

**Etude technico-économique sur la
gestion du stock de pyrite grillée
présent sur le site de Chessy (Rhône)**

BRGM/RP- 52707-FR
décembre 2003

F. COTTARD

Mots clés : Pyrite grillée, valorisation matière, cimenterie, stockage, Déchets Industriels Spéciaux, confinement en place

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :
Etude technico-économique sur la gestion du stock de pyrite grillée présent sur le site de Chessy (Rhône). BRGM RP 52 707, 31 p., 10 tabl., 3 ann.

© BRGM, 2003, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Cette étude technico-économique sur les résidus de grillage des pyrites a été réalisée à la demande de la Société Minière de Chessy et en exécution de l'arrêté préfectoral du 16 juin 2002. Son objectif est d'évaluer la faisabilité des principales filières de valorisation et d'élimination de ces déchets dont 16 000 tonnes subsistent encore sur le site des anciennes mines de Chessy.

Cette étude s'est appuyée en premier lieu sur une synthèse des caractéristiques physico-chimiques connues des produits ainsi que sur un certain nombre d'analyses complémentaires intégrant les procédures (essai de lixiviation normé X 30-402-2) et les éléments chimiques satisfaisant aux critères d'admission dans les filières considérées. Cette synthèse fait apparaître des résultats très disparates soulignant de très fortes hétérogénéités de distribution (à l'échelle du dépôt) et de constitution (à l'échelle de l'échantillon) qui empêchent d'obtenir une analyse représentative du stock de matériau. Une représentativité ne pourrait être obtenue que par une remobilisation et une réhomogénéisation complète du matériau.

Pour cette étude, la démarche technico-économique s'est appuyée sur les trois options les plus évidentes pour ce type de produit.

La filière de valorisation des produits en temps que Matière Première Secondaire (MPS) n'a concerné que la valorisation en cimenterie, déjà utilisée dans le passé. Les contacts menés avec différents industriels dont LAFARGE CIMENT ont montré que les caractéristiques des produits (fortes hétérogénéités des compositions et teneurs en certains métaux élevés) ne satisfaisaient plus aujourd'hui aux conditions d'admission. Néanmoins, à titre comparatif, des coûts à la tonne ont été proposés dans cette étude.

La filière d'élimination en centre de stockage de Déchets Industriels Spéciaux a été évaluée avec l'appui de France Déchets, principal opérateur de traitement de déchets industriels de la région Rhône - Alpes avec le centre de stockage de Bellegarde, le plus proche de Chessy. Les déchets de pyrite grillée y sont admissibles, sous réserve d'un traitement de stabilisation s'élevant à environ 300 € / tonne de matériau. L'ensemble de cette filière associant manutention et transport représente un coût prohibitif dépassant 5 millions d'Euros.

Une troisième option, basée sur le confinement du dépôt sur place, a également été abordée en réactualisant un Avant Projet Sommaire effectué en 1999 et en ne prenant en compte que le confinement du stock de pyrite. Bien que cette solution n'entraîne pas une élimination des matériaux contaminés, elle représente une option économique acceptable (environ 220 000 €) dans la mesure où la conception du dispositif et les conditions d'aménagement et de surveillance respecteront les exigences réglementaires en la matière.

Sommaire

1. Introduction	9
1.1. Contexte de l'étude.....	9
1.2. Objectifs	9
1.3. Reglementations en vigueur relatives à la valorisation ou élimination de déchets industriels	9
2. Bilan des connaissances acquises sur les produits	11
2.1. Situation du déchet par rapport aux reglementations en vigueur.....	11
2.1.1. Résidus de procédés	11
2.1.2. Classification du déchet et propriétés	11
2.2. Localisation du dépôt et Volume à traiter	12
2.3. Caractéristiques physico-chimiques.....	13
2.3.1. Caractéristiques physiques.....	13
2.3.2. Caractéristiques chimiques.....	14
3. Recherche de filières de valorisation ou d'élimination	21
3.1. Valorisation en cimenterie	21
3.1.1. Contraintes d'admission	21
3.1.2. Cimenteries contactées.....	22
3.2. Elimination en centre de stockage.....	22
3.2.1. Critères d'admission des déchets	22
3.2.2. Centres de stockage contactés.....	23
3.3. Autre filière d'élimination possible : le confinement	24
3.3.1. Le remblayage sous eau.....	24
3.3.2. Le confinement du dépôt sur place.....	24
4. Evaluations économiques des différentes solutions proposées	25
4.1. Valorisation en cimenterie	25
4.2. Elimination en centre de stockage.....	26
4.3. Confinement sur place.....	27

5. Conclusions	29
6. Bibliographie.....	31

Liste des figures

Figure 1 -	Vue aérienne du dépôt de pyrite grillée en 1985	12
Figure 2 -	Localisation des sondages de reconnaissance et épaisseur des dépôts de pyrite grillée.	13
Figure 3 -	Aspect du dépôt de pyrite grillée dans sa partie sud.....	14

Liste des tableaux

Tableau 1 -	Récapitulatif des caractéristiques chimiques pour un même échantillon composite de pyrite grillée de Chessy.....	15
Tableau 2 -	Analyse moyenne de la pyrite grillée et paramètres statistiques élémentaires pour 20 analyses des principaux éléments majeurs et traces.....	16
Tableau 3 -	Récapitulatif des caractéristiques chimiques pour un même échantillon PP8.....	18
Tableau 4 -	Disponibilité des sulfates et des métaux principaux selon l'essai X 31.210 dans l'échantillon de composite Pyrite grillée et l'échantillon PP8.....	18
Tableau 5 -	Récapitulatif des résultats du test X 30-402-2 sur l'échantillon composite de pyrite grillée.	19
Tableau 6 -	Exemples de contraintes pour le soufre et les métaux dans trois cimenteries différentes	21
Tableau 7 -	Critères d'admission en centre de stockage de déchets dangereux et valeurs de lixiviation pour la pyrite grillée (test X 30 402-2)	23
Tableau 8 -	Synthèse des coûts pour une valorisation dans la cimenterie du Teil (Ardèche).....	25
Tableau 9 -	Estimatif des coûts d'élimination (transport et traitement) au centre de stockage de Bellegarde (Gard).....	26
Tableau 10 -	Estimatif des coûts des travaux pour un confinement in situ du dépôt de pyrite grillée.	27

Liste des annexes

- Annexe 1 - Analyses chimiques de la campagne de prélèvement de 2002
- Annexe 2 - Dossier d'admission en cimenterie et fiche de spécifications pour le centre de traitement du Teil
- Annexe 3 - Bordereaux d'analyses chimiques complémentaires

1. Introduction

1.1. CONTEXTE DE L'ETUDE

Dans le cadre de la réhabilitation de l'ancien site minier de Chessy, un Arrêté Préfectoral daté du 16 juin 2002 impose la réalisation d'une étude technico-économique sur le devenir de chacun des deux principaux résidus miniers subsistant en surface sur le site et matérialisés par :

- des résidus de neutralisation actuels et à venir provenant du traitement du drainage minier acide des galeries ;
- des résidus de grillage des pyrites.

Cette étude d'orientation concerne uniquement les résidus de grillage des pyrites.

Parmi les différents types de déchets miniers résiduels présents sur le site de Chessy, il existe un dépôt de *pyrite grillée* dont l'impact potentiel sur la qualité des eaux est lié à la génération de drainage acide par oxydation des sulfures résiduels et mise en solution des métaux.

Les études environnementales récentes (NORMANDY LA SOURCE, 1999 ; Blanchard, 2002) ont montré que ce dépôt n'est pas à l'origine d'une pollution du sous-sol grâce à la présence d'une dalle imperméable et d'un système de collecte des eaux acides qui ont été mis en place dès leur conception au XIXème siècle. Cependant, du fait de la dégradation d'une portion de ce système de collecte, les eaux contaminées rejoignent sans traitement les écoulements en surface et les drainages des eaux pluviales.

1.2. OBJECTIFS

En accord avec le libellé de l'arrêté préfectoral et la demande de la Société Minière de Chessy, cette étude a pour objet d'évaluer les possibilités techniques et financières de

- la valorisation des produits en temps que Matière Première Secondaire (MPS),
- leur élimination en Centre de stockage.

Dans l'hypothèse de la non faisabilité des deux solutions précitées, une troisième solution prenant en compte le confinement sur place est également envisagée.

1.3. REGLEMENTATIONS EN VIGUEUR RELATIVES A LA VALORISATION OU ELIMINATION DE DECHETS INDUSTRIELS

Plusieurs textes réglementaires régissent les aspects valorisation ou élimination des déchets industriels. Les principaux sont les suivants :

- Décret n° 2002-540 du 18 avril 2002 (J.O. n° 93 du 20/04/2002) dont l'annexe II définit la liste des déchets dangereux et non dangereux en remplacement du décret n° 97-517 du 15 mai 1997.

- Arrêté du 30 décembre 2002 relatif au stockage de déchets dangereux.

Les recommandations en vigueur concernent principalement :

- **le traitement pour la valorisation ou l'élimination** qui doit être effectué dans une unité autorisée au titre de la législation concernant les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement ;
- **le transport**, qui doit respecter la réglementation sur le transport des matières dangereuses et se faire par le producteur lui-même ou une entreprise autorisée et qui doit s'accompagner d'un Bordereau de Suivi des déchets Industriels.

2. Bilan des connaissances acquises sur les produits

2.1. SITUATION DU DECHET PAR RAPPORT AUX REGLEMENTATIONS EN VIGUEUR

2.1.1. Résidus de procédés

Les résidus de grillage de pyrite de Chessy correspondent aux rejets solides résultant, jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle, de plusieurs traitements des minerais sulfurés visant à en extraire le cuivre. Ces procédés de façon simplifiée ont correspondu à :

- des grillages successifs suivis d'une fusion (dans des fours) de pyrites plus ou moins mélangées à de la blende (ZnS) et à de la galène (PbS);
- une lixiviation, à partir de 1848, des cendres de grillage disposées sur une aire bétonnée et arrosées d'acide sulfurique dilué, produit sur le site. Le sulfate de cuivre ainsi formé était déplacé par cémentation sur de la ferraille disposée dans des canaux en bois à partir de laquelle on recueillait le cuivre métal.

Nous rappelons ici que le terme **grillage** correspond à l'action d'affinage d'un minerai pour en extraire le soufre contenu avant de passer à un procédé d'extraction d'un métal utile, ou pour extraire le soufre pour faire de l'acide sulfurique.

2.1.2. Classification du déchet et propriétés

Ces résidus issus de la pyrométallurgie suivie, vers le milieu du XIX^{ème} siècle par une étape d'hydrométallurgie, sont considérés comme des déchets industriels dont les propriétés physico-chimiques sont fonction du contenu en sulfures résiduels (pyrite et sphalérite principalement).

Ces minéraux contenant du soufre sous forme réduite s'oxydent au contact de l'eau et de l'oxygène pour produire de l'acide sulfurique. Cette acidification va de pair avec la solubilisation des métaux présents. La production d'acide peut ainsi générer des écoulements continus chargés de métaux qui se déversent depuis les sites d'origine vers le réseau hydrographique le plus proche, ou encore atteignent l'aquifère.

Les métaux quant à eux, tels que le cadmium, le plomb ou encore le zinc, augmentent la toxicité de l'effluent minier acide et sont généralement des poisons du métabolisme.

Par rapport au décret n° 2002-540 du 18/04/2002 relatif à la classification des déchets dangereux et non dangereux selon une nomenclature à 6 chiffres, les résidus de pyrite grillée sont **des déchets minéraux solides** qui relèvent du code 01 03 04 de la nomenclature (*stériles acidogènes provenant de la transformation du sulfure*) et de la catégorie *déchets provenant de l'exploration et de l'exploitation des mines et carrières ainsi que du traitement physique et chimique des minéraux*.

Cette classification des déchets induit la mise en œuvre d'un certain nombre de précautions particulières lors :

- de leur collecte et de leur stockage ;
- de leur transport ;
- de leur traitement par valorisation ou par élimination.

2.2. LOCALISATION DU DEPOT ET VOLUME A TRAITER

Le dépôt est situé au sud-ouest de l'ancienne concession dans une enceinte murée comprenant un réseau de drainage périphérique en poterie en mauvais état et un réseau sous-jacent constitué de blocs et galets reposant sur une "dalle" de galets de chaux et pyrite (Blanchard, 2002). Il est réparti de façon inégale sur une épaisseur comprise entre 0,1 et 2 m d'épaisseur sur une surface de plus de 2 ha (fig.1). D'après les informations disponibles, la quantité la plus importante est localisée au sud de la zone de stockage avec des épaisseurs atteignant 1 à 1,90 m alors que, dans la partie nord, les épaisseurs sont comprises entre 0,10 et 0,20m (fig. 2).

Cette répartition est la conséquence de l'utilisation de ce matériau par diverses cimenteries entre 1978 et 1986 et à raison d'environ 3000 t par mois.

Le stock résiduel est aujourd'hui d'environ 16 000 t en un tas principal.



Figure 1 - Vue aérienne du dépôt de pyrite grillée en 1985 (Photo BRGM in Blanchard, 2002)

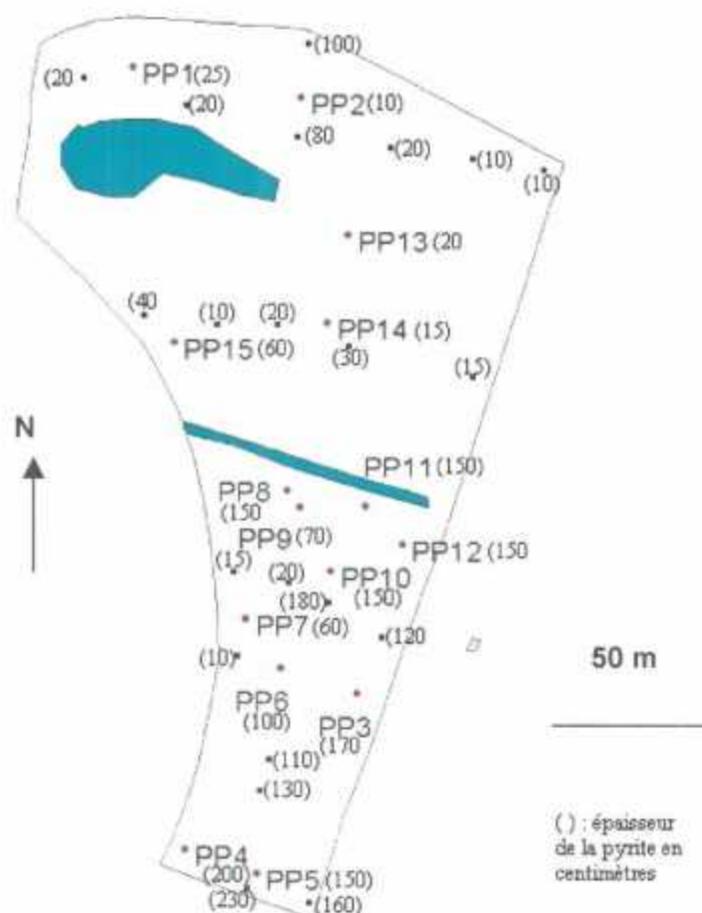


Figure 2 - Localisation des sondages de reconnaissance et épaisseur des dépôts de pyrite grillée.

2.3. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

Depuis 1999, plusieurs études environnementales et travaux ont été réalisés dans le but d'identifier les impacts existants, les risques potentiels et de proposer des mesures de réhabilitation du site. Dans ce contexte, de nombreuses caractérisations physico-chimiques des pyrites grillées existent et sont résumées ci-dessous.

2.3.1. Caractéristiques physiques

Il s'agit d'un matériau granulaire de couleur rouge qui renferme localement des précipités de sulfates de métaux (figure 3). Le produit possède une humidité comprise entre 12 et 16 % et une granulométrie très variable centimétrique à millimétrique conférant au matériau une forte porosité.



*Figure 3 - Aspect du dépôt de pyrite grillée dans sa partie sud
(à noter les précipités colorés de sulfates de métaux)*

2.3.2. Caractéristiques chimiques

a) Analyses de composition du solide

Plusieurs séries de prélèvements pour analyses chimiques et caractérisation des résidus de pyrite ont été réalisées depuis 2000. La campagne la plus importante concerne l'échantillonnage systématique effectué en 2002 visant à évaluer les compositions moyennes et les variations latérales de chimie de la pyrite [Blanchard, 2002]. Une quinzaine de fosses a été creusée dans le dépôt avec des prélèvements effectués à plusieurs profondeurs et dans certains cas sous forme de composites. Les résultats de ces prélèvements sont regroupés dans le tableau de l'annexe 1 et synthétisés dans le tableau 2. Ils montrent une forte variation dans les compositions en métaux et en soufre avec des maxima pour le plomb, le zinc, le cadmium, le cuivre. Le baryum, témoin de la présence résiduelle de barytine (sulfate de baryum), s'observe également en fortes proportions (17,9 % dans un des composites de pyrite grillée). Cette **hétérogénéité de distribution** est liée à la répartition dans l'ensemble du dépôt, des sulfures résiduels porteurs d'éléments en traces ainsi que des sulfates. Le tableau 2 synthétise ces résultats pour les principaux éléments à prendre en considération dans le cadre d'une valorisation ou d'une élimination du produit.

Echantillon composite de Pyrite Grillée "PYG"				
Réf. Analyse	SGS	BRGM J7015b	BRGM J7034B	BRGM J7034A
	Composition du solide	Composition du solide	Composition du solide	Test de lixiviation X 30-402-2
Elément	mg/kg MS ou %	mg/kg MS ou %	Mg/kg ou %	mg/kg ou %
CaO	769	< 1 %	< 1 %	
MgO	570	< 1 %	< 1 %	
Na2O	927	0,16 %		
K2O	0,58 %	0,6 %	0,7 %	
SO4=		3,8 %	3,77 %	
SO3	< 500			
Cl total	< 0,10 %			
Br total	< 0,30 %			
I total	< 0,30 %			
Ag		32,1		
Al2O3	1,46 %	1,7 %	2 %	
As	144	109	136	< 0,1
B		< 10	< 10	
Ba		943	17,9 %	0,2
Bi		70	56	
Cd	31,16	30	22	3,84
Co	< 5	< 5	< 5	
Cr	250	11	< 10	0,22
Cu	3564	3474	3100	590
Fe2O3	38,4 %	35,9 %	40,2 %	267
La		< 20		
Li		< 10		
Mn				
Mo		43	49	< 0,1
Ni	12	10	11	0,21
Pb	6920	2936	6100	20,2
Sb	45	34		< 0,05
Se	< 8	3,0	6,2	
SiO2		17 %	24,4 %	
Si	74 445			
Sn	10	10	16	< 0,1
Sr				
TiO2		0,09 %	0,11 %	
Te	< 1	< 1		
V	61	26	20	
W		< 10	< 10	
Zn	5845	5849	5800	1186
Hg	1936	1,7	1,5	0,009
Tl	< 1,0	3,8	4,5	
P2O5	564	489	449	
COT	2,1 %		< 0,05 %	18
S= %	7,69 %	6,9 %		
P. masse 40 °C	1,8 %	1,72 %	1,56 %	
P. au feu		17,0 %	6,02 %	

Tableau 1 - Récapitulatif des caractéristiques chimiques pour un même échantillon composite de pyrite grillée de Chessy

% poids	Al2O3 %	SiO2 %	Fe2O3 t %	TiO2 %	P2O5 mg/kg	S %	PM %	SO4 %	Sr mg/kg
Moyenne	2.13	15.86	39.67	0.1	259.94	6.42	14.83	2.52	2060.9
Minimum	2	11.2	23	0.02	200	2.08	11.40	0.6	791
Maximum	2.90	25.1	65.60	0.21	486	22.9	33.7	5.5	3169
Ecart type	0.27	4.19	11.72	0.05	91.21	4.46	5.02	8.90	1169.27
Variation°	0.12	0.26	0.29	0.50	0.35	0.69	0.33	3.53	0.56

% poids	As mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg	Cr mg/kg	Cd mg/kg	Ni mg/kg	Co mg/kg	Ba mg/kg
Moyenne	147.3	3898.3	4716.9	2677.9	20	27.85	20	10.89	1931.26
Minimum	40	675	762	657	20	14	20	10	715
Maximum	334	12000	23 974	7010	20	92	20	25	6155
Ecart type	95.52	3151.7	4834.9	1725.3	0.00	20.96	0.00	3.53	1427.90
Variation°	0.64	0.80	1.02	0.64	0.00	0.75	0.00	0.32	0.73

° Variation = Ecart type/moyenne

Tableau 2 - Analyse moyenne de la pyrite grillée et paramètres statistiques élémentaires pour 20 analyses des principaux éléments majeurs et traces.

Les concentrations moyennes en cuivre (2700 mg/kg), plomb (3900 mg/kg), zinc (4700 mg/kg), arsenic (147 mg/kg), cadmium (28 mg/kg), baryum (1930 mg/kg), et strontium (2060 mg/kg) sont logiquement élevées compte tenu de la présence de barytine (BaSO4) et de la nature des sulfures résiduels (6.5% en moyenne avec un pourcentage atteignant 20% dans une zone du dépôt).

Des analyses complémentaires ont par la suite été réalisées sur 2 types d'échantillons : un échantillon composite confectionné à partir de l'ensemble des prélèvements réalisés en 2002 (échantillon PYG) et l'échantillon PP8 considéré comme approchant de la représentativité du dépôt. Ces analyses ont concerné un certain nombre d'éléments traces pénalisants pouvant exister dans les sulfures tels que le mercure, le tellure, le thallium ainsi que sur plusieurs produits organiques (hydrocarbures et PCB). Les résultats de ces analyses sont présentés dans les tableaux 1 et 3.

Une duplication des analyses chimiques sur deux échantillons (PP8 et échantillon composite) a également été effectuée en interne au sein du laboratoire BRGM comme à l'extérieur (analyse SGS pour le composite de pyrite grillée, et analyses LAFARGE sur l'échantillon PP8). Les résultats des tableaux 1 et 3 montrent que pour un même échantillon, existent des différences notables concernant les éléments traces comme le cadmium, le cobalt, le plomb et le tellure. Cette forte **hétérogénéité de constitution** est liée à la nature et à l'abondance des sulfures résiduels présents dans l'échantillon considéré (pyrite, galène ou sphalérite).

Au vu de ces hétérogénéités de distribution et de constitution, il paraît très difficile d'obtenir une analyse représentative du dépôt sans une remobilisation et réhomogénéisation complète du matériau.

Gestion du stock de pyrite grillée de Chessy les Mines (Rhône)

Réf. Analyse Elément	I10130 BRGM Composition du solide	I1013P BRGM Test de lixiviation X31-210 (1 x 24h)	Analyses LAFARGE	
			Comp. Solide Analyse/sec	Comp. Solide Analyse/brut
pH		3		
Conductivité 25°C		520 µs/cm		
Fraction Soluble		785 mg/kg		
COT		< 10 mg/kg		
CaO	2 %		0,01 %	0,01 %
MgO	2 %		0,18 %	0,16 %
Na	660 mg/kg			
K2O	1 %			
SO4=	3,13 %			
SO3			12,80 %	11,52 %
Ag	41,5 mg/kg			
As	67 mg/kg	< 0,20 mg/kg	38 mg/kg	
B	< 1 mg/kg			
Ba	842 mg/kg			
Be	4 mg/kg			
Bi	34 mg/kg			
Cd	20 mg/kg	< 0,05 mg/kg	702 mg/kg	632 mg/kg
Co	10 mg/kg		140 mg/kg	126 mg/kg
Cr	20 mg/kg	< 0,10 mg/kg	65 mg/kg	59 mg/kg
Cu	2637 mg/kg	6,80 mg/kg	1795 mg/kg	1616 mg/kg
F		80 mg/kg		
Fe	< 0,10 %			
Fe2O3			58,85 %	52,97 %
Li	20 mg/kg			
MnO2	< 0,1 %			
Mo	39 mg/kg			
Ni	20 mg/kg	< 0,10 mg/kg	13 mg/kg	12 mg/kg
P total	200 mg/kg	< 0,50 mg/kg		
Pb	3202 mg/kg	7,04 mg/kg	5642 mg/kg	5078 mg/kg
Sb	34,0 mg/kg			
Se	3,4 mg/kg		5 mg/kg	5 mg/kg
SiO2	11,2 %		8,24 %	7,42 %
Sn	20 mg/kg	< 0,20 mg/kg		
Sr	1952 mg/kg			
Te	< 1,0 mg/kg		103 mg/kg	93 mg/kg
TiO2	0,04 %			
Tl	5,4 mg/kg		2 mg/kg	2 mg/kg
V	27 mg/kg		1181 mg/kg	1063 mg/kg
W	20 mg/kg			
Zn	2000 mg/kg	5,98 mg/kg	1998 mg/kg	1798 mg/kg
Hg	0,8 mg/kg	< 0,0005 mg/kg	20 mg/kg	18 mg/kg
CN tot		< 0,1 mg/kg		
Cl	< 0,01 %		0,12 %	0,11 %
P. masse 40 °C	0,04 %			
P. feu 1000°C %	7,26 %		6,95 %	6,26 %
Ind. Phenol	< 0,3 mg/kg	< 0,1 mg/kg		
Hydrocarb.Totaux	< 5 mg/kg	0,7 mg/kg	103 mg/kg	93 mg/kg
Congénère 28	< 20 µg/kg			
Congénère 52	< 20 µg/kg			
Congénère 101	< 20 µg/kg			
Congénère 118	< 20 µg/kg			

Echantillon de pyrite grillée PP8				
Réf. Analyse	I10130 BRGM	I1013P BRGM	Analyses LAFARGE	
Elément	Composition du solide	Test de lixiviation X31-210 (1 x 24h)	Comp. Solide Analyse/sec	Comp. Solide Analyse/brut
Congénère 153	< 20 µg/kg			
Congénère 138	< 20 µg/kg			
Congénère 180	< 20 µg/kg			
Aroclor 1260	< 500 µg/kg			
Aroclor 5432	< 500 µg/kg			
Pentachlorophénol	< 500 µg/kg			

Tableau 3 - Récapitulatif des caractéristiques chimiques pour un même échantillon PP8

b) Tests de potentiel polluant

Deux types de test de lixiviation normés ont été effectués sur les pyrites grillées : le test X 31-210 anciennement utilisé pour caractériser des déchets solides et plus récemment le test X 30-402-2 en conformité avec l'arrêté du 30 décembre 2002 relatif au stockage de déchets dangereux.

• Résultats des tests X 31-210

Le tableau 4 ci-dessous regroupe les résultats concernant la composition principale des éluats produits par deux échantillons différents après 3 lixiviations de 16 h (composite de pyrite grillée) et une lixiviation de 24 h (PP8). Une analyse plus complète est donnée dans le tableau 3.

Elément (mg par Kg sec)	Composite Pyrite Grillée	Echantillon PP8
pH	3,5	3
Fraction soluble	nd	785
Sulfate	7346	nd
Aluminium	38,6	nd
Cuivre	0,8	6,80
Cadmium	nd	< 0,05
Fer	8,37	nd
Plomb	154	7,04
Zinc	416	5.98

Tableau 4 - Disponibilité des sulfates et des métaux principaux selon l'essai X 31.210 dans l'échantillon composite de Pyrite grillée (3 lixiviations cumulées) et l'échantillon PP8 (1 seule lixiviation).

Le composite de pyrite grillée est en toute logique producteur d'acidité à cause de la présence de sulfures résiduels. Il libère de fortes quantités de zinc, plomb, aluminium et fer ainsi que du sulfate (Brunet, 2001) exprimées en mg cumulés par kg de produit sec. La fraction mobilisée dans l'échantillon PP8 est également de composition acide mais, à l'inverse du précédent, très peu enrichie en cadmium, plomb et zinc. Ces résultats contrastés, sans doute liés aux modes opératoires différents, confirment également les fortes hétérogénéités existant dans les compositions des échantillons soumis à lixiviation avec comme corollaire des différences marquées sur la

composition en métaux des fractions mobilisables (facteur de 70 pour le zinc et 22 pour le plomb).

- Résultats du test X 30-402-2 (Une lixiviation de 24 h)

Élément (mg cumulés par Kg sec)	Composite Pyrite Grillée
pH	2,6
Fraction soluble	11631
COT	18
Baryum	0,2
Arsenic	< 0,1
Cuivre	590
Cadmium	3,84
Fer	267
Plomb	20,2
Zinc	1186

Tableau 5 - Récapitulatif des résultats du test X 30-402-2 sur l'échantillon composite de pyrite grillée.

Un seul essai a été réalisé sur un échantillon composite. Les résultats du tableau 5 sont différents de ceux des test X 31-210 et cela à cause des conditions initiales de l'essai. Ils montrent une fraction soluble de composition acide, enrichie en cuivre et zinc mobilisables.

3. Recherche de filières de valorisation ou d'élimination

3.1. VALORISATION EN CIMENTERIE

3.1.1. Contraintes d'admission

Le traitement de la pyrite grillée par **valorisation matière** en cimenterie a été effectué dans le passé entre 1978 et 1986 dans différentes usines LAFARGE, principalement dans l'usine du Teil (Ardèche). Le déchet était utilisé comme substitut au cru ou agent de correction du cru lors de la production de clinker. Il remplaçait avantageusement une partie des matières premières et servait à corriger la composition du cru, à savoir la teneur en fer, calcium ou en aluminium. La valorisation d'un tel sous produit industriel est de nos jours réalisée dans un cadre réglementaire de plus en plus contraignant et surtout dans la mesure où ces sous produits, au pouvoir correcteur important, présentent une composition régulière.

Il n'existe pas aujourd'hui de valeurs indicatives d'acceptation pour les teneurs en polluants valables pour l'ensemble des cimenteries. Chaque site possède ses propres normes relatives à un arrêté préfectoral, en relation avec les contraintes du procédé mis en œuvre, et celles édictées par la charte cimentière. Elles concernent le chlore, soufre, fer, brome, phosphore, iode et les alcalins sous réserve que les déchets soient en concentration limitée pour les métaux. Quelques exemples sont fournis dans le tableau 6 ci-dessous.

Cimenterie	Contraintes pour le soufre et les métaux
Usine du Teil - 07 (LAFARGE)	Pb+Zn+Cd+Hg+As+Cr < 1% Hg < 10 ppm Cd+Hg+Tl < 100 ppm Sb+As+Pb+Cr+Co+Ni+V+Sn+Te+Se < 2500ppm S total < 5 %
Usine de Xeuilley- 54 (SA VICAT)	As+Pb+Zn+Co+Cu < 3000 ppm Cd+Tl+Hg < 50 ppm S total < 5 %
Cimenterie de Lumbres - 62 (ORIGNY SA)	Pb+Zn+Sn+Cr < 5000 mg/kg Cd+Ti+Hg < 100 mg/kg Ni+Co+An < 500 mg/kg S < 3 g / MjPCi

Tableau 6 - Exemples de contraintes pour le soufre et les métaux dans trois cimenteries différentes

3.1.2. Cimenteries contactées

Plusieurs cimenteries ont été contactées dans le but de valoriser le stock résiduel de pyrite grillée comme par le passé. Les principaux résultats sont résumés ci-après.

La cimenterie du Val d'Azergues (groupe LAFARGE Ciment), située à quelques kilomètres des mines de Chessy, ne peut admettre des produits comme la pyrite car elle utilise déjà du calcaire riche en fer (pierre jaune).

La cimenterie du Teil en Ardèche (groupe LAFARGE ciment), utilisatrice des produits dans le passé, a été contactée à plusieurs reprises et nous a permis d'établir un dossier d'admission de ces déchets en liaison avec les services centraux de la société LAFARGE (voir annexe 2). Les contrôles analytiques réalisés sur le même échantillon PP8 par le laboratoire Lafarge (voir tableau 3) ont cependant montré un contenu trop élevé en soufre (> 5 %) et surtout en métaux dépassant les limites réglementaires (par exemple : somme Hg + Cd + Tl = 724 ppm > 100 ppm réglementaire ; somme Sb + As + Pb + Cr + Co + Ni + V + Sn + Te + Se = 7355 ppm > 2500 ppm réglementaire). Cette analyse ponctuelle ainsi que la composition très irrégulière du produit ne permettent pas une acceptation du produit dans le centre de traitement du Teil.

La cimenterie de Xeulley en Meurthe et Moselle de la société VICAT a également refusé le produit pour les mêmes raisons que celles évoquées ci-dessus : composition en métaux élevée et hétérogénéité de constitution trop importante à l'échelle du dépôt ne garantissant pas une composition régulière du déchet.

3.2. ELIMINATION EN CENTRE DE STOCKAGE

Le stockage en site géologiquement sûr pour déchets ultimes (ex: décharge de classe I) concerne les déchets industriels qui ne peuvent être ni valorisés comme matière première secondaire, ni traités par incinération ou voies physico-chimiques.

3.2.1. Critères d'admission des déchets

L'acceptation d'un déchet en centre de stockage est tributaire des résultats d'un test de potentiel polluant. Si le déchet est non massif, le test de potentiel polluant qui lui est alors appliqué est depuis 2002, le test de lixiviation normalisé X 30 402-2 qui comporte une seule lixiviation de 24h. L'éluat est analysé et le résultat est exprimé en mg/kg de déchet stabilisé sec.

Selon l'arrêté du 30 décembre 2002 relatif au stockage de déchets dangereux, les déchets sont admissibles s'ils respectent les seuils du tableau 7 qui portent sur la fraction extraite de l'éluat. S'ils dépassent ces valeurs, les déchets sont obligatoirement stabilisés.

Eléments	Critères d'admission pour déchets non stabilisés	Valeurs de lixiviation pour la Pyrite grillée
pH	4 < pH < 13	2,6
Fraction soluble	nd	11 631 mg/kg
COT	< 1000 mg/kg	18 mg/kg
Cr	< 70 mg/kg	0,22 mg/kg
Pb	< 50 mg/kg	20,2 mg/kg
Zn	< 200 mg/kg	1186 mg/kg
Cd	< 5 mg/kg	3,84 mg/kg
Ni	< 40 mg/kg	0,21 mg/kg
As	< 25 mg/kg	< 0,1 mg/kg
Hg	< 2 mg/kg	0,009 mg/kg
Ba	< 300 mg/kg	0,2 mg/kg
Cu	< 100 mg/kg	590 mg/kg
Mo	< 30 mg/kg	< 0,1 mg/kg
Sb	< 5 mg/kg	< 0,05 mg/kg
Se	< 7 mg/kg	nd
Fluorures	< 500 mg/kg	2 mg/kg

Tableau 7 - Critères d'admission en centre de stockage de déchets dangereux et valeurs de lixiviation pour le composite de pyrite grillée (test X 30 402-2)

La comparaison des deux colonnes de valeurs du tableau précédent montre que le pH, le zinc et le cuivre sont les seuls paramètres ne satisfaisant pas aux critères d'admission sans stabilisation. A noter cependant que ceux ci peuvent être excédés par autorisation préfectorale sur certains déchets industriels.

3.2.2. Centres de stockage contactés

Deux centres de stockage de Déchets Industriels Spéciaux appartenant à deux groupes différents ont répondu à notre demande.

Le centre de DIS de Bellegarde de France Déchets dans le Gard, le plus proche du site de Chessy (290 km), met en œuvre un procédé de stabilisation / solidification des déchets spéciaux basé sur l'adjonction de liants hydrauliques (procédé INERTEC). Un stockage en casier est par la suite réalisé.

Après réception des caractéristiques chimiques du déchet et visite du site, la société France Déchets accepte le matériau au prix fixé dans l'analyse économique du chapitre 4.

Le centre de DIS de Séché Environnement à Changé dans la Mayenne (689 km de Chessy) applique un procédé de stabilisation similaire et accepte le résidu de grillage de pyrite de Chessy selon des critères sensiblement identiques.

Ces deux centres de traitement sont conventionnés par l'Agence de l'Eau "Rhône-méditerranée - Corse" et donc habilités à déduire de leurs factures la subvention de l'agence à l'élimination des déchets dangereux pour l'eau.

3.3. AUTRE FILIERE D'ELIMINATION POSSIBLE : LE CONFINEMENT

Les méthodes de confinement consistent à isoler les matériaux potentiellement producteurs de drainage minier acide du milieu naturel, soit par remblayage sous terrain en utilisant une couverture d'eau, soit en surface en imperméabilisant le dépôt.

3.3.1. Le remblayage sous eau

Ce mode d'élimination, cité ici pour mémoire, est utilisé dans de nombreuses mines à travers le monde et consiste à remblayer d'anciennes galeries d'exploitation avec des résidus miniers contenant des sulfures. L'eau étant l'une des couvertures les plus sûres pour éviter à l'oxygène de rentrer en contact avec les matériaux sulfurés, la technique consiste donc à inonder les galeries remblayées de manière à maintenir le dépôt sous eau de façon permanente et maximale.

Si cette solution n'est plus possible à Chessy compte tenu de l'effondrement des anciens travaux sous terrains, elle n'en demeure pas moins une option jugée difficile à mettre en œuvre aujourd'hui en France, vu la rareté des sites disponibles, et la complexité des études préalables à réaliser et des dossiers d'autorisation à mettre en place.

3.3.2. Le confinement du dépôt sur place

Le confinement *in situ* de déchets contaminés à l'intérieur d'un périmètre donné est une option à envisager compte tenu des contraintes imposées par la valorisation matière en cimenterie et le stockage en centre spécialisé. Ce mode de traitement est assez fréquemment utilisé comme solution permanente, bien qu'il n'entraîne ni la destruction, ni l'élimination des contaminants.

L'objectif de ce traitement est d'isoler les matériaux en surface en imperméabilisant le site, de façon à empêcher la dispersion des contaminants hors de la zone de confinement prévue. Cette technique permet :

- de limiter la production d'eau acide par réduction de l'apport d'oxygène et de la percolation des eaux météoriques au sein du dépôt de pyrite grillée.
- de favoriser l'insertion paysagère du dépôt afin de limiter l'impact visuel.

A la demande de la Société Minière de Chessy, un Avant-Projet Sommaire des conditions de mise en sécurité du stock de pyrite a été réalisé dans le passé par la société ANTEA (ANTEA, 1999). La solution de confinement retenue est de type casier à une alvéole avec dispositif d'étanchéité basal et sommital et couche de terre végétale en couverture. Elle concerne cependant la mise en sécurité de 12 000 m³ de déchets solides de pyrite et, en partie basale, de 4000 m³ de boues des bassins d'exhaure. Les conditions d'aménagement de l'Arrêté Préfectoral du 17 juin 2003 préconisant une gestion des déchets séparée, nous procéderons dans le chapitre suivant à une réévaluation sommaire des coûts de ce traitement en ne prenant en compte que le confinement du stock de pyrite.

4. Evaluations économiques des différentes solutions proposées

4.1. VALORISATION EN CIMENTERIE

Bien que non faisable, cette solution a été évaluée à titre comparatif avec les autres solutions sur la base des coûts fournis par le centre technique de la société LAFARGE. A noter que tous les prix mentionnés ci-dessous sont indiqués hors taxes.

a) Coût du traitement

Le coût rendu usine pour les produits rentrant dans les critères est de 35 à 40 € / t de déchets.

b) Coût du transport et manutention

L'usine du Teil (Ardèche) est située à 175 km par route des Mines de Chessy. Le transport s'effectuerait par benne de 25 t pour lesquelles 2 rotations sont envisagées par jour. Au total 640 rotations seraient envisagées pour 16 000 t de matériaux. L'ensemble des coûts incluant le chargement (manutention) et le transport pour une valorisation matière en cimenterie, si celle-ci était possible, est présenté dans le tableau 8 ci dessous.

Cimenterie du Teil	Caractéristiques du site	Coût Unitaire	Coûts
Distance de Chessy	175 km		
Manutention	16 000 tonnes	450 € x 40 jours	18 000 €
Transport	16 000 tonnes	400 € / rotation°	256 000 €
Traitement	16 000 tonnes	35 € / t	560 000 €
TOTAL			834 000 €

4.2. ELIMINATION EN CENTRE DE STOCKAGE

a) Coût du traitement

Les prix du traitement sont conditionnés par le seul CET de Bellegarde qui draine les déchets de toute la moitié sud de la France. Ce centre est situé à 290 km des Mines de Chessy. Compte tenu des caractéristiques du déchet (lixiviats acides enrichis en zinc et cuivre dépassant les critères d'admission), un traitement sur mesure est proposé par la société France Déchets en impliquant comme liant stabilisateur un composé formé d'une base et d'un liant hydraulique.

b) Coût du transport

Deux coûts différents ont été obtenus auprès de 2 sociétés de transport de la région lyonnaise pour effectuer 640 rotations d'une benne de 25 tonnes. Le prix haut s'élève à 760 € par rotation d'une journée pour une benne de 25 tonnes. Un prix bas a été proposé à 460 € par rotation.

Aucune autre approche économique autour du transport alternatif à la route (transport par rail ou voie d'eau) n'a été envisagée ici, compte tenu de la nécessité de créer un ou plusieurs centres de transit, proches des points de chargement et déchargement, et des contraintes environnementales qui y seraient associées.

L'ensemble des coûts du transport en incluant le chargement (manutention) et du traitement est figuré dans le tableau 9. Les aides ou subventions au traitement des déchets dangereux pour l'eau, apportées par l'Agence de l'Eau "Rhône - Méditerranée - Corse" ne modifient pas l'enveloppe des coûts du projet.

Centre de stockage de Bellegarde	Caractéristiques du site	Coût Unitaire		Coût €	Coût Total M€
Manutention	16 000 tonnes	450 € x 40 jours		18 000 €	0,18
Transport	290 km	460 € / rotation	640 rotations ° de 25 t	300 000 €	0,3
		760 € / rotation		486 400 €	0,48
Traitement avec stabilisation	16000 tonnes	300 € / t		4 800 000 €	4,8
TOTAL				Entre 5,11 et 5,29 M€	

° 640 rotations d'une benne de 25 t

Tableau 9 - Estimatif des coûts d'élimination (transport et traitement) au centre de stockage de Bellegarde (Gard)

4.3. CONFINEMENT SUR PLACE

Avec le confinement *in situ*, les 12 000 m³ de matériaux contaminés sont laissés sur place et les mesures de confinement sont appliquées autour et sur la zone contaminée.

Cette option de dernier recours serait basé sur un remodelage du tas avec une limitation de la surface de stockage à 5000 m² sur 2 m de hauteur, dans la partie sud du dépôt actuel. Le dispositif comprendrait un système de drainage raccordé à la future station de traitement des eaux et associé à une couverture étanche formé par un PEHD et une couche de terre végétale. L'ensemble serait végétalisé et soumis à une surveillance périodique.

Une évaluation sommaire des coûts est synthétisée dans le tableau 10 ci-dessous.

Dénomination	Quantité	Prix unitaire €	Coût Total €
Chantier		4000	4000
Terrassement	8000 m3	4	32 000
Étanchéité	5000 m2	8	40 000
Drainage sur étanchéité	5000 m2	4	20 000
Couche de forme sur étanch/ drainage	2500 m2	15	37 500
Terre végétale	3000 m2	20	60 000
Végétalisation	15 000 m2	1	15 000
Tranchée / collecte	200 m l	35	7000
Fossés périphérique	200 m l	3	600
TOTAL			216 000 €

Tableau 10 - Estimatif des coûts des travaux pour un confinement *in situ* du dépôt de pyrite grillée.

5. Conclusions

L'étude décrite dans le présent rapport a été réalisée à la demande de la Société Minière de Chessy conformément à l'Arrêté Préfectoral du 16 juin 2002. Elle vise à fournir une étude technico-économique sur le devenir des résidus de pyrite grillée dont 16 000 tonnes subsistent sur le site de Chessy.

La recherche de filières de valorisation ou d'élimination s'est appuyée dans un premier temps sur la synthèse des caractéristiques physico-chimiques de ces déchets minéraux solides. L'analyse des données existantes complétées par la réalisation de caractérisations complémentaires pour répondre notamment aux exigences réglementaires nationales (essai de lixiviation selon la norme européenne X 30-402-2) révèle une double hétérogénéité, à la fois de distribution, liée à la répartition dans l'ensemble du dépôt, des sulfures résiduels porteurs d'éléments en trace (Cu, Zn, Cd..), et de constitution, liée à la nature et à l'abondance variable des sulfures résiduels dans un même échantillon. D'une manière générale, les résultats montrent également un matériau producteur d'acidité (pH compris entre 2,6 et 3,5) et libérant de fortes quantités de métaux (cuivre, zinc). Une représentativité ne pourrait être obtenue que par une remobilisation et une réhomogénéisation complète du matériau.

Cette caractéristique intrinsèque du produit nuit à la principale filière de valorisation matière (additif en cimenterie) utilisée par le passé et pour laquelle un dossier d'admission a été réalisé. Le contenu en éléments traces (cuivre, et zinc notamment) dépassent dans la plupart des cas, les limites réglementaires d'admission et constitue également pour cette option une contrainte supplémentaire.

L'évaluation de la filière d'élimination a concerné les conditions d'admission en centre de stockage de déchets industriels spéciaux. Le principal opérateur œuvrant dans le sud de la France a proposé une solution de stabilisation avant stockage se chiffrant à plus de 5 M€ avec un coût de transport s'élevant à 300 000 €.

Le confinement *in situ* apparaît comme une option technico-économique acceptable avec un coût d'environ 220 000 €, dès lors que la valorisation matière en cimenterie se révèle impossible et que le stockage en centre de déchets ultimes présente un coût prohibitif. Cette solution peut être également considérée comme une option transitoire préservant en fonction de l'évolution des techniques de recyclage, une possible reprise des matériaux dans le futur.

6. Bibliographie

Blanchard F. (2002) - Etudes et travaux complémentaires dans le cadre de la demande d'arrêt des travaux miniers de la concession de la Ronze à Chessy les mines. BRGM/RC-51712-FR, 199p., 31 fig., 20 tabl., 3 ann., 7 cartes.

Brunet J.F. (2001) - Caractérisation des solides présents sur le site de Chessy les mines (69), note technique BRGM.

NORMANDY LA SOURCE (1999) - "Mine de Chessy" , Audit environnemental : Société des mines de Chessy.

ANTEA (1999) - Mine de Chessy, Projet de mise en sécurité des stocks de pyrite brûlée. Rapport ANTEA n° A18343/A.

**Etude technico-économique sur la
gestion du stock de pyrite grillée
présent sur le site de Chessy
(Rhône)**
Annexes

BRGM/RP- 52707-FR
décembre 2003

Liste des annexes

- Annexe 1 - Analyses chimiques de la campagne de prélèvement de 2002

- Annexe 2 - Dossier d'admission en cimenterie et fiche de spécifications pour le centre de traitement du Teil

- Annexe 3 - Bordereaux d'analyses chimiques complémentaires.

Annexe 1

Analyses chimiques de la campagne de prélèvement de 2002

Gestion du stock de pyrite grillée de Chessy les Mines (Rhône)

INDR	Al2O3	Sb	Ag	As	Ba	Be	Bi	B	Cd	Ce	Cr	Co	Cu	Sn	Fe2O3t	La	Li	Mo	Ni	Nb	INDR	profondeur	Observations
N°	%	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	%	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	UNIT	an cm	
PG 4.03.2	2.80	46.0	47.7	112	1407	4	39	20	19	30	20	10	1809	20	23.10	40	20	44	20	40	PG 4.03.2		pyrite grillée dans le bois de pin
PG 4.03.3	2.70	113.0	37.1	147	1057	4	106	20	42	30	20	10	4309	20	36.60	40	20	42	20	40	PG 4.03.3		niveau inférieur
PP-1	2	74.0	15.9	143	3126	4	40	20	18	20	20	10	1799	20	59.50	40	20	53	20	40	PP-1	25	25 cm de pyrite grillée puis dalle
PP-2	2	82.0	13.1	121	3984	4	28	20	18	20	20	25	1384	20	85.80	40	20	53	20	40	PP-2	10	10 cm de pyrite grillée puis caillasse
PP-13	2	83.0	18.7	162	1892	4	52	20	16	23	20	11	1336	20	53.80	40	20	44	20	40	PP-13	20	composite central, terre brune homogène
PP-14	2	46.0	38.1	103	1260	4	21	20	24	26	20	10	2395	20	39.60	40	20	42	20	40	PP-14	15	composite sur talus du bas de la partie nord
PP-9	2	73.0	45.2	185	1449	4	120	20	16	25	20	10	1401	20	41.40	40	20	52	20	40	PP-9	70	même fosse que pp8 mais niveau la de vin A argile le
PP-7	2	56.0	47.2	133	1202	4	54	20	24	26	20	10	2737	20	40.50	40	20	49	20	40	PP-7	60	de vin 20 cm, B niveau "conglomératique"
PP-15	2	84.0	28.9	301	1461	4	71	20	19	25	20	10	1794	20	41.80	40	20	41	20	40	PP-15	60	composite autour de p21 (rouge en surface, ocre au fond)
PP-3-1	2.90	40.0	50.0	91	829	4	22	20	45	29	20	10	4448	20	33.30	40	20	56	20	40	PP-3-1	170	profil complet
PP-4	2	29.0	49.0	40	715	4	20	20	21	29	20	10	7010	20	24.10	40	20	51	20	40	PP-4	200	(près pièce) 1.2 m oxydés, 0.5 m d'argile rouge.
PP-5	2	29.0	43.0	69	778	4	35	20	66	26	20	10	4484	20	28.10	40	20	63	20	40			0.3 m peu oxydés
PP-6	2	36.0	40.5	40	914	4	20	20	92	29	20	10	5367	20	30.30	40	20	55	20	40			0.7 m de brun ocre et 0.3 m de vin
PP-8	2	34.0	41.5	67	842	4	34	20	20	23	20	10	2637	20	42.10	40	20	39	20	40			1m tout oxydés sauf les 10 derniers cm
PP-10	2	90.0	30.5	334	1960	4	110	20	15	22	20	10	1523	20	43.00	40	20	31	20	40			ocre avec une poche rouge à sulfures
PP-11	2	71.0	80.5	40	6155	4	44	20	17	42	20	10	657	20	25.60	40	20	47	20	40			1m argile brune, 50 cm argile rouge sombre
PP-12	2	66.0	22.4	329	2270	4	127	20	14	21	20	10	1805	20	47.10	40	20	32	20	40			
MOY PP3-ABC	2	78.2	42.5	154	3352	4	63.33	20	16.33	28.33	20	10	3253.33	20	36.67	40	20	38.67	20	40			
Minimum	2	28	13	40	715	4	20	20	14	20	20	10	657	20	23	40	20	31	20	40			
Maximum	2.90	113	80.50	334	6155	4	127	20	92	42.00	20	25	7010	20	65.60	40	20	63	20	40			
Moyenne	2.13	62.07	38.71	147.30	1931.26	4	57.59	20	27.85	26.35	20	10.89	2677.96	20	39.67	40	20	46.15	20	40			

INDR	CaO	MgO	MnO	K2O	TiO2	PM	PP	P2O5	Pb	SiO2	So	St	Sr	SO4	W	V	Y	Zn	Zr
N°	%	%	%	%	%	%	%	mg/Kg	mg/Kg	%	%	%	mg/Kg	%	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
PG 4.03.2	2	2	0.02	1.3	0.18	15.30	1.18	486	4311	25.10	0.10	6.60	2303	4.07	20	30	40	3195	114
PG 4.03.3	2	2	0.02	1.0	0.15	10.70	1.36	242	12000	24.30	0.10	5.30	1498	5.50	20	29	40	7445	96
PP-1	2	2	0.02	1.0	0.10	15.80	1.26	200	1022	14.00	0.10	2.50	810	1.50	20	26	40	1576	40
PP-2	2	2	0.02	1.0	0.08	16.20	0.94	200	1016	15.10	0.10	2.08	791	1.14	20	23	40	1116	40
PP-13	2	2	0.02	1.0	0.21	14.40	1.52	200	1335	16.00	0.10	3.10	923	2.40	20	39	40	1539	53
PP-14	2	2	0.02	1.0	0.07	12.40	3.12	200	3288	12.50	0.10	5.80	2372	2.77	20	30	40	2423	53
PP-9	2	2	0.02	1.0	0.14	12.90	1.92	263	3175	15.60	0.10	5.70	2243	2.83	20	31	40	1567	57
PP-7	2	2	0.02	1.0	0.07	14.20	1.31	200	4990	12.80	0.10	6.30	2744	2.10	20	20	40	2920	55
PP-15	2	2	0.02	1.0	0.07	15.90	0.92	285	2115	17.10	0.10	4.93	1894	2.25	20	25	40	2412	46
PP-3-1	2	2	0.02	1.3	0.18	33.70	0.90	449	2950	21.00	0.19	6.00	2061	4.40	20	23	40	8651	111
PP-4	2	2	0.02	1.0	0.13	11.50	6.52	266	4268	13.40	4.50	22.90	3024	2.20	20	20	40	3486	78
PP-5	2	2	0.02	1.0	0.08	11.80	0.39	302	4539	11.30	0.24	8.40	2675	2.94	20	20	40	15680	54
PP-6	2	2	0.02	1.0	0.07	12.80	1.21	388	4588	12.70	0.19	7.80	3160	2.30	20	27	40	23074	98
PP-8	2	2	0.02	1.0	0.04	11.40	1.90	200	3202	11.20	0.16	5.50	1852	3.13	20	27	40	2000	43
PP-10	2	2	0.02	1.0	0.03	13.10	2.81	200	1113	13.40	0.10	5.20	1816	2.25	20	26	40	1247	40
PP-11	2	2	0.02	1.0	0.11	15.50	0.31	200	11239	20.30	0.10	5.20	3055	0.90	20	20	40	3032	67
PP-12	2	2	0.02	1.0	0.02	15.00	1.06	200	675	13.80	0.10	4.20	1455	1.58	20	20	40	762	40
MOY PP3-ABC	2	2	0.02	1.0	0.08	14.50	1.36	259	4342	15.60	0.10	5.20	2100	2.48	20	22	40	1880	58
Minimum	2	2	0.02	1.0	0.02	11.40	0.31	200	675	11.2	0.1	2.08	791	0.6	20	20.0	40	762	40
Maximum	2	2	0.02	1.3	0.21	33.7	8.52	486	12000	25.1	4.5	22.9	3169	5.5	20	39.0	40	23974	114
Moyenne	2	2	0.02	1.03	0.1	14.83	1.78	259.94	3898.30	15.86	0.37	6.42	2060.91	2.52	20	25.44	40	4716.96	62.26

INDR	Al2O3	Sb	Ag	As	Ba	Be	Bi	B	Cd	Ce	Cr	Co	Cu	Sn	Fe2O3t	La	Li	Mo	Ni	Nb
N°	%	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	%	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
PP3 A	3.00	44	82.30	40	1503	4	20	20	81	36	20	10	11678	20	25.30	40	20	63	20	40
PP3 B	2.40	43	57.10	40	1103	4	31	20	24	35	20	10	3267	20	26.90	40	20	58	20	40
PP3 C	2.00	49	35.00	123	1360	4	46	20	19	29	20	10	2332	20	36.80	40	20	44	20	40
MOY PP3	2.47	45.33	58.13	87.67	1322.67	4	32.33	20	41.33	35.33	20	10	5199.33	20	29.67	40	20	55	20	40

INDR	CaO	MgO	MnO	K2O	TiO2	PM	PP	P2O5	Pb	SiO2	So	St	Sr	SO4	W	V	Y	Zn	Zr
N°	%	%	%	%	%	%	%	mg/Kg	mg/Kg	%	%	%	mg/Kg	%	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
PP3 A	2	2	0.02	1.0	0.21	16.8	4.15	200	4392	22.60	0.1	19.00	2185	0.86	20	20	40	18731	132
PP3 B	2	2	0.02	1.2	0.16	14.7	1.56	367	5178	18.50	0.1	7.50	2296	4.70	20	23	40	8062	104
PP3 C	2	2	0.02	1.0	0.08	12.1	1.32	244	2867	13.30	0.1	6.00	2220	2.67	20	28	40	2484	66
MOY PP3	2	2	0.02	1.07	0.15	14.53	2.34	270.33	4192.33	18.13	0.1	7.83	2234	4.73	20	24.33	40	7779.33	101

Annexe 2

Dossier d'admission en cimenterie et fiche de spécifications pour le centre de traitement du Teil

SOCIETE MINIERE DE CHESSY
Société anonyme au capital de 38 112,25 €
Siège social : 39/43 Quai André Citroën, Tour Mirabeau,
75739 Paris Cedex 15

13 JAN. 2003

LAFARGE ciments Le Teil
BP 5
07400 LE TEIL

A l'attention de M. SZABO

Réf. : SG/FA CHE03 005

Objet : **Pyrite grillées de CHESSY-les-Mines (Rhône)- Dossier d'admission en cimenterie**

Monsieur,

Comme suite aux recommandations de Monsieur Singer et en complément de l'échantillon de 500g qui vous a été transmis séparément par Monsieur Blanchard du Service Environnement et procédés du BRGM, je vous prie de trouver, ci-joint, dûment remplis et signés, deux exemplaires de la fiche d'homologation ainsi que les résultats des analyses réalisées par le laboratoire du BRGM, conformément à vos prescriptions.

Dans l'attente de la suite que vous voudrez bien donner à ce dossier, je vous prie d'agréer, Monsieur, l'expression de mes sincères salutations.



Yves HOREL
Président du
Conseil d'administration

CHARACTERISTIQUES DU DECHET

ETAT PHYSIQUE

<input type="checkbox"/> Liquide : <input type="checkbox"/> Pompable <input type="checkbox"/> Visqueux	à froid : en température : °C	<input type="checkbox"/> Homogène <input type="checkbox"/> Hétérogène
<input type="checkbox"/> Pâteux	Couleur : :brune	Nombre de phases :
X Solide	Odeur : non perceptible X	
Granulométrie moyenne (mm) : 5		perceptible <input type="checkbox"/>
Granulométrie maximale (mm) : 10		

Autres caractéristiques :

CONNAISSANCE CHIMIQUE GENERALE

Composition chimique

Constituants principaux (éviter les abréviations)	Concentration connue (%)		
	minimale	moyenne	maximale
Al Exprimé en Al ₂ O ₃	2	2.13	2.9
Si Exprimé en SiO ₂	11.2	15.86	25.1
Fe Exprimé en Fe ₂ O ₃	23	39.6	65
Ca Exprimé en Ca	2	2	2
K Exprimé en K ₂ O	1	1.03	1.3
Mg Exprimé en MgO	2	2	2

Propriétés oxydo-réductrices (déchets liquides)

oxydant :	faible :
	moyen :
	fort :
réducteur :	faible :
	moyen :
	fort :

Autres éléments pertinents :

ANALYSE CHIMIQUE DETAILLEE			
Solubilité dans l'eau à °C :	mg/L	Température d'ébullition initiale :	°C
Viscosité à 20°C :	cps	Température de cristallisation :	°C
Viscosité à °C :	cps	Température d'auto-inflammation :	°C
Densité à °C :	kg/m ³	Teneur en eau :	11%
Point d'éclair :	°C	Carbone Organique Total :	<0.05%
Pouvoir Calorifique Inférieur (calculé) :	th/l	Matières En Suspension :	g/L
Pouvoir Calorifique Supérieur (mesuré) :	th/l	Hydrocarbures Totaux :	<5ppm
pH :		Phénols :	<0.3ppm
Cendres (1000°C) :	7.25%	Matières grasses :	%
Métaux lourds		Autres éléments chimiques	
mercure (Hg) :	0.8ppm	aluminium (Al) :	<0.1ppm
cadmium (Cd) :	28ppm	fer (Fe) :	<0.10ppm
thallium (Tl) :	5.4ppm	silicium (Si) :	ppm
antimoine (Sb) :	62ppm	calcium (Ca) :	ppm
arsenic (As) :	147ppm	sodium (Na) :	660ppm
plomb (Pb) :	3900ppm	potassium (K) :	
chrome (Cr) :	20ppm	magnésium (Mg) :	
cobalt (Co) :	11ppm	soufre :	0.37ppm
nickel (Ni) :	46ppm	Phosphore (P2O5) :	486ppm
vanadium (V) :	25ppm	azote :	ppm
étain (Sn) :	20ppm	Halogènes	
tellure (Te) :	<1ppm	chlore total :	<0.01ppm
sélénium (Se) :	3.4ppm	chlore organique :	ppm
zinc (Zn) :	4717ppm	brome :	<1ppm
cuiivre (Cu) :	2677ppm	iode :	<1ppm
manganèse (Mn) :	0.02ppm	fluor :	80ppm
Autres éléments pertinents : une lixiviation a été effectuée, le bordereau d'analyse est joint au présent dossier			

DONNEES DE SECURITE

Propriétés du déchet

irritant : <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non	toxique par contact : <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non	Risques spécifiques :
corrosif : <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non	toxique par inhalation : <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non	
inflammable : <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non	toxique par ingestion : <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non	
comburant : <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non	nocif : <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non	

Commentaires :

Le déchet ou les matières premières ou les procédés générateurs contiennent-ils les substances suivantes ?

	présence	teneur en %		présence	teneur en %
peroxydes organiques ou minéraux :			perchlorates :		
			réducteurs :		
nitriles organiques :			explosifs :		
nitrés organiques :			produits radioactifs :		
anhydrides organiques :			déchets biologiques, anatomiques:		
phénol :			germes pathogènes :		
benzène :			produits lacrymogènes :		
produits séléniés :			PCB-PCT :		
éthers :			PCP :		

Risques de réactions dangereuses

		émissions vapeurs nocives	inflammation	explosivité	polymérisation	prise en masse
<i>Cocher les cases concernées</i>						
Ne pas exposer	à la chaleur					
	à la compression					
Ne pas mélanger avec	l'eau					
	l'air					
	un acide					
	un alcalin					
	un oxydant					
	Un réducteur					
	autre :					

DONNEES DE SECURITE (SUITE)

Précautions liées à la manipulation et au stockage

<u>Manipulation</u>	<u>Stockage</u>
gants <input type="checkbox"/> type :	matériaux utilisés par le producteur :
lunettes <input type="checkbox"/> type :	
tenue de travail intégrale <input type="checkbox"/> type :	matériaux conseillés :
masque <input type="checkbox"/> type :	matériaux déconseillés :
autres <input type="checkbox"/> type :	agitation <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non

recommandations : La lixiviation par les eaux de pluie conduit à la formation de jus acides chargés en métaux, par oxydation des sulfures résiduels

Conduite à tenir en cas d'accident de personne

projection oculaire :

projection cutanée :

ingestion :

inhalation :

Conduite à tenir en cas d'incendie

produits à utiliser pour l'extinction :

produits interdits :

Recommandations en cas de dispersion accidentelle

mesures individuelles de prévention :

mesures de protection de l'environnement :

DONNEES RELATIVES AU TRANSPORT

Modalités de transport (arrêté "ADR")

Groupe		Code danger	
		Code matière	
Matière d'assimilation :		Type de conditionnement :	
Code de dangerosité : N° H		Caractéristiques physiques :	
Code de transport :		Mode de traitement :	

DONNEES RELATIVES A L'ETIQUETAGE

Modalités étiquetage (étiquetage CEE)

Phrases de risque (nature des risques particuliers) :

(à rédiger)	R
	R
	R
	R

Phrases de sécurité (conseils de prudence) :

(à rédiger)	S
	S
	S
	S

Producteur :

Déchet :

RESPONSABILITE : Le producteur ou détenteur soussigné :

- certifie que son produit ne contient pas de PCB-PCT et PCP, de substances radioactives, d'explosifs, ni liquides particulièrement inflammables (1),
- certifie qu'il connaît son engagement de responsabilité au titre de la loi du 15 juillet 1975 sur les déchets et la récupération des matériaux et s'engage à procurer toute l'information utile à la bonne élimination de son déchet,
- certifie que toutes les informations requises par l'article 25 de l'Arrêté Ministériel du 10/10/96 et, en particulier, celles nécessaires à la manipulation lors de l'élimination de ce déchet figurent sur cette fiche,
- s'engage à livrer un produit conforme aux spécifications de cette fiche,
- s'engage à porter connaissance de Lafarge Ciments tout changement qui interviendrait sur le déchet modifiant les indications stipulées sur la fiche d'homologation,
- s'assure que le transport du déchet est effectué suivant la réglementation et les conditions de sécurité en vigueur (assurances, habilitations des chauffeurs aux transports de matières dangereuses, agrément et signalisation du véhicule, consignes propres au site Lafarge Ciments).

(1) point d'éclair < 0°C et tension vapeur > 1013 mb à 35°C, ex : oxydes d'éthylène, sulfure de carbone, éther éthylique...

Fait à : Orléans.....

le

Cachet du détenteurNom et fonction du responsableSignature

Yves HOREL
Président du Conseil
d'administration

.....

 ACCEPTATION DU DECHET :

valant **Certificat d'Acceptation Préalable** (article 25 de l'Arrêté du 10/10/96).

Numéro de CAP :

Acceptation de Lafarge Ciments, usine de de prise en charge du déchet au vu de l'information préalable fournie par le producteur ou le détenteur ci-dessus et du dossier analytique joint, sous réserve que les livraisons soient conformes aux informations de la fiche ci-dessus, et respectent les plages d'acceptation de la cimenterie. Lafarge Ciments se réserve le droit d'accepter le déchet à condition qu'il respecte les dispositions réglementaires en vigueur.

Cette acceptation est valable un an.

 REFUS DU DECHETMotif :

.....

Fait à :

le

CachetNom et fonction du responsableSignature



FICHE DE SPECIFICATIONS CENTRE DE TRAITEMENT

Transmise au producteur ou au détenteur en même temps que le certificat d'accès.

1 - DESIGNATION DU CENTRE DE TRAITEMENT -----

Code filière : LETE09

Gamme : VALMAT

Nom : LAFARGE Ciments - LE TEIL

Adresse : BP 5 - 07400 LE TEIL

Tél. : 04.75.49.50.00

Fax. : 04.75.49.13.60

N° AP d'autorisation : 97337 du 26/03/97

Convention Agences de l'eau : SN RMC AP LB AG RM

Code filière Agences de l'eau : 28

2 - CONTRAINTES REGLEMENTAIRES D'ACCEPTATION -----

Code nomenclature déchets : C264, C265, C 261, C 281, C 282

Déchets interdits :	Déchets à concentration limitée :
Produits radioactifs ou émettant des rayonnements ionisants	PCB - PCT < 50 ppm
Explosifs	PCP (seuil non déterminé)
Peroxydes, perchlorates et oxydants puissants	HCT (VALMAT) < 0,5 %
Cyanures minéraux	Voir arrêté spécifique pour catalyseurs usés FCC (joint en annexe)
Produits lacrymogènes	Pb+Zn+Cd+Hg+As+Cr < 0,1%
Déchets hospitaliers, anatomiques	Sb+As+Pb+Cr+Co+Ni+V+Sn+Te+Se < 2500 ppm
Déchets pollués de germes pathogènes	Hg < 10 ppm - S > 2% - Cl < 1 %
Les liquides particulièrement inflammables (rubrique 253 A des ICPE)	Cd+Hg+Tl < 100 ppm

3 - CONTRAINTES INTERNES DU CENTRE -----

Teneur en eau maximale : 10 % (sauf accord spécifique)
Alcalins Na₂O + K₂O ≤ 5 %
Cl total ≤ 0,3 %
S total ≤ 5 % (sauf valorisation sulfates)
P total < (exprimé en P₂O₅) 2 %
F total ≤ 2 %
Br total ≤ 0,5 %
I total ≤ 0,5 %

Note importante : Chaque dossier VALMAT fait l'objet d'une étude particulière en fonction du point d'introduction et des impacts potentiels sur la qualité produit et les émissions atmosphériques

4 - CONDITIONS TECHNIQUES DE LIVRAISONS -----

Matériel de transport admissible : VRAC CITERNE VRAC benne baché Citerne à pulvérulent
Equipé de son surpresseur VRAC à fond mobile
Big bag GRV

Date :

Signature Responsable du Centre de Traitement :

CONDITIONS PARTICULIERES DE RECEPTION DES DECHETS

1- PROGRAMMATION DES RECEPTIONS

- La programmation des livraisons des déchets est établie au plus tard chaque vendredi pour la semaine suivante par le responsable désigné de SCORI. Elle est confirmée par un FAX.
- Plage horaire de réception :
Les livraisons s'effectuent au jour et heure indiqués dans le FAX de programmation. Les livraisons sont réceptionnées du Lundi au Vendredi (sauf jours fériés) de :

7 H 30 à 11 H 00	le matin
13 H 30 à 15 H 30	l'après-midi

Sauf le vendredi :

(Sans objet)	le matin
(Sans objet)	l'après-midi

2- DOCUMENTS ADMINISTRATIFS

La livraison doit être accompagnée des documents suivants :

- BSDI rempli et signé du transporteur et du producteur ou détenteur si obligatoire.
- D'une copie du certificat d'accès au réseau.
- Le cas échéant, du Bordereau européen de transfert transfrontalier.
- Les documents exigés pour le transport des matières dangereuses (arrêté dit ADR) y compris le récépissé institué par le décret 98-679.
- Et d'une façon générale de tous documents fixés par les réglementations (déclaration fiscale d'accompagnement pour les hydrocarbures, acquit à caution pour les alcools...).

3- CONTROLES A RECEPTION

- Le chauffeur doit se conformer au règlement intérieur du Centre ¹ et disposer des équipements de protection individuelle.
- Chaque livraison est échantillonnée par le personnel habilité du centre ou sous contrôle aux fins des analyses prévues. L'échantillon prélevé est conservé 3 mois par le centre.
- En cas de non conformité, la livraison est refusée et la DRIRE est informée conformément à la réglementation.
- Le transport ainsi que le chargement, l'étiquetage et le conditionnement se font sous la responsabilité du producteur ou du détenteur du déchet le cas échéant.
- Les contrôles nécessaires peuvent provoquer une immobilisation du véhicule de 3 heures.
- Le véhicule est pesé sur la bascule du Centre à l'entrée et après le dépotage, le poids enregistré fait foi pour la facturation.

¹ En particulier respect du plan de circulation et des consignes de déchargement

MODELE TYPE D'ANALYSE D'ACCEPTATION VALMAT

Paramètres	Unités	Résultat	L.Q	Méthodes
CIT	G/kg sur brut			
GOT	G/kg sur brut			
Hydrocarbures totaux	Mg/kg sur brut			
Indice phénol	Mg/kg sur brut			
Pentachlorophénol PCP	Mg/kg sur brut			
Perte au feu	% sur brut			
Siccité	% sur brut			
Somme AMIDIS 1	Mg/kg sur brut			
Somme AMIDIS 2	Mg/kg sur brut			
Somme AMIDIS 3	Mg/kg sur brut			
PCT	Mg/kg sur brut			

Halogènes

Paramètres	Unités	Résultat	L.Q	Méthodes
Brome total	Mg/kg sur brut			
Chlore organique	Mg/kg sur brut			
Chlore total	Mg/kg sur brut			
Fluor total	Mg/kg sur brut			
Iode total	Mg/kg sur brut			

Éléments majeurs

Paramètres	Unités	Résultat	L.Q	Méthodes
Al ₂ O ₃	Mg/kg sur brut			
Aluminium	Mg/kg sur brut			
Calcium	Mg/kg sur brut			
CaO	Mg/kg sur brut			
Cuivre	Mg/kg sur brut			
CuO	Mg/kg sur brut			
Fe ₂ O ₃	Mg/kg sur brut			
Fer	Mg/kg sur brut			
K ₂ O	Mg/kg sur brut			
Manganèse	Mg/kg sur brut			
MnO ₂	Mg/kg sur brut			
Molybdène	Mg/kg sur brut			
MoO ₃	Mg/kg sur brut			
Phosphore	Mg/kg sur brut			
Potassium	Mg/kg sur brut			
Silicium	Mg/kg sur brut			
SiO ₂	Mg/kg sur brut			
SiO ₂ + CaO + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	Mg/kg sur brut			
Sodium	Mg/kg sur brut			

Éléments mineurs

Paramètres	Unités	Résultat	L.Q	Méthodes
Antimoine	Mg/kg sur brut			
Arsenic	Mg/kg sur brut			
Cadmium	Mg/kg sur brut			
Chrome	Mg/kg sur brut			
Cobalt	Mg/kg sur brut			
Etain	Mg/kg sur brut			
Mercuré	Mg/kg sur brut			
Nickel	Mg/kg sur brut			
Plomb	Mg/kg sur brut			
Selenium	Mg/kg sur brut			
Soufre	Mg/kg sur brut			
Tellure	Mg/kg sur brut			
Vanadium	Mg/kg sur brut			
Zinc	Mg/kg sur brut			
Thallium	Mg/kg sur brut			

Arochlor 1260 ou PCB 28,52, 101, 118, 138, 153, et 180	Mg/kg sur brut			
--	----------------	--	--	--

$$\Sigma \text{ AMIDIS 1} = \text{Hg} - \Sigma \text{ AMIDIS 2} = \text{Hg} + \text{Cd} + \text{TI} - \Sigma \text{ AMIDIS 3} = \text{Sb} + \text{Pb} + \text{Ni} + \text{Co} + \text{Se} + \text{Te} + \text{As} + \text{Cr} + \text{V} + \text{Sn}$$

ANALYSE DE LIXIVIAT

Paramètres	Unités	Résultat	L.Q	Méthodes
AOX	mg/kg sur brut			
Azote Kjeldhal	mg/kg sur brut			
Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$			
COT	Mg/kg sur brut			
Cyanures totaux	Mg/kg sur brut			
DCO	Mg/kg sur brut			
Fraction soluble	Mg/kg sur brut			
Hydrocarbures	Mg/kg sur brut			
Indice Phénol	Mg/kg sur brut			
pH				
Refus à 4 mm	% sur brut			

Métaux

Paramètres	Unités	Résultat	L.Q	Méthodes
Phosphore	mg/kg sur brut			

Éléments mineurs

Paramètres	Unités	Résultat	L.Q	Méthodes
Arsenic	Mg/kg sur brut			
Cadmium	Mg/kg sur brut			
Chrome	Mg/kg sur brut			
Chrome VI	Mg/kg sur brut			
Cuivre	Mg/kg sur brut			
Mercure	Mg/kg sur brut			
Nickel	Mg/kg sur brut			
Plomb	Mg/kg sur brut			
Etain	Mg/kg sur brut			
Zinc	Mg/kg sur brut			

Annexe 3

Bordereaux d'analyses chimiques complémentaires



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Chef du service : **A.M. FOUILLAC**
Correspondant Qualité : **C. LEDUC**
Coordination des analyses : **A. GADALIA**

Unité Chimie minérale des solides : **D. MARTINEAU**
Unité Chimie des micropolluants organiques : **L. AMALRIC**
Unité Chimie des eaux : **J.P. GHESTEM**
Unité Chimie isotopique : **J.P. GIRARD**

RAPPORT D'ANALYSES

Demandeur	COTTARD EPI/ENV
Provenance des échantillons	CHESSY
Nature des prélèvements	PYRITE GRILLEE
N° ANA	J7034A
N° de demande	2511679
N° d'affaire	
N° de compte	TECHE

Laboratoire **Analyse chimique des eaux et micropolluants métalliques**

Responsable **T.CONTE**

Téléphone : (33) 02 38 64 30 17

Télécopie : (33) 02 38 64 39 25

Résultats certifiés par le(s) responsable(s) de laboratoire le : 27-NOV-03

Visa A. Gadalia

->-> ATTENTION AUX INFORMATIONS PORTEES PAGE(S) SUIVANTE(S).

Les résultats exprimés ne concernent que les échantillons soumis à essais.

La reproduction de ce rapport d'essais n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Tour Mirabeau - 39-43, quai André-Citroën, 75739 Paris Cedex 15 - France
Tél. 01 40 58 89 00 - Fax 01 40 58 89 33

brgm Établissement public à caractère industriel et commercial - RCS 58 b 5614 Paris - SIRET 58205614900419
www.brgm.fr

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin, BP 6009, 45060 Orléans Cedex 2 - France
Tél. 02 38 64 34 34 - Fax 02 38 64 35 18

Nb Pages **3**

Les analyses suivantes ont été réalisées dans le laboratoire : **Analyse chimique des eaux et micropolluants métalliques**

Le mode opératoire est utilisé pour doser :	NF EN ISO 11885	MAR-98 Analyse par ICP - spectrométrie d'émission.
Fer		
Le mode opératoire est utilisé pour doser :	NF EN ISO 10304	Méthode par chromatographie ionique(DIONEX)selon NF EN ISO 10304-1 (Juin 1995) pour les eaux faiblement contaminées et NF EN ISO 10304-2 pour les eaux usées (Sept 1996). Evaluation des aires des pics.
Fluorures		
Le mode opératoire est utilisé pour doser :	M0108	Analyse d'éléments traces par ICP/MS.
Arsenic		
Baryum		
Cadmium		
Chrome		
Culvre		
Molybdène		
Nickel		
Plomb		
Antimoine		
Etain		
Zinc		
Le mode opératoire est utilisé pour doser :	NF T 90-008	FEV-01 Méthode à l'électrode de verre.
pH		
Le mode opératoire est utilisé pour doser :	NF T 90-029	JUN-70
Fraction soluble		
Le mode opératoire est utilisé pour doser :	NF EN 1484	JUL-97 Analyse par oxydation au persulfate à chaud
Carbone organique total		
Le mode opératoire est utilisé pour doser :	NF EN 13506	JAN-02 Dosage du mercure total par spectrométrie de fluorescence atomique.
Mercure		

Commentaire du laboratoire :Lixiviation 1x24h selon la norme X30-402-2 : analyse sur le lixiviat.

Les échantillons reçus non conditionnés selon la norme NF EN ISO 5667-3 font l'objet d'un commentaire du laboratoire.
 Tout échantillon concernant des études d'environnement est détruit un mois après la remise des résultats sauf demande du client.
 Pour les solides : résultats exprimés sur matière sèche.
RESULTATS : les limites de dosabilité sont fonction de la méthode, de la matrice et du coefficient de dilution utilisés. Les éléments majeurs sont donnés avec une précision de 5% relative, les éléments traces avec 10%, pour des valeurs en milieu de gamme.
UNITES : elles peuvent être différentes selon les éléments
 g/l, mg/l, µg/l(1µg/l=0.001mg/l), ng/l(1ng/l=0.001µg/l)
 %(pourcentage massique)
 mg/Kg(1mg/Kg=0.0001%), µg/Kg(1µg/Kg=0.001mg/Kg)
 µg=microgramme, ng=nanogramme

	Unité	Identification			
		Labo Client	1 PYG-1		
pH	U	LDI	2.		2.60
Carbone organique total	mg/Kg	LDI	5.		18.
Fluorures	mg/Kg	LDI	1.		2.
Arsenic	mg/Kg	LDI	0.1	<	0.1
Baryum	mg/Kg	LDI	0.05		0.20
Cadmium	mg/Kg	LDI	0.02		3.84
Chrome	mg/Kg	LDI	0.05		0.22
Cuivre	mg/Kg	LDI	0.02		590.
Fer	mg/Kg	LDI	0.2		267.
Molybdène	mg/Kg	LDI	0.1	<	0.1
Nickel	mg/Kg	LDI	0.05		0.21
Plomb	mg/Kg	LDI	0.02		20.2
Antimoine	mg/Kg	LDI	0.05	<	0.05
Étain	mg/Kg	LDI	0.1	<	0.1
Zinc	mg/Kg	LDI	0.05		1186.
Mercuré	mg/Kg	LDI	0.0005		0.009
Fraction soluble	mg/Kg	LDI	1.		11631.

LDI : Limite Inférieure de dosabilité



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Chef du service : A.M. FOUILLAC
Correspondant Qualité : C. LEDUC
Coordination des analyses : A. GADALIA

Unité Chimie minérale des solides : D. MARTINEAU
Unité Chimie des micropolluants organiques : L. AMALRIC
Unité Chimie des eaux : J.P. GHESTEM
Unité Chimie isotopique : J.P. GIRARD



Demandeur	COTTARD
	EPI/ENV
Provenance des échantillons	CHESSY
Nature des prélèvements	PYRITE GRILLEE
N° ANA	J7034B
N° de demande	2511680
N° d'affaire	
N° de compte	TECHE

Laboratoire Analyse chimique élémentaire

Responsable D. MARTINEAU

Laboratoire Analyse chimique multiéléments

Responsable T. LAURIOUX

Laboratoire Analyse chimique par ICP/MS

Responsable R. COTTIER

Téléphone : (33) 02 38 64 30 17

Télécopie : (33) 02 38 64 39 25

Résultats certifiés par le(s) responsable(s) de laboratoire le : 21-NOV-03

Visa F. Augustin

[Signature]
Alain GADALIA
 Coordonnateur des Analyses
 Service Analyse et
 Caractérisation Minérale

-> -> ATTENTION AUX INFORMATIONS PORTEES PAGE(S) SUIVANTE(S).

Les résultats exprimés ne concernent que les échantillons soumis à essais.
La reproduction de ce rapport d'essais n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Nb Pages ...6

Siège
Tour Mirabeau - 39-43, quai André-Citroën, 75739 Paris Cedex 15 - France
Tél. 01 40 58 89 00 - Fax 01 40 58 89 33

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin, BP 6009, 45060 Orléans Cedex 2 - France
Tél. 02 38 64 34 34 - Fax 02 38 64 35 18

brgm Établissement public à caractère industriel et commercial - RCS 58 b 5614 Paris - SIRET 58205614900419
www.brgm.fr

Les analyses suivantes ont été réalisées dans le laboratoire : Analyse chimique élémentaire

Le mode opératoire est utilisé pour doser :	MO07	Analyses Ag-Ba-Cu-Fe-Pb-Sr-Zn (absorption atomique); Cl (potentiométrie); Fe (volumétrie); S-So-SO4-St-Ba (gravimétrie).
Cuivre		
Plomb		
Zinc		
Le mode opératoire est utilisé pour doser :	MO009	Analyse des Roches Al-Ca-Fe-K-Mg-Mn-Na (absorption atomique); Ca-Mg-FeO (volumétrie); Cl (potentiométrie); F (ionométrie); SiO2 (spectrophotométrie); Cl-St (Leco).
Sodium		
Le mode opératoire est utilisé pour doser :	MO010	Détermination de la perte au feu à 1000°C
Perte au feu à 1000°C		
Le mode opératoire est utilisé pour doser :	MO083	Dosage du mercure (absorption atomique - vapeurs froides) selon NF EN 1483 après mise en solution à l'eau régale selon pr NF EN 13346.
Mercure		
Le mode opératoire est utilisé pour doser :	MO106	Perte de Masse et Humidité.
Perte de masse à 40°C		
Le mode opératoire est utilisé pour doser :	MO141	Dosage du Sélénium (absorption atomique - four).
Sélénium		
Le mode opératoire est utilisé pour doser :	NF ISO 10694	JUN-95 Dosage du carbone organique et du carbone total.
Carbone organique		
Le mode opératoire est utilisé pour doser :	MO254	Dosage du cadmium (absorption atomique avec atomisation électrothermique) selon NF EN ISO 5961 après mise en solution totale selon NF X31-147.
Cadmium		
Le mode opératoire est utilisé pour doser :	NF ISO 11048	JUL-95 Dosage du sulfate soluble dans l'eau et dans l'acide.
Sulfates		

Commentaire du laboratoire : Les résultats sont exprimés sur produit séché à 40°C.

Tout échantillon concernant des études d'environnement est détruit un mois après la remise des résultats sauf demande du client.

UNITES : Elles peuvent être différentes selon les éléments :

g/l, mg/l, µg/l (1 µg/l = 0.001 mg/l),

%(pourcentage massique),

g/t = mg/Kg (1 mg/Kg = 0.0001%), mg/l = µg/Kg (1 µg/Kg = 0.001 mg/Kg),

µ = microgramme, t = tonne

Les analyses suivantes ont été réalisées dans le laboratoire : **Analyse chimique multiéléments**

Le mode opératoire MO077 **Détermination de la perte de masse avant ICP**
est utilisé pour doser :
Perte de masse à 450°C

Le mode opératoire MO111 **Analyse multiélémentaire par ICP**
est utilisé pour doser :

Silice
Alumine
Fer total exprimé en Fe₂O₃
Oxyde de Calcium
Oxyde de Magnésium
Oxyde de Potassium
Oxyde de Titane
Phosphore total en P₂O₅
Bore
Vanadium
Chrome
Cobalt
Nickel
Arsenic
Molybdène
Etain
Baryum
Tungstène
Bismuth

Commentaire du laboratoire : résultats exprimés sur produit séché à 40°C. Ba analysé au labo Chimie par Absorption Atomique.

RESULTATS : Toute valeur supérieure à la limite supérieure de dosabilité peut entraîner une interférence non contrôlée sur l'un quelconque des éléments.

Les éléments majeurs sont donnés avec une précision de 5% relative en milieu de gamme et les éléments traces avec 10% dans les mêmes conditions.

REMARQUES : Les résultats des 8 éléments majeurs de l'analyse ICP ne peuvent en aucun cas être utilisés pour une interprétation pétrographique ni pour une évaluation de gisement.

UNITES : g/t = gramme par tonne = mg/Kg

Les analyses suivantes ont été réalisées dans le laboratoire : Analyse chimique par ICP/MS

Le mode opératoire MO080 Analyses Quantitatives ICP/MS Solides (après mise en solution)
est utilisé pour doser :
Thalium

Commentaire du laboratoire : Les résultats sont exprimés sur produit séché à 40°.

RESULTATS : Sauf remarque particulière, les résultats sont exprimés sur produit brut.

UNITES : Elles peuvent être différentes selon les éléments :

g/l, mg/l, µg/l (1µg/l=0.001mg/l), ng/l (1ng/l=0.001µg/l)

%(pourcentage massique)

g/Kg (1g/Kg=0.1%), g/t=mg/Kg (1mg/Kg=0.0001%), mg/t=µg/Kg (1µg/Kg=0.001mg/Kg)

µg=microgramme, ng=nanogramme, t=tonne

Identification

Labo	1
Client	PYG-1

	Unité				
Cadmium	mg/Kg	LDI	2.		22.
Carbone organique	%	LDI	0.05	<	0.05
Cuivre	mg/Kg	LDI	5.		3100.
Mercuré	mg/Kg	LDI	0.1		1.5
Cendre au feu à 1000°C	%	LDI	0.05		6.02
Perte de masse à 40°C	%	LDI	0.05		1.56
Plomb	%	LDI	0.05		0.61
Sélénium	mg/Kg	LDI	1.		6.2
Sodium	%	LDI	0.01		0.10
Sulfates	%	LDI	0.2		3.77
Zinc	%	LDI	0.01		0.58
Silice	%	LDI	1.		24.4
Alumine	%	LDI	1.		2.0
Fer total exprimé en Fe2O3	%	LDI	1.		40.2
Oxyde de Calcium	%	LDI	1.	<	1.0
Oxyde de Magnésium	%	LDI	1.	<	1.0
Oxyde de Potassium	%	LDI	0.5		0.70
Oxyde de Titane	%	LDI	0.01		0.11
Phosphore total en P2O5	mg/kg	LDI	100.		449.
Bore	mg/kg	LDI	10.	<	10.
Vanadium	mg/kg	LDI	10.		20.

Identification

Labo	1
Client	PYG-1

Unité

	Unité	LDI	10.	<	10.
Chrome	mg/kg	LDI	10.	<	10.
Cobalt	mg/kg	LDI	5.	<	5.
Nickel	mg/kg	LDI	10.		11.
Arsenic	mg/kg	LDI	20.		136.
Tolylbdène	mg/kg	LDI	5.		49.
Etain	mg/kg	LDI	10.		16.
Baryum	%	LDI	1.		17.9
Wngstène	mg/kg	LDI	10.	<	10.
Bismuth	mg/kg	LDI	10.		56.
Perte de masse à 450°C	%	LDI	0.05		1.90
Thalium	mg/kg	LDI	0.1		4.5

LDI : Limite Inférieure de dosabilité