



Document public

Etude technico-économique sur la gestion des décantats du site de Chessy-Les-Mines

BRGM/RP-53041-FR
juin, 2004

89 37 40 46 -625 5

BRGM
06 JUIL. 2006
BIBLIOTHEQUE

10

Document public

Etude technico-économique sur la gestion des décantats du site de Chessy-Les-Mines

BRGM/RP-53041-FR
juin, 2004

F. Cottard et D. Cazaux

Mots clés : boues de neutralisation, valorisation matière, stockage en CET de classe I, stockage en place, Chessy-les-Mines

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Cottard F. et Cazaux D. (2004) – Etude technico-économique sur la gestion des décantats produits actuellement et dans l'avenir sur le site de Chessy-les-Mines (Rhône). BRGM/RP-53041-FR, 49 p., 10 fig., 15 tabl. 1 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 décantats produits actuellement et dans l'avenir à l'issue du traitement par neutralisation des eaux acides provenant des travaux miniers de l'ancienne mine de Chessy a été réalisée à la demande de la Société Minière de Chessy et en exécution de l'arrêté préfectoral du 17 juin 2003. Environ 275 tonnes de boues seront produites annuellement à partir de la mise en service de la station de traitement ce qui représentera approximativement 170 tonnes de décantats.

L'étude comprend dans un premier temps une synthèse des caractéristiques physico-chimiques des résidus basées sur les analyses intégrant les procédures (essai de lixiviation selon la norme X 30-402-2) et les éléments chimiques satisfaisant aux critères d'admission dans les filières de valorisation matière en cimenterie et d'élimination en centre de stockage de déchets industriels. Les résultats d'analyses montrent des concentrations élevées en sulfates et métaux (principalement cuivre et zinc) dans les décantats mais ils ne sont pas mobilisables dans les conditions de pH élevé.

La démarche technico-économique s'est appuyée sur les trois options les plus évidentes pour ce type de produit.

Pour la filière de valorisation des produits en cimenterie en temps que Matière Première Secondaire, les contacts menés avec LAFARGE CIMENT ont montré que les concentrations élevées en métaux ne satisfont pas aux conditions d'admission.

La filière d'élimination en centre de stockage de Déchets Industriels Spéciaux a été évaluée avec l'appui de FRANCE DECHET, principal opérateur de traitement de déchets industriels de la région Rhône-Alpes avec le centre de Bellegarde dans le Gard. Les décantats y sont admissibles avec un coût prohibitif s'élevant à 220 € la tonne auquel il faut rajouter un coût de transport d'environ 3 200 €. Le coût total annuel s'élève à 41 520 € soit 245 € /t ce qui représente une solution difficilement acceptable sur le plan économique pour les décennies à venir.

Une troisième option, basée sur le stockage sur place a été étudiée à partir de deux scénarii : la réutilisation de bassins disponibles le long de l'allée des platanes (BD1 à BD3) et l'aménagement d'alvéoles de stockage lorsque les bassins de décantation actuels arriveront en fin de vie. Ces solutions permettraient une gestion des résidus sur une période d'environ 60 ans au terme de laquelle, une nouvelle étude technico-économique pourrait être entreprise en tenant compte des conditions techniques et des filières d'élimination du moment.

Le coût global du stockage en place pour chaque scénario a été évalué respectivement à 73 000 € pour les bassins BD1 à BD3 et à 250 000 € pour un nouveau stockage hors sol.

Sommaire

1	Introduction	11
1.1	Contexte de l'étude	11
1.2	Objectifs	11
1.3	Reglementations en vigueur relatives à la valorisation ou élimination de déchets industriels	11
2	Bilan des connaissances acquises sur les produits	13
2.1	Situation du déchet par rapport aux reglementations en vigueur	13
2.1.1	Résidus de traitement d'effluents miniers	13
2.1.2	Classification du déchet	15
2.2	Localisation du dépôt et volume à traiter	15
2.2.1	Description sommaire de la future station de traitement.....	15
2.2.2	Bilan matière et production prévisionnelle de boues	16
2.3	Caractéristiques physico-chimiques	16
2.3.1	Caractéristiques physiques et minéralogiques	16
2.3.2	Caractéristiques chimiques.....	17
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	Centre de stockage contacté.....	23
3.3	Autres filières d'élimination possible : le stockage sur place.....	23
3.3.1	Stockage définitif en bassin de décantation et réhabilitation de BD3.....	24
3.3.2	Zone de stockage de l'allée des platanes	25
3.3.3	Stockage hors-sol.....	26
4	Evaluation économique des différentes solutions proposées	29
4.1	Valorisation en cimenteries	29
4.2	Elimination en centres de stockage.....	29
4.2.1	Evaluation des coûts	29
4.2.2	Comparaison avec d'anciens sites miniers similaires	31
4.3	Stockage sur place.....	31
4.4	Analyse technico-économique des filieres	32
5	Modes de stockage proposés sur site	35
5.1	Rappel sur les caracteristiques des bassins existants	35
5.1.1	Bassins de décantation	35
5.1.2	Zones de stockage	35
5.2	Modes de gestion des bassins de decantation futurs.....	36
5.2.1	Stockage définitif en bassin de décantation et réhabilitation de BD3.....	36
5.2.2	Exploitation alternée des bassins	39
5.2.3	Zones de stockage disponibles	41

5.2.4	Stockage hors sol	43
5.3	Devenir des eaux décantées et opportunité d'un point de rejet.....	44
5.3.1	Devenir des eaux décantées.	44
5.3.2	Opportunité d'un point de rejet.....	45
5.4	Qualité attendue des eaux décantées avant rejet dans le milieu naturel....	45
6	Conclusions	49

Liste des figures

Figure 1 -	Plan des bassins de décantation existants (Ech. 1/1000).....	2524
Figure 2 -	Plan de situation des zones de stockage proposées en aval de l'allée des platanes (Ech. 1/1000).....	26
Figure 3 -	Aire de stockage potentiel en partie nord des pyrites grillées (Ech. 1/1500).....	27
Figure 4 -	Schéma de remplissage des bassins de décantation fonctionnels à l'horizon 2050	37
Figure 5 -	Chronogramme prévisionnel dans le cas l'utilisation des 3 bassins	38
Figure 6 -	Chronogramme prévisionnel dans le cas de l'exploitation alternée Caractéristiques des stockages sur site	40
Figure 7 -	Plan de situation des sondages à la tarière sur le Site A (Ech. 1/1000)	42
Figure 8 -	Plan des zones de stockage de l'allée des Platanes (Ech. 1/1000)	43
Figure 9 -	Plan du réseau de drainage futur des exutoires des bassins (Ech. 1/1000).....	44
Figure 10 -	Schéma général du futur réseau de collecte unique des filtrats	45

Liste des tableaux

Tableau 1 -	Bilans de matière.....	16
Tableau 2 -	Tableau récapitulatif de la composition élémentaire et des résultats de lixiviation (test X 30-402 2) pour les décantats actuels du bassin BD 1	18
Tableau 3 -	Récapitulatif de la libération de sulfate et des principaux métaux au cours de la lixiviation d'un échantillon de composite de décantats récents.....	19
Tableau 4 -	Tableau récapitulatif des proportions cumulées de métal extrait au cours de la lixiviation X 31-210.....	19
Tableau 5 -	Analyse des sédiments du bassin de retenue des eaux acides (2002)	20
Tableau 6 -	Contraintes d'admission 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 les décantats actuels (test X 30 402-2)	23
Tableau 8 -	Estimatif des coûts d'élimination annuels (transport et traitement) au centre de stockage de Bellegarde (Gard) – (coût année 1 = 2005).....	30

Tableau 9 – Estimatif des coûts d'élimination pour un volume de 5000 m ³ (transport et traitement) vers le centre de stockage de Bellegarde (Gard) (coût année 1 = 2005).....	30
Tableau 10 - Tableau comparatif des coûts liés à l'élimination des boues de neutralisation produites sur plusieurs anciens sites miniers français (Coûts 2002)	31
Tableau 11 – Estimatif des coûts pour un stockage des boues sur site (coût année 1 = 2005)	32
Tableau 12 - Tableau comparatif des couts d'élimination à la tonne de décantat pour l'année 1 (2005)	33
Tableau 13 - Capacités et durées de service des bassins de décantations existants	35
Tableau 14 – Capacités et durées de service des zones de stockages potentielles	36
Tableau 15 - Récapitulatif des valeurs limites de concentration des rejets des effluents.....	47

Liste des annexes

Annexe 1 - Bordereaux d'analyses chimiques réalisées sur les décantats actuels	
--	--

1 Introduction

1.1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Dans le cadre de la réhabilitation de l'ancien site minier de Chessy, un Arrêté Préfectoral daté du 17 juin 2003 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 (décantats) provenant du traitement du drainage miniers acide des galeries ;
- des résidus de grillage des pyrites.

Faisant suite à l'étude portant sur le stock de pyrite grillée [Cottard, 2003], cette évaluation concerne les boues de neutralisation issues du traitement des eaux acides de la mine.

1.2 OBJECTIFS

En accord avec le libellé de l'arrêté préfectoral et la demande de la Société Minière de Chessy, cette étude comporte deux volets. Le premier 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.
- leur confinement sur place.

Le second volet s'attachera à évaluer les différentes solutions possibles de stockage sur site des décantats avec notamment une description des modes d'aménagement possible des stockages réalisés.

1.3 REGLEMENTATIONS EN VIGUEUR RELATIVES À LA VALORISATION OU ELIMINATION DE DÉCHETS INDUSTRIELS

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

- Décret N° 97-517 du 15 mai 1997 relatif à la classification des déchets dangereux.

- Arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets dangereux.
- Arrêté du 30 décembre 2002 relatif au stockage de déchets dangereux.
- Arrêté Ministériel du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.

Cet arrêté fixe notamment les prescriptions applicables aux rejets des effluents (Articles 21, 31 et 32).

Nous précisons de plus ici que, pour la concession de « La Ronze », l'installation de traitement des eaux d'exhaure et le ou les bassins de décantation des eaux qui seront en activité au moment du transfert à l'Etat, correspondent à des infrastructures relevant du régime minier. Cette disposition est précisée par la définition donnée à l'article 71 du Code Minier : la portée des installations ayant un caractère minier exclut les installations de transformation des produits extraits, ou toute autre fabrication industrielle n'ayant pas trait à la préparation, au lavage ou à la concentration des minerais extraits de la mine. Ces notions sont également précisées dans l'article 1^{er} de la circulaire du 22 décembre 1972 (lettre de la DRIRE de décembre 2003).

2 Bilan des connaissances acquises sur les produits

2.1 SITUATION DU DÉCHET PAR RAPPORT AUX RÉGLEMENTATIONS EN VIGUEUR

2.1.1 Résidus de traitement d'effluents miniers

a) Rappel du procédé de traitement et propriétés des résidus

Les décantats (ou boues) correspondent aux résidus des traitements actifs d'effluents acides mettant en jeu des techniques physico-chimiques basées sur des réactions acido-basiques. Ces techniques demandent l'apport de réactifs et la mise en place d'équipements lourds. Le suivi constant de leur fonctionnement est impératif.

Le moyen le plus utilisé consiste à collecter les eaux et à les neutraliser au moyen d'un réactif chimique alcalin (calcite, chaux, chaux vive, soude caustique, oxyde de magnésium). Le traitement à la chaux est le premier type de traitement réalisé historiquement.

Il présente toutefois plusieurs inconvénients. Il est à long terme coûteux en matière première, car il consomme d'importants volumes. Il produit des boues qui nécessitent une séparation du liquide et des précipités. Enfin, il produit des déchets solides volumineux, dont le stockage est soumis à une réglementation.

La neutralisation de l'acidité des effluents est le premier objectif poursuivi. L'élimination des métaux en découle généralement d'elle-même. En effet, l'ajustement du pH entraîne trois types de réactions :

- la neutralisation des ions H^+ ;
- l'oxydation des métaux ;
- la précipitation des oxydes, hydroxydes et oxyhydroxydes produits.

Outre l'efficacité et les facteurs économiques, le choix de l'utilisation d'un système neutralisant est fonction :

- des caractéristiques de l'effluent à traiter (concentrations, débits) comparées à la cinétique de la réaction ;
- la méthode de mélange du réactif ;
- du climat ;

- de la configuration du terrain ;
- des caractéristiques de la boue à obtenir ;
- de la durée de vie de l'installation.

La précipitation du fer ferrique et de l'aluminium demande un pH supérieur à 5. Mais la précipitation des éléments : Cu, Zn, Cd, Mn, Pb, et Fe(II) demande un pH supérieur à 9.

b) Les problèmes associés aux boues produites lors des neutralisations

Les précipités formés au cours des réactions de neutralisation constituent des floccs puis des boues. Les trois problèmes principaux associés à cette génération de boues sont :

- **La nécessité de séparer les fractions solide et liquide**

L'agglomération des précipités et leur décantation peuvent être favorisées par l'ajout d'un flocculant. Cependant, il faut séparer les solides produits, de l'eau épurée. Cette contrainte supplémentaire peut être assurée principalement au moyen de deux techniques :

- *La filtration* : cette opération nécessite un équipement et de la main d'œuvre ;
- *La décantation* : les boues décantent au fond d'un bassin. Le surnageant est évacuée vers le milieu naturel soit par trop plein (technique employée sur le site de Saint-Bel - Rhône) ou après filtration dans la base filtrante du bassin (Bassins de Chessy).

Le traitement des boues formées est variable selon les réactifs employés. La densité obtenue des boues dépend du conditionnement (poudre, suspension, liquide), de la granulométrie des poudres (notamment pour le calcaire), et des propriétés chimiques des réactifs. Par exemple, les boues obtenues par ajout de soude et d'ammoniaque sont des gels non pelletables. Dans tous les cas, les boues formées doivent ensuite être recueillies et stockées.

- **L'obligation de stocker les boues**

Un des principaux inconvénients des traitements utilisant le principe de la neutralisation alcaline est l'important volume occupé par les boues d'hydroxydes produites. Quel que soit le réactif employé, les boues contiennent des hydroxydes de fer, de manganèse, d'aluminium et d'autres métaux. De plus, les réactifs contenant du calcium sont à l'origine de la formation de gypse (CaSO_4). Ainsi, on estime que les traitements à la chaux produisent des quantités de boues plus importantes en proportion qu'avec d'autres réactifs.

- **L'instabilité éventuelle des solides formés**

La stabilité des boues dépend des conditions physico-chimiques du lieu de stockage. Si elles sont stockées en milieu acide, les boues de neutralisation sont susceptibles de libérer de nouveau des sulfates et des métaux.

2.1.2 Classification du déchet

Au regard du décret n° 2002-540 du 18/04/2002 relatif à la nouvelle classification des déchets dangereux ou non dangereux selon une nomenclature à 6 chiffres, les décantats sont des déchets boueux qui relèvent du code 19 02 de la nomenclature [*Déchets provenant des traitements physico-chimiques (neutralisation) des déchets*] et de la catégorie 19 02 05 (*boues provenant des traitements physico-chimiques contenant des substances dangereuses*).

2.2 LOCALISATION DU DÉPÔT ET VOLUME À TRAITER

2.2.1 Description sommaire de la future station de traitement

Une station de traitement par neutralisation est prévue pour traiter les eaux acides en provenance du site (fossé de l'allée des platanes) et les eaux d'exhaure de la galerie principale. Cette station conçue pour fonctionner de façon automatique en mode continu comprendra une série de cuves (pré traitement et traitement) équipées d'agitateurs, un silo de stockage de la chaux muni d'une vis sans fin pour en assurer l'approvisionnement et un certain nombre d'équipements électriques et de mesures (régulateur, automate et sondes pH). Elle est dimensionnée pour un débit maximal de 20 m³/h.

La mise en service de cette station entièrement automatique avec report d'alarme à distance permettra de :

- produire un rejet de qualité constante répondant aux normes européennes,
- mettre fin à l'utilisation d'eau claire,
- optimiser la consommation de chaux,
- réduire le coût d'exploitation de la station à quelques heures d'entretien hebdomadaires et aux consommables,
- supprimer les dangers encourus par le personnel lors de la manipulation manuelle de la chaux,
- limiter à terme le suivi analytique des eaux à la seule mesure du pH (en continu), facteur qui détermine la précipitation des métaux contenus dans les eaux.

2.2.2 Bilan matière et production prévisionnelle de boues

Ces bilans sont réalisés en prenant comme valeurs de référence 6 m³/h le débit moyen mesuré depuis 2000, et 1 pour le rapport chaux(g)/effluents(l) ce qui correspond à une valeur de régulation du pH à 9,7. Ces valeurs sont répertoriées dans le tableau suivant.

Effluents	6 m ³ /h	144 m ³ /jour	52 580 m ³ /an
Chaux	6 kg/h	144 kg/jour	54 t/an
Boues* non filtrées	31 kg/h	750 kg/jour	275 t/an

* estimation

Tableau 1 - Bilans de matière.

La production de boues est estimative. Elle est calculée en considérant que toute la chaux est transformée en gypse et en hydroxydes métalliques auquel il faut rajouter 40% d'eaux. Après décantation, ces boues représenteraient **environ 170 tonnes annuellement**.

2.3 CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

Plusieurs études de caractérisation sur les boues de neutralisation du site de Chessy-les-Mines ont été réalisées depuis 2000 [Blanchard, 2002], [Brunet, 2001] et concernent les boues anciennes dont la mise en dépôt date de plusieurs années à plusieurs dizaines d'années. Des caractérisations récentes ont été effectuées sur les décantats actuels et sont résumées ci-dessous.

2.3.1 Caractéristiques physiques et minéralogiques

Il s'agit d'un matériau boueux de couleur jaune à rouge contenant environ 50% d'eau et essentiellement constitué de gypse (sulfate de calcium hydraté). Les autres phases minéralogiques identifiées sont la thaumasite [Ca₃Si(OH)₆(CO₃)(SO₄).12H₂O] appartenant au groupe de l'ettringite et contenant des traces de Cu et Zn, ainsi que le zincate de calcium [CaZn₂(OH)₆.2 H₂O], principal porteur du zinc.

2.3.2 Caractéristiques chimiques

a) Analyses de composition du solide et test polluant X 30-402-2 sur les décantats actuels

L'analyse moyenne de boues de neutralisation peut présenter des variations importantes dans la mesure où l'on sait que l'eau d'exhaure, à l'origine de ces boues, connaît elle-même des variations non négligeables de composition au cours du temps en relation avec les précipitations météoriques.

Un échantillon composite a été constitué en avril 2004 par 2 prises aux coins SE et NO du bassin actuel BD 1 en cours de fonctionnement. Cet échantillon a été soumis à une analyse multiélémentaire pour définir sa composition totale et à un test polluant normé X 30-402 2 en vue de caractériser la fraction mobilisable et ce en conformité avec l'arrêté du 30 décembre 2002 relatif au stockage de déchets dangereux. Ces résultats sont donnés dans le tableau suivant.

Réf. Analyse	BRGM 04-7-021-A	BRGM 04-7-021-B
Type d'analyse	Composition du solide	Test de lixiviation X 30-402-2
Elément	mg/kg ou %	mg/kg
Fraction soluble		51 800
pH		9,15
CaO	12,6 %	
MgO	3,0 %	
Na ₂ O	0,04 %	
K ₂ O	< 0,5 %	
SO ₄ ²⁻	6,85 %	
Ag	1,6	< 0,25
Al ₂ O ₃	4,7 %	
Al		81,80
As	81	< 0,25
B	< 10	2,3
Ba	52	< 0,25
Bi	< 10	
Cd	256	< 0,1
Co	10	< 0,1
Cr	27	< 0,25
Cu	16 900	0,267
Fe ₂ O ₃ t	17,6 %	
Fe		< 1
F		221
Li	10	2
MnO	0,38 %	
Mn		< 0,25
Mo	11	0,572
P ₂ O ₅	466	

Réf. Analyse	BRGM 04-7-021-A	BRGM 04-7-021-B
Type d'analyse	Composition du solide	Test de lixiviation X 30-402-2
Elément	mg/kg ou %	mg/kg
Ni	46	< 0,25
Pb	285	< 0,75
Sb	< 10	< 0,25
Se	< 0,1	
SiO2	5,7 %	
Sn	< 10	< 0,5
Sr	31	10, 2
TiO2	0,01 %	
Be	3	< 0,25
V	20	
W	< 10	
Zn	74 000	0,844
Hg	< 0,1	< 0, 025
Nb	< 20	
P205	466	
COT	0,94 %	69
P.masse 450 °C	21,26 %	
P. masse 40 °C	81,8 %	
P. au feu	30,6 %	

Tableau 2 – Tableau récapitulatif de la composition élémentaire et des résultats de lixiviation (test X 30-402 2) pour les décantats actuels du bassin BD 1

En ce qui concerne la composition élémentaire, les résultats font apparaître logiquement une concentration élevée en sulfates (6,85%), en fer total (17,6%) en cuivre (1,7%) et en zinc (7,4%) et faible en plomb (285 mg/kg) et en autres métaux (cadmium, chrome..). La fraction mobilisée à l'issue du test polluant X 30-402-2 est de composition basique (pH = 9,15) et donc très peu enrichie en métaux dont les concentrations dans l'éluat sont toutes inférieures au mg/kg.

b) Analyse de composition du solide et test de potentiel polluant normé X 31-210 réalisés sur des décantats récents

Un échantillon BNR (Boues de Neutralisation Récentes) a été prélevé en 2001 dans le bassin BD 2 correspondant à un niveau situé entre 0,5 et 1 m de profondeur. Son humidité mesurée était de 68 %. Cet échantillon a ensuite été soumis à une analyse élémentaire et à un test de lixiviation normé X 31-210.

Elément (mg cumulés par Kg sec)	Composition élémentaire sur composite BNR	Lixiviation sur Composite BNR
pH	-	8
Sulfate	-	49 100
Aluminium	19059	6,9
Cuivre	15131	4,8
Fer	116200	9,8
Plomb	134	0,6
Zinc	54441	9,6

Tableau 3 :Récapitulatif de la libération de sulfate et des principaux métaux au cours de la lixiviation d'un échantillon de composite de décantats récents.

Les boues de l'échantillon BNR, essentiellement constituées de gypse, libèrent de grandes quantités de sulfates au cours de la lixiviation. Cette tendance n'est pas une surprise, dans la mesure où le pH de réalisation du test (pH initial de 7) est nettement inférieur au pH qui règne au moment de la production. L'échantillon présente une stabilité relativement importante vis à vis de tous les métaux. Les résultats comparés à ceux du test polluant X 30-402-2 sont sensiblement différents à cause principalement des conditions initiales de l'essai (agitation de l'échantillon).

Eléments	Boue Récente - Proportion extraite (pour 10 000)		
	Lixiviation 1	Lixiviation 2	Lixiviation 3
Al	1,8	2,8	3,6
Cu	0,3	0,2	0,2
Fe	2,1	4,0	5,1
Pb	0,1	0,2	0,3
Zn	1,7	3,4	5,0

Tableau 4 – Tableau récapitulatif des proportions cumulées de métal extrait au cours de la lixiviation X 31-210

Les analyses ci-dessus permettent le calcul de la proportion de métal extraite au cours de trois lixiviations successives selon la norme X 31-210. Les métaux les plus mobiles sont le zinc et le fer mais la courbe d'évolution des 3 lixiviations pour le plomb et le zinc tend à montrer que la libération de ces métaux pourrait être plus importante.

A titre indicatif, un prélèvement de sédiments déposés au fond du bassin de retenue des eaux acides a été également effectué en 2002 [Blanchard, 2002]. L'analyse illustre, du fait de l'acidité, le passage en solution du zinc et cuivre (faibles concentrations dans les solides), et les capacités d'adsorption du plomb (cf. tableau 5).

Eléments	Ca (%)	SO4 (%)	Zn (%)	Cu (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Al (%)	Fe (%)
Sédiment bassin acide	7,1	24,7	0,044	1 242	7	5 298	2,2	34,4

Tableau 5 – Analyse des sédiments du bassin de retenue des eaux acides (2002)

3 Recherche de filières de valorisation ou d'élimination

3.1 VALORISATION EN CIMENTERIE

3.1.1 Contraintes d'admission

Le traitement des boues de neutralisation par **valorisation matière** en cimenterie peut être envisagé. Le déchet essentiellement constitué de gypse ferrugineux est parfois utilisé comme ajout lors de l'opération de broyage du ciment afin de contrôler la prise. Mais la valorisation d'un tel sous produit industriel est, de nos jours, réalisée dans un cadre réglementaire toujours plus sévère et au cas par cas dans les cimenteries en fonction de la qualité du ciment produit.

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 contraintes relatives à son arrêté préfectoral, aux contraintes de process, ainsi qu'aux contraintes de la charte cimentière. Ces contraintes concernent les concentrations en Chlore, soufre, fer, Brome, phosphore, iode et alcalins sous réserve que les déchets soient en concentration limitée pour les métaux. Quelques exemples sont fournis dans le tableau 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+TI < 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+TI+Hg < 50 ppm
Cimenterie de Lumbres - 62 (ORIGNY SA)	Pb+Zn+Sn+Cr < 5000 mg/kg Cd+Ti+Hg < 100 mg/kg Ni+Co+As < 500 mg/kg S < 3 g / MjPCi

Tableau 6 - Contraintes d'admission pour le soufre et les métaux dans trois cimenteries différentes

En ce qui concerne les déchets appartenant à la catégorie 19 02 05 (boues provenant des traitements physico-chimiques contenant des substances dangereuses), ils sont acceptables en cimenteries sans qualification réglementaire préalable. Cependant les concentrations élevées en zinc (près de 7,5%) des boues du site de Chessy rendent ce produit inacceptable en cimenterie.

3.1.2 Cimenteries contactées

Plusieurs cimenteries ont été contactées dans le but de valoriser les boues de neutralisation comme ajout au ciment. Les principaux résultats sont résumés ci-après.

La cimenterie du Val d'Azergues (groupe LAFARGE Ciment), située à quelques kilomètres des mines de Chessy à Lozanne (contact M. Gilles Cesbron).

La cimenterie du Teil en Ardèche (groupe LAFARGE ciment), utilisatrice de la pyrite grillée dans le passé [Cottard, 2003], a également été contactée (contact Mme Dufour).

3.2 ELIMINATION EN CENTRE DE STOCKAGE

Le stockage en site géologiquement sûr pour déchets ultimes concerne les déchets qui ne peuvent être 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 ci-dessous qui portent sur la fraction extraite de l'éluat.

Eléments	Critères d'admission	Valeurs de lixiviation pour les décantats
pH	4 < pH < 13	9,15
COT	< 1000 mg/kg	69 mg/kg
Fraction Soluble	< 10 % masse du déchet sec	5,18 %
Cr	< 70 mg/kg	< 0,25 mg/kg
Pb	< 50 mg/kg	< 0,75 mg/kg
Zn	< 200 mg/kg	0,844 mg/kg
Cd	< 5 mg/kg	< 0,1 mg/kg
Ni	< 40 mg/kg	< 0,25 mg/kg
As	< 25 mg/kg	< 0,25 mg/kg
Hg	< 2 mg/kg	< 2,5 mg/kg
Ba	< 300 mg/kg	< 0,25 mg/kg
Cu	< 100 mg/kg	0,267 mg/kg
Mo	< 30 mg/kg	0,572 mg/kg
Sb	< 5mg/kg	< 0,25 mg/kg
Se	< 7 mg/kg	-
Fluorures	< 500 mg/kg	221 mg/kg

Tableau 7 - Critères d'admission en centre de stockage de déchets dangereux et valeurs de lixiviation pour les décantats actuels (test X 30 402-2)

La lecture de ce tableau montre que l'ensemble des paramètres mesurés satisfait aux critères d'admission en centre de stockage.

3.2.2 Centre de stockage contacté

Le centre de DIS de Bellegarde de la société France Déchets dans le Gard, le plus proche du site de Chessy (290 km).

3.3 AUTRES FILIÈRES D'ELIMINATION POSSIBLE : LE STOCKAGE SUR PLACE

Le stockage de boues de neutralisation sur le site de Chessy est une option à envisager compte tenu des contraintes imposées par la valorisation matière en cimenterie et le stockage en centre spécialisé (transport de matières potentiellement dangereuses notamment). Ce mode de stockage est par ailleurs déjà réalisé sur le site de Saint Bel où plusieurs centaines de tonnes de boues résiduelles d'hydroxydes ferriques sont mises en dépôt sur le site. Cette filière d'élimination est présentée en détail au Chapitre 4. Elle concerne trois zones de stockage potentielles qui seraient mises en place par étapes successives, dans l'hypothèse où aucune solution

technique alternative de recyclage ne serait découverte dans le futur, et qui sont les suivantes :

- Bassins de décantation en service
- Zone de dépôt de l'allée des platanes
- Alvéoles hors sol

Ces zones seront utilisées en fonction du mode de gestion futur des bassins de décantation. Les principes généraux sont exposés ci-après.

3.3.1 Stockage définitif en bassin de décantation et réhabilitation de BD3

Une solution de confinement définitif dans les bassins de décantations existants peut-être envisagée. Cette solution présente l'avantage d'éviter le transfert des décantats futurs vers d'autres secteurs du site de Chessy. Cette filière permettrait ainsi d'avoir environ 50 ans de potentiel de stockage pour les décantats actuels et futurs.

Concrètement, elle consiste à exploiter successivement les bassins BD1 à BD3 pour le traitement futur des eaux d'exhaure (figure 1) et de réhabiliter chaque bassin à l'issue de son exploitation. Cette solution nécessite, à court terme, le curage du bassin BD1 et, à moyen terme, le curage du bassin BD3 pour leur remise en service. Les décantats anciens consolidés présents actuellement dans BD1 et BD3 seront utilisés pour combler une zone de stockage disponible le long de l'allée des platanes décrite en 3.3.2.

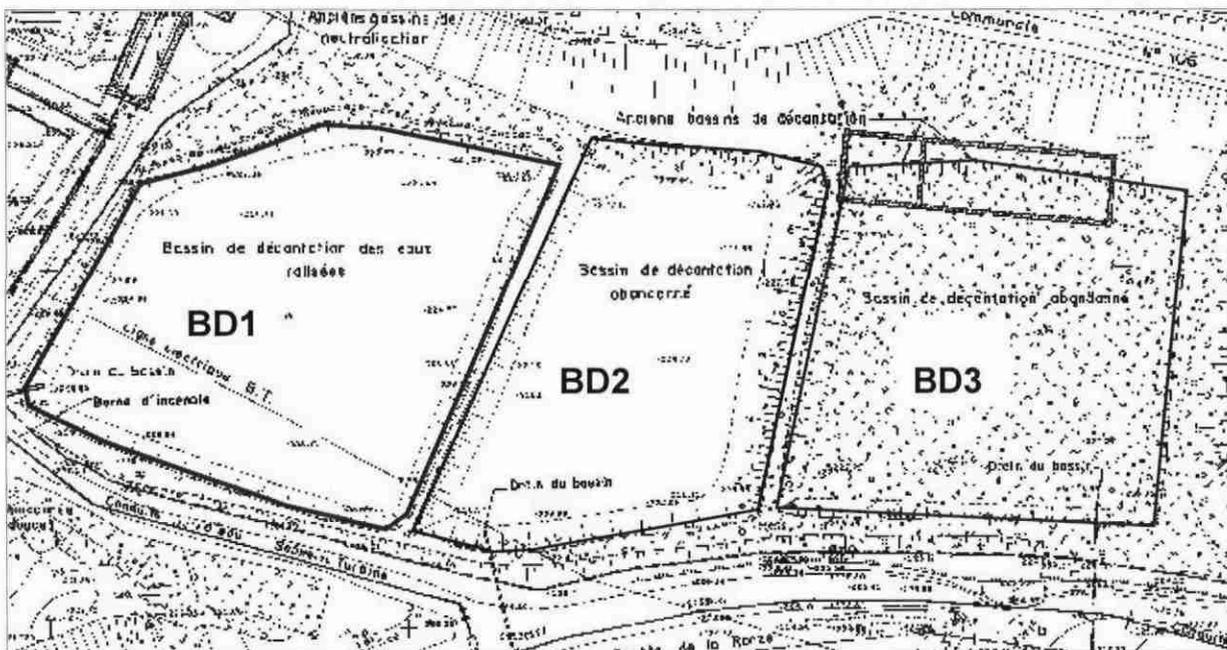


Figure 1 - Plan des bassins de décantation existants (Ech. 1/1000)

3.3.2 Zone de stockage de l'allée des Platanes

Dans le rapport BRGM/RC-51712-FR de 2002, une dépression topographique en bordure sud de l'allée des Platanes (ancien bassin de décantation) est présentée comme une solution de stockage permanent pour les décantats (figure 2, site A). Lors des travaux réalisés durant l'hiver 2003-2004, les matériaux extraits du bassin BD2 ont été mis en dépôt dans la partie Est de cette dépression. Le volume de stockage encore disponible peut être estimé à 5000 m³ environ.

A l'ouest de cette zone, un vallon artificiel de direction nord-sud entre deux dépôts anciens constitue une autre dépression entre l'allée de Platanes et la RD485 (figure 2, site B). Le fond de ce vallon, souvent le siège de stagnations d'eaux, est traversé par un ru temporaire qui draine les eaux des deux tas de résidus et celles provenant du talus naturel situé à l'amont au niveau de l'allée des platanes. Le remodelage de ce secteur représenterait environ 3000 m³ supplémentaires.

Ces modes de stockage disponibles immédiatement constituent une filière à court terme (10 ans) de stockage des décantats présents actuellement dans BD1 et BD3. A l'issue du remplissage du secteur, l'ensemble de la zone fera l'objet d'un réaménagement général permettant son intégration paysagère. Ces opérations de réaménagement pourront commencer à partir de 2005.

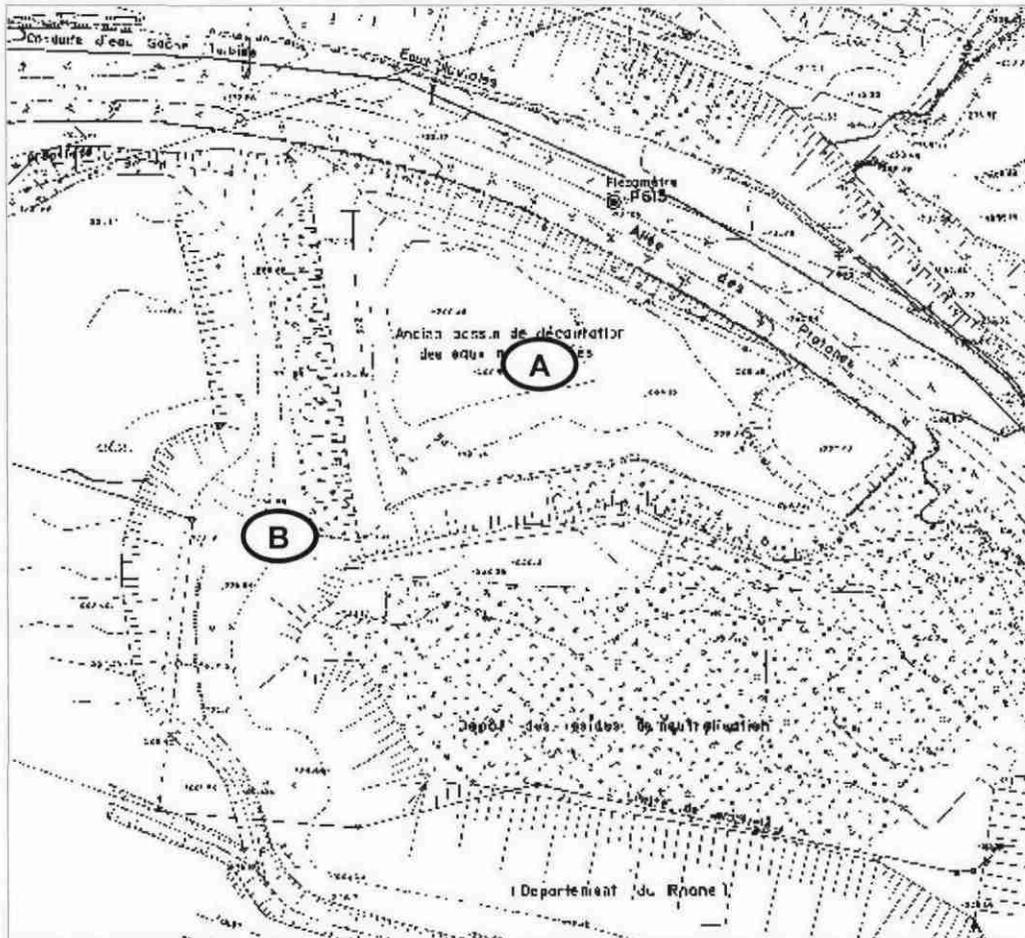


Figure 2 - Plan de situation des zones de stockage proposées en aval de l'allée des platanes (Ech. 1/1000)

3.3.3 Stockage hors-sol

Une solution ultime pourrait être la création d'aire de stockage spécifique pour les décantats. Dans cette optique, une aire de stockage serait réservée en partie nord de la zone des pyrites grillées après son réaménagement (figure 3). En fonction du mode de gestion des bassins de décantation, l'échéance de cette solution se situe à 30 ou 60 ans environ.

Les zones de stockage seraient aménagées au fur et à mesure de la vidange des bassins de décantation en fin de service. Aménagé juste avant la fin de l'exploitation du bassin à curer, l'alvéole serait immédiatement recouverte et revégétalisée afin de limiter la percolation des eaux dans les décantats.

La fréquence prévisionnelle de l'aménagement d'une alvéole est de 10 à 20 ans en fonction de la capacité du bassin de décantation (BD1, BD2 ou BD3).

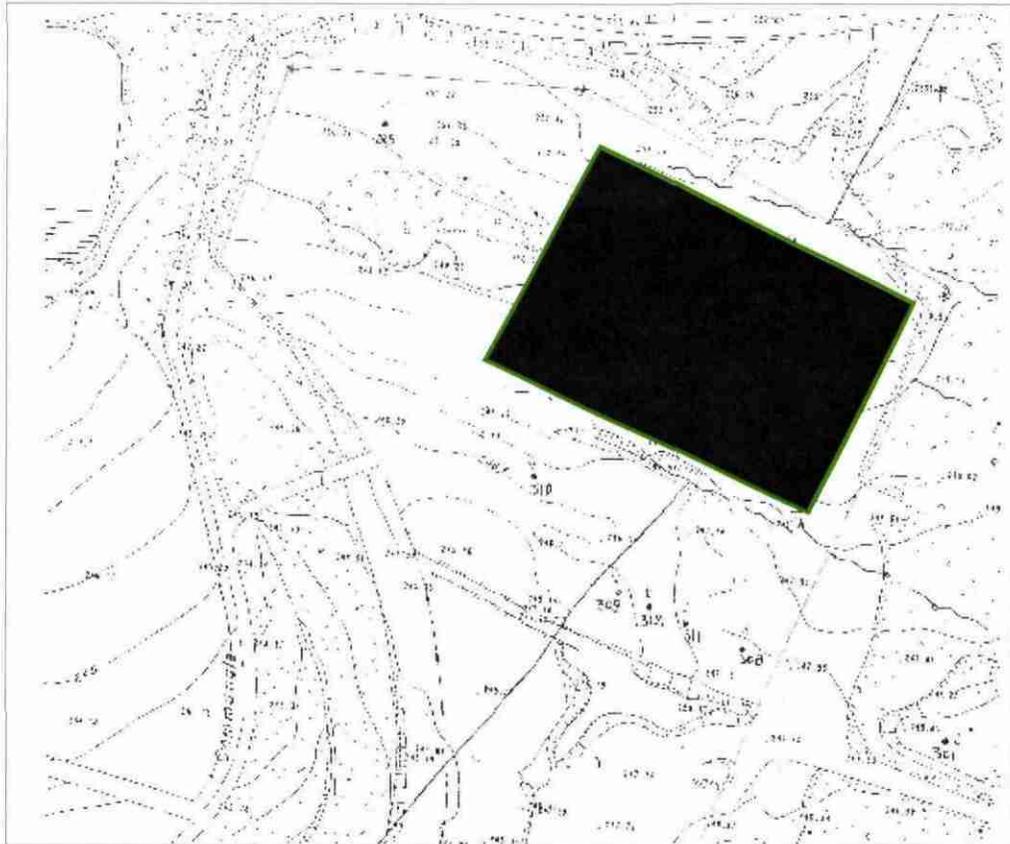


Figure 3 - Aire de stockage potentiel en partie nord des pyrites grillées (Ech. 1/1500)



4 Evaluation économique des différentes solutions proposées

4.1 VALORISATION EN CIMENTERIES

Au vu des concentrations élevées en zinc (près de 7,5% dans l'analyse sur solide), les cimenteries contactées, et en particulier celle du Val d'Azergues à Lozanne, n'acceptent pas le produit. En conséquence, aucun coût n'a pu être obtenu et l'évaluation n'a pas été effectuée.

4.2 ELIMINATION EN CENTRES DE STOCKAGE

4.2.1 Evaluation des coûts

Le coût du transport a été obtenu auprès d'une société de transport de la région lyonnaise pour effectuer 7 rotations d'une benne de 25 tonnes.

Le coût du traitement /stabilisation est conditionné par le seul CSDU de Bellegarde dans le Gard appartenant à la société SITA. L'ensemble des coûts est figuré dans le tableau ci-dessous. Ces coûts sont basés sur un rythme annuel d'évacuation de la production de décantats sur la même période, soit 170 tonnes environ. Le coût du traitement s'élève à 220 € la tonne correspondant à un prix brut, donné sans étude de faisabilité préalable sur le mode d'inertage qui serait proposé. Le coût total incluant la manutention et le transport s'élève à 41 520 € (soit 245 € la tonne) annuellement ce qui représente un coût prohibitif à assurer pour les décennies à venir.

Pour assurer un rythme annuel d'élimination en centre de stockage, des aménagements particuliers seraient nécessaires pour la gestion des stocks de décantats. Il serait envisagé d'utiliser le bassin en service actuellement, nommé BD2, comme bassin de décantation et d'aménager BD1 comme bassin de consolidation/dessiccation avec quai de chargement pour l'envoi vers le centre de stockage. Cette gestion simultanée des deux bassins permettrait de limiter la charge de décantats stockés en permanence sur site et d'améliorer la qualité du « déchet » à éliminer par une diminution significative de sa teneur en eau (augmentation de densité). Néanmoins, elle nécessite une gestion quasi-permanente des stocks pour assurer le transfert d'un bassin à l'autre rendant cette solution contraignante.

Une évacuation des décantats en fin de service des bassins peut également être envisagée. Elle permet une gestion des déchets espacée dans le temps, de 10 à 20 ans en fonction de la capacité du bassin en fin de vie. Une estimation de coût total pour un bassin de 5000 m³ (environ 7500 t) est donnée dans le tableau 9.

Centre de stockage de Bellegarde	Tonnage / Distance	Coût unitaire	Coût annuel
Distance de Chessy	290 km		
Manutention / Transport	450 € x 2 jours	460 € / rotation 7 rotations de 25 t	900 € + 3220 €
Traitement décantats	170 t	220 € / t	37 400 €
TOTAL			41520 € (245€/t)

Tableau 8 – Estimatif des coûts d'élimination annuels (transport et traitement) au centre de stockage de Bellegarde (Gard) – (coût année 1 = 2005)

Centre de stockage de Bellegarde	Tonnage / Distance	Coût unitaire	Coût total
Extraction et chargement	7500 t	2 €/t	15 000 €
Transport	290 km 300 rotations	460 € / rotation	138 000 €
Traitement décantats	7500 t	220 € / t	1 650 000 €
TOTAL			1 803 000 € (240€/t)

Tableau 9 – Estimatif des coûts d'élimination pour un volume de 5000 m³ (transport et traitement) vers le centre de stockage de Bellegarde (Gard) (coût année 1 = 2005)

4.2.2 Comparaison avec d'anciens sites miniers similaires

Une comparaison des coûts a été établie avec des installations de traitement d'eaux acides actuellement en fonctionnement sur plusieurs anciens sites miniers ayant exploité des minerais sulfurés de plomb et zinc. Ces installations sont toutes basées sur le principe de la neutralisation au lait de chaux suivie d'une floculation, décantation et filtration. Les boues sont toutes évacuées sur le centre de stockage de Bellegarde dans le Gard avec des coûts annuels figurés dans le tableau 10 ci-dessous.

Site	Débit moyen effluent traité	Tonnage annuel de boues éliminées	Coût transport	Coût annuel en CSDU	Coût unitaire (€/t)
Largentière (Metaleurope)	80 m ³ /h	120 t	7900 €	8600 €	138
Saint- Salvy (Metaleurope)	30 m ³ /h	53 t	3888 €	6563 €	197
Les Malines (Metaleurope)	6 m ³ /h	75 t	*	*	*

*Coûts non communiqués

Tableau 10 - Tableau comparatif des coûts liés à l'élimination des boues de neutralisation produites sur plusieurs anciens sites miniers français (Coûts 2002)

4.3 STOCKAGE SUR PLACE

Les coûts de stockage sur place sont abordés selon plusieurs critères :

- **Stockage définitif dans les bassins de décantation** : Le coût ramené à la tonne de décantats comprend la réhabilitation (modelage, végétalisation) du bassin en fin de service.
- **Stockage sur site actuellement disponible** (Sites A et B de l'allée des platanes) : le coût comprend le transfert des décantats vers la zone de stockage, le remodelage et la végétalisation.
- **Aménagement d'alvéoles de stockage** nouvelles de capacités 2500 ou 5000 m³ en fonction du bassin de décantation en fin de service : les coûts comprennent l'aménagement de la zone (construction d'un merlon périphérique) la couverture de l'alvéole.

L'estimatif du coût du stockage sur place figure dans le tableau 11 ci-dessous. Les coûts sont ramenés en € par t de matériau avec une actualisation basée sur l'indice TP01 des travaux publics. Afin de permettre la comparaison avec les coûts

d'élimination en CSDU, les coûts indiqués n'incluent pas les aménagements annexes (réseaux de collectes, drainages, aménagement des bassins) inhérents à chacune des filières.

Site	Travaux d'aménagement	Echéance	Coût Global du stockage ¹	Coût unitaire (€/t)
Stockage en bassin	Remodelage et intégration paysagère	Année 1	5000	1
		2014	7500	1,5
		2034	12500	2,5
Allée des platanes	Transport, mise en œuvre, remodelage et intégration paysagère	Année 1	40000 €	8
		2014	33000 €	12
Stockage hors sol	Aménagement, transport, mise en œuvre, remodelage et intégration paysagère	Année 1	40000 €	16
		2014	60000 €	24
		2034	100000 €	40

Tableau 11 – Estimatif des coûts pour un stockage des boues sur site (coût année 1 = 2005)

4.4 ANALYSE TECHNICO-ÉCONOMIQUE DES FILIERES

Le tableau 12 présente un récapitulatif des coûts à la tonne en fonction des différentes filières d'élimination ou de stockage des décantats. Les filières de stockage sur site mises en place progressivement par étape offrent des coûts d'élimination soutenables en comparaison du coût d'élimination en CSDU. Le stockage sur place permet en effet d'envisager, à moyen ou long terme, une reprise des matériaux pour une valorisation que les conditions techniques et économiques actuelles ne permettent pas. A l'inverse, l'évacuation en CSDU élimine toute possibilité de valorisation future des décantats. La gestion des moyens de stockage sur site doit être envisagée à long terme en fonction des coûts unitaires des différents modes (bassins, allée des platanes ou zone de stockage additionnelle). Un planning de gestion des résidus est présenté au chapitre 5.2.

¹ Coût estimé après application de l'indice de réactualisation des prix TP01 moyen 3% l'an

Mode d'élimination	Coût unitaire (€/t)
Transport et stockage annuel en CSDU	245
Transport et stockage en CSDU par bassin	240
Stockage en bassin	1
Allée des platanes	8
Stockage hors sol	16

Tableau 12 - Tableau comparatif des coûts d'élimination à la tonne de décantat pour l'année 1 (2005)

5 Modes de stockage proposés sur site

5.1 RAPPEL SUR LES CARACTERISTIQUES DES BASSINS EXISTANTS

5.1.1 Bassins de décantation

En terme de capacité de stockage et durée d'exploitation, le bassin BD2, réhabilité en 2003, aura une durée de service d'environ 10 ans pour un taux de remplissage de 70%². L'exploitation de BD2, qui a commencé début 2004, devrait ainsi arriver à terme à l'échéance 2014 (tableau 13).

Après sa réhabilitation, la capacité du bassin BD1, estimée à 5000 m³, permettra une durée de service de 20 ans environ pour un taux de remplissage de 70%.

La capacité potentielle du bassin BD3 peut être estimée à 5000 m³ et permettra une durée de service de 20 ans pour un taux de remplissage de 70%.

Bassins	Capacité de service (70%) (m ³)	Durée de service (années)	Date de mise en service prévisionnelle
BD1	5000	20	2014
BD2	2500	10	2004
BD3	4500	20	2034

Tableau 13 - Capacités et durées de service des bassins de décantations existants

5.1.2 Zones de stockage

Le tableau 14 rappelle les capacités de stockage potentielles des zones définies en 3.3.

² Rapport entre la hauteur maximal de décantât et la hauteur maximal de la digue périphérique du bassin. La capacité maximale est limitée à 70% de la hauteur pour des raisons de sécurité.

Bassins	Capacité de stockage (m ³)	Date d'utilisation prévisionnelle
Dépression de l'allée des platanes (Site A)	5000	2005 - 2014
Vallon de l'allée des platanes (Site B)	3000	2005
Alvéole hors sol	2500 à 5000 en fonction du bassin à curer	2034 -2055

Tableau 14 – Capacités et durées de service des zones de stockages potentielles

5.2 MODES DE GESTION DES BASSINS DE DECANTATION FUTURS

Deux solutions peuvent être envisagées pour la gestion des bassins de décantation. Il s'agit de :

- l'utilisation successive des bassins de décantation (BD1 à BD3) et stockage en bassins et annexes ;
- l'utilisation alternée des bassins BD1 et BD2 et stockages annexes.

5.2.1 Stockage définitif en bassin de décantation et réhabilitation de BD3

L'objectif de cette solution, à mettre en place progressivement par étape, consiste à considérer les bassins de décantations existants (BD1 à BD3) comme alvéoles de stockage définitif. Moyennant la réhabilitation (curage) des bassins BD1 et BD3 actuellement pleins, cette solution permettrait une gestion des résidus de traitement de la station sur une période de 50 ans.

A l'issue du remplissage de chaque bassin par les effluents de la station de traitement jusqu'à la cote de service, une période de consolidation sera observée puis un remblaiement réalisé jusqu'à la cote maximale avant végétalisation.

Cette solution prévoit :

- l'exploitation successive de BD2 (actuellement en service), et futurs BD1 et BD3 après leur réhabilitation ;
- le curage et la réhabilitation du bassin BD1 : les résidus anciens et actuels présents serviraient à combler la zone de stockage de l'allée de platanes ;
- le curage et la réhabilitation du bassin BD3 situé le plus à l'est : les résidus, plus anciens et consolidés que BD1, seraient en partie utilisés pour compléter le reprofilage de la zone de l'allée des platanes et en partie réservés pour le

comblement des bassins BD1 et BD2 en fin de service jusqu'à la cote de réaménagement final (voir figure 4).

Après une période de consolidation, environ 40% du volume de BD2 seront disponibles pour accueillir une partie des déblais de BD3. Le reste des déblais de BD3 sera stocké dans la zone de stockage de l'allée des platanes pour le reprofilage final et le comblement de BD1.

Un chronogramme de la gestion des bassins par cette filière est présenté en figure 5.

Avant le terme de ce schéma d'exploitation et avant la fin de l'exploitation de BD3, une nouvelle étude technico-économique sera réalisée sur le devenir des décantats et permettra notamment de tenir compte des conditions techniques et des filières d'élimination du moment.

La solution ultime de stockage hors sol aménagé sur site pourra, le cas échéant, être envisagée pour prolonger le chronogramme de gestion des bassins moyennant la remise en service d'un des trois bassins.

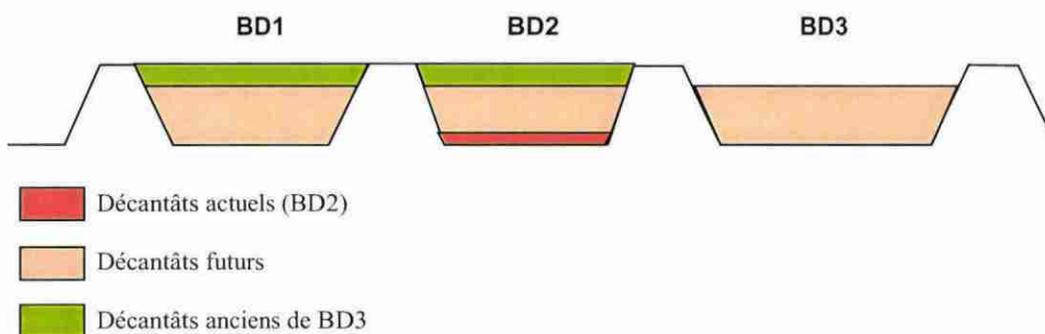


Figure 4 - Schéma de remplissage des bassins de décantation fonctionnels à l'horizon 2050

Cette solution permet d'éviter à moyen terme le transfert de décantats vers des zones actuellement vierges et d'utiliser au maximum les capacités des ouvrages existants concentrés au niveau des installations techniques actuelles du site. La gestion des eaux s'en voit ainsi facilitée. En revanche, elle conduit à la réhabilitation du bassin BD3 qui est actuellement intégré dans le paysage. En terme de coût, l'aménagement des nouvelles alvéoles constituerait un budget total théorique, sur la période 2005-2050, de 110 000 € pour 12 500 m³ de capacité de production (volume de décantats produit dans les bassins).

Période	Bassin en exploitation	Bassin à curer	Zone de stockage	Volume à stocker (m ³)	Simulation des coûts (€)	
2005	BD2	BD1	Site B + Site A	5000	40 000	
2010	↓					
2015		BD1	BD3 partiel	Site A + Comblement BD2	3000 1000	24 000 25 500
2020						
2025						
2030						
2035	↓					
2040	BD3	BD3 partiel	Comblement BD1	1000	20 000	
2045						
2050						
2055	↓					
2060	BD2 ou BD1	A définir	Site hors-sol	2500 (BD2) ou 5000 m ³ (BD1)		

Figure 5 - Chronogramme prévisionnel dans le cas l'utilisation des 3 bassins

5.2.2 Exploitation alternée des bassins

A partir de la mise en service de la station de traitement automatique, la gestion des bassins se poursuivra selon un mode alterné d'exploitation de BD1 et BD2 sans réhabilitation du bassin BD3.

En admettant que la zone de l'allée des platanes puisse être utilisée comme stockage définitif, près de 8000 m³ de décantât pourront être éliminés par stockage interne, soit:

- décantats actuels de BD1 (5000 m³) (horizon 2005)
- décantats futurs de BD2 (2500 m³) (horizon 2035)

Au terme de l'exploitation du BD1 réhabilité dont l'échéance est à 2035, l'élimination des décantats ne pourra se faire que dans des alvéoles spécifiques. Pour des contraintes de gestion de l'espace et d'impact visuel de la zone de pyrites grillées, il ne semble pas envisageable de réserver plus de 3500 m² pour l'aménagement des alvéoles de stockage soit l'équivalent d'un volume de BD1 et un volume de BD2.

Dans ces conditions, cette solution permet une gestion des résidus de traitement de la station et filières d'élimination associées sur une période de 60 ans. Un chronogramme de la gestion des bassins par cette filière est présenté en figure 6.

Avant le terme de ce schéma d'exploitation et avant la fin de la deuxième exploitation l'exploitation de BD1, une nouvelle étude technico-économique sera réalisée sur le devenir des décantats et permettra notamment de tenir compte les des conditions techniques et des filières d'élimination du moment.

Cette solution permet la préservation de l'intégration paysagère actuelle du bassin BD3 mais conduit à la création, à plus court terme, de zone de stockage hors sol conduisant à une dissémination des décantats sur le site et la nécessité de définir et gérer un autre point de rejet. En terme de coût, l'aménagement des nouvelles alvéoles porterait le budget total sur la période 2005-2050 à environ 400 000 € pour 15 000 m³ de capacité de production.

Période	Bassin en exploitation	Bassin à curer	Zone de stockage	Volume à stocker (m ³)	Simulation des coûts (€)
2005	BD2 ↓	BD1	Site B + Site A	5000	40 000
2010					
2015	BD1 ↓	BD2	Site A	2500	30 000
2020					
2025	BD2 ↓	BD1	Stockage hors sol	5000	200 000
2030					
2035	BD1 ↓	BD2	Stockage hors sol	2500	130 000
2040					
2045	BD2 ↓	BD1			
2050					
2055	BD1 ↓	BD2			
2060					
2065					

Figure 6 - Chronogramme prévisionnel dans le cas de l'exploitation alternée caractéristiques des stockages sur site

5.2.3 Zones de stockage disponibles

L'utilisation des zones de stockage disponibles s'inscrit dans la perspective de réaménagement global du site de Chessy. Le secteur concerné se situe entre l'allée de Platanes et la route départementale n° 485. Il s'agit d'une zone de dépôt d'anciens résidus de neutralisation qui n'a jamais fait l'objet d'une réhabilitation concertée (Sites A et B). Les objectifs du réaménagement de cette zone sont multiples :

- Remodelage de la topographie générale de la zone de dépôt par comblement des dépressions et adoucissement des talus ;
- Suppression des accumulations d'eau de pluie dans les zones de dépression ;
- Elimination des risques d'entraînement de résidus par ravinement dans le vallon artificiel et sur les talus abrupts.

a) Dépression de l'allée des platanes

La dépression topographique (ancien bassin) est présentée comme une solution de stockage permanent pour les décantats. Cette zone (site A sur la figure 8), située en bordure sud de l'allée des platanes est de forme triangulaire et d'une surface de 2 800 m² à la cote 230 NGF et de 2 à 3.5 mètres de profondeur. Elle est bordée au sud par un talus de décantats et à l'ouest par une digue construite en décantats.

Lors des travaux réalisés durant l'hiver 2003-2004, les matériaux extraits du bassin BD2 ont été mis en dépôt dans la partie est de cette dépression et représentent environ 2 400 m³. Le volume de stockage encore disponible peut être estimé à 5 000 m³ environ en considérant un stockage en reprofilage jusqu'à la cote de l'allée des platanes au nord (cote moyenne à 230 NGF) et la cote de la crête du talus du dépôt de résidus au sud (cote 232 NGF maximum).

Des investigations complémentaires par sondage, destinées à vérifier la fondation de la zone A, ont confirmé la présence de remblais argileux sur au moins un mètre d'épaisseur (figure 7). Deux sondages ont été réalisés à la tarière manuelle compte tenu des difficultés d'accès sur le site ; ils ont mis en évidence sous une épaisseur de 20 à 50 cm de décantats, un remblai grisâtre argileux, peu humide, qui confirme les observations déjà obtenues en sondage lors de la campagne réalisée en 2002. Cette campagne avait conduit à recommander de maintenir les tas en place moyennant une végétalisation des talus et des surfaces nues.

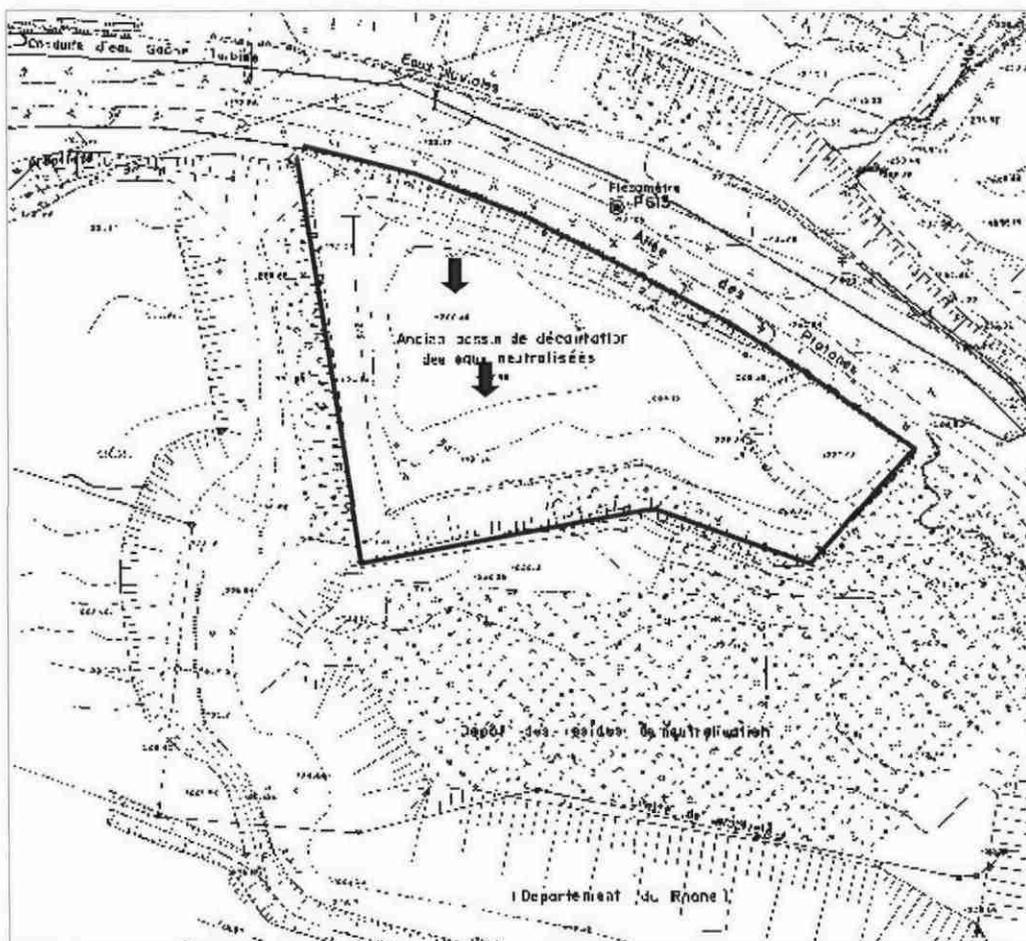


Figure 7 - Plan de situation des sondages à la tarière sur le Site A (Ech. 1/1000)

b) Vallon artificiel de l'allée des platanes

Le vallon artificiel de direction nord-sud est localisé entre les deux tas de résidus anciens (site B sur la figure 8). Comme déjà indiqué, le fond de ce vallon est le siège de stagnations d'eaux quasi permanentes en raison d'une topographie non aménagée. Le ru temporaire se rejette dans le fossé bordant la D485 et draine en partie les eaux des deux tas de résidus, et en partie des eaux provenant du talus naturel situé à l'amont au niveau de l'allée des platanes. En période pluvieuse, on constate des entraînements de fines provenant des résidus. Dans le cadre du réaménagement général de la zone, il est envisagé un comblement du vallon moyennant un busage du ru sur toute sa longueur. La canalisation permettra de rétablir les écoulements vers le fossé. Le comblement permettra le raccordement topographique des deux tas de résidus constituant actuellement les deux flancs du vallon. Le volume disponible est estimé à 3 000 m³.

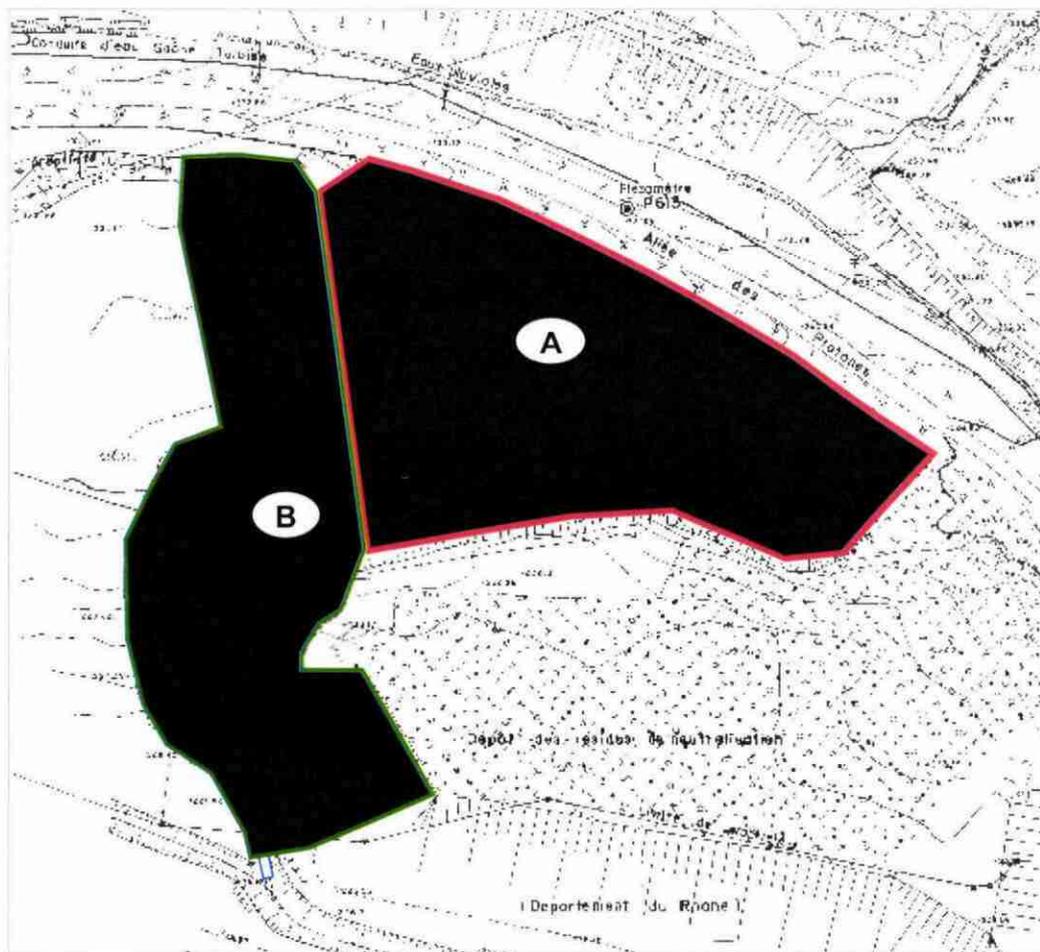


Figure 8 - Plan des zones de stockage de l'allée des platanes (Ech. 1/1000)

5.2.4 Stockage hors sol

A l'issue du comblement des zones actuellement disponibles décrites plus haut, le stockage hors sol consisterait à réserver une aire en partie nord de la zone des pyrites grillées d'une superficie globale de 3 500 m².

Les alvéoles de stockage seraient aménagées préalablement la vidange du bassin de décantation en fin de service. Le stockage étant considéré uniquement pour des décantats préalablement consolidés, les alvéoles seraient conçues comme des bassins de rétention (merlon périphérique) avec étanchéité de couverture et végétalisation. Un drainage des eaux de ressuyage des décantats pourra être envisagé en fonction de leur teneur en eau. Le rejet éventuel se fera dans le milieu naturel moyennant la définition d'un nouveau point. La hauteur de stockage sera limitée à 2 m afin de limiter l'impact visuel.

5.3 DEVENIR DES EAUX DÉCANTÉES ET OPPORTUNITÉ D'UN POINT DE REJET

5.3.1 Devenir des eaux décantées.

Les eaux décantées ou filtrats du bassin BD2 sont actuellement collectés dans un regard unique bétonné. Ce regard à tampon en fonte a été réhabilité lors des travaux de curage du bassin BD2 en décembre 2003 (coordonnées X = 776 613 ; Y = 101 305 ; Z = 225.62). Il est situé à l'extérieur de la berme sud du bassin BD2. Il permet actuellement le prélèvement d'échantillons avant que les eaux soient dirigées par un drain en pierre de section intérieur 0.3 m x 0.3 m dont la résurgence se trouve sous le tunnel SNCF. Les eaux ressortent du drain par gravité dans le sol du tunnel et sont ensuite collectées par un drain en PEHD de 500 mm pour être rejetées dans l'Azergue. Ces travaux ont été réalisés en 2003.

Dans le futur, il est prévu de raccorder les exutoires des bassins BD1 et BD3 (figure 9). Le dimensionnement initial du regard et du drain de rejet permettront, moyennant une surveillance et entretien périodique, de ne gérer qu'un point de rejet pendant la durée d'exploitation des bassins (figure 10).

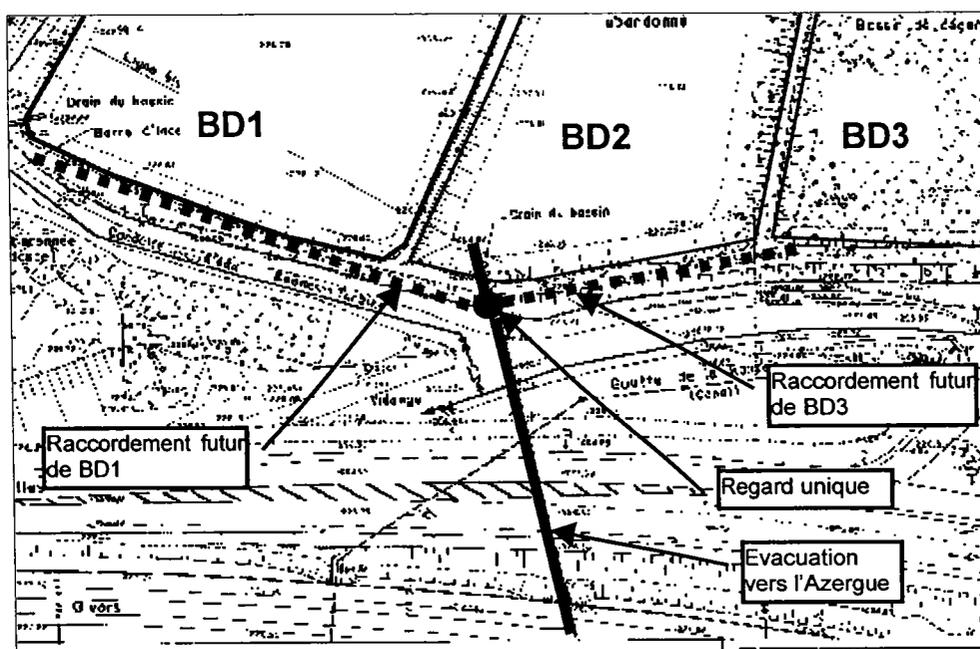


Figure 9 - Plan du réseau de drainage futur des exutoires des bassins (Ech. 1/1000)

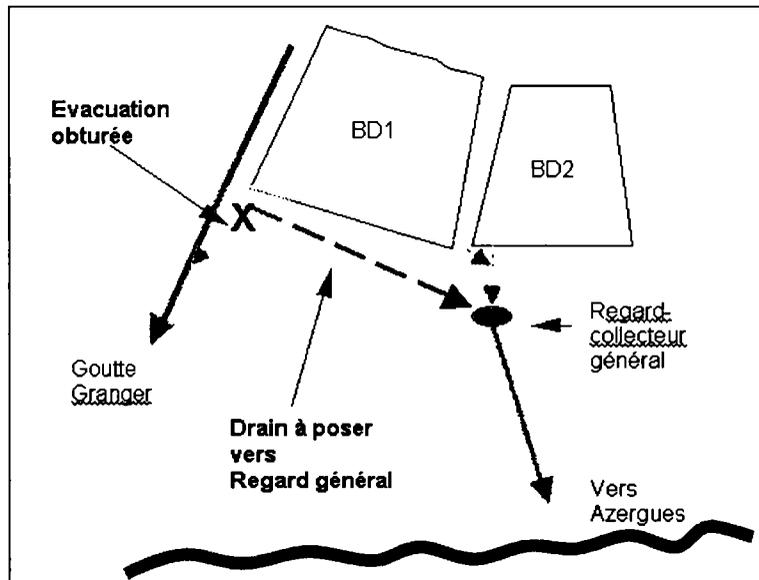


Figure 10 - Schéma général du futur réseau de collecte unique des filtrats

5.3.2 Opportunité d'un point de rejet

Afin de ne pas avoir de dispersion des filtrats de décantation des eaux acides après traitement, ceux-ci doivent être collectés séparément des autres réseaux (Goutte Granger) afin de bien identifier leurs caractéristiques physico-chimiques.

L'évacuation dans l'Azergue ne peut pas servir de point d'analyse en sortie des bassins car il se produit une dilution par les eaux météoriques arrivant dans le tunnel de la voie SNCF, via le fossé nord adossé à la ligne de chemin de fer.

Le seul point d'analyse pouvant donner un bon suivi des filtrats est le regard décrit en 5.3.1.

5.4 QUALITÉ ATTENDUE DES EAUX DÉCANTÉES AVANT REJET DANS LE MILIEU NATUREL

La station automatique de traitement des eaux d'exhaure de Chessy sera opérationnelle en 2005. Les produits du traitement seront alors de qualité constante ce qui fournira des filtrats, après décantation, qui seront aussi de qualité constante.

Les objectifs de qualité attendus pour les eaux rejetées dans l'Azergue à partir de la mise en service de la station seront conformes à la législation en vigueur qui préconise les valeurs seuils dans l'arrêté Ministériel du 2 février 1998 modifié le 29 mai 2000 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute

nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation. L'arrêté fixe notamment les prescriptions applicables aux rejets des effluents. Il modifie certaines valeurs limites de rejets (métaux, métalloïdes...) par rapport à l'arrêté de 1998 et précise que « ...dans le cas d'un rejet d'une (ou de) substance(s) susceptible(s) de s'accumuler dans le sol telle(s) que les métaux, l'étude doit, en sus, examiner les effets dus à cette accumulation en tenant notamment compte des dépôts antérieurs éventuels et de la durée de vie potentielle de l'installation ».

Un certain nombre d'articles sont directement en rapport avec le cas de Chessy ; les principaux éléments techniques sont exposés ci-après.

Art.21.- / Les valeurs limites d'émissions sont fixées dans l'arrêté d'autorisation sur la base de l'emploi des meilleures technologies disponibles à un coût économique acceptable et des caractéristiques particulières de l'environnement. Des valeurs limites sont fixées pour le débit des effluents, pour les flux (flux par unité de temps et, le cas échéant, flux spécifique) et pour les concentrations des polluants principaux conformément aux dispositions du présent arrêté....

/// Pour les effluents aqueux et sauf dispositions contraires, les valeurs limite s'imposent à des mesures, prélèvements et analyses moyens réalisés sur vingt quatre heures. Lorsque la valeur limite est exprimée en flux spécifique, ce flux est calculé, sauf dispositions contraires, à partir d'une production journalière. Dans le cas d'une auto-surveillance permanente (au moins une mesure représentative par jour), sauf disposition contraire, 10% de la série des résultats des mesures peuvent dépasser les limites prescrites, sans toutefois dépasser le double de ces valeurs. Ces 10% sont comptés sur une base mensuelle pour les effluents aqueux... Dans le cas des prélèvements instantanés, aucun résultat de mesure ne dépasse le double de la valeur limite prescrite.

Art.31.- ...La température des effluents rejetés est inférieure à 30°C et leur pH est compris entre 5,5 et 8,5, 9,5 s'il y a neutralisation alcaline...

Art.32.- ...Les eaux résiduaires rejetées en milieu naturel respectent les valeurs limites de concentration suivantes, selon le flux journalier autorisé (voir tableau 15).

Paramètre	Limite inférieure du rejet	Concentrations maximales acceptables	Flux correspondant par constituant	Concentrations pour des débits inférieurs
MES	15 kg/j	35 mg/l	429 m ³ /j	100 mg/l
DBO5	30 kg/j	30 mg/l	1000 m ³ /j	100 mg/l
DCO	100 kg/j	125 mg/l	800 m ³ /j	125 mg/l
Azote total	50 kg/j	30 mg/l	1667 m ³ /j	
Phosphore total	15 kg/j	10 mg/l	1500 m ³ /j	
Cr VI	1 g/j	0,1 mg/l	10 m ³ /j	
Pb	5 g/j	0,5 mg/l	10 m ³ /j	
Cu	5 g/j	0,5 mg/l	10 m ³ /j	
Cr	5 g/j	0,5 mg/l	10 m ³ /j	
Ni	5 g/j	0,5 mg/l	10 m ³ /j	
Zn	20 g/j	2 mg/l	10 m ³ /j	
Mn	10 g/j	1 mg/l	10 m ³ /j	
Sn	20 g/j	2 mg/l	10 m ³ /j	
Fe	20 g/j	5 mg/l	4 m ³ /j	
Al	20 g/j	5 mg/l	4 m ³ /j	
As	0,5 g/j	0,05 mg/l	10 m ³ /j	
Cd	-	0,2 mg/l	-	
Hg	-	0,05 mg/l	-	

Tableau 15 - Récapitulatif des valeurs limites de concentration des rejets des effluents.

6 Conclusions

L'étude décrite dans ce rapport a été réalisée à la demande de la Société Minière de Chessy conformément à l'Arrêté Préfectoral du 17 juin 2003. Elle concerne l'évaluation technico-économique du devenir des décantats produits actuellement lors de la neutralisation des eaux acides provenant des anciens travaux miniers de la mine de Chessy. Environ 275 tonnes de boues non filtrées seront produites annuellement, ce qui représente approximativement 170 tonnes de décantats.

La recherche de filières de valorisation ou d'élimination s'est appuyée sur la synthèse des caractéristiques physico-chimiques de ces résidus qui, presque essentiellement constitués de gypse et d'hydroxydes de métaux, font apparaître, dans leur composition sur solide, une concentration élevée en sulfates, en fer et surtout en métaux tels que le cuivre (1,7%) et le zinc (7,4%). Les autres métaux (plomb, nickel, chrome...) sont présents en faibles concentrations.

Les résultats obtenus à l'issu du test polluant effectué selon la norme européenne EN-X 30-402-2 montrent, en revanche, que la composition de l'éluat avec un pH de 9 est très peu enrichie en métaux (< mg/kg). Il est à souligner que les résultats analytiques sur ces boues de neutralisation peuvent présenter des différences dans la mesure où l'on sait que l'eau d'exhaure à l'origine de ces résidus, connaît elle-même des variations non négligeables de composition au cours du temps.

Le contenu en cuivre et zinc du produit est trop important pour la valorisation matière en cimenterie car ces éléments dépassent de plusieurs % les limites réglementaires actuelles d'admission.

Les conditions d'admission en centre de stockage de déchets spéciaux sont, en revanche, satisfaites au prix annuel de 245 € la tonne de produit rendu sur site. Cette solution, au coût prohibitif à assumer pendant les décennies à venir, reste difficilement acceptable sur le plan économique et élimine toute possibilité future de valorisation des produits.

L'étude du stockage sur site des décantats s'inscrit dans la perspective du réaménagement global du site de Chessy en réutilisant en particulier d'anciennes zones de dépôt de décantats (dits « vases » par le passé), non réhabilitées et localisées au niveau de la dépression et du vallon artificiel de l'allée des Platanes.

Deux scénarii de gestion des bassins de décantation actuels et futurs (BD1, BD2 et BD3) sont présentés. Ces solutions mises en place progressivement par étape, permettent une gestion des résidus sur une période d'environ 60 ans au terme de laquelle, une nouvelle étude technico-économique pourrait être entreprise en tenant

compte des conditions techniques et économiques des filières d'élimination du moment. Le stockage sur place laisse toujours la possibilité, à moyen ou long terme, d'une reprise des matériaux pour leur valorisation.

Sur la période 2005-2050, les deux scénarii prévoient respectivement :

- l'utilisation successive de trois bassins de décantations (dont BD3 à réhabiliter) avec maintien des décantats futurs dans les bassins en fin de service et utilisation des décantats anciens (BD3) et actuels (BD1) pour le remodelage de certaines zones du site ;
- l'utilisation alternée de BD1 et BD2, l'utilisation des décantats actuels (BD1) et futurs (BD2) pour le remodelage de certaines zones du site et la création de stockage hors sol annexes.

En terme de coûts et de contraintes techniques (dispersion des décantats sur le site de Chessy, nouveaux aménagements, gestion des eaux), le premier scénario prévoyant la réhabilitation du bassin BD3 semble la plus réaliste pour les cinquante prochaines années.

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. Orléans : BRGM, 199p.,31fiG.,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.

Brunet J.F. (2000) – Drainages Miniers Acides – Contraintes et Remèdes – Etats des connaissances. BRGM/RP- 50504-FR. Orléans : BRGM, 299 p., 15 fig., 36 tabl., 19 phot., 10 ann.

Cottard F. (2003) – Etude technico-économique sur la gestion du stock de pyrite grillée présent sur le site de Chessy-les-Mines (Rhône). BRGM/ RP-52707-FR. Orléans : BRGM, 31p., 10 tabl., 3ann.

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

Annexe 1

Bordereaux d'analyses chimiques réalisées sur les décantats actuels

Annexe 1

Bordereaux d'analyses chimiques réalisées sur les décantats actuels



**RAPPORT D'ESSAIS****04-7-021-A**

Provenance : CHESSY- COMPOSITE DE DECANTATS BASSIN Nature échantillon : SEDIMENT Nombre: 1 Echantillons réceptionnés le : 09/04/2004 Analyses commencées le : 19/04/04 Référence commande :	Demandeur : COTTARD Francis Adresse: REM/RESE BRGM Direction des Ressources Minérales 3, av Claude Guillemin B.P. 6009 45060 ORLEANS CEDEX 02 France
--	---

Nom du laboratoire	Responsable du laboratoire
Analyse chimique multiéléments	T.LAURIOUX
Analyse chimique par ICP/MS	R.COTTIER
Analyse chimique élémentaire et par fluorescence X	D.MARTINEAU
Réception et préparation des échantillons	P.PORTUGUES

Résultats validés par le(s) responsable(s) de laboratoire

Visa: A.GADALIA Coordonnateur des analyses

Téléphone: 02.38.64.30.17 Télécopie: 02.38.64.39.25

le : 14-MAI-2004

Nombre de pages: 9

>>> ATTENTION AUX COMMENTAIRES DU LABORATOIRELes 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.



brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100003294

Rapport d'essais : 04-7-021-A

Les analyses suivantes ont été réalisées dans le laboratoire : Réception et préparation des échantillons

Le mode opératoire **MO093**

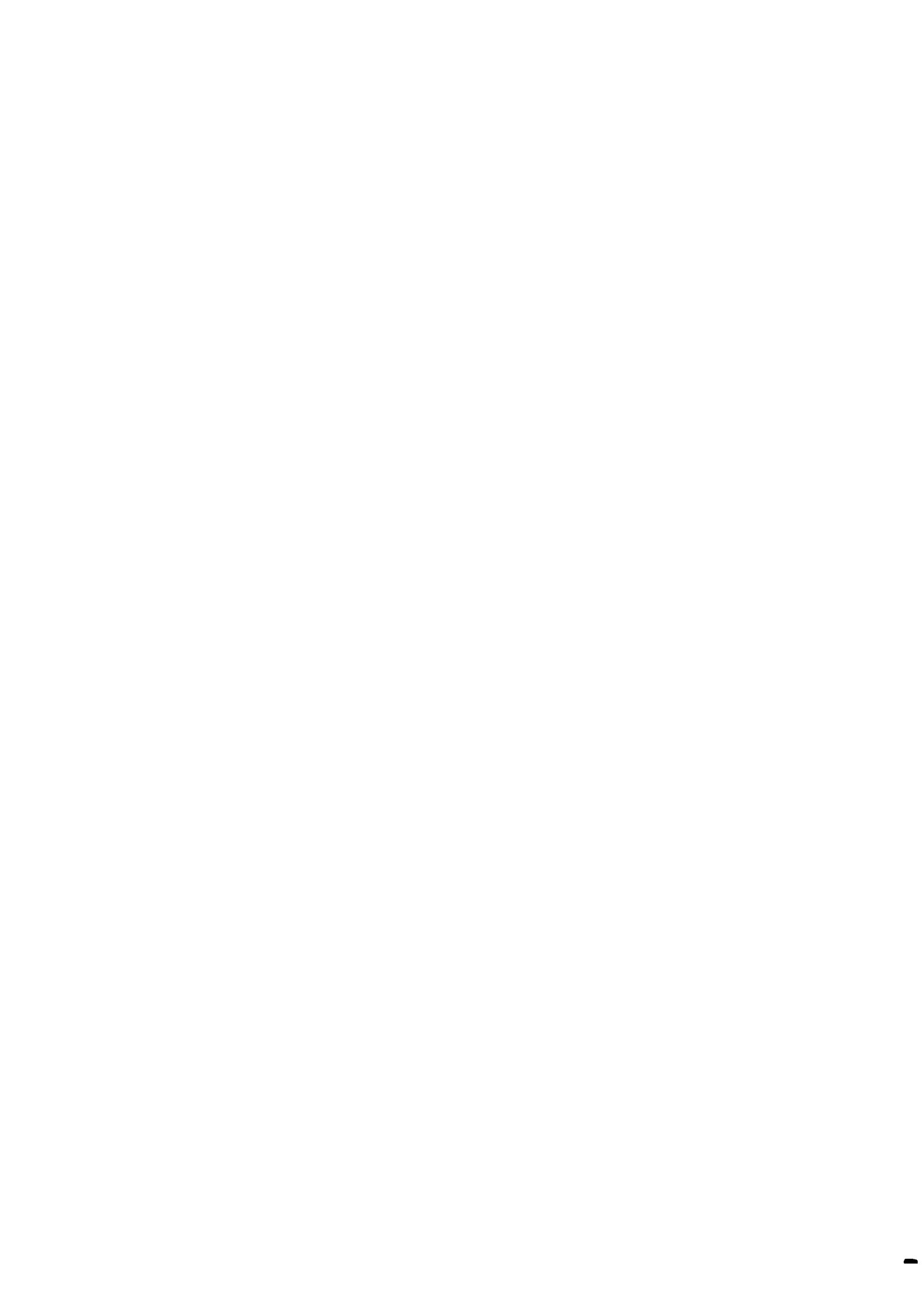
est utilisé pour doser :

ENVMIN(Prep ana mine)

Préparation des sols, sédiments, boues et déchets pour détermination des polluants organiques et minéraux d'après les normes NF ISO 11464, NFX 31-147, XP 33-012

Commentaire du laboratoire :

Commentaire général :



brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100003294

Rapport d'essais : 04-7-021-A

Les analyses suivantes ont été réalisées dans le laboratoire : Analyse chimique élémentaire et par fluorescence X

Le mode opératoire MO009 est utilisé pour doser : Na ₂ O (Oxyde de Sodium)	Analyse des Roches Al-Ca-Fe-K-Mg-Mn-Na (absorption atomique); Ca-Mg-FeO (volumétrie); Cl (potentiométrie); F (ionométrie); SiO ₂ (spectrophotométrie); Ct-St (Leco).
Le mode opératoire MO010 est utilisé pour doser : PF (Perte au feu à 1000°C)	Détermination de la perte au feu à 1000°C.
Le mode opératoire MO106 est utilisé pour doser : PM40 (Perte de masse à 40°C)	Perte de Masse et Humidité.
Le mode opératoire MO141 est utilisé pour doser : Se (Sélénium)	Dosage du Sélénium (absorption atomique - four).
Le mode opératoire NF EN 1483 JUL-97 est utilisé pour doser : Hg (Mercure)	Dosage du mercure (absorption atomique - vapeurs froides) selon NF EN 1483 après mise en solution à l'eau régale selon pr NF EN 13346.
Le mode opératoire NF ISO 10694 est utilisé pour doser : C.or (Carbone organique)	Dosage du carbone organique et du carbone total.
Le mode opératoire NF ISO 11048 JUL-95 est utilisé pour doser : SO ₄ (Sulfates)	Dosage du sulfate soluble dans l'eau et dans l'acide.

Commentaire du laboratoire :

Les résultats sont exprimés sur produit séché à 40°C.

Analyse du sulfate soluble dans l'acide suivant la norme NF ISO 11048 (X31-402).

Carbone organique par différence entre le carbone total et le carbone minéral suivant la norme NF ISO 10694 (X31-409).

brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100003294

Rapport d'essais : 04-7-021-A

Commentaire général :

Tout échantillon concernant des études d'environnement est détruit un mois après la remise des résultats sauf demande du client.
RESULTATS : les limites de quantification ont été estimées sur des matrices synthétiques, des solutions étalon ou des matériaux de référence. Elles sont susceptibles d'être modifiées en fonction de la nature des échantillons

UNITES : Elles peuvent être différentes selon les éléments :

g/l, mg/l, µg/l (1µg/l=0.001mg/l),

% (pourcentage massique),

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

µg=microgramme, t=tonne



brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100003294

Rapport d'essais : 04-7-021-A

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

Le mode opératoire MO077 est utilisé pour doser : PP (Perte de masse à 450°C)	Détermination de la perte de masse avant ICP
Le mode opératoire MO111 est utilisé pour doser :	Analyse multiélémentaire par ICP
Ag (Argent)	Al ₂ O ₃ (Alumine)
As (Arsenic)	B (Bore)
Ba (Baryum)	Be (Béryllium)
Bi (Bismuth)	CaO (Oxyde de Calcium)
Cd (Cadmium)	Ce (Cérium)
Co (Cobalt)	Cr (Chrome)
Cu (Cuivre)	Fe ₂ O _{3t} (Fer total exprimé en Fe ₂ O ₃)
K ₂ O (Oxyde de Potassium)	La (Lanthane)
Li (Lithium)	MgO (Oxyde de Magnésium)
MnO (Oxyde de Manganèse)	Mo (Molybdène)
Nb (Niobium)	Ni (Nickel)
P ₂ O ₅ (Phosphates en P ₂ O ₅)	Pb (Plomb)
Sb (Antimoine)	SiO ₂ (Silice)
Sn (Etain)	Sr (Strontium)
TiO ₂ (Oxyde de Titane)	V (Vanadium)
W (Tungstène)	Y (Yttrium)
Zn (Zinc)	Zr (Zirconium)

Commentaire du laboratoire :

Les résultats sont exprimés sur produit séché à 40°C.

Commentaire général :

Tout échantillon concernant des études d'environnement est détruit un mois après la remise des résultats sauf demande du client.
RESULTATS : Toute valeur supérieure à la limite supérieure de quantification peut entraîner une interférence non contrôlée sur l'un quelconque des éléments.

Les limites de quantification ont été estimées sur des matrices synthétiques ou des solutions étalon. Elles sont susceptibles d'être modifiées en fonction de la nature des échantillons.

Les résultats sont donnés avec une incertitude estimée de 5 à 20% relative selon le paramètre considéré et son niveau de concentration.

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 :

% (pourcentage massique),

mg/kg (1mg/kg=0.0001%=1g/t.)

brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100003294

Rapport d'essais : 04-7-021-A

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

Le mode opératoire	MO080	Analyse Quantitative par ICP/MS
est utilisé pour doser :		
Se (Sélénium)		TI (Thalium)

Commentaire du laboratoire :

Les résultats sont exprimés sur produit séché a 40°.

Commentaire général :

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

Les limites de quantification ont été estimées sur des matrices synthétiques ou des solutions étalon. Elles sont susceptibles d'être modifiées en fonction de la nature des échantillons.

Les résultats sont donnés avec une incertitude estimée de 5 à 20% relative selon le paramètre considéré et son niveau de concentration.

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

µg=microgramme, ng=nanogramme, t=tonne

Id soumission : 100003294

Rapport d'essais : 04-7-021-A

			200020911 1 Composite BD1
Elément	Unité	LQ*	
C.or (Carbone organique)	%	0.05	0.94
Hg (Mercure)	mg/Kg	0.1	< 0.1
Na2O (Oxyde de Sodium)	%	0.01	0.04
PF (Perte au feu à 1000°C)	%	0.05	30.6
PM40 (Perte de masse à 40°C)	%	0.05	81.8
PP (Perte de masse à 450°C)	%	0.05	21.26
Se (Sélénium)	mg/Kg	0.1	< 0.1
Se (Sélénium)	mg/Kg	1	< 1
SO4 (Sulfates)	%	0.2	6.85
Tl (Thalium)	mg/Kg	0.1	0.5
SiO2 (Silice)	%	1	5.7
Al2O3 (Alumine)	%	1	4.7
Fe2O3t (Fer total exprimé en Fe2O3)	%	1	17.6
CaO (Oxyde de Calcium)	%	1	12.6
MgO (Oxyde de Magnésium)	%	1	3.0
K2O (Oxyde de Potassium)	%	0.5	< 0.5
MnO (Oxyde de Manganèse)	%	0.01	0.38
TiO2 (Oxyde de Titane)	%	0.01	0.01
P2O5 (Phosphates en P2O5)	mg/Kg	100	466
Li (Lithium)	mg/Kg	10	10

Id soumission : 100003294

Rapport d'essais : 04-7-021-A

Elément	Unité	LQ*	200020911 1 Composite BD1
Be (Béryllium)	mg/Kg	2	3
B (Bore)	mg/Kg	10	< 10
V (Vanadium)	mg/Kg	10	20
Cr (Chrome)	mg/Kg	10	27
Co (Cobalt)	mg/Kg	5	10
Ni (Nickel)	mg/Kg	10	46
Cu (Cuivre)	mg/Kg	5	16900
Zn (Zinc)	mg/Kg	5	74000
As (Arsenic)	mg/Kg	20	81
Sr (Strontium)	mg/Kg	5	31
Y (Yttrium)	mg/Kg	20	< 20
Nb (Niobium)	mg/Kg	20	< 20
Mo (Molybdène)	mg/Kg	5	11
Ag (Argent)	mg/Kg	0.2	1.6
Cd (Cadmium)	mg/Kg	2	256.00
Sn (Étain)	mg/Kg	10	< 10
Sb (Antimoine)	mg/Kg	10	< 10
Ba (Baryum)	mg/Kg	10	52
La (Lanthane)	mg/Kg	20	< 20
Ce (Cérium)	mg/Kg	10	33

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100003294

Rapport d'essais : 04-7-021-A

Elément	Unité	LQ*	Lims Labo Client
			200020911 1 Composite BD1
W (Tungstène)	mg/Kg	10	< 10
Pb (Plomb)	mg/Kg	10	285
Bi (Bismuth)	mg/Kg	10	< 10
Zr (Zirconium)	mg/Kg	20	< 20

* LQ : Limite de quantification

FIN DU RAPPORT D'ESSAI

**RAPPORT D'ESSAIS****04-7-021-B**

Provenance : CHESY DECANTATS BASSIN		Demandeur : COTTARD Francis
Nature échantillon : SEDIMENT	Nombre: 1	Adresse: REM/RESE
Echantillons réceptionnés le : 09/04/2004		BRGM Direction des Ressources
Analyses commencées le : 21/04/04		Minérales 3, av Claude Guillemin B.P.
Référence commande :		6009
		45060 ORLEANS CEDEX 02 France

Nom du laboratoire	Responsable du laboratoire
Analyse chimique des eaux et micropolluants métalliques	T.CONTE
Réception et préparation des échantillons	P.PORTUGUES

Résultats validés par le(s) responsable(s) de laboratoire

Visa: A.GADALIA Coordonnateur des analyses

Téléphone: 02.38.64.30.17 Télécopie: 02.38.64.39.25

le : 10-MAI-2004

Nombre de pages: 6

>>> ATTENTION AUX COMMENTAIRES DU LABORATOIRE

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.

brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100003295

Rapport d'essais : 04-7-021-B

Les analyses suivantes ont été réalisées dans le laboratoire : Réception et préparation des échantillons

Le mode opératoire **MO093**

est utilisé pour doser :

ENVLIX(Prep NFX31-210)

Préparation des sols, sédiments, boues et déchets pour détermination des polluants organiques et minéraux d'après les normes NF ISO 11464, NFX 31-147, XP 33-012

Commentaire du laboratoire :

Commentaire général :



brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100003295

Rapport d'essais : 04-7-021-B

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

Le mode opératoire	MO108		Analyse d'éléments traces par ICP/MS.
est utilisé pour doser :			
Ag (Argent)			Al (Aluminium)
As (Arsenic)			B (Bore)
Ba (Baryum)			Be (Béryllium)
Cd (Cadmium)			Co (Cobalt)
Cr (Chrome)			Cu (Cuivre)
Li (Lithium)			Mn (Manganèse)
Mo (Molybdène)			Ni (Nickel)
Pb (Plomb)			Sb (Antimoine)
Sn (Etain)			Sr (Strontium)
Zn (Zinc)			
Le mode opératoire	MO292		Résidu sec à 105°C sur le lixiviat
est utilisé pour doser :			
Fraction soluble			
Le mode opératoire	NF EN ISO 11885	MAR-98	Analyse par ICP - spectrométrie d'émission.
est utilisé pour doser :			
Fe (Fer)			
Le mode opératoire	NF EN 13506	JAN-02	Dosage du mercure total par spectrométrie de fluorescence atomique.
est utilisé pour doser :			
Hg (Mercure)			
Le mode opératoire	NF EN 1484	JUL-97	Méthode par oxydation persulfate de sodium à chaud.
est utilisé pour doser :			
COT (Carbone organique total)			
Le mode opératoire	NF T 90-004	AOU-02	Méthode par potentiométrie (electrode combinée).
est utilisé pour doser :			
F (Fluorures)			

brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100003295

Rapport d'essais : 04-7-021-B

Le mode opératoire	NF T 90-008	FEV-01	Méthode à l'électrode de verre.
est utilisé pour doser :			
PH (pH)			
Le mode opératoire	X 31-210		
est utilisé pour doser :			
LI124H (Lixiviation NFX 31-210 une)			

Commentaire du laboratoire :

Lixiviation 1x24h effectuée suivant la norme X30-402-2. Analyse des métaux par ICP-AES (sauf Mo, Sb et Sn).

Commentaire général :

Les échantillons reçus non conditionnés selon les recommandations en vigueur (normes d'analyses ou 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 quantification ont été estimées sur des matrices synthétiques ou des solutions étalon. Elles sont susceptibles d'être modifiées en fonction de la nature des échantillons

Les résultats sont donnés avec une incertitude estimée de 5 à 20% relative selon le paramètre considéré et son niveau de concentration.

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

Id soumission : 100003295

Rapport d'essais : 04-7-021-B

Elément	Unité	LQ*	200020912 1 Composite BD1
PH (pH)	U	3	9.15
COT (Carbone organique total)	mg/Kg	25	69
F (Fluorures)	mg/Kg	5	221.0
Ag (Argent)	µg/Kg	250	< 250
Al (Aluminium)	µg/Kg	1500	81800
As (Arsenic)	µg/Kg	250	< 250
B (Bore)	µg/Kg	1000	2300
Ba (Baryum)	µg/Kg	250	< 250
Be (Béryllium)	µg/Kg	250	< 250
Cd (Cadmium)	µg/Kg	100	< 100
Co (Cobalt)	µg/Kg	100	< 100
Cr (Chrome)	µg/Kg	250	< 250
Cu (Cuivre)	µg/Kg	100	267
Fe (Fer)	mg/Kg	1	< 1
Li (Lithium)	µg/Kg	500	2000
Mn (Manganèse)	µg/Kg	250	< 250
Mo (Molybdène)	µg/Kg	500	572
Ni (Nickel)	µg/Kg	250	< 250
Pb (Plomb)	µg/Kg	750	< 750
Sb (Antimoine)	µg/Kg	250	< 250



Id soumission : 100003295

Rapport d'essais : 04-7-021-B

Elément	Unité	LQ*	Lims
			Labo
			Client
			200020912 1 Composite BD1
Sn (Etain)	µg/Kg	500	< 500
Sr (Strontium)	µg/Kg	500	10200
Zn (Zinc)	µg/Kg	250	844
Hg (Mercure)	µg/Kg	2.5	< 2.5
Fraction soluble	mg/Kg	2500	51800.0

* LQ : Limite de quantification

FIN DU RAPPORT D'ESSAI



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

Service environnement industriel et procédés innovants

3, avenue Claude-Guillemin

BP 6009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34