'ÉTUDES NUCLÉAIRES  
DE FONTENAY-AUX-ROSES

CEA 2105 - MOURET P., POTTIER P.

**Lixiviation par capillarité des minerais d'uranium (1962).**

**Sommaire.** — Les usines de concentration chimique utilisent toutes actuellement la lixiviation par agitation des minerais d'uranium. Il est devenu nécessaire pour diverses raisons d'étudier l'application d'un procédé plus économique, qui est celui de la lixiviation par capillarité en tas. Après un exposé des tests de laboratoire permettant de connaître l'aptitude d'un minerai à ce type de lixiviation, est donné un aperçu de deux essais semi-industriels non encore achevés à ce jour.

Les résultats sont tels, qu'ils ont permis de projeter des installations plus importantes, qui sont actuellement en construction.

---

CEA 2105 - MOURET P., POTTIER P.

**Lixiviation of uranium ores by capillarity.**

**Summary.** — All chemical concentration plants use at the moment a process of lixiviation by agitation for the treatment of uranium ores. It has become necessary for various reasons to study the application of a more economical system which is that of the lixiviation by capillarity in heaps. After presenting the laboratory tests for recognizing the aptness of an ore for this type of lixiviation, the authors give an outline of the two semi-industrial tests which are still in progress. The results are such that it has been possible to plan larger installations which are now under construction.

# Lixiviation par capillarité des minerais d'uranium <sup>(1)</sup>

par P. MOURET

Chef de Section au Commissariat à l'Energie Atomique,

et P. POTTIER

Ingénieur au Commissariat à l'Energie Atomique.

Les usines de concentration chimique utilisent toutes actuellement la lixiviation par agitation des minerais d'uranium. Il est devenu nécessaire pour diverses raisons d'étudier l'application d'un procédé plus économique, qui est celui de la lixiviation par capillarité en tas. Après un exposé des tests de laboratoire permettant de connaître l'aptitude d'un minerai à ce type de lixiviation, est donné un aperçu de deux essais semi-industriels non encore achevés à ce jour.

Les résultats sont tels qu'ils ont permis de projeter des installations plus importantes, qui sont actuellement en construction.

## INTRODUCTION

L'extraction de l'uranium de ses minerais est devenue une industrie classique. Les usines de concentration chimique utilisent toutes un procédé dont les grandes lignes sont les suivantes :

- Extraction du minerai,
- Concassage et broyage du minerai,
- Lixiviation acide ou alcaline,
- Séparation du stérile et de la solution uranifère,
- Récupération de l'uranium de cette solution uranifère à l'état de concentré aussi pur que possible.

L'étude du prix de revient de l'uranium fourni par ces usines montre qu'il existe pour chaque type de gisement une limite inférieure de teneur en uranium au-dessous de laquelle le coût du traitement devient prohibitif.

Un autre facteur important du prix de revient est la puissance du gisement et sa situation géographique.

Il est difficile de définir la teneur inférieure limite en uranium d'un minerai à traiter par les procédés conventionnels de lixiviation, mais il semble qu'une concentration limite de 700 p.p.m. soit adoptée.

Or, il existe en France des gîtes uranifères de faible importance, des stocks de pseudo-stériles, et des minerais du type schistes, présentant une incertitude technique de traitement (décantations impossibles).

Dans le but de valoriser ces minerais, nous avons entrepris l'étude de leur lixiviation avec, comme objectif, la simplification du traitement de manière à abaisser le prix de revient à la tonne de minerai traitée.

Rappelons quels sont les divers modes de lixiviation utilisés.

(1) Communication présentée au XXXII<sup>e</sup> Congrès International de Chimie Industrielle, Barcelone, 23-30 octobre 1960.

## LES DIVERS MODES DE LIXIVIATION

VAN ARSDALE [1] définit 4 modes principaux de lixiviation :

- a) La lixiviation avec agitation est de très loin la plus employée pour les minerais d'uranium. Toutes les usines françaises actuellement construites ou en projet l'utilisent. Elle nécessite un broyage poussé du minerai (grains de l'ordre de 0,1 à 0,2 mm). Le temps de lixiviation est généralement de l'ordre de 4 à 6 heures. Aucun épauement systématique du minerai ne peut être envisagé par suite du prix élevé des installations de séparation solide-liquide.
- b) La lixiviation par percolation n'a été utilisée que deux fois à notre connaissance pour les minerais d'uranium [2], [3]. Le minerai broyé à une dimension de quelques millimètres (4 à 10) est placé dans des stalles et subit un arrosage tel qu'il se trouve noyé en permanence. Le contre-courant est facile à réaliser, mais ce type de traitement n'est pas adapté aux minerais donnant de fortes proportions de fines, ou contenant des argiles. Le temps de contact est de l'ordre de quelques jours.
- c) La lixiviation « en place », c'est-à-dire dans le sol lui-même, après ébranlement des couches de minerai par des explo-

sifs pour les broyer (à moins que la roche ne soit très poreuse). Son application n'a été faite qu'une fois sur des porphyres poreux de l'Arizona contenant du cuivre [1]. Rien n'a été fait pour l'uranium dans ce domaine.

- d) La lixiviation « en tas » a elle aussi trouvé sa première application dans le traitement des minerais de cuivre.

Une installation à l'échelle du million de tonnes [1] a été réalisée aux Etats-Unis. Elle nécessite un broyage sommaire du minerai (plus grossier que pour la percolation). Le minerai, placé en tas de hauteur suffisante, est arrosé avec une liqueur convenable. Pour le cuivre, dont le minerai contient de nombreux sulfures, les eaux d'exhaure de mines sont les plus utilisées. L'élément recherché est extrait des effluents acides et ceux-ci sont recyclés. Pour l'uranium, une expérience d'abord involontaire, puis industrielle, a été faite au Portugal. On y a traité des tas de 5 à 10 000 t de minerai à faible teneur, en utilisant, comme pour le cuivre, la réaction de dégradation des pyrites (présentes dans le minerai ou ajoutées) [4].

On a constaté dans ce dernier cas des rendements de récupération ayant atteint 80 % avec des durées de lixiviation de 1 à 2 ans, mais pouvant s'élever à 4 ans.

## TESTS DE LIXIVIATION PAR CAPILLARITÉ

Après de nombreux essais nous avons choisi d'étudier la lixiviation en tas, que nous qualifions « par capillarité » parce que le cheminement des solutions ne se fait que sur les surfaces du minerai lui-même. Celui-ci est toujours humide, jamais noyé, l'avantage majeur étant, indépendamment de la diminution du volume de solution à utiliser, le non-déplacement de fines particules qui colmatent le tas. Nous obtenons des liqueurs claires, le lit de minerai jouant le rôle de filtre.

Nous avons d'abord effectué des tests à l'échelle du laboratoire, de manière à définir le comportement du minerai dans des conditions types.

Puis nous avons développé ces essais, dans certains cas, à l'échelle semi-industrielle.

Nous avons maintenant en cours de réalisation des installations beaucoup plus importantes.

## 1°) — Tests de laboratoire

## a) MÉTHODE UTILISÉE POUR LES TESTS DE LABORATOIRE :

Le lot de minerai étudié (une centaine de kilogrammes) est homogénéisé, puis échantillonné après un concassage à 6 mm.

On effectue sur l'échantillon moyen du lot les analyses suivantes avant traitement :

- Analyse granulométrique (avec détermination de l'uranium pour chaque fraction). (On constate souvent que les fines sont 3 à 4 fois plus riches que les grains) ;
- Analyse chimique de l'uranium contenu dans l'échantillon moyen ;

- Analyse des constituants minéralogiques ;
- Analyse semi-quantitative par spectrographie d'émission.

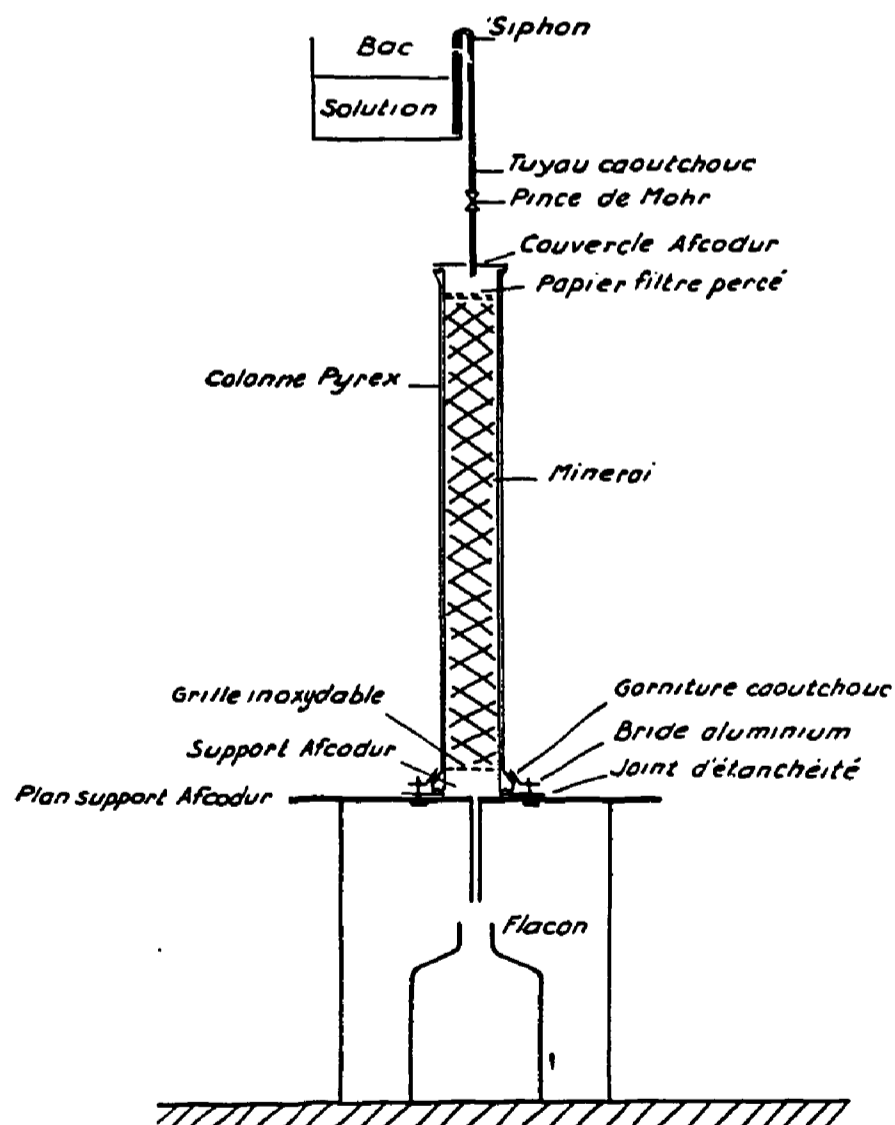


Fig. 1. — Schéma d'installation d'une colonne.

TABLEAU II  
Analyse des minerais par spectrographie d'émission

MINÉRAI N°	CONSTITUANTS ESSENTIELS	0,2 à 0,5 %	0,1 à 0,2 %	500 à 1000 p.p.m.	200 à 500 p.p.m.	100 à 200 p.p.m.	50 à 100 p.p.m.	50 p.p.m.
1	Si Al Fe Na	Mg K	Ca	Cr Ti Mn Pb Cu Zn	V Li Ni	Ba Mo		B Sn Ag
2	Si Al Fe Na	Mg K			Cu Ti Mn Pb Cr	V Li	Ba Bi	Sn B
4	Si Al Fe Na	Mg K Cu	Ca Ti Ni	Cr V	Li Pb Mo Zr	Ba Mn	Yb	Ge Sn Y B Ag Be
5	Si Al Fe	Na Mg Ti Cu	Ca Mo	K	Pb V P	Mn Co Li	Ba Cr Ag Zn Ni	B Sn Be
3	Si Al Fe Na	Mg K	Ca V Cu	Pb Ti	Li As	Mn Mo Cr Ni	Ba Bi	Ge Yb Sn B Ag
6	Si Al Fe	K	Na Mg		Ti	V Cu	Ba Ca Pb Cr Ni Zr	Mn Zn Li Co Bi Be Sn B
7	Si Al Fe	Mg Na	Ca Ni	Pb Li K	Ti V	Cr Co	Zn	Ba Mn Sn Cu Be B Ag
8	Si Al Fe	Na K	Pb Mg	Ba	As Ca Cu	V Ti Zn Cr	Mn Zr Y Li Ni	Mo Ge Yb Co Sn Ag Be B
9	Si Fe Al Na	K	Mg Ti	Pb V Zn Cu Ni	Ca	Ba Mn Mo	Li Cr	Sn Ag B Ge
10	Si Fe Al K Mg	Ca Ti	Na As	Cu Ba Pb	Li Zr	Mo Co V	Zr	Bn I Cr Ag Sn Be

*Minérai n° 4* — Uranium sous forme d'oxydes plus ou moins altérés ; l'uranium est associé à la pyrite (traces d'arsenic). Chalcopyrite rare.

*Minérai n° 5* — Minéralisation uranifère secondaire très altérée et difficilement identifiable se rapportant probablement au groupe des phosphates (autunite et phosphuranylite). Une partie non négligeable de l'uranium est fixée par adsorption sur les oxydes de fer.

*Minérai n° 6* — Quartz, feldspaths, pyrite, chalcopyrite, hématite, fluorine. Quelques enduits jaunes de produits secondaires d'uranium non identifiables.

*Minérai n° 7* — Autunite peu abondante (traces d'arsenic).

*Minérai n° 8* — Quartz, feldspaths, micas, fluorine, pyrite, chalcopyrite, blende. Pas de minéraux d'uranium exprimés.

*Minérai n° 9* — Uranocircite, légèrement calcifère avec traces d'arsenic assez abondantes.

*Minérai n° 10* — Quartz, hématite, produits asphaltiques, pyrites, sidérite plus ou moins limoniteuse. Pas de minéralisation uranifère différenciée. L'uranium est uniformément lié aux produits organiques.

### c) RÉSULTATS

1) *Influence du traitement sur différents minerais.* — On voit sur les figures 3, 4, 5, 6, les courbes montrant la variation du rendement d'extraction en fonction du temps.

Pour des minerais additionnés de pyrite (3 % en poids en général) et dont les effluents ne sont pas recyclés, on constate (fig. 3) :

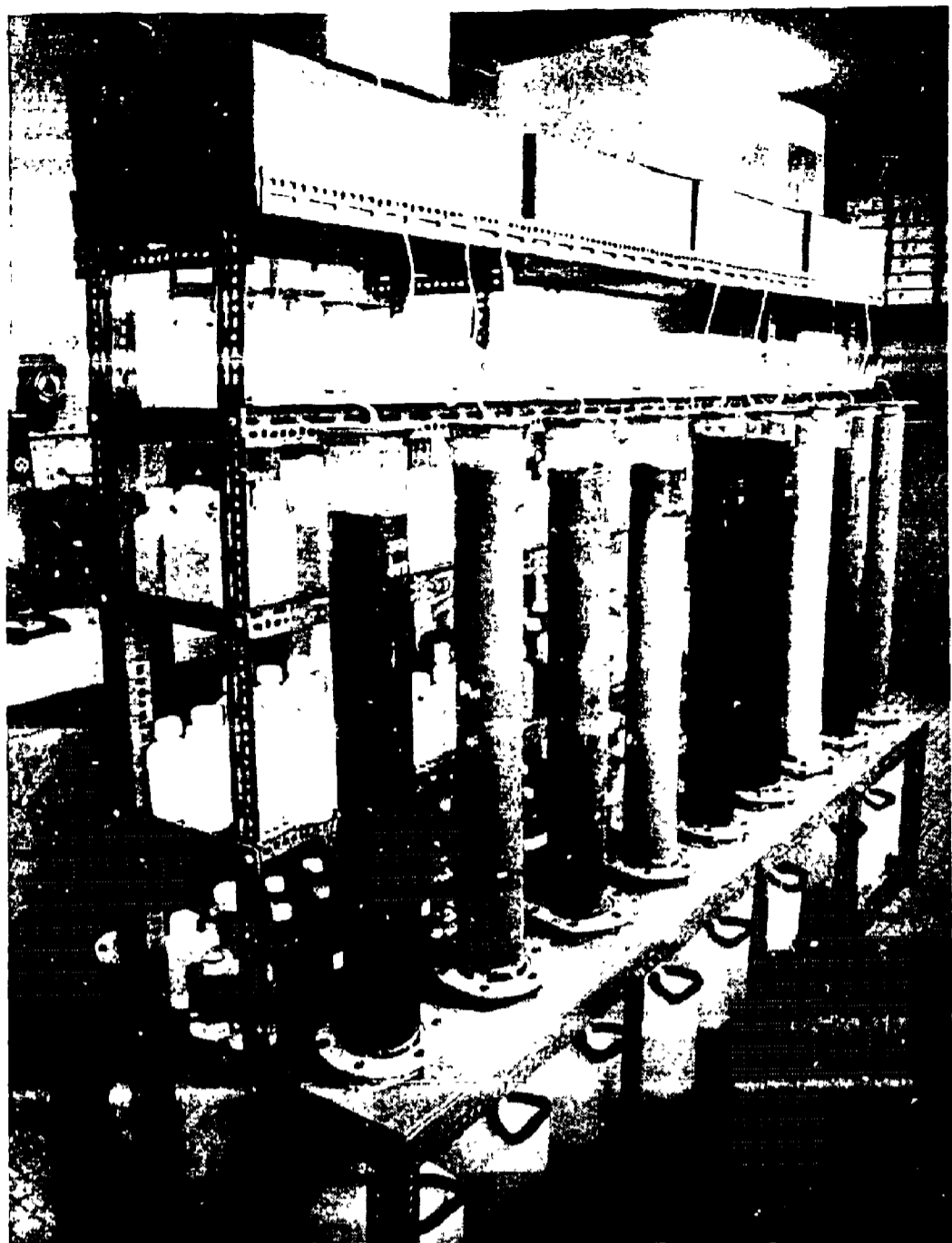


Fig. 2. — Installation de lixiviation lente. Tests de laboratoire.

On place ensuite 10 kg (pesés humides, mais on détermine l'humidité) de minerai dans une colonne en pyrex de diamètre intérieur égal à 100 mm (voir fig. 1 et 2). Au-dessus du minerai on place un disque de carton filtre assurant la bonne distribution du réactif au débit moyen de 1 l/24 h. Ce débit, très inférieur au débit d'engorgement, a été choisi pour accélérer suffisamment le processus de manière à ce que la durée totale du test ne dépasse pas un an en principe (il a été déterminé par 2 ans d'expériences préalables).

Un écart momentané de débit n'a que très peu d'incidence sur l'allure générale de la courbe  $R^t$  d'extraction =  $f$  (temps).

Les effluents sont recueillis par fractions de 5 litres. Un échantillon, dont on mesure le pH, est conservé pour l'analyse de l'uranium et de tous les autres constituants intéressants (ex. Fe, SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub>, Cu, etc.). Le potentiel d'oxydo-réduction n'est pas mesuré, car au cours des 5 jours séparant chaque collection d'effluents, l'oxydation par l'oxygène de l'air fausse toutes les mesures (d'autant plus que le pH est très souvent supérieur à 3).

Lorsque l'on suppose un essai terminé, on laisse sécher la colonne de minerai pendant 8 à 10 jours.

Puis on prélève, en démontant la colonne, des échantillons de 100 g de minerai en haut, au milieu et en bas de la colonne.

La détermination de l'uranium dans ces échantillons donnera une indication quant au comportement du minerai avec des hauteurs de tas plus importantes.

On prélève d'autre part un échantillon moyen de 200 g. On effectue sur cet échantillon toutes les analyses effectuées avant traitement. Le rendement d'extraction, pour être plus exact, est calculé de la manière suivante :

$$\text{Rendement d'extraction \%} = \frac{U \text{ extrait} \times 100}{U \text{ résiduel} + U \text{ extrait}}$$

Il ne peut donc être connu qu'à la fin de chaque essai.

Les solutions utilisées sont de 4 types :

- Solution de sulfate ferrique contenant 2 g de fer par litre, ajustée à pH 2 par addition d'acide sulfurique,
- Solution d'acide sulfurique dilué à pH 2,
- Eau déminéralisée, pour le cas où le minerai est additionné de pyrites,
- Solution de carbonate de sodium à 5 g/l.

Dans le cadre de cette étude, et avec ces quatre solutions, c'est le minerai qui joue le rôle de variable.

L'étude des variables : concentration, pH, et granulométrie, ne se fait que lorsqu'un essai est extrapolé à l'échelle semi-industrielle.

#### b) ANALYSE DES MINÉRAIS AVANT TRAITEMENT

(10 exemples pris sur environ 50 cas étudiés).

##### 1° — Analyse chimique (tableau I).

TABLEAU I

Analyse chimique des minerais avant traitement

MINÉRAI N°	TENEUR %	MINÉRAI N°	TENEUR %
1	0,16	6	0,075
2	0,13	7	0,079
3	1,56	8	0,43
4	0,63	9	0,23
5	0,095	10	0,19

##### 2° — Analyse par spectrographie d'émission (tableau II).

##### 3° — Analyse des constituants minéralogiques :

Minerai n° 1 — Uranium sous forme de pechblende plus ou moins altérée. Fluorine rare. Pyrite. Quelques zircons. Calcite peu abondante.

Minerai n° 2 — Uranium sous forme d'oxydes noirs très altérés. Un peu de calcite.

Minerai n° 3 — Uranium sous forme d'oxydes noirs associés à la pyrite. Traces d'arsenic dues à la présence d'une faible quantité de mispickel. Autunite très rare. Un peu de calcite.

— Pour le minerai n° 5, le rendement est nul, le pH restant voisin de 7, ainsi que pour le minerai n° 3. Pour le minerai n° 5, ceci peut être dû à la quantité très grande de phosphates contenus, et pour le minerai n° 3, à la présence de la calcite. Pourtant cette conclusion est mise en doute, car le minerai n° 2, contenant également beaucoup de calcite, relargue

lentement son uranium (les différences de teneur sont importantes : minerai n° 3, 1,5 % environ — n° 2, 0,13 % environ, et les effluents ont sensiblement la même teneur).

A signaler l'excellent rendement obtenu sur le minerai n° 1 (95 %) et sur le minerai n° 8.

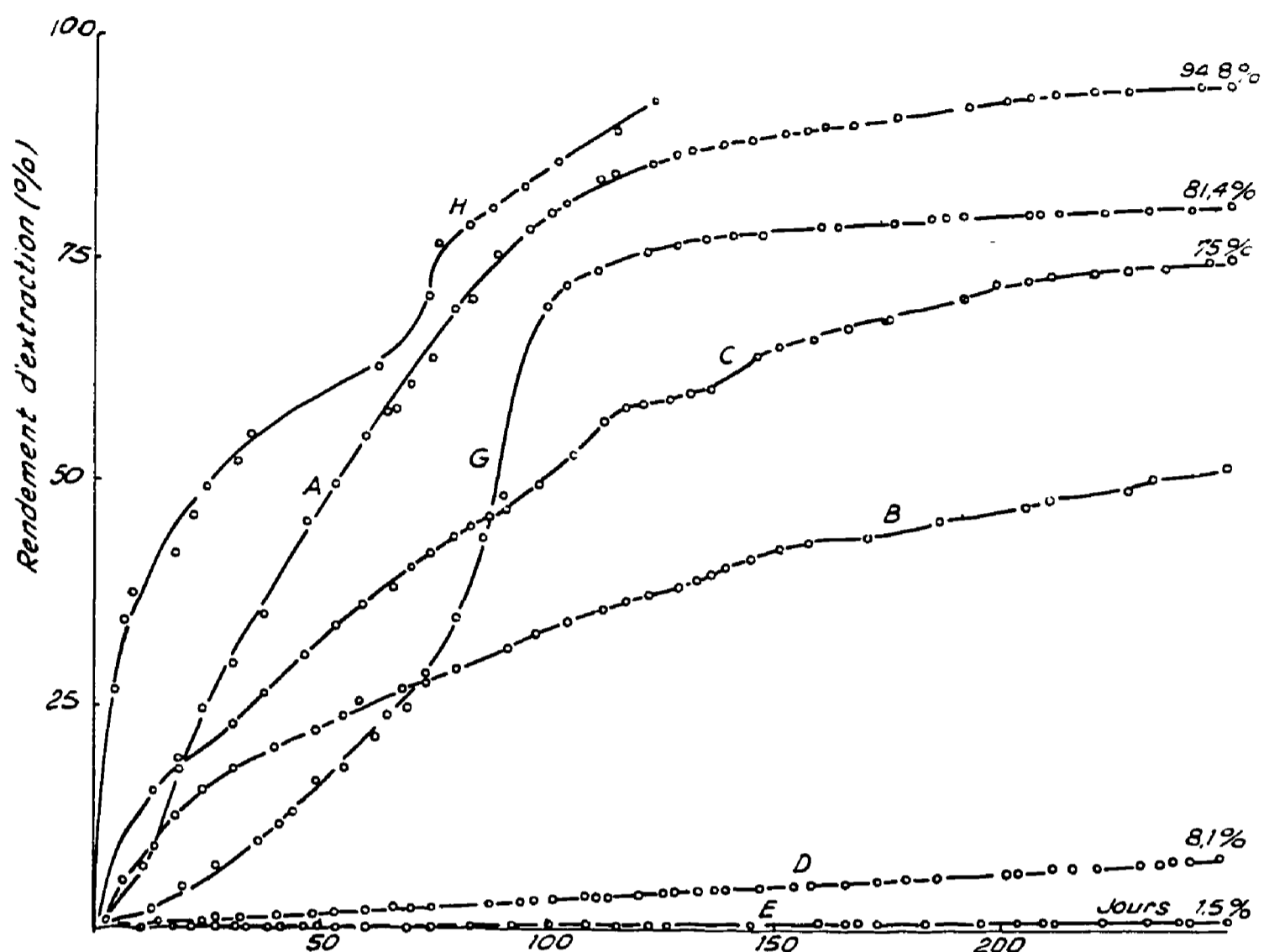


Fig. 3. — Lixiviation en présence de pyrites. Arrosage par eau pure.

- A — Minerai N° 1.
- B — » N° 2.
- C — » N° 4.
- D — » N° 3.
- E — » N° 5.
- G — » N° 7.
- H — » N° 8.

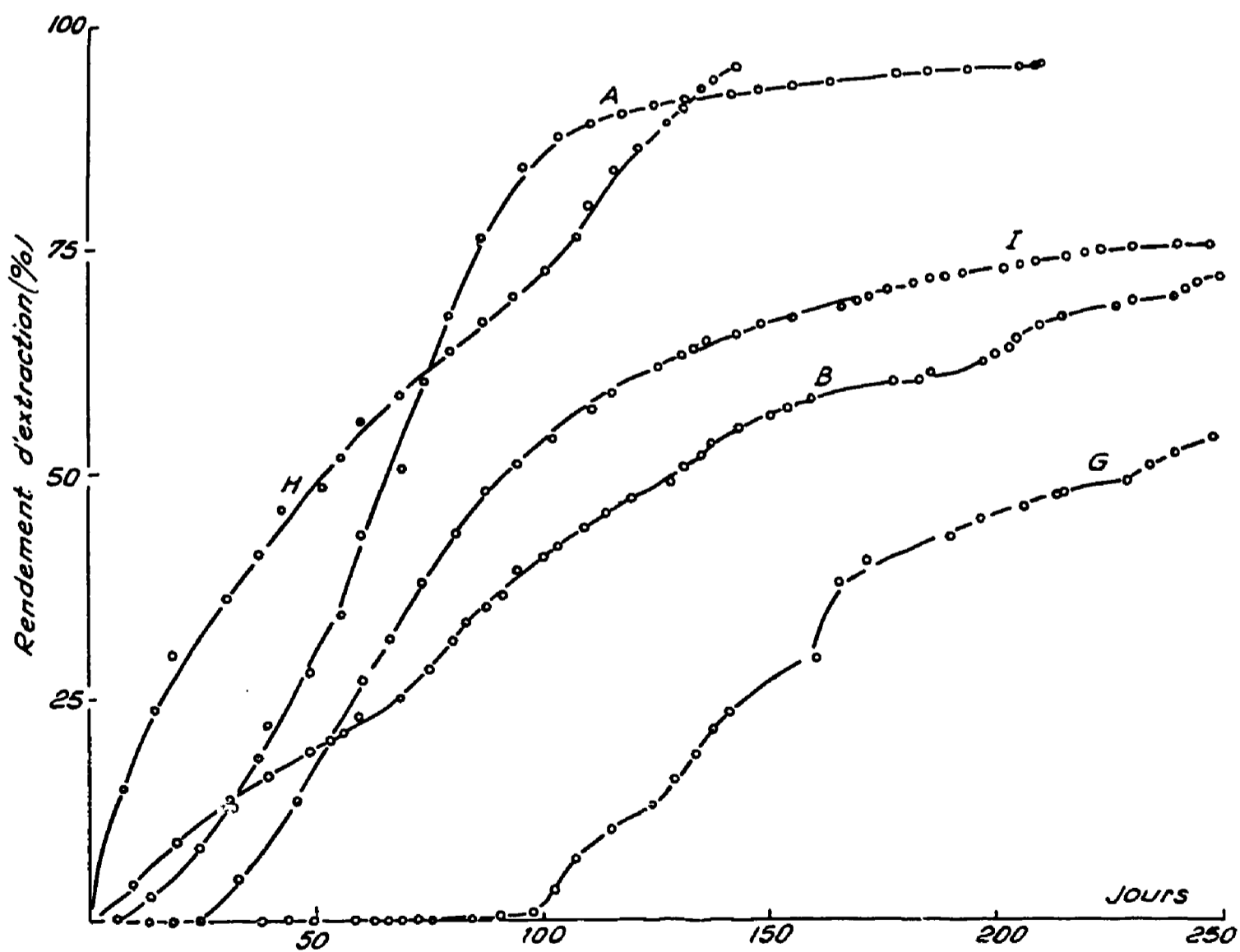


Fig. 4. — Lixiviation par l'eau acidifiée à pH = 2 par H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

- A — Minerai N° 1.
- B — » N° 2.
- G — » N° 7.
- H — » N° 8.
- I — » N° 9.

Pour le minerai n° 7, l'accélération du rendement a coïncidé avec une élévation importante de la concentration de  $Fe^{3+}$  en solution (le pH n'a varié que de 2,7 à 2,3).

— En résumé, seuls les minerais à gangue acide méritent une exploitation par cette méthode. Il est probable que le

recyclage d'effluents acides débarrassés de leur uranium (par échange d'anions par exemple) accélérerait le processus de lixiviation.

Pour le traitement par une liqueur acidifiée à pH 2 (fig. 4), on note des périodes d'attente avant production. Ceci est dû

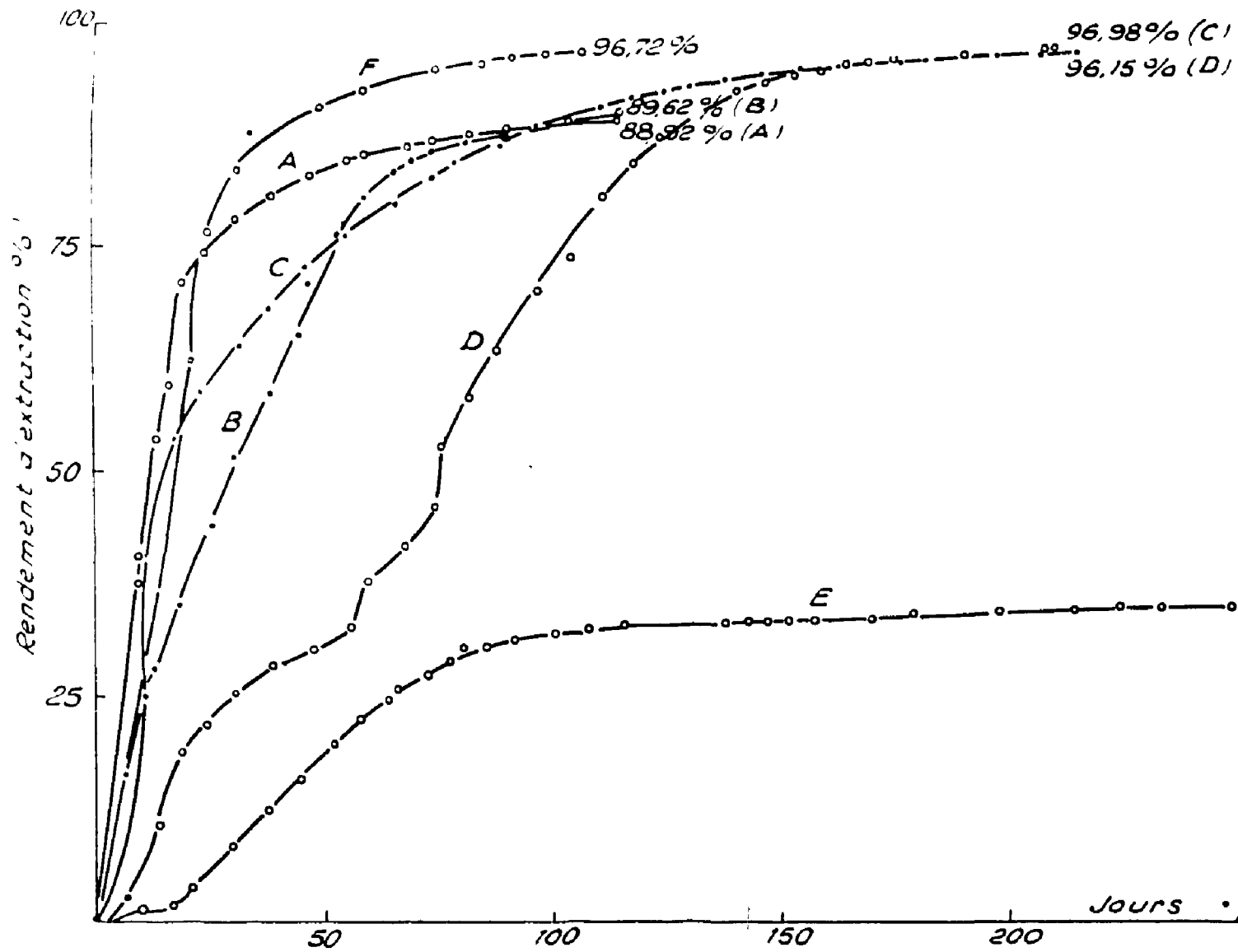
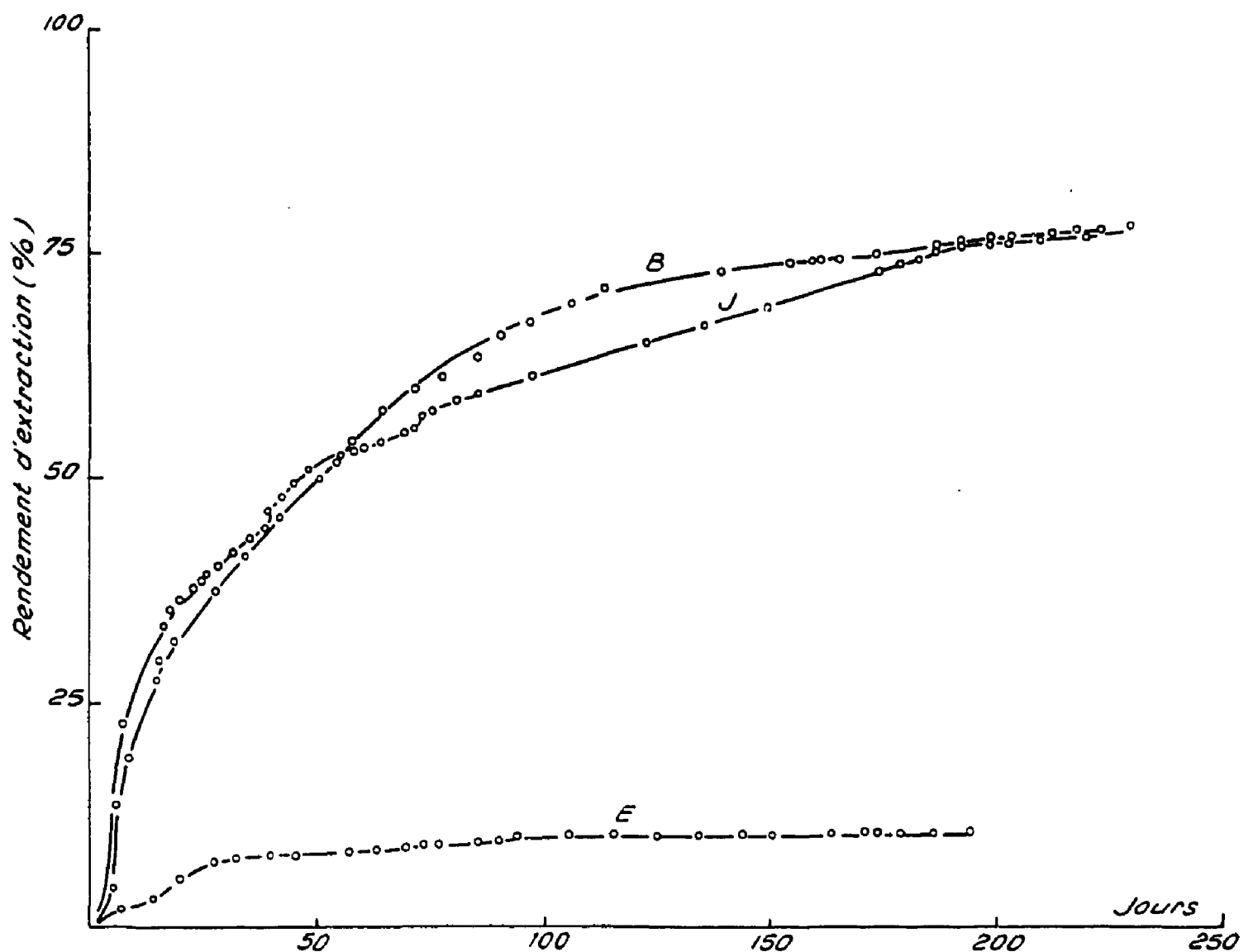


Fig. 5. — Lixiviation par une solution de  $Fe_2(SO_4)_3$  à pH = 2 ( $Fe = 2$  g/l).

- A — Minerai N° 1.
- B — » N° 2.
- C — » N° 4.
- D — » N° 3.
- E — » N° 5.
- F — » N° 6.

Fig. 6. — Lixiviation par une solution à 5 g/l de  $Na_2CO_3$ .

- B — Minerai N° 2.
- E — » N° 5.
- J — » N° 10.





à l'adsorption de  $H^+$  par le minéral (cas des argiles du minéral n° 7, tamponnant l'acidité pendant 100 jours).

L'analyse des effluents a montré que l'on lixivait le minéral par  $HCO_3^-$ .

Cependant, le minéral n° 2, contenant  $CaCO_3$ , bien qu'ayant des effluents à pH 7,5, fournit de l'uranium dès le départ.

Ce type de traitement peut être étendu à tous les minerais, étant entendu que si l'on recycle les effluents, épuisés en ura-

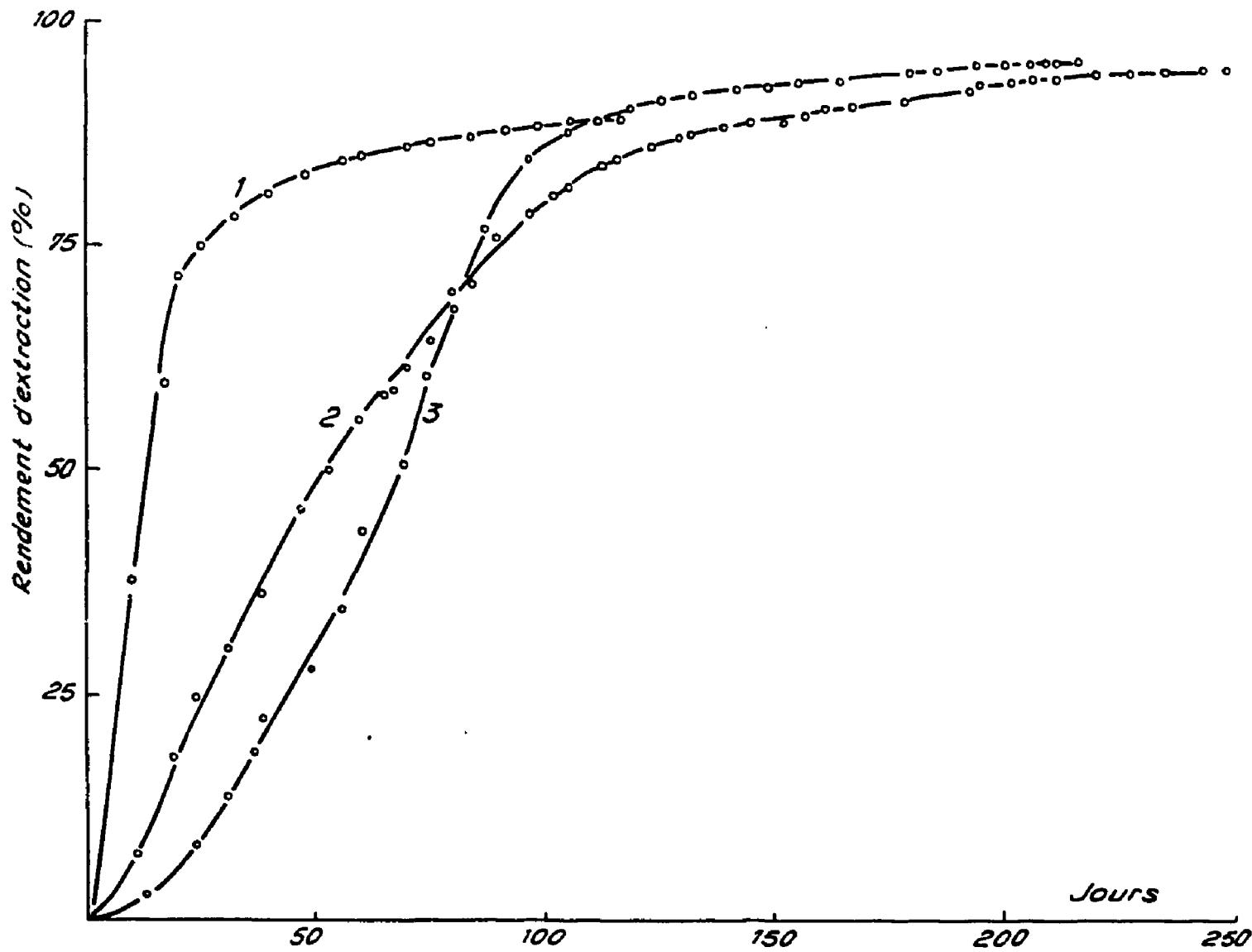


Fig. 7. — Influence du mode de traitement. Minéral N° 1.

1. Lixiviation par une solution de sulfate ferrique à pH = 2.
2. Minéral pyrites lixivié par eau pure.
3. Lixiviation par eau pure acidifiée à pH = 2.

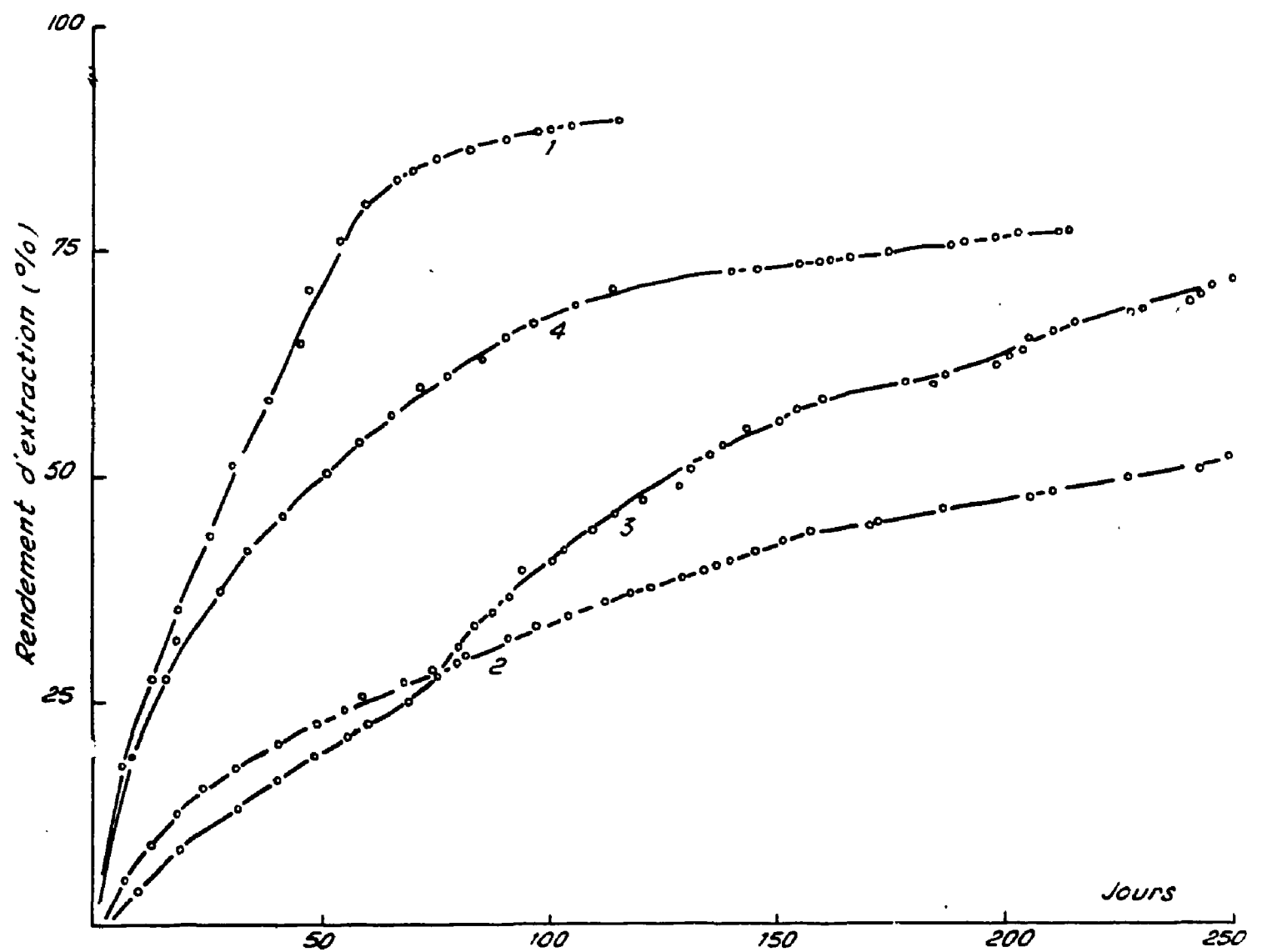


Fig. 8. — Influence du mode de traitement. Minéral N° 2.

1. Lixiviation par une solution de sulfate ferrique à pH = 2.
2. Minéral + pyrites lixivié par eau pure.
3. Lixiviation par eau pure acidifiée à pH = 2.
4. Lixiviation par une liqueur à 5 g de  $Na_2CO_3$  par litre.

niur comme précédemment, le  $Fe^{3+}$  et l'acide récupérés accélèrent également la lixiviation.

On voit sur la figure 5 que les solutions ferriques accélèrent la lixiviation. Une seule exception : le minerai n° 5. Nous n'avons pas pu éclaircir les raisons de cet échec. L'uranium doit être lié d'une manière intime aux limonites.

Pour la lixiviation alcaline on notera (fig. 6) l'excellent rendement obtenu sur les minerais n° 2 et 10. On n'obtient pratiquement pas mieux dans les lixiviations classiques à chaud, avec agitation.

2) Influence du traitement sur un même minerai.

Minerai n° 1 (fig. 7) : on note que l'essai le plus rapide est celui effectué avec la solution ferrique, mais celui effectué

3) Résultats d'analyse après traitement.

Bien entendu, les résultats montrent la disparition de l'uranium, mais aussi une diminution importante de la concentration en Ni, Cu, Zn, Ca, K, Ti, Fe, Mn.

L'analyse des constituants minéralogiques uranifères résiduels ne montre que des traces de phosphates ou d'oxydes noirs. En général cette minéralisation n'est plus décelable.

Nous devons faire une mention spéciale en ce qui concerne certains schistes uranifères. Ces minerais, dont la minéralisation uranifère n'est pas visible, ont très souvent leur uranium lié au squelette de la roche par l'intermédiaire de matières organiques. Aucun traitement acide ne leur convient par suite de leurs teneurs très élevées en carbonates de fer. La lixiviation alcaline lente a permis d'extraire l'uranium avec d'aussi bons résultats que la lixiviation classique. Il s'agit là très probablement d'un phénomène de déplacement ionique par l'intermédiaire des ions  $Na^+$ . En effet, il y a adsorption d'une part importante du sodium par le schiste. Des adsorptions de 6 à 7 kg de NaOH par tonne de minerai sont courantes.

En résumé, ces tests permettent de rechercher la meilleure solution de lixiviation lente pour les divers minerais étudiés. Il ressort que les minerais à gangue acide peuvent être traités par l'eau acidulée ou l'addition de pyrites. Les minerais à forte

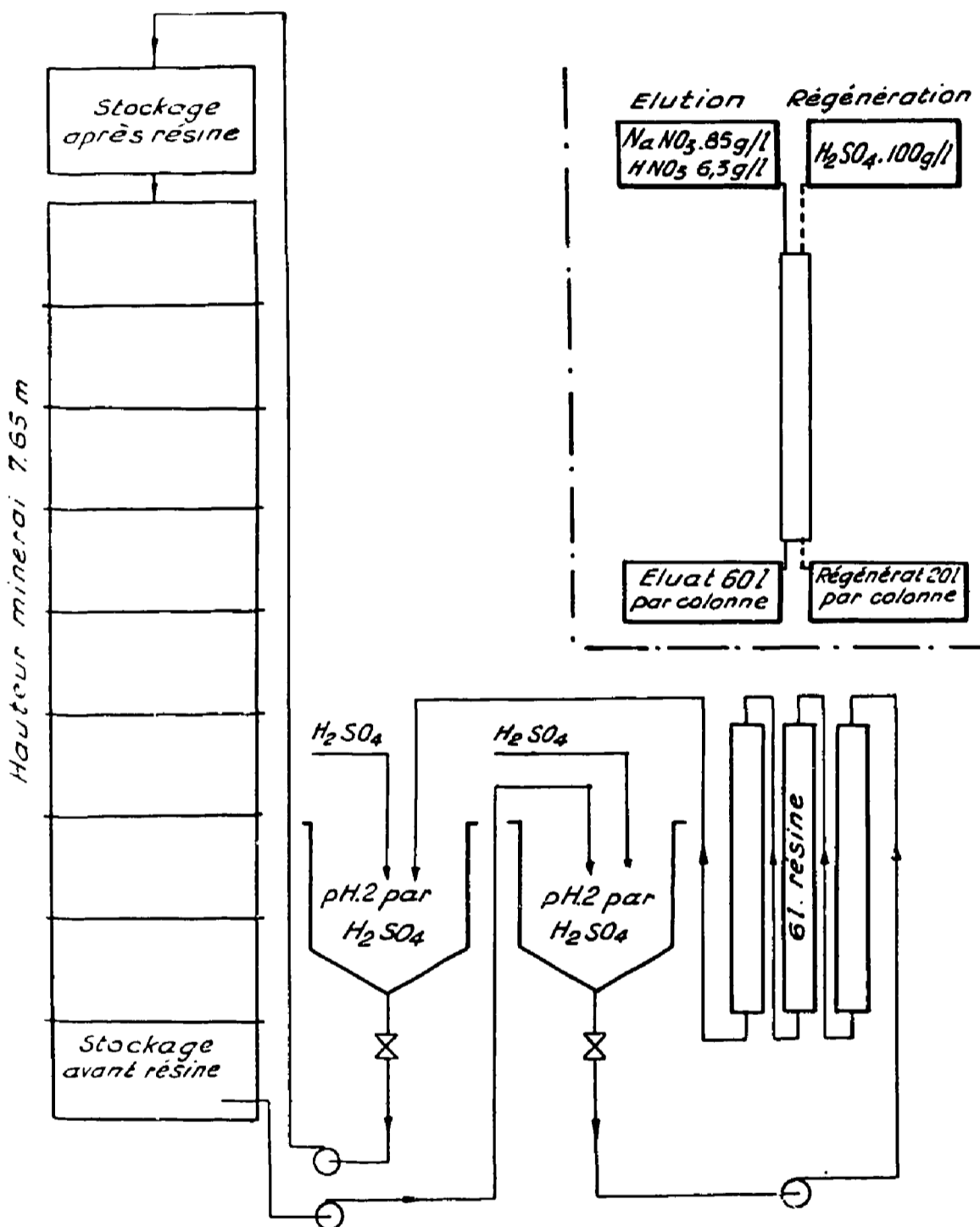
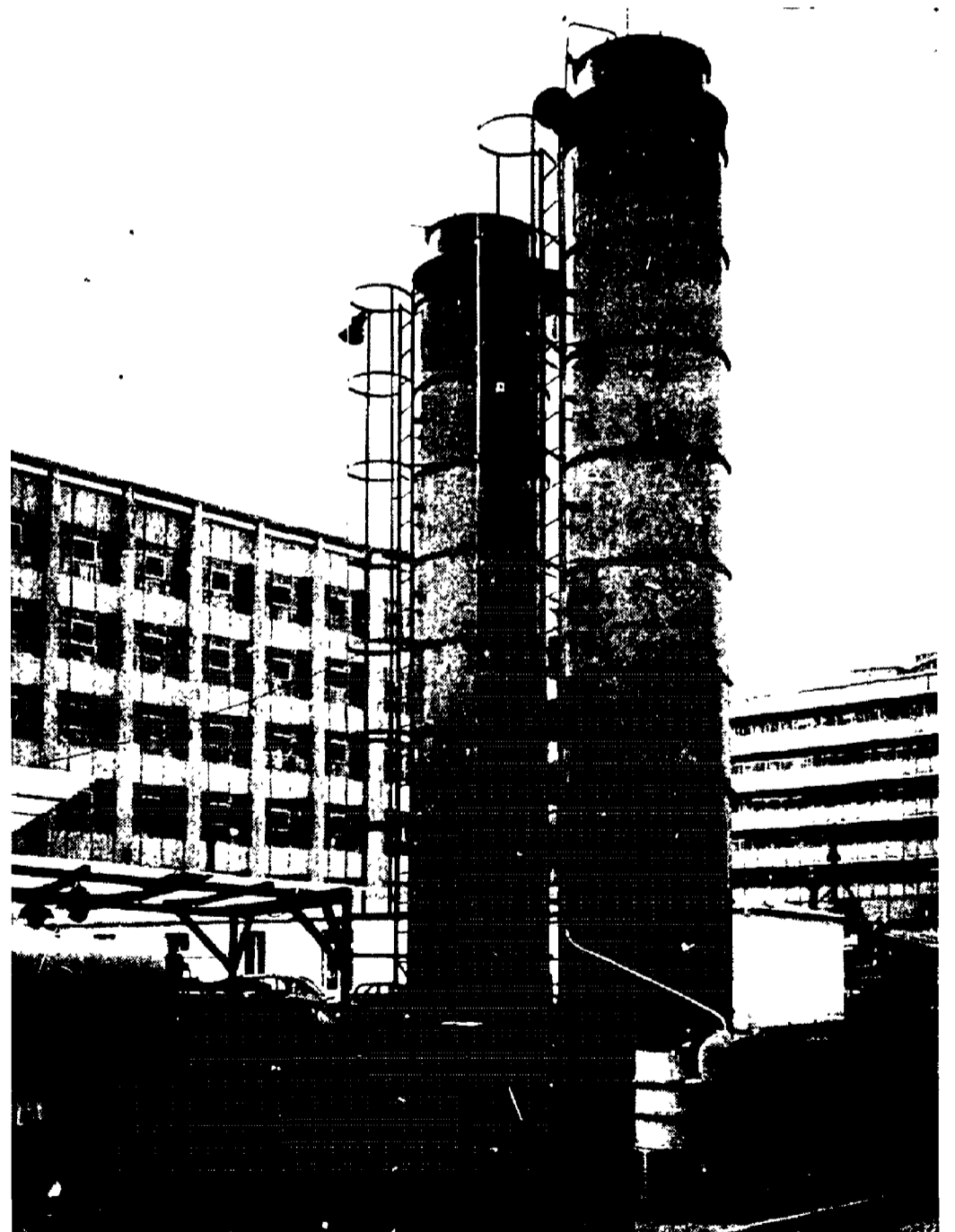


Fig. 9. — Schéma de principe. Tour 1.

avec l'eau acidifiée à pH 2 est également très intéressant. Si un traitement semi-industriel est effectué, il le sera avec cette solution, le traitement par  $Fe^{3+}$  étant plus coûteux.

Minerai n° 2, minerai fortement calcique (fig. 8) : l'essai effectué avec la liqueur alcaline est le plus intéressant ; cependant, une analyse ultérieure a montré que les grains de minerai les plus gros n'étaient pas lixiviés à cœur (dans le cas de l'essai n° 1, le  $Fe^{3+}$  reste bloqué dans le lit de minerai, les effluents étant au pH moyen de 7).

Fig. 10. — Tours de lixiviation par capillarité.



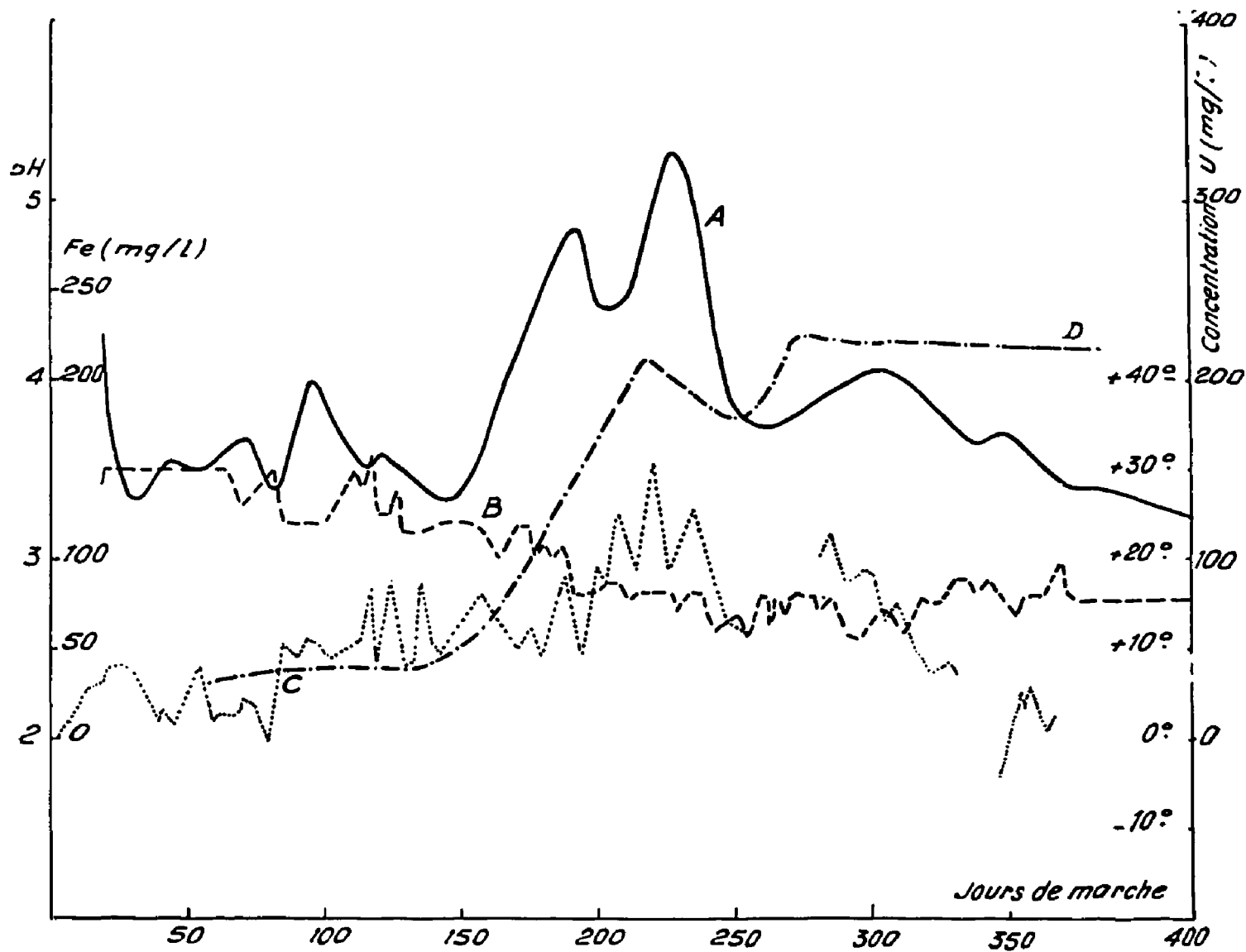


Fig. 11. — Marche de la tour 1.

- A Concentration en U des effluents (sortie tour) ———
- B pH. ———
- C Courbes des températures. ....
- D Concentration en Fe des effluents. -.-.-

teneur en calcium sont à traiter par les liqueurs de carbonate alcalin.

On retrouve évidemment les conclusions auxquelles nous étions déjà parvenus dans la lixiviation conventionnelle.

**Extrapolation à l'échelle semi-industrielle**

Ces essais sont effectués sur des quantités de minerais de l'ordre de 20 à 30 tonnes. Nous décrivons deux de ceux-ci très brièvement. Leur but est de déterminer les paramètres permettant l'extrapolation du traitement : hauteur du tas, débit de solution, concentration des effluents, influence des variations de température saisonnières, vitesse de l'extraction à différentes hauteurs du tas, consommation en réactifs, validité du processus de récupération en fonction du taux de recyclage des effluents.

**1<sup>er</sup> CAS — MINÉRAI A GANGUE ACIDE (teneur : 465 p.p.m.)**

Charge 20 t sur 7,5 m. Granulométrie 0-6 mm. Arrosage par de l'eau acidulée à pH 2 par H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Le schéma de marche est indiqué sur la figure 9 et la figure 10 représente des tours de lixiviation par capillarité.

La consommation d'acide, qui a diminué au fur et à mesure que l'on recyclait les effluents épuisés, s'élève actuellement au bout de 550 jours de marche à 5 kg d'acide sulfurique par kilogramme d'uranium sorti (le rendement d'extraction à la même date étant 66 %).

On voit sur la figure 11 les variations de la concentration des effluents en uranium et en fer, la variation du pH, ainsi que celle de la température moyenne journalière. On voit qu'une élévation de température provoque la montée des concentrations et une baisse sensible du pH de sortie.

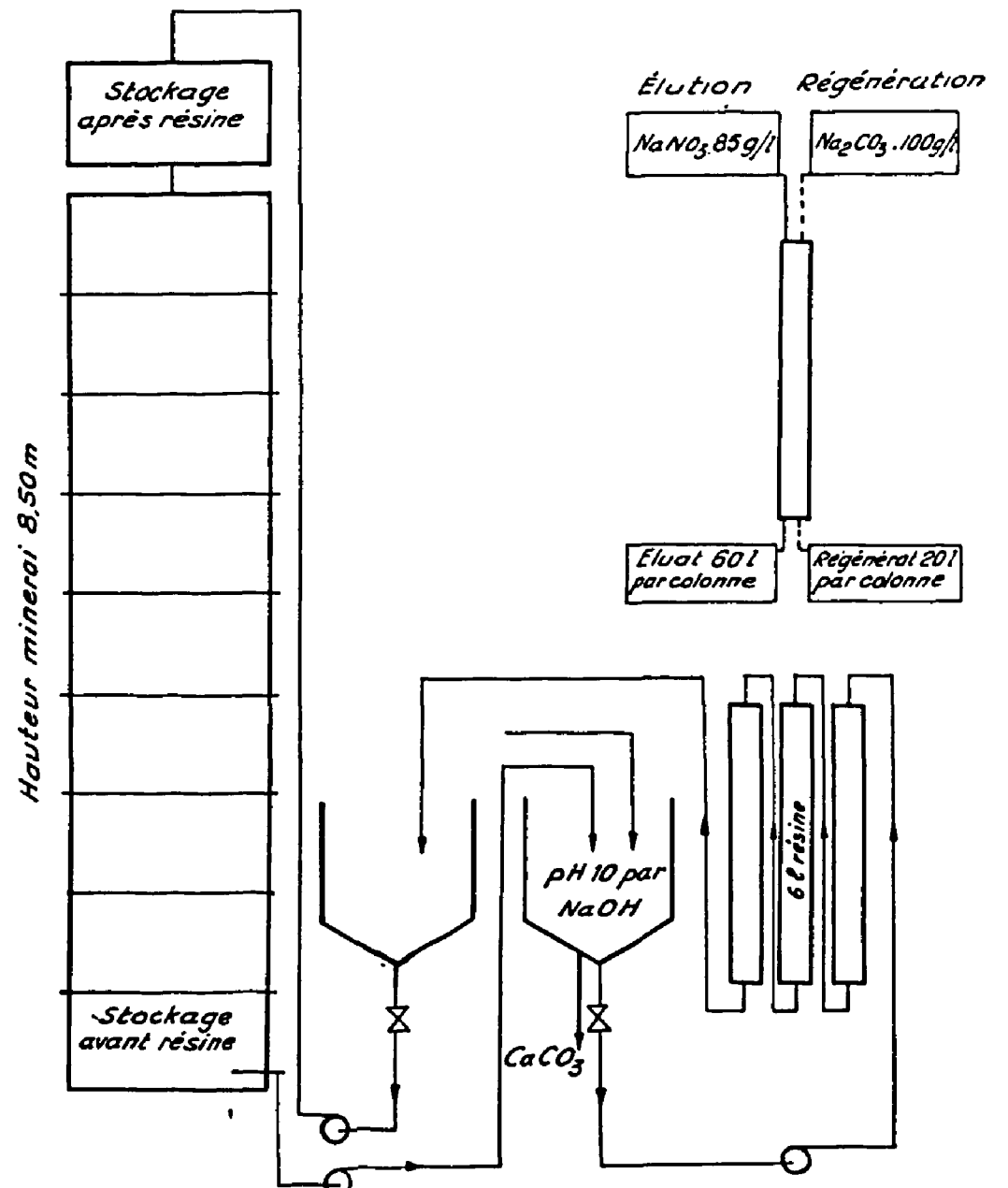


Fig. 12. — Schéma de principe. Tour II.

Il y a lieu de noter que ce minerai contient des phosphates et que ceux-ci ne passent pas en solution au pH adopté.

Il faut également observer que ce minerai à très faible teneur fournit régulièrement (4 l/h) une liqueur claire à une concentration moyenne en uranium de 150 mg/l.

#### 2<sup>e</sup> CAS. — SCHISTE DES VOSGES (teneur 1200 p.p.m.).

Charge 24 t sur 8,5 m. Granulométrie 0-25 mm. Arrosage par liqueur alcaline (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5 g/l). Débit 8 l/h.

La figure 12 montre le schéma de marche.

La consommation de carbonate de sodium est de 1 kg par tonne (dans les 4 premiers mois). Ensuite, la seule dépense est la soude caustique ajoutée pour remonter le pH de la liqueur alcaline à pH 10.

En 350 jours de marche, on a atteint un rendement de 31 % avec une concentration moyenne des liqueurs de 200 mg/l.

On a observé le même phénomène que pour le premier essai ; l'influence de la température est prépondérante et provoque une adsorption plus rapide des ions Na<sup>+</sup>.

Cet essai est en cours d'extrapolation sur une quantité d'environ 1500 t de schistes.

#### CONCLUSIONS

Les essais de laboratoire, dont le nombre n'a cessé d'augmenter, montrent que la lixiviation par capillarité est applicable à presque tous les minerais d'uranium. Il s'agit là d'une utilisation de la variable temps au lieu des variables surface de contact, température et concentration des réactifs.

Les essais semi-industriels, en cours, montrent que l'économie prévue en réactifs est réelle et que la concentration des effluents obtenus permet d'envisager favorablement la récupération de l'uranium des solutions par les moyens conventionnels.

Il est aisé d'imaginer ce que sera une installation de lixiviation par capillarité en vraie grandeur :

Au voisinage du puits d'extraction on réalise une aire imperméabilisée (qui peut être un fond de vallée le cas échéant). Sur cette aire, avec à la base un système de drainage approprié, on dépose le minerai provenant de l'installation de concassage (on effectue cette mise en place par tranches annuelles, de manière à rendre aussi constante que possible la concentration

des effluents et aussi de manière à limiter leur volume. Au bout de deux à trois années, la première tranche n'est plus arrosée).

Les effluents sont traités dans une installation d'échange d'ions (résines ou solvants) et recyclés après épuisement.

On évitera ainsi la majeure partie des investissements classiques et on élimine également le problème du rejet des effluents (sauf en fin d'exploitation du gisement, mais avec des volumes faibles).

\* \* \*

Nous tenons à remercier le Service de Minéralogie du Commissariat à l'Énergie Atomique, et plus particulièrement M. BRANCHE, pour sa précieuse et constante collaboration.

Nous remercions également M. LECOQ, directeur-adjoint des Recherches et Exploitations Minières au Commissariat à l'Énergie Atomique, pour nous avoir conseillés et encouragés dans la voie de la lixiviation par capillarité.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] VAN ARSDALE G. D., « Hydrometallurgy of base metals », Mc Graw Hill, New-York, 1953.

[2] SVENKE E., « Extraction de l'uranium contenu dans les schistes alumineux uranifères », Actes de la première Conférence Internationale sur l'Utilisation de l'Énergie Atomique à des fins pacifiques, 1955, P/784, 8, 105-109, Nations Unies, Genève.

[3] BUHLER M. F., FERNANDEZ O., RODRIGUEZ J. R., POZZI G., « Application de la méthode du phosphate uraneux à l'extraction de

l'uranium du minerai argentin », Proceedings of the Second International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, 1958, P/1554, 3, 260-264, Nations Unies, Genève.

[4] SOUSA BYRNE J., « Lixiviation naturelle », Symposium de la Société Européenne d'Énergie Atomique, Lisbonne 1957.

[5] WELLS R. A., « Observations sur la lixiviation naturelle », Symposium de la Société Européenne d'Énergie Atomique, Lisbonne 1957.

#### SUMMARY

### Capillarity leaching of uranium ores

Nowadays, all chemical concentration plants use the stirring method for leaching uranium ores. For several reasons, it appeared necessary to study the application of a more economical process : leaching of the bulk by capillarity. After an account of the laboratory tests that allowed the ability of an ore for this type of leaching to be known, a brief survey is given of two half-industrial trials, not completed yet.

Such are the results that they allowed bigger plants to be designed, which are now under construction.

#### KURZREFERAT

### Behandlung der Uranerze durch kapillare Laugung

Die Fabriken, die chemische Anreicherung betreiben, wenden zur Zeit alle ein Laugungsverfahren unter Rührung der Uranerzen an. Aus verschiedenen Gründen war es nötig geworden ein billigeres Verfahren auszuarbeiten und zwar durch kapillare Laugung der Erzhaufen. Nach einer Schilderung der Laboratoriumsversuche um herauszufinden ob ein gegebenes Uranerz für dieses neue Laugungsverfahren geeignet ist, werden zwei halbindustrielle Versuche beschrieben, die am heutigen Tage noch nicht beendet sind.

Die bereits erhaltenen Resultate haben es erlaubt grössere Anlagen zu planen, die augenblicklich im Bau begriffen sind.

**FIN**