

LAB .RC. 635

Septembre 197G.

LIXIVIATION DES ROCHES
PAR LES EAUX D'EXHAURE STOCKEES
DANS LES MINES DE FER

G. JCCKO - P.L. MAUBEUGE

LIXIVIATION DES ROCHES
PAR LES EAUX D'EXHAURE STOCKEES
DANS LES MINES UL FER

G. JXKO - P.L. MAUBEUGE

R E S U M E

Après avoir présenté le problème de la qualité des eaux stockées dans les mines de fer, il est fait état des essais de lixiviation, qui ont porté sur un minerai de fer pyriteux et une marne micacée, en vue de tenter de simuler les phénomènes observés et partant d'expliquer la minéralisation des eaux.

Les résultats obtenus semblent démontrer que ce sont les marnes, essentiellement, qui sont à l'origine de cette minéralisation.

Des mécanismes chimiques aussi bien que géologiques sont proposés pour expliquer les teneurs anormalement élevées rencontrées dans les réservoirs souterrains aussi bien pour le calcium, le magnésium et les sulfates que pour le fluor.

oOo

S O M M A I R E

	Page <u> </u>
1. <u>INTRODTJCTION</u>	1
2. <u>DESCRIPTION DU LIXIVIAEUR</u>	3
3. <u>ESSAIS EFFECTUES</u>	3
4. <u>RESULTATS ET IMTERPRETATION</u>	5
5. <u>CONCLUSIONS</u>	11
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	13

ooo

1. INTRODUCTION

Le remplissage des mines de fer utilisées comme réservoirs d'eau a révélé un fait gênant. La teneur en sels minéraux dissous, en particulier celle des sulfates, apparaît prohibitive de sorte que ces eaux ne sont même pas utilisables par l'industrie, par exemple pour le refroidissement. C'est dire que cette minéralisation est encore plus gênante pour les emplois comme eaux potables (A.E.P. des rubriques utilisation) puisque les normes légalisées d'hygiène sont dépassées.

Jusqu'à là, ce phénomène ne s'était pas manifesté d'une façon aussi accusée avec les eaux des albaques qui étaient pourtant utilisées. De ceci découle une première indication : un seuil géologique paraît fixé quand la cote des terrains noyés dépasse l'horizon des couches ferrifères, intercalaires inclus. En fait, jusqu'ici, les réservoirs se situaient en général dans les couches de minerai à la faveur des vides d'exploitation, soit du début de la mine, soit créés à cet effet.

Par ailleurs, l'un d'entre nous avait déjà signalé que l'eau issue d'une grande partie de la mine abandonnée de Maron Val de Fer dans le bassin de Nancy était hautement minéralisée avec une constitution chimique très voisine de celle de l'eau minérale du bassin de Vittel - Contrexville du Trias [1]. Les cotes d'écoulement, l'allure tectonique générale laissent prévoir des noyages importants de secteurs concernés par les marnes micacées, juste sur la formation ferrifère, surtout dans les dépilages.

En outre, il avait pu jadis signaler les importantes néoformations de gypse dans les marnes micacées [2] (plus rarement, dans le cas du Bassin de Longwy, dans les marnes entre couches de minette). La même étude soulignait la fréquence de la pyrite dans cet horizon supra-ferrifère, plus à l'état quasi diffus qu'en gros amas. Ceci constitue donc une voie directive.

On ne peut négliger le fait que certains horizons de la formation ferrifère sont riches en pyrite. Surtout au voisinage de failles des concentrations de pyrite, avec surtout de la calcite, toutes deux de néoformation, sont parfois très importantes (par exemple le long de la faille vers Lominerange en concession de Sancy à la mine de Jarny). Il est à noter, d'ailleurs, qu'à l'échelle de l'observation humaine, si ces amas, pouvant prendre un véritable aspect de filon autour des failles, sont parfois situés en secteur aquifère, la pyrite y reste stable. Elle est même étonnamment stable, rarement réduite avec formation de limonite en épigénie. Il est possible que ceci résulte du fait que le régime est noyé sous un film d'eau continu ou tranche d'eau.

...

Cependant, on a pu observer sur plusieurs années certains de ces secteurs tantôt avec pyrite noyée; tantôt en atmosphère humide. Ceci laisse à penser peut être que l'état de la pyrite, massif ou diffus dans une roche, modifie profondément les conditions d'altérabilité.

Du point de vue réactivité chimique, ceci se conçoit aisément vu les surfaces alors en cause, multipliant la vitesse du phénomène. N'est-il pas classique, dans les collections, en atmosphère humide, de voir la pyrite s'altérer avec formation de sulfate de fer. Peut être, les phases sous-aqueuses lessivent fortement le début de l'altération d'où l'apparence de masses peu ou pas attaquées à l'observation au stade exécuté alors que dans les cas des collections en atmosphère humide, l'élimination en quelque sorte préservatrice, car empêchant la carie plus profonde, ne peut jouer.

Quant aux marnes fixant fortement une humidité intersticielle, il est pratiquement évident que la pyrite s'y altère, donc très facilement en atmosphère humide. Lors de ces phénomènes, l'oxygène joue un rôle capital. Or, dans les défilages des mines, une forte aération existe entre les blocs des chaos éboulés, avec un suintement ou ruissellement d'eau plus ou moins continu.

Le Comité d'Hydrogéologie du bassin ferrifère s'est inquiété du problème de l'évolution du chimisme des eaux constaté dans les réservoirs souterrains.

Le Syndicat des Eaux et d'Assainissement de Fontoy et de la Vallée de la Fensch, qui a toujours été à l'avant garde des études de l'eau des mines de fer, a accepté de couvrir les frais d'une étude préliminaire. C'est celle décrite ici. Il est d'ailleurs un des premiers concernés par le phénomène qui est apparu.

L'Agence Financière de Bassin Rhin-Meuse a bien voulu réaliser certaines analyses d'eau apparues intéressantes.

La limitation des moyens financiers a empêché un programme d'étude plus vaste et systématique dont les grandes lignes nous sont apparues. Il fallut donc nous limiter à quelques essais. Devant le choix à faire, on a retenu un minerai fortement pyriteux risquant d'être en contact avec l'eau des albaques, pour les bordures de celles-ci, ou dans les défilages pour les résidus de piliers. On a également choisi des marnes micacées, mais au stade où elles ont déjà subi un début d'altération, avec cristaux en houppes de gypse apparent. Il serait intéressant de prendre par la suite de la marne à so-lurnent fraîche et de voir la vitesse d'apparition du sélénitage. Ceci, avec de nombreuses autres études intéressantes à faire, était hors des moyens préliminaires.

...

Contrairement à certaines conclusions émises trop hâtivement au vu des premiers résultats, il convient de préciser qu'il est évident qu'il n'y a aucun ordre de grandeur commun entre le rôle possible du minerai pyriteux et des marnes micacées. D'une part, quant à la chimie du moins, l'eau des albraques en couches était bonne jusqu'ici et utilisable en industrie et AEP. D'autre part, dans des dépilages, le volume du minerai restant en place est de loin inférieur à celui des nords terrains, stériles et marnes foisonnantes. Et, tout aussi heureusement, le minerai pyriteux reste une exception ; les agglomérateurs et hauts fourneaux sauraient refuser la minette dans le cas contraire.

2. DESCRIPTION DU LIXIVIATEUR

Afin de pouvoir appréhender les phénomènes qui peuvent s'instaurer lors des contacts solides minéraux - eau, l'IRSID a réalisé un appareil représenté schématiquement à la figure 1. Dans ce simulateur, le produit étudié, disposé sur la grille support située au-dessus d'une cuve réservoir, peut être arrosé au moyen d'eau (régime de percolation). L'eau issue de la pompe d'arrosage percole au travers du produit puis est reprise dans la cuve au moyen d'une pompe et recyclée. De la sorte, grâce à des prélèvements effectués dans le temps et analysés, il est possible de chiffrer la lixiviation des divers éléments chimiques.

Pour simuler le régime noyé, le niveau d'eau est amené jusqu'au-dessus du niveau du produit traité et l'eau est recyclée par pompage.

3. ESSAIS EFFECTUES

Afin de tenter de circonscrire le phénomène de lixiviation et en vue de le chiffrer, les roches suivantes ont été prélevées :

- minerai très pyriteux de Droitaumont (couche grise) ;
- marne micacée de Roncourt ;

Les analyses élémentaires (en %) de ces roches sont rassemblées dans le tableau ci-après :

...

Roches	Fe	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	P
Droitaumont	36,60	1,80	8,35	0,70	0,07	1,70	0,24
Roncourt	4,20	72,00	2,50	12,10	0,92	2,50	< 0,05
Roches	Mn	S	Na	K	Zn	F	
Droitaumont	0,24	21,5	0,025	0,020	0,219	0,04	
Roncourt	< 0,05	0,40	0,485	2,25	-	0,06	

a) Minerai de Droitaumont :

Après concassage, ce minerai présentait la granulométrie suivante :

5 - 15 mm	:	70,52 %
1 - 5 mm	:	18,65 %
< 1 mm	:	10,83 %

Après élimination de la tranche inférieure à 1 mm, dans le but de ne pas Favoriser la lixiviation des constituants les plus tendres par leur trop grande surface spécifique, le minerai a été reconstitué dans les proportions des tranches plus grenues.

Pour l'essai de percolation 4,426 kg de ce mélange ont été traités avec 5 l d'eau désionisée durant 8 h, avec un débit de 100 l/h, ce qui correspond à un volume recyclé de 800 l (essai A).

Après cet essai, toute l'eau a été soutirée puis on a rajouté 8 l d'eau fraîche pour lixivier la roche déjà traitée en régime noyé durant 22 h avec le même débit de 100 l/h, soit un volume recyclé de 2200 l (essai B).

Enfin, à fin de comparaison, une nouvelle lixiviation en régime noyé a été effectué au moyen de 4,000 kg de roche fraîche avec 7 l d'eau désionisée durant 8 h, le débit de 100 l/h conduisant à un volume recyclé de 800 l (essai C).

b) Marne de Roncourt :

La comminution de cette roche tendre et friable a été assurée ~~manuellement~~ à la pince, afin de ne pas perdre les fines aiguilles de gypse réoformé qui s'y présentaient.

L'essai de percolation n'a pu être mené à bien du fait qu'après quelques minutes, la roche se délite pour former une épaisse boue empêchant toute circulation d'eau. On a donc poursuivi l'essai par insufflation d'air comprimé sous la grille support, ce qui a permis de brasser la suspension par bullage. Pour cet essai, on a utilisé 4,500 kg de marne et 8 l d'eau durant 8,3 h.

4. Résultats et interprétation

a) Minerai de Droitaumont

L'essai A a trait à la percolation en présence d'alr. Du fait que les gouttes d'eau mouillent les particules de minerai et que par la suite il y a rupture du film d'eau, on favorise en même temps l'oxydation. Ceci simule donc les montées et les descentes du niveau d'eau dans une mine noyée.

La figure 2 présente l'évolution du calcium et du magnésium dans le temps au sein de la solution lixivante recyclée. Eu égard au trop gros volume nécessaire pour les prélèvements en vue du dosage du soufre, l'évolution de cet élément n'a pu être suivi.

Le tableau 1 présente, rapportés aux éléments dosés et à la solution finale de lixiviation, l'analyse de cette dernière, le total en élément extrait ainsi que le taux d'extraction dans les conditions expérimentales précisées ci-dessus.

S'il est évident qu'il y a eu gollution par du sodium, il n'y a en effet pas de raison majeure que Na soit plus lixivié que K à teneurs égales, on note **que** passent essentiellement en solution les éléments calcium, magnésium, manganèse (mais sa teneur absolue est faible tout comme pour le potassium et le soufre. Pour ce dernier, il est à noter que le taux calculé est sans doute trop faible car lors de l'oxydation de la pyrite, il **se** forme de l'hydrogène sulfuré dont l'oxydation est lente. Comme ce gaz est peu soluble, on peut admettre qu'une partie en a été perdue dans l'air.

Considérant les teneurs de la solution finale, on observe immédiatement que ce sont bien le calcium et le soufre qui constituent l'essentiel des éléments solutés comme cela a été observé dans les mines.

Le taux d'extraction du fer ne semble pas significatif car à l'égard de cet élément, les solutions évoluent dans le temps par précipitation d'un très fin dépôt mal retenu **sur** filtre. Le fluor reste constant à 0,08 mg/l.

Notons enfin que le p_H mesuré a évolué de 5,7 à 6,05 lors de cet essai. Le résidu sec était de 2,82 g/l.

À l'occasion de l'essai B qui a immédiatement suivi le précédent en régime noyé après renouvellement de l'eau, mais **en** laissant le minerai en place le p_H mesuré a évolué de 6,5 à 6,8. Comme précédemment, eu égard aux conditions expérimentales, ceci ne saurait être considéré comme une modification du p_H en cours d'essai. Le résidu sec était de 1,71 g/l.

Procédant comme précédemment avec les calculs, on aboutit au tableau II en considérant comme négligeables les quantités d'éléments préalablement extraits. La figure 2 présente également l'évolution des éléments dans le temps.

On notera le bon parallélisme des courbes du calcium et du magnésium même compte tenu des différences d'échelle et la disposition régulière des points le long des courbes. Ceci dénote une bonne reproductibilité des essais, des prélèvements et des analyses.

Comme présumé plus haut, le fer doit être considéré avec circonspection, également le sodium en raison des gros risques possibles de pollution par cet élément,

Pour le reste les taux d'extraction sont tout à fait comparables. On peut donc en conclure :

- que ces deux lixiviations successives sont passées dans sensiblement les mêmes conditions ;
- partant, **que** le régime percolé ou noyé ne semble pas jouer de manière importante.

Pour vérifier ce point, on a procédé à l'essai C consistant à lixivier directement au régime noyé un échantillon de minerai frais. La figure 2 et le tableau III rendent compte de cette manipulation qui a été effectuée durant 8 h avec 4,0 kg de produit et 7 l d'eau, c'est-à-dire dans des conditions très voisines. Enfin, le tableau IV permet de comparer les essais A, B et C.

Il s'avère à la lumière de ces données que le fer et le sodium sont sujets à des difficultés. Pour les éléments Ca, Mg et S qui nous intéressent le plus ici, les taux d'extraction sont assez comparables si l'on tient compte du fait qu'il est délicat d'assurer une parfaite reproductibilité des essais et que certaines analyses chimiques portent sur de très faibles teneurs. La figure 1 présente également l'évolution du soufre. Le résidu sec était ici de 2,75 g/l.

A présent, on peut donc conclure pour ce minerai de Droitaumont très pyrite que :

- la lixiviation de Ca, Mg et S semble un peu plus forte en régime de percolation, ce qui milite pour une oxydation un peu plus intense de la pyrite en présence d'air ;
- les résidus secs suivent cette comparaison ;
- que ce sont bien Ca, Mg et S qui subissent la plus forte extraction ;
- que ces essais recourent au moins qualitativement les observations faites en mine.

b) Marne de Roncourt

Il restait encore à déterminer l'éventuelle influence d'une roche souvent présente au-dessus du toit des mines : la marne.

A cet effet, par l'essai D, on a traité un échantillon de marne de Roncourt en régime noyé et bullé pour les raisons déjà citées.

L'évolution observée des éléments dans le temps est l'objet de la figure 3, alors que le tableau V rend compte de l'ensemble de l'essai ayant porté sur 4,500 kg de produit dans 5 l d'eau.

Notons au passage que dans le cas présent, les échantillons prélevés à intervalles réguliers n'ont été au cœur de la suspension et que les analyses ont alors été effectuées sur le filtrat, ce qui explique une dispersion anormale de certains points à la figure 2.

Concernant le fluor, le début de la courbe peut éventuellement être attribué à l'éluion d'ions fluor adsorbés entre les plans réticulaires des argiles (ce phénomène a été observé pour l'illite dans des charbons allemands).

Par ailleurs, on observe que la courbe ne tend pas vers une teneur limite, mais vers une pente constante. Ceci s'explique par le fait qu'on est loin de la solubilité à saturation du spath fluor. En effet, CaF_2 présente une limite de solubilité de 16 mg/l à 18°C , ce qui correspond à 7,8 mg/l de fluor. Comme on peut le noter, on est très loin de cette limite de sorte que le spath fluor poursuit sa dissolution lente.

Sur le plan de l'évolution de la solution, on peut citer les teneurs (en mg/l) après 2 et 22 h de lixiviation :

Temps (h)	Ca	Mg	F
2	165	7,0	~ 0,05
22	468	20,0	~ 0,07

On observe donc que la lixiviation de Ca et Mg est plus lente qu'en régime percolé. Par ailleurs, la teneur en fluor reste faible, ce qui laisse à penser que le fluor rencontré dans l'eau des mines ne semble pas provenir du minerai, ou que pour un? faible part.

Une fois de plus, le parallélisme relatif des courbes du Ca et du Mg se font remarquer, ceci milire en faveur d'un processus de dissolution des espèces minéralogiques, ce qui n'exclue pas une attaque chimique.

Lorsque l'on rapproche les taux d'extraction à ceux des essais précédents (tableau IIi), on observe que le calcium se comporte comme dans le cas du minerai, le magnésium est mobilisé un peu plus, tout comme le soufre.

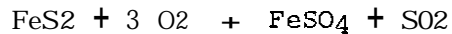
On peut donc conclure que, compte tenu des teneurs absolues différentes, le comportement de ces deux roches très différentes est assez semblable. Cette similitude n'est, pourtant pas valable pour le fluor en termes de teneurs dans les solutions finales. Sur ces bases, on extrait environ 6 fois plus de cet élément.

Il y aurait sans àoute la une voie à considérer pour expliquer les teneurs en fluor de certaines eaux.

c) Interprétation des résultats

A la lumière des précédents résultats, il semble possible de proposer le mécanisme de réaction suivant ayant lieu du cours des lixiviations, ce schéma restant bien entendu à vérifier.

Que la pyrite se présente sous forme de fins cristaux à la surface du minerai ou dans la marne aisément pénétrée par l'eau et l'air (ou l'oxygène dissous dans l'eau d'imprégnation), cette pyrite s'oxyde selon la réaction globale suivante :

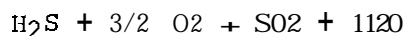


En outre, est également connue la réaction qui, en présence d'oxygène et d'eau conduit à la formation simultanée de sulfate ferreux, d'hydrogène sulfuré et d'acide sulfurique. Ceci peut donc expliquer les légères odeurs de H_2S observées et étayer l'hypothèse de pertes de soufre lors du calcul des bilans soufre à partir des analyses des solutions seulement. Aussi, le calcul des rapports molaires Ca/S, Mg/s ou (Ca + Mg)/S risque d'être faussé.

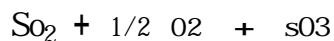
Le sulfate de fer formé poursuit son évolution pour aboutir à la formation d'oxydes hydratés comme la limonite. En effet, aux pH voisins de la neutralité le fer doit précipiter avec formation de sulfates solubles, en particulier alcalino-terreux.

En effet, lors des lixiviations, le minerai se recouvre d'une fine pellicule rousse rappelant la rouille et les solutions même filtrées à l'origine laissent progressivement déposer un fin précipité brun.

L'éventuel H_2S se dégagera en partie en raison de sa faible solubilité alors que le reste s'oxydera en SO_2 :



Le dioxyde de soufre poursuit son oxydation en trioxyde de soufre, en présence d'eau, conduit à de l'acide sulfurique selon les réactions :



Cet acide, enfin, attaque les constituants basiques, CaCO_3 , etc. d'où les entités qui précipitent le fer et les ions Ca, Mg, SO_4 observés dans les eaux d'exhaure.

...

d) Comparaison avec les observations en mine

Sur le plan qualitatif, ce qui précède peut satisfaire l'esprit. Il serait évidemment tentant de passer au plan quantitatif. En fait, un tel transfert apparaît très délicat.

Si, lors de la modélisation des phénomènes ayant conduit aux essais relatés ci-dessus, on est pratiquement maître de tous les paramètres : analyse de l'eau de départ, $p \sim$ granulométrie, surface spécifique en résultant, débits d'eau, etc. il en va tout autrement en mine,

Lors du stockage de l'eau dans celles-ci, cette eau est déjà **légè-**rement minéralisée. Mais surtout on ignore tout de la surface spécifique de la roche lixiviée **eu** égard aux failles et fissures et de l'influence de l'aération qui joue un grand rôle dans la transformation pyrite-gypse.

En outre, il faudrait pouvoir tenir compte avec précision de l'influence des roches avoisinantes, en particulier, celles au-dessus du toit, et de l'influence précise des variations du niveau d'eau.

Or, il n'en est rien. Force est donc de se limiter à une comparaison qualitative des phénomènes observés, comparaison qui au demeurant conduit à admettre un mécanisme très plausible.

5. CONCLUSIONS

Par des voies expérimentales et pratiques, il semble ainsi démontré, compte tenu du rapport des masses présentes de minerai et de marnes, que ce sont bien les marnes micacées qui sont l'agent responsable de la très forte minéralisation des eaux stockées dans certaines mines de fer. Ceci serait rassurant dès la certitude acquise car ainsi un lessivage des réservoirs avec élimination des sels nuisibles serait possible de même qu'une modulation en régime autant que possible le plus souvent noyé des marnes pour éviter la néoformation à l'air humide. De ceci, on peut rapprocher le comportement catastrophique à l'air des schistes cartons pyriteux du Toarcien qui a conduit à des injections d'huile protectrice ou, plus simplement, au maintien en régime noyé et calme [3].

Une série d'essais serait à effectuer sur toutes les roches des morts terrains, qui ont leur rôle, et également avec des eaux de la nappe ayant déjà percolé avant les marnes micacées. Ceci pourrait constituer un programme d'avenir.

Les présents résultats montrent des voies nouvelles fort intéressantes. On s'est déjà interrogé à propos de l'eau de Maron Val de Fer, sur l'origine de la magnésie mettant en cause les horizons magnésiens du Bajocien et surtout des formations coralliennes construites [1]. On découvre ici des faits nouveaux quant à un cycle du fluor. Il est tout aussi possible que les argiles, déjà connues comme capables de minéralisation par échange de bases des argiles sodiques, soient hautement capable de libérer bien des ions à la lixiviation.

Le fluor concerne un problème de haute importance sinon de gravité. Des intoxications biologiques ont été récemment découvertes en Lorraine dues à cet élément, fort heureusement en des régions où il est impossible d'incriminer des pollutions industrielles. Jusqu'ici, l'origine de ce fluor était restée inexplicquée dans les eaux de la nappe du Bajocien. A présent, on commence à avoir des raisons sérieuses pour établir des hypothèses explicatives simples et naturelles. Ceci explique pourquoi, en rassemblant les analyses, on constate avec étonnement que beaucoup de sources lorraines sont riches en fluor, certaines à un taux prohibitif dans les AEP, à l'insu des utilisateurs jusqu'ici, alors que d'autres en sont exemptes.

On entrevoit des explications géologiques. On comprend aussi comment se présente un des plus singuliers problèmes de la biologie : les êtres vivants, les vertèbres ont un besoin absolu de fluor. D'où pouvaient-ils le tirer, par exemple dans les bassins sédimentaires où il n'y pas de filons de fluor ? Et d'ailleurs, même en terrains cristallins, combien de sources sont totalement dénuées de fluor. Les accumulations parfois sensibles de fluorine en cristaux macroscopiques dans les terrains jurassiques (Bajocien), totalement incompréhensibles [4] en dehors d'hypothèses très compliquées et peu vraisemblables trouvent à présent une possibilité d'explication simple dans un ensemble de phénomènes cohérents.

On peut affirmer que les modestes et ,pourtant bien simples essais relatés ici, jamais tentés (du moins aucune publication ou rapports internes n'en font état), ouvrent des perspectives nouvelles.

Il serait hautement souhaitable de réaliser des essais systématiques et très fouillés sur tous **les** éléments de l'eau de la nappe bajocienne.

Ceci est évidemment fondamental quant aux normes de potabilité des eaux et à la protection des phénomènes biologiques de base. Ceci est tout aussi important pour l'eau livrée aux industries lorraines. Le bassin ferrifère, dont l'eau est ici en cause, est cerné par une énorme densité humaine, **il** est cerné de ce fait par l'industrialisation et pas seulement sidérurgique et minière avec les usines d'enrichissement.

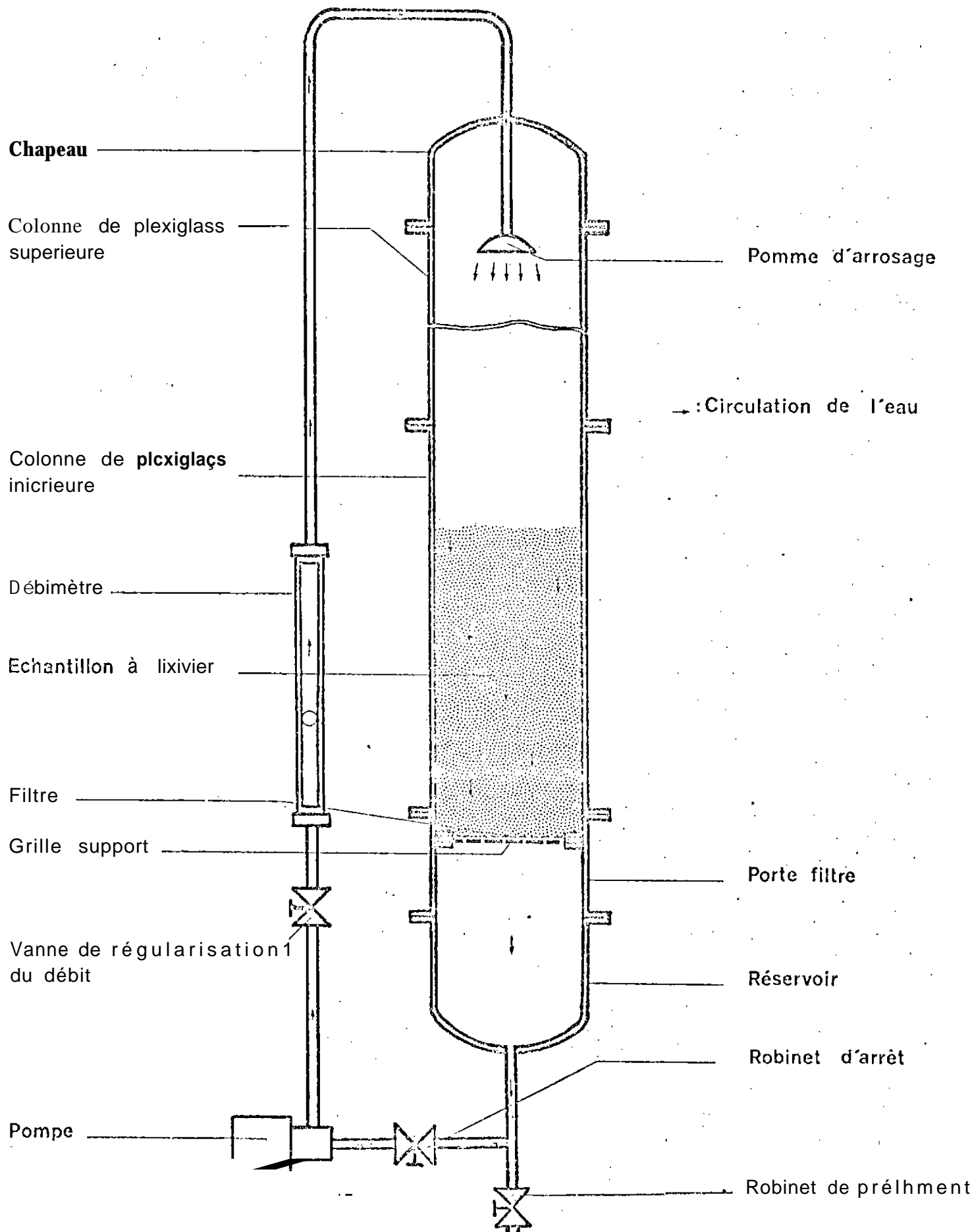
Les industries sont considérées comme polluantes par excellence. N'est-il dès lors pas étonnant de constater que c'est un phénomène naturel qui conduit à des concentrations inattendues de fluor ? **Il** eut été si facile d'accuser les industries, ce qui était déjà le cas dans au moins un cas retentissant.

Il apparaît donc in fine que le problème de la réactivité des roches sur les eaux naturelles transitant dans les mines de fer lorraines est aussi complexe que méconnu. **Il** débouche sur des portées pratiques nombreuses et d'une extrême importance.

SIBLIGRAPHIE

- [1] MAUBEUGE (P.L.)
 Quelques données hydrogéologiques et géochimiques sur les eaux souterraines dans **le** bassin ferrifère lorrain.
 Bull. Tech. Charb. Synd. Mines de Fer **de** France (1973), **2ème** trim. n° 111, p. 81-86.
- 121 MAUBEUGE (P.L.)
 Observations géologiques dans l'est du bassin de Paris-Nancy
 ibid. (1955), LVIII, p. 1082.
- [3] MAUBEUGE (P.L.)
 Le problème des "Schistes Cartons" en géotechnique régionale :
 Illégalités et Légendes.
 Bull. Acad. Soc. Lorraine Sc. (1972), T.1, n° 2, p. 109-118.
- i41 MAUBEUGE (P.L.)
 La carrière **de** Malancourt (Moselle). Une contribution à la sédimentation récifale et à la stratigraphie du Bajocien moyen lorrain.
 Bull. Acad. Soc. Lorraine Sc. (1972), T.11, n°4, p. 238-250.

Principe de fonctionnement
 Eléments constitutifs



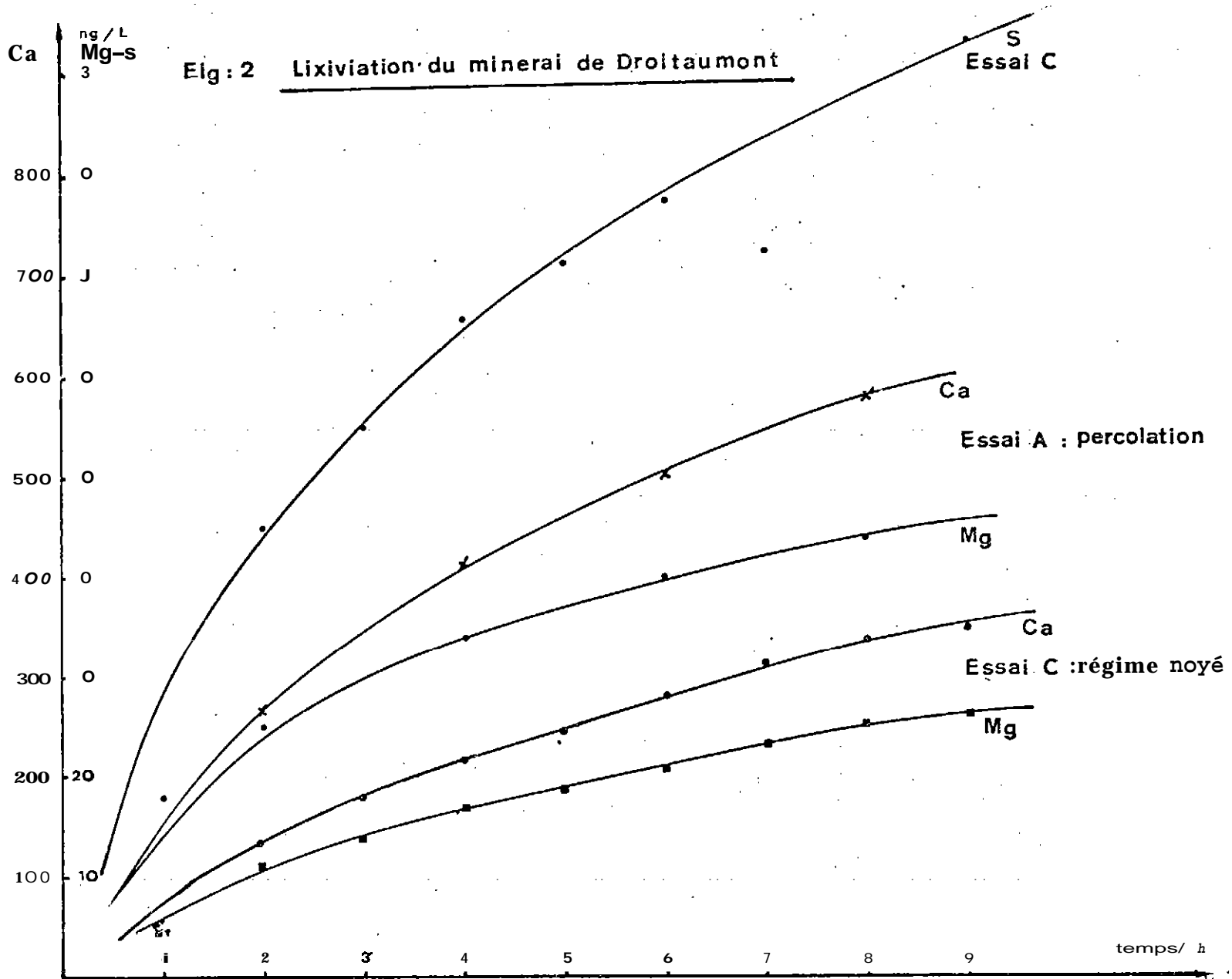


Fig : 3 Lixiviation de la marne de Roncourt

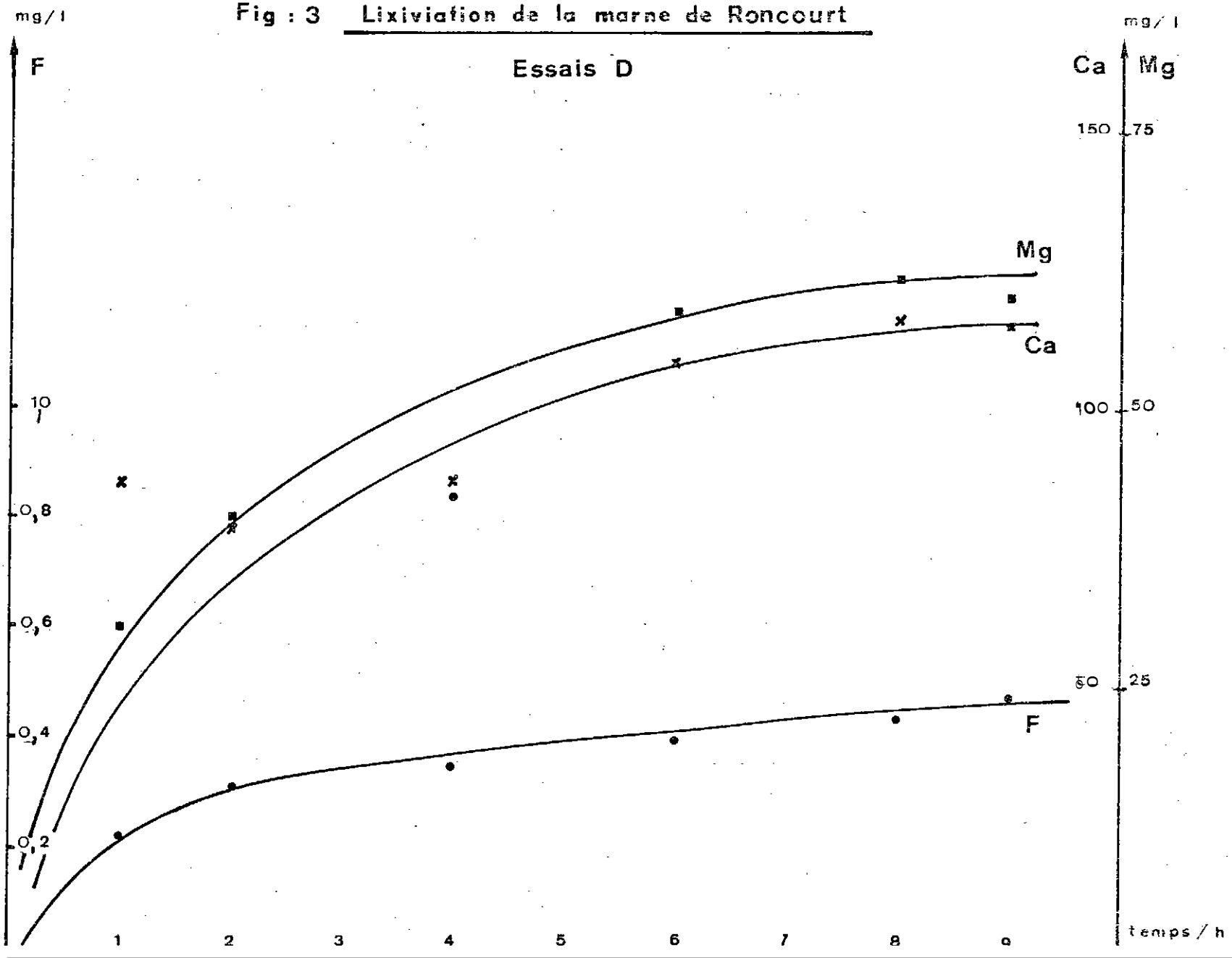


TABLEAU I - (Essai A)

Elément	Fe	Ca	Al	Mg	Mn	S	Na	K	F
Analyse (%)	36,60	5,96	0,37	1,03	0,24	21,5	0,025	0,020	0,04
Elément contenu (g)	1620	264	16,4	45,6	10,6	952	1,11	0,89	1,78
Solution finale (mg/l)	170	580	0,56	44	13	564	45,5	2,5	0,08
Total extrait (mg)	850	12900	4,43	1220	104	12820	364	20	0,40
Taux d'extraction (%)	0,52	2,00	0,03	0,48	0,98	0,30	<u>32,8</u>	2,25	0,02

TABLEAU II - (Essai B)

Elément	Fe	Ca	Al	Mg	Mn	S	Na	I:	F
Analyse (s)	36,6	5,96	0,37	1,03	0,24	21,5	0,025	0,020	0,04
Elément contenu (g)	1620	264	16,4	45,6	10,6	952	1,11	0,89	1,78
Solution finale (mg/l)	1	468	0,02	20	5	340	13,5	2,5	10,07
Total extrait (mg)	8	3744	0,16	160	40	2720	108	20	0,56
Taux d'extraction (%)	0,0005	1,42	0,01	0,35	0,38	0,29	9,73	2,25	0,03

TABLEAU III - (Essai C)

Elément	Fe	Ca	Al	Mg	Mn	S	Na	K	F
Analyse (%)	36,60	5,36	0,37	4,03	0,21	32,1	0,023	0,020	0,04
Elément contenu (g)	1,0	2,8	0,5	2,2	0,1	4,0	2	0,3	0,06
Solution finale (mg/l)	320	352	0,2	26,5	7,0	470	21	0,8	< 0,05
Total extrait (mg)	2240	2464	1,4	186	49	3290	147	5,6	< 0,35
Taux d'extraction (%)	0,15	1,03	0,01	0,45	0,51	0,38	<u>14,7</u>	0,70	< 0,20

TABLEAU IV - TAUX D'EXTRACTION

Essai	Fe	Ca	Al	Mg	Mn	S	Na	K	F
A	0,52	2,00	0,03	0,48	0,98	0,30	32,8	2,25	0,02
B	0,0005	1,42	0,01	0,35	0,38	0,29	9,73	2,25	0,03
C	0,15	1,03	0,01	0,45	0,51	0,38	14,7	0,70	< 0,20

TABLEAU V - (Essai D)

Elément	Fe	Ca	Al	Mg	Mn	S	Na	K	F
Analyse (%)	4,2	1,79	6,40	1,51	≤ 0,05	0,40	0,485	2,25	0,06
Elément contenu (g)	189	80,60	288	67,9	-	18	21,8	101,3	2,70
Solution finale (mg/l)	3	116	0,40	62	0,033	30,2	59,5	14,1	0,48
Total extrait (mg)	24	928	3,20	496	-	151	476	112	2,40
Taux d'extraction (%)	0,01	1,15	0,001	0,73	-	0,84	2,18	0,11	0,09