

RAPPORT D'ÉTUDE

15/10/2012

N°INERIS - DRC-12-125645-11177A

Classement en dangerosité de la Bauxaline®

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

Classement en dangerosité de la Bauxaline®

Rapport réalisé pour ALTEO – Usine de Gardanne (13)

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Pierre HENNEBERT	Roger REVALOR	Martine RAMEL
Qualité	Ingénieurs de l'Unité Comportement des Contaminants dans les Sols et les Matériaux	Responsable de l'Unité Comportement des Contaminants dans les Sols et les Matériaux	Responsable du Pôle Risque et Technologies Durables
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

1. RESUME.....	6
2. INTRODUCTION.....	7
3. OBJECTIF DE L'ETUDE	7
4. LA BAUXALINE®.....	8
4.1 Origine de la Bauxaline®.....	8
4.2 Composition et propriétés de la Bauxaline®.....	8
4.2.1 Composition chimique et minéralogique	8
4.2.2 Propriétés physiques	10
4.3 Comparaison des teneurs mesurées avec la composition d'autres gisements, des analyses antérieures de Bauxaline® et les fonds géochimiques des sols	11
5. CLASSEMENT DE LA BAUXALINE® SELON LES TEXTES REGLEMENTAIRES.....	14
5.1 Contexte réglementaire	14
5.2 Dangers intrinsèque / potentiel de danger.....	15
5.2.1 Classement suivant les catégories de déchets	15
5.2.2 Classement suivant le code européen des déchets.....	16
5.2.3 Classement par les propriétés ou critères de danger (H1 à H15).....	16
6. CONCLUSION	29
7. BIBLIOGRAPHIE.....	30
8. LISTE DES ANNEXES	33
8.1.1 Liste des annexes.....	33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Composition en éléments majeurs et phases cristallographiques de la Bauxaline®.....	8
Tableau 2 : pH, teneur en eau, carbone, perte au feu, halogènes, soufre et éléments traces métalliques de Bauxaline®.....	9
Tableau 3 : Propriétés physiques de la Bauxaline®.....	11
Tableau 4 : Composition de bauxites et résidus (éléments majeurs et mineurs)..	11
Tableau 5 : Composition de résidus de bauxite formulées à Gardanne (BRGM 1997).....	12
Tableau 6 : Teneurs totales en éléments traces (mg kg ⁻¹) dans les sols de France (Baize 2000).....	13
Tableau 7 : Propriétés de la soude et du dioxyde de vanadium selon le règlement CLP	21
Tableau 8 : Propriétés des composés du sélénium selon le règlement CLP.....	24
Tableau 9 : Batterie du test écotoxicologique pour l'évaluation du critère H14 (MATE 1998).....	26
Tableau 10 Résultats des tests exotoxicologiques de Bauxaline®	27

1. RESUME

L'usine ALTEO de Gardanne (Bouches-du-Rhône) produit de la Bauxaline® par séchage au filtre presse des « résidus de bauxite », résidus du minerai de bauxite après extraction partielle de l'alumine à la soude. Les principales caractéristiques de ce co-produit sont les suivantes :

- pH atteignant 11.5 (rapport liquide/solide de 10 l kg⁻¹ MS),
- fraction soluble de 2.4 %,
- teneur en soude estimée à 0.13 %,
- teneur en chrome de 1 500 mg kg⁻¹ en moyenne,
- teneur en vanadium de 850 mg kg⁻¹ en moyenne,
- autres contaminants présents à des concentrations faibles ou nulles.

La présente étude a pour objectif d'évaluer le caractère dangereux de ce co-produit au regard de la réglementation actuelle. Cette évaluation repose sur le classement de ce co-produit suivant le code européen des déchets mais surtout sur l'appréciation de ses propriétés de danger correspondant aux critères H1 à H15. Suivant les critères, leur évaluation se base sur la connaissance du procédé à l'origine du co-produit, des substances qui y sont présentes ou de tests spécifiques.

La présente étude a été réalisée en s'appuyant sur les résultats des analyses et des essais réalisés sur la Bauxaline® et fournis par la société ALTEO ; elle ne comprend pas d'avis critique sur la représentativité des résultats fournis.

Sur ces bases, ce co-produit est classé non dangereux suivant le code européen des déchets ainsi qu'à partir de l'évaluation des 15 critères traduisant les propriétés de danger.

2. INTRODUCTION

La production d'alumine à partir de minerais de bauxite génère des « résidus de bauxite ». A l'échelle mondiale, la production de résidus de bauxite est estimée à 120 millions de tonnes de matières sèches par an (Klauber *et al.* 2011). Ces boues peuvent être stockées telles quelles en lagune ou être partiellement lavées et séchées en filtre presse et stockées en décharge. Des solutions techniques sont proposées pour valoriser ce résidu (The Aluminum Association 2000), éventuellement après traitement et ajouts.

La société ALTEO exploite à Gardanne (Bouches-du-Rhône) une usine de fabrication d'alumine à partir de minerais de bauxite, qui génère environ 150 kt/an de Bauxaline®, co-produit issu des résidus de bauxite après lavage et séchage au filtre presse.

3. OBJECTIF DE L'ETUDE

La société ALTEO a sollicité l'INERIS pour évaluer la dangerosité de ce co-produit.

L'INERIS a réalisé la présente étude en s'appuyant sur les résultats des analyses et des essais réalisés sur la Bauxaline® et fournis par la société ALTEO ; l'INERIS n'a pas émis d'avis critique sur la représentativité des résultats fournis.

4. LA BAUXALINE®

4.1 ORIGINE DE LA BAUXALINE®

« La Bauxaline® est le co-produit de fabrication de l'alumine. Il est obtenu par le procédé Bayer de l'usine ALTEO de Gardanne (dissolution de l'alumine contenue dans la bauxite par de la soude caustique liquide puis recristallisation de l'alumine). A la fin de la dissolution, deux phases sont présentes :

- le liquide, matière première de l'étape suivante de la fabrication d'oxyde d'aluminium,
- le solide... devient la Bauxaline® une fois lavé [et pressé].

Le filtre-presse en sortie de procédé rend la Bauxaline® pelletable avec une teneur en eau de l'ordre de 30%. » (Source : ALTEO Fiche «La Bauxaline® # 1 Caractéristiques générales »).

4.2 COMPOSITION ET PROPRIETES DE LA BAUXALINE®

4.2.1 COMPOSITION CHIMIQUE ET MINERALOGIQUE

Chimie

Certains éléments majeurs sont présentés dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Composition en éléments majeurs et phases cristallographiques de la Bauxaline®

Element	Teneur (%)	Phases cristallographiques
Fe ₂ O ₃	46	Hématite Fe ₂ O ₃ ; Goethite FeOOH
Al ₂ O ₃	15	Gibbsite Al(OH) ₃ ; Boehmite AlOOH
TiO ₂	10	Rutile TiO ₂ ; Perovskite CaTiO ₃
SiO ₂	7	Quartz SiO ₂
CaO	6	Portlandite Ca(OH) ₂ ; Calcite CaCO ₃
Na ₂ O	4	Cancrinite NaAlSiO ₄ .H ₂ O ;
C total	1	

(Source : ALTEO Fiche «La Bauxaline® # 1 Caractéristiques générales).

Les analyses d'éléments traces métalliques totaux sont présentées en Annexe 1 (2 échantillons¹). Le pH est de 11.52 (rapport liquide/solide de 10 l.kg⁻¹). Les teneurs en éléments suivants sont remarquables : Cr 1500 mg.kg⁻¹ et V 850 mg.kg⁻¹, en moyenne. La fraction soluble est de 24 g.kg⁻¹ et la teneur en NaOH (calculée en Annexe 2) est de 0.13 %.

Des analyses complémentaires sont présentées dans le Tableau 2 (Les analyses complètes sont présentées en Annexe 1).

Tableau 2 : pH, teneur en eau, carbone, perte au feu, halogènes, soufre et éléments traces métalliques de Bauxaline®

Paramètre	Unité	Bauxaline®		LD
pH-H ₂ O (lixiviat)		11.45 / 11.6 / 11.75 / 11.75 / 11.7 / 10.85 moyenne 11.52		
Teneur en eau	% (w/w)	21.70	20.80	0.1
Carbone Organique Total	g kg ⁻¹	<3	<3	3
Carbone total	g kg ⁻¹	3.00	5.00	3
Perte au feu	%	8.80	7.90	0.1
Soufre	mg kg ⁻¹	379	433	20
Fluor	mg kg ⁻¹	51	245	10
Chlore	mg kg ⁻¹	179	458	10
Arsenic	mg kg ⁻¹	14	16	5
Baryum	mg kg ⁻¹	52	44	5
Cadmium	mg kg ⁻¹	<2	<2	2
Chrome	mg kg ⁻¹	1280	1690	5
Cuivre	mg kg ⁻¹	46	24.60	5
Mercure	mg kg ⁻¹	<0,3	<0,3	0.3
Molybdène	mg kg ⁻¹	<10	<10	10
Nickel	mg kg ⁻¹	36.40	22.50	5
Plomb	mg kg ⁻¹	19.70	18.20	10
Antimoine	mg kg ⁻¹	<20	<20	20
Sélénium	mg kg ⁻¹	<2	<2	2
Vanadium	mg kg ⁻¹	801	939	5
Zinc	mg kg ⁻¹	58	52	5

Bauxaline® : 2 échantillons sauf pH 6 échantillons (voir texte)

N.B. : Note sur la mesure du pH

Le « pH d'un solide » est en réalité le pH de la phase aqueuse d'une suspension ou dissolution de ce solide dans l'eau ou dans une solution. Dans l'analyse des soils, le solide est séché à l'air ou à température ≤ 40°C, émotté, tamisé à 2 mm et le refus au tamis est écarté. Le solide est mis en suspension dans de l'eau désionisée (ou une solution de CaCl₂ 0.01 M ou de KCl 1 M) à raison d'un volume de sol pour 5 volumes de solution, dans un flacon normalement fermé et agité une heure puis décanté une heure et mesuré (NF ISO 10390). En pratique, les automates d'analyse travaillent en béccher ouvert avec agitation par barreau aimanté par le fond du béccher. La reproductibilité interlaboratoire S_R (bornes de l'intervalle de confiance de la mesure) est de 0.4 unité pour les pH > 8. Dans l'analyse des déchets, le pH est mesuré sur éluat (ou lixiviat). Si le déchet a une granulométrie > 4 mm, il sera séché à l'air ou à température ≤ 40°C, broyé et tamisé à 4 mm. Si sa granulométrie est < 4 mm, il sera utilisé à l'état frais. La

¹ Le gisement global devrait être étudié par des analyses plus nombreuses.

teneur en eau est mesurée sur un sous-échantillon. Le déchet est mis en suspension dans l'eau désionisée à raison de 10 l par kilogramme de matière sèche en bouteille fermée durant 24 h. Le pH est mesuré juste après la lixiviation et avant décantation ou filtration à 0.45 µm (NF EN 16192). La reproductibilité interlaboratoire S_R (bornes de l'intervalle de confiance de la mesure) est de 4.23 unité pour un échantillon de déchet (gâteau de filtration de cendres volantes) de pH moyen 9.98. Cette médiocre reproductibilité incite à un contrôle minutieux des conditions opératoires des laboratoires.

Ainsi, dans les résultats de pH fournis par la société ALTEO, une partie a été obtenue par la méthode des sols (analyses en teneurs totales et analyses pour mise en décharge, partie avant lixiviation) et n'a pas été utilisée. La méthode des sols utilise une suspension plus concentrée mais sujette à la carbonatation atmosphérique dans le cas de matériau alcalin, sans qu'il soit possible de départager ces deux effets. Seuls les pH des lixiviats ont donc été utilisés ici, car ils sont plus pertinents pour la compréhension physico-chimique du matériau.

Minéralogie

Une fiche technique de la société ALTEO fournit les renseignements suivants, repris dans le Tableau 1.

Produits de « désilication »

L'attaque alcaline du minerai met en solution une partie de la silice, qui se combine à l'aluminium et précipite au cours de l'attaque en un solide, sous le nom de « desilication products » (DSP), et se retrouve en partie dans les résidus de bauxite : *“The desilication stage of the digestion process neutralises the reactive silica content of the ground bauxite and caustic soda ore slurry. The reactive silica content of the ground bauxite and slurry needs treating because silica can form as a hard coating in the tubes of the heaters which can then restrict flow. The removal of silica is also required because it may appear in the alumina product and is regarded as a contaminant. The reactive silica is turned into a form that is unreactive. This is achieved by heating the reactive silica to approximately 98 degrees Celsius for a period lasting between seven to nine hours. This process turns the reactive silica in combination with sodium, alumina and other components into a desilicated product (DSP)”* (Source : Mercader 2008)

La nature minéralogique des éventuels phyllosilicates (argiles au sens minéralogique) présents dans divers résidus de bauxite peut être trouvée sur le site redmud.org.

4.2.2 PROPRIETES PHYSIQUES

Les propriétés physiques sont les suivantes (Tableau 3) :

Tableau 3 : Propriétés physiques de la Bauxaline®

Surface BET	24 m ² g ⁻¹
Granulométrie	90% < 80 µm, 100% < 1 mm
Teneur en eau à 110°C	30%
Perte au feu de 20 à 1 000 °C	10%
Densité absolue	3.3 g/cm ³

(Source : ALTEO Fiche «La Bauxaline® # 1 Caractéristiques générales).

4.3 COMPARAISON DES TENEURS MESUREES AVEC LA COMPOSITION D'AUTRES GISEMENTS, DES ANALYSES ANTERIEURES DE BAUXALINE® ET LES FONDS GEOCHIMIQUES DES SOLS

D'autres données de composition des résidus de bauxite sont données pour information (Tableaux 4 et 5).

Tableau 4 : Composition de bauxites et résidus (éléments majeurs et mineurs)

Element	Mc Conchie et al. 1999	Element	Mc Conchie et al. 1999	Patel et al. 1986	Patel et al. 1986
Teneur (%)	Bauxsol* Australia	mg kg ⁻¹	Bauxsol* Australia	Red mud India	Bauxite India
Fe ₂ O ₃	30.12	As	27	4	3
SiO ₂	16.59	Ag		22.1	26
Al ₂ O ₃	12.26	Ba	9	53	30
Na ₂ O	7.4	Be		<1	<1
TiO ₂	6.66	Bi		37.9	10
CaO	3.17	Cd	<1	2	<2
CO ₂	2.79	Ce	239		
MgO	0.7	Co	8	22.3	26
SO ₂	0.19	Cr	633	748.8	260
P ₂ O ₅	0.17	Cu	18	53.8	49
K ₂ O	0.13	Ga	42		
MnO	0.04	La	35		
		Li		2.5	2
		Mo		45.7	50.5
		Nb	91		
		Nd	33		
		Ni	33	25.9	21
		Pb	52	71	47
		Rb	5	<1	
		Sb		44.6	60
		Sc	100		
		Sr	38	57.1	20
		Th	98		
		U	20		
		V	554		
		Y	99		
		Zn	7	35.1	40

* : le Bauxsol est un résidu de bauxite additionné de chlorure de magnésium

Des données d'analyse des résidus de bauxite du site ALTEO de Gardanne formulés pour usage routier (Hau et al., BRGM 1997) sont les suivantes :

Tableau 5 : Composition de résidus de bauxite formulées à Gardanne (BRGM 1997)

Elément	Unité	Borne Inférieure	Borne Supérieure	Sur produit brut	
				Xi4	Xj9
SiO2	%	1.0	100.0	5.5	5.1
Al2O3	%	1.0	100.0	12.1	11.9
Fe2O3	%	1.0	100.0	20.9	20.3
CaO	%	1.0	100.0	24.8	20.4
MgO	%	1.0	50.0	< 1.0	< 1.0
K2O	%	0.50	20.00	< 0.50	< 0.50
MnO	%	0.01	20.00	0.04	0.03
TiO2	%	0.01	35.00	9.56	9.36
P2O5	g/t	100	80000	3247	2771
Li	g/t	10	40000	< 10	< 10
Be	g/t	2	3500	< 2	< 2
B	g/t	10	18000	230	207
V	g/t	10	40000	895	905
Cr	g/t	10	13000	1471	1439
Co	g/t	5	25000	< 5	< 5
Ni	g/t	10	18000	14	18
Cu	g/t	5	8000	< 5	< 5
Zn	g/t	5	20000	30	120
As	g/t	20	50000	44	41
Sr	g/t	5	10000	123	62
Y	g/t	20	5000	117	117
Nb	g/t	20	15000	191	< 20
Mo	g/t	5	7500	< 5	< 5
Ag	g/t	0.2	300.0	< 0.2	< 0.2
Cd	g/t	2	5000	5	5
Sn	g/t	10	20000	39	17
Sb	g/t	10	25000	< 10	12
Ba	g/t	10	3500	71	71
La	g/t	20	15000	111	112
Ce	g/t	10	5500	82	123
W	g/t	10	15000	< 10	18
Pb	g/t	10	6000	86	103
Bi	g/t	10	10000	< 10	< 10
Zr	g/t	20	13000	1833	1755

Tableau 2 : Analyses des échantillons reçus

Ces résultats sont cohérents avec ceux observés sur différents gisements mondiaux : les éléments mineurs présents en concentration totale significative sont le chrome total ($1\,450\text{ mg.kg}^{-1}$) et le vanadium (900 mg.kg^{-1}).

Comparaison avec les teneurs dans les sols

Les teneurs en éléments traces métalliques (ETM) mesurées en 2012 sont élevées pour le chrome et le vanadium.

Une teneur en chrome total comparable à celle de la Bauxaline® est atteinte dans certains horizons de sols français, en cas de contexte géologique particulier (Baize 2000). Le Tableau 6 présente les gammes de valeurs "ordinaires" et d'anomalies naturelles, correspondant à divers horizons de sols, pas seulement les horizons de surface labourés. Les teneurs sont exprimées en mg.kg^{-1} de " terre fine " (< 2 mm). Les numéros entre parenthèses renvoient à des types de sols effectivement analysés, succinctement décrits et localisés.

Tableau 6 : Teneurs totales en éléments traces (mg kg^{-1}) dans les sols de France (Baize 2000)

Élément	Gamme de valeurs couramment observées dans les sols " ordinaires " de toutes granulométries	Gamme de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées		Gamme de valeurs observées dans le cas de fortes anomalies naturelles	
As	1,0 à 25,0	30 à 60	(1)	60 à 284	(1)
Cd	0,05 à 0,45	0,70 à 2,0	(1)(2)(3)(4)	2,0 à 16,0	(1)(2)(4)
Cr	10 à 90	90 à 150	(1)(2)(3)(4)(5)	150 à 3 180	(1)(2)(3)(4)(5)(8)
Co	2 à 23	23 à 90	(1)(2)(3)(4)(8)	105 à 148	(1)
Cu	2 à 20	20 à 62	(1)(4)(5)(8)	65 à 102	(8)
Hg	0,02 à 0,10				
Ni	2 à 60	60 à 130	(1)(3)(4)(5)	130 à 2 076	(1)(4)(5)(8)
Pb	9 à 50	60 à 90	(1)(2)(3)(4)	100 à 3 000	(1)(3)
Se	0,10 à 0,70	0,8 à 2,0	(6)	2,0 à 4,5	(7)
Tl	0,10 à 1,7	2,5 à 4,4	(1)	7,0 à 55,0	(1)
Zn	10 à 100	100 à 250	(1)(2)	250 à 3 800	(1)(3)

(1) zones de " métallotectes " à fortes minéralisations (plomb, zinc, barytine, fluor, pyrite, antimoine) au contact entre bassins sédimentaires et massifs cristallins. Notamment roches liasiques et sols associés de la bordure nord et nord-est du Morvan (Yonne, Côte d'Or).

(2) sols argileux développés sur certains calcaires durs du Jurassique moyen et supérieur (Bourgogne, Jura).

(3) paléosols ferrallitiques du Poitou (" terres rouges ").

(4) sols développés dans des " argiles à chailles " (Nièvre, Yonne, Indre).

(5) sols limono-sableux du Pays de Gex (Ain) et du Plateau Suisse.

(6) " bornais " de la région de Poitiers (horizons profonds argileux).

(7) sols tropicaux de Guadeloupe.

(8) sols d'altération d'amphibolites (région de La Châtre - Indre).

Les teneurs en chrome total de la Bauxaline® sont donc nettement supérieures aux teneurs habituelles en chrome total dans les sols, mais comparables aux

teneurs observées sur certaines zones géologiques présentant de fortes anomalies naturelles.

Les teneurs en vanadium ne sont pas mesurées en routine dans les programmes de surveillance de la qualité des sols, et la teneur en vanadium de la Bauxaline® ne fera donc pas l'objet d'interprétation.

5. CLASSEMENT DE LA BAUXALINE® SELON LES TEXTES REGLEMENTAIRES

5.1 CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Le fondement réglementaire encadrant la gestion, le transport, l'élimination ou la valorisation des déchets est constitué par la directive-cadre du 19/11/2008², transposée dans le Code de l'Environnement par l'ordonnance du 17/12/2010³ et le décret du 11/07/2011⁴.

Dans ce cadre, le classement d'un déchet suivant sa dangerosité peut être défini de 2 manières différentes :

- de manière intrinsèque, par le potentiel de danger qu'il représente.

Vu sous cet angle, l'article R.541-8 du Code de l'Environnement et ses 2 annexes (http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.15147/4/2.250.190.28.6.8688) permet de classer un déchet :

- par l'éventuelle adéquation de ses caractéristiques à la définition du caractère inerte d'un déchet.
- par son identification dans la liste du code européen des déchets.
- par l'évaluation de critères ou propriétés de danger.
- par sa capacité à être admis dans des filières de traitement ou de valorisation, au premier rang desquelles figurent les centres de stockage, mais aussi les filières de valorisation routière ou d'épandage. Dans ce cas, on verra que l'on est amené en quelque sorte à évaluer, non pas simplement le potentiel de danger d'un déchet, mais le risque qu'il peut présenter pour l'environnement relativement à son potentiel de relargage de contaminants.

Ces 2 manières radicalement différentes pour classer un déchet ne s'opposent pas même si elles peuvent conduire dans certains cas à des contradictions apparentes : ainsi, un déchet non inerte d'après l'article R.541-8 du Code de

² Directive n°2008/98/CE du Parlement Européen et du Conseil du 19 novembre 2008 relative aux déchets et abrogeant certaines directives

³ Ordonnance n°2010-1579 du 17 décembre 2010 portant diverses dispositions d'adaptation au droit de l'UE dans le domaine des déchets

⁴ Décret n°2011-828 du 11 juillet 2011 portant diverses dispositions relatives à la prévention et à la gestion des déchets

l'Environnement pourrait être admis en ISDI si son potentiel de relargage de contaminants est compatible avec les seuils définis dans l'Arrêté du 28/10/2010 qui encadre réglementairement ce type d'installation.

Ces 2 manières de classement servent en fait des applications spécifiques, classement en dangerosité ou orientation vers une filière de traitement adaptée ; dans la suite de ce chapitre, seule la première démarche sera appliquée au classement de la Bauxaline®.

5.2 DANGEROUSITE INTRINSEQUE / POTENTIEL DE DANGER

5.2.1 CLASSEMENT SUIVANT LES CATEGORIES DE DECHETS

L'article R.541-8 du Code de l'Environnement définit 6 catégories de déchets.

« En effet, au sens du présent titre, on entend par :

Déchet dangereux : tout déchet qui présente une ou plusieurs des propriétés de dangers énumérées à [l'annexe I](#) au présent article. Ils sont signalés par un astérisque dans la liste des déchets de [l'annexe II](#) au présent article.

Déchet non dangereux : tout déchet qui ne présente aucune des propriétés qui rendent un déchet dangereux.

Déchet inerte : tout déchet qui ne subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante, qui ne se décompose pas, ne brûle pas, ne produit aucune réaction physique ou chimique, n'est pas biodégradable et ne détériore pas les matières avec lesquelles il entre en contact d'une manière susceptible d'entraîner des atteintes à l'environnement ou à la santé humaine.

Déchet ménager : tout déchet, dangereux ou non dangereux, dont le producteur est un ménage.

Déchet d'activités économiques : tout déchet, dangereux ou non dangereux, dont le producteur initial n'est pas un ménage.

Biodéchet : tout déchet non dangereux biodégradable de jardin ou de parc, tout déchet non dangereux alimentaire ou de cuisine issu notamment des ménages, des restaurants, des traiteurs ou des magasins de vente au détail, ainsi que tout déchet comparable provenant des établissements de production ou de transformation de denrées alimentaires. »

La Bauxaline® ne peut être considérée comme un déchet inerte, car son alcalinité à pH élevé (pH 11.52) réagit avec son environnement et sa fraction soluble (24 g.kg⁻¹) est susceptible d'avoir des effets sur l'environnement.

5.2.2 CLASSEMENT SUIVANT LE CODE EUROPEEN DES DECHETS

L'annexe II de l'article R 541-8 du Code de l'Environnement (voir Annexe 3) retranscrit in extenso la liste du code européen des déchets ; cette liste comporte notamment les rubriques suivantes :

01 DÉCHETS PROVENANT DE L'EXPLORATION ET DE L'EXPLOITATION DES MINES ET DES CARRIÈRES AINSI QUE DU TRAITEMENT PHYSIQUE ET CHIMIQUE DES MINÉRAUX

01 01 Déchets provenant de l'extraction des minéraux.

01 01 01 Déchets provenant de l'extraction des minéraux métallifères.

01 01 02 Déchets provenant de l'extraction des minéraux non métallifères.

01 03 Déchets provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères.

01 03 04* Stériles acidogènes provenant de la transformation du sulfure.

01 03 05* Autres stériles contenant des substances dangereuses.

01 03 06 Stériles autres que ceux visés aux rubriques 01 03 04 et 01 03 05.

01 03 07* Autres déchets contenant des substances dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères.

01 03 08 Déchets de poussières et de poudres autres que ceux visés à la rubrique 01 03 07.

01 03 09 Boues rouges issues de la production d'alumine autres que celles visées à la rubrique 01 03 07.

01 03 99 Déchets non spécifiés ailleurs.

Bauxaline® :

Une entrée "absolue" 01 03 09 classe les boues rouges issues de la production d'alumine comme non dangereuses (pas d'étoile dans le code européen des déchets). Une entrée « absolue » ne comporte pas de double entrée alternative « dangereux » et « non dangereux ». La Bauxaline est classée non dangereuse.

En conclusion, **le catalogue européen des déchets classe la Bauxaline® comme déchet non dangereux.**

5.2.3 CLASSEMENT PAR LES PROPRIETES OU CRITERES DE DANGER (H1 A H15)

Outre le classement par le catalogue européen des déchets, qui suffit à classer la Bauxaline® comme non dangereux, la société ALTEO a souhaité obtenir le classement par les propriétés de danger H1 à H15.

5.2.3.1 REGLEMENTATION

L'annexe I de l'article R.541-8 du Code de l'Environnement définit les 15 propriétés qui rendent les déchets dangereux et les prescriptions réglementaires applicables à la caractérisation de la dangerosité des déchets sont citées ci-dessous.

Article R.541-8

« [...] Déchet dangereux : tout déchet qui présente une ou plusieurs des propriétés de dangers énumérées à l'annexe I au présent article. [...] »

Déchet non dangereux : tout déchet qui ne présente aucune des propriétés qui rendent un déchet dangereux. [...] »

Annexe I à l'article R.541-8

« H1 " Explosif " : substances et préparations pouvant exploser sous l'effet de la flamme ou qui sont plus sensibles aux chocs ou aux frottements que le dinitrobenzène.

H2 " Comburant " : substances et préparations qui, au contact d'autres substances, notamment de substances inflammables, présentent une réaction fortement exothermique.

H3-A " Facilement inflammable " : substances et préparations :

- à l'état liquide (y compris les liquides extrêmement inflammables), dont le point d'éclair est inférieur à 21 °C, ou

- pouvant s'échauffer au point de s'enflammer à l'air à température ambiante sans apport d'énergie ; ou

- à l'état solide, qui peuvent s'enflammer facilement par une brève action d'une source d'inflammation et qui continuent à brûler ou à se consumer après l'éloignement de la source d'inflammation ; ou

- à l'état gazeux, qui sont inflammables à l'air à une pression normale ; ou

- qui, au contact de l'eau ou de l'air humide, produisent des gaz facilement inflammables en quantités dangereuses.

H3-B " Inflammable " : substances et préparations liquides, dont le point d'éclair est égal ou supérieur à 21 °C et inférieur ou égal à 55 °C.

H4 " Irritant " : substances et préparations non corrosives qui, par contact immédiat, prolongé ou répété avec la peau et les muqueuses, peuvent provoquer une réaction inflammatoire.

H5 " Nocif " : substances et préparations qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent entraîner des risques de gravité limitée.

H6 " Toxique " : substances et préparations (y compris les substances et préparations très toxiques) qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent entraîner des risques graves, aigus ou chroniques, voire la mort.

H7 " Cancérogène " : substances et préparations qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent produire le cancer ou en augmenter la fréquence.

H8 " Corrosif " : substances et préparations qui, en contact avec des tissus vivants, peuvent exercer une action destructrice sur ces derniers.

H9 " Infectieux " : matières contenant des micro-organismes viables ou leurs toxines, dont on sait ou on a de bonnes raisons de croire qu'ils causent la maladie chez l'homme ou chez d'autres organismes vivants.

H10 " Toxique pour la reproduction " : substances et préparations qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent produire ou augmenter la fréquence d'effets indésirables non héréditaires dans la progéniture ou porter atteinte aux fonctions ou capacités reproductives.

H11 " Mutagène " : substances et préparations qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent produire des défauts génétiques héréditaires ou en augmenter la fréquence.

H12 Substances et préparations qui, au contact de l'eau, de l'air ou d'un acide, dégagent un gaz toxique ou très toxique.

H13 "Sensibilisant" : substances et préparations qui, par inhalation ou pénétration cutanée, peuvent donner lieu à une réaction d'hypersensibilisation telle qu'une nouvelle exposition à la

substance ou à la préparation produit des effets néfastes caractéristiques. Cette propriété n'est à considérer que si les méthodes d'essai sont disponibles.

H14 " Ecotoxique " : substances et préparations qui présentent ou peuvent présenter des risques immédiats ou différés pour une ou plusieurs composantes de l'environnement.

H15 Substances et préparations susceptibles, après élimination, de donner naissance, par quelque moyen que ce soit, à une autre substance, par exemple un produit de lixiviation, qui possède l'une des caractéristiques énumérées ci-avant. »

Article R.541-10

« [...] En ce qui concerne les propriétés H 3 à H 8, H 10 et H 11, sont, en tout état de cause, considérés comme dangereux les déchets présentant une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- 1° Leur point d'éclair est inférieur ou égal à 55 °C ;
- 2° Ils contiennent une ou plusieurs substances classées comme très toxiques à une concentration totale égale ou supérieure à 0,1 % ;
- 3° Ils contiennent une ou plusieurs substances classées comme toxiques à une concentration totale égale ou supérieure à 3 % ;
- 4° Ils contiennent une ou plusieurs substances classées comme nocives à une concentration totale égale ou supérieure à 25 % ;
- 5° Ils contiennent une ou plusieurs substances corrosives de la classe R 35 à une concentration totale égale ou supérieure à 1 % ;
- 6° Ils contiennent une ou plusieurs substances corrosives de la classe R 34 à une concentration totale égale ou supérieure à 5 % ;
- 7° Ils contiennent une ou plusieurs substances irritantes de la classe R 41 à une concentration totale égale ou supérieure à 10 % ;
- 8° Ils contiennent une ou plusieurs substances irritantes des classes R 36, R 37, R 38 à une concentration totale égale ou supérieure à 20 % ;
- 9° Ils contiennent une substance reconnue comme étant cancérigène, des catégories 1 ou 2, à une concentration égale ou supérieure à 0,1 % ;
- 10° Ils contiennent une substance reconnue comme étant cancérigène, de la catégorie 3, à une concentration égale ou supérieure à 1 % ;
- 11° Ils contiennent une substance toxique pour la reproduction, des catégories 1 ou 2, des classes R 60, R 61 à une concentration égale ou supérieure à 0,5 % ;
- 12° Ils contiennent une substance toxique pour la reproduction, de la catégorie 3, des classes R 62, R 63 à une concentration égale ou supérieure à 5 % ;
- 13° Ils contiennent une substance mutagène, des catégories 1 ou 2, de la classe R 46 à une concentration égale ou supérieure à 0,1 % ;
- 14° Ils contiennent une substance mutagène de la catégorie 3 de la classe R 40 à une concentration égale ou supérieure à 1 %. [...] »

5.2.3.2 METHODE DE CLASSEMENT

Le déchet est considéré pour certaines propriétés de danger comme un mélange de produits chimiques ou substances. Il est donc nécessaire de déterminer la composition du déchet en substances.

Pour les éléments minéraux, il est souvent nécessaire de reconstituer un cortège minéralogique à partir des teneurs en éléments, d'informations bibliographiques et d'analyses minéralogiques spécialisées (cristallographie, microscopie). Les teneurs en substances organiques sont fournies soit par le procédé ayant produit le déchet, soit par analyse organique avec séparation chromatographique fournissant les substances présentes et leur teneur.

Les propriétés de danger peuvent alors selon les cas être évaluées (par raisonnement ou par des tests) ou calculées (à partir des teneurs en substances et des propriétés des substances).

Les propriétés de danger des substances sont obtenues par la classification des substances chimiques, définie par le règlement n° 1272/2008 Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures, dit « règlement CLP ». Il est entré en vigueur le 20 janvier 2009. Ce règlement de 1355 p est accessible sur « eurolex » <http://eur-lex.europa.eu/fr/index.htm>. L'annexe VI de ce règlement CLP fournit les classifications en système CLP de toutes les substances chimiques qui avaient précédemment fait l'objet d'une classification harmonisée selon la directive 67/548. Ce tableau est disponible sur le site <http://ecb.jrc.ec.europa.eu/classification-labelling/search-classlab/> par substance (nom, N°CE, N°CAS) (cliquer sur > Search Classlab) et sous forme de fichier excel de l'ensemble des classifications (cliquer sur > Download Annex 1).

Toutes les substances n'étant pas reprises dans l'annexe VI du CLP, une recherche complémentaire est possible sur la base de données de l'agence européenne des produits chimiques – ECHA (<http://echa.europa.eu/web/guest/information-on-chemicals/cl-inventory-database>). Il s'agit des enregistrements des substances, réalisés par les notifiants, et proposant une classification utilisée dans les fiches de données sécurité (FDS). Ces données sont spécifiques à chaque substance produite par chaque notifiant, et plusieurs propositions de classification divergentes peuvent avoir été réalisées pour le même code CAS. L'usage admis est alors de prendre la classification proposée par le plus de notifiants.

5.2.3.3 DETERMINATION DES PROPRIETES H1 A H15 DE LA BAUXALINE®

Les propriétés H1, H2, H3, H9 ne sont pas pertinentes de par le procédé de production dont la Bauxaline® est issue.

Les propriétés H4, H5, H6, H7, H8, H10 et H11, H12, H13, H14 et H15 sont à évaluer.

5.2.3.3.1 PROPRIETES H4, H5, H6, H7, H8, H10, H11 ET H13

Le système de classement actuel (Code de l'Environnement et propriétés des substances reprises dans les tableaux du CLP) et le futur système CLP de classement pour les déchets (actuellement en discussion entre Etats Membres de l'UE avec des propriétés révisées dénommées HP – hazardous properties) seront utilisés.

Les teneurs totales en éléments traces dans la Bauxaline® ont été déterminées par analyse pour ce classement et sont présentées en Annexe 1. Les éléments majeurs n'ont pas été mesurés car leurs composés plausibles (oxydes, hydroxydes, carbonates) ne sont pas classés comme substances dangereuses dans l'annexe VI tableau 3.2 du règlement CLP, sauf pour Na sous forme NaOH, dont la teneur est calculée par la composition du lixiviat (Annexe 2). Les éléments organiques n'ont pas été recherchés car la digestion alcaline les transforme en composés de type sels de l'acide oxalique. L'examen des fiches de données de sécurité des additifs de floculation n'a montré aucune substance à des teneurs dangereuses.

Le calcul de concentration en **NaOH** à partir des pH mesurés des lixiviats de Bauxaline® est de 0.13 % de la matière sèche (Annexe 2).

Parmi les éléments mineurs, seuls le chrome et le vanadium ont une teneur significative pouvant entraîner un classement pour les propriétés H4 à H8 et H10 ; H11 et H13.

Le **chrome** est présent sous forme de chrome(III) et non sous forme de chrome(VI) (chromate CrO_4^{2-}) soluble : en effet, les chromates sont retrouvés dans les lixiviats à une concentration de 0.2 mg kg^{-1} , alors que la teneur en chrome total est de $1\,800 \text{ mg kg}^{-1}$ (voir Annexe I). Le chrome(III) et ses composés ne sont pas mentionnés dans le CLP. Seuls des composés du chrome(VI) y sont mentionnés.

La forme du **vanadium** dans la Bauxaline® n'est pas connue. Le seul composé du vanadium (hors composés organiques de synthèse non présents ici) mentionné dans le CLP est l'oxyde de vanadium V_2O_5 . Le vanadium pourrait être présent sous cette forme à des teneurs variant de 1400 à 1700 mg kg^{-1} , correspondant aux teneurs constatées en vanadium de 800 à 965 mg kg^{-1} respectivement.

Les substances importantes pour ces critères sont donc NaOH à la concentration de 0.13 % et V_2O_5 à la concentration maximale de 0.17 %.

Le tableau suivant (extrait du CLP) présente :

- Les propriétés mentionnées dans les annexes du règlement CLP pour le NaOH et l'oxyde de vanadium ;
- Les limites de concentration spécifiques du NaOH. Les limites de concentration sont les seuils au-delà desquels la présence dans une substance ou un mélange de toute impureté, additif ou élément individuel classé peut déclencher la classification de la substance ou du mélange. Les limites de concentration spécifiques sont des limites de concentration propre à la substance pour chaque propriété de danger selon les discussions en cours entre Etats Membres de l'UE ;
- Les limites de concentration entraînant le classement du déchet comme dangereux selon le Code de l'Environnement pour chaque phrase de risques.

Tableau 7 : Propriétés de la soude et du dioxyde de vanadium selon le règlement CLP

Système R :

CAS No	Chemical name	Classification	Specific Concentration Limits	Limites de concentration (Code de l'Environnement)
1310-73-2	sodium hydroxide; caustic soda	C; R35	C; R35: C ≥ 5 % C; R34: 2 % ≤ C < 5 % Xi; R36/38: 0,5 % ≤ C < 2 %	1 %
1314-62-1	divanadium pentaoxide; vanadium pentoxide	Muta. Cat. 3; R68		-
		Repr. Cat. 3; R63		5 %
		T; R48/23		3 %
		Xn; R20/22		25 %
		Xi; R37		20 %
		N; R51-53		25 % ou 2.5%*

*limite de concentration Guide méthodologique Seveso 10.01.2011

Système GHS :

CAS No	International Chemical Identification	Hazard Class and Category Code(s)	Hazard Statement Code(s)	Specific Conc. Limits, M-factors	Concentration limits (under discussion)
1310-73-2	sodium hydroxide; caustic soda	Skin Corr. 1A	H314	Skin Corr. 1A; H314: C ≥ 5 % Skin Corr. 1B; H314: 2 % ≤ C < 5 % Skin Irrit. 2; H315: 0,5 % ≤ C < 2 % Eye Irrit. 2; H319: 0,5 % ≤ C < 2 %	HP4 Irritant : use of specific concentration limit otherwise 1 % (H314 1A) HP8 Corrosive : use of specific concentration limit otherwise 5 % (H314 1A)
1314-62-1	divanadium pentaoxide; vanadium pentoxide	Muta. 2	H341		HP11 Mutagenic: 1%
		Repr. 2	H361d ***		HP10 Toxic for reproduction : 3%
		STOT RE 1	H372 **		HP5 STOT Respiration: 1 %
		Acute Tox. 4 *	H332		HP6 Toxic Oral: 25%
		Acute Tox. 4 *	H302		HP6 Toxic Oral: 25%
		STOT SE 3	H335		HP5 STOT Respiration: 20%
	Aquatic Chronic 2	H411		HP14 Ecotoxic: Cat 3 : 0.25%	

Voie d'administration qui ne peut être exclue

Pour certaines classes de danger, telles que la STOT, la voie d'exposition ne doit être indiquée dans la mention de danger que s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne peut conduire au même danger conformément aux critères énoncés à l'annexe 1. La directive 67/548/CEE n'exigeait l'indication de la voie d'exposition pour des classifications comportant la phrase R 48 que dans les cas où il existe des données justifiant la classification en fonction de cette voie d'exposition. La classification effectuée conformément à la directive 67/548/CEE, indiquant la voie d'exposition, a été convertie dans la classe et la catégorie correspondantes, conformément au présent règlement, mais avec une mention de danger générale qui ne précise pas la voie d'exposition, les informations nécessaires à cet effet n'étant pas disponibles. Ces mentions de danger sont signalées par la référence (**) au tableau 3.1. (CLP p 338)

Mentions de danger concernant la toxicité pour la reproduction

Les mentions de danger H360 et H361 indiquent une préoccupation générale concernant à la fois les effets sur la fertilité et les effets sur le développement: «Peut nuire/susceptible de nuire à la fertilité ou au foetus». Selon les critères, la mention de danger générale peut être remplacée par la mention de danger indiquant la seule propriété suscitant une préoccupation, au cas où soit la fertilité, soit les effets sur le développement ne seraient manifestement pas concernés. Afin de ne perdre aucune information provenant des classifications harmonisées des effets sur la fertilité et le développement, conformément à la directive 67/548/CEE, les classifications ont été converties pour les seuls effets classés conformément à ladite directive. Ces mentions de danger sont signalées par la référence (***) au tableau 3.1. (CLP p 338-339).

STOT = single target organ toxicity

- R 34 Provoque des brûlures.
- R 35 Provoque de graves brûlures.
- R 37 Irritant pour les voies respiratoires
- R 63 Risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant.
- R 68 Possibilité d'effets irréversibles
- R 20/22 Nocif par inhalation et par ingestion.
- R 36/38 Irritant pour les yeux et la peau
- R 48/23 Toxique: Risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation.
- R 51/53 Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.

L'hydroxyde de sodium présente les limites spécifiques de concentration suivantes (entraînant le classement) :

- un mélange est corrosif R35 s'il contient plus de 5 % de soude caustique, et corrosif R34 s'il contient entre 2 et 5 % de soude caustique, et Xi R36/38 s'il contient entre 0.5 % et 2 % de soude caustique ;
- un mélange sera corrosif cutané de classe 1A (H314) s'il contient plus de 5 % de soude caustique, corrosif cutané de classe 1B (H314) s'il contient entre 2 et 5 % de soude caustique, et irritant oculaire de classe 2 (H319) s'il contient entre 0.5 % et 2 % de soude caustique.

La Bauxaline® n'est donc pas classée « corrosif cutané » ou « irritant oculaire » pour la teneur en NaOH selon le Code de l'Environnement, ni selon le futur système de classement (non encore définitif à la date de rédaction de ce rapport).

L'oxyde de vanadium est présent à une concentration toujours inférieure aux limites de concentration de chaque propriété (toxique, irritant, cancérigène, ...).

La propriété H13 (sensibilisant) n'est actuellement pas définie (en terme de concentrations ou d'essai) dans la réglementation et ne peut donc formellement être prise en compte. Toutefois, les discussions actuelles sur l'utilisation future de la réglementation des produits chimiques pour classer les déchets (avec des limites de concentration en substances sensibilisantes de 1 % et 10 %) laissent penser que la Bauxaline® ne sera pas classée dangereuse pour ce critère une fois qu'il sera défini.

La Bauxaline® n'est donc pas classée H4, H5, H6, H7, H8, H10, H11 et H13 selon le Code de l'Environnement et selon la future version révisée de ces propriétés (dans l'état actuel des discussions entre Etats Membres).

5.2.3.3.2 PROPRIETE H12

H12 Substances et préparations qui, au contact de l'eau, de l'air ou d'un acide, dégagent un gaz toxique ou très toxique.

Les méthodes sont en cours de définition au niveau européen. Le débit de gaz retenu est de $1 \text{ l (kg}^{-1} \text{ de déchet) h}^{-1}$.

Le contact avec l'eau et l'air a déjà eu lieu. Un test à l'acide devrait être effectué. Toutefois, comme il n'y a pas d'éléments à l'état métallique (étage d'oxydation zéro) dans ces produits, il n'y aura a priori pas de dégagement de gaz au contact d'un acide.

Ce raisonnement nous conduit à considérer que la Bauxaline® n'est pas classée dangereuse pour le critère H12.

5.2.3.3.3 CAS PARTICULIER DE LA PROPRIETE H14

H14 " Ecotoxique " : substances et préparations qui présentent ou peuvent présenter des risques immédiats ou différés pour une ou plusieurs composantes de l'environnement.

La propriété H14 (écotoxique) n'est actuellement pas définie (en terme de concentrations ou d'essai) dans la réglementation et ne peut donc formellement être prise en compte. Toutefois, les discussions actuelles sur l'utilisation future de la réglementation des produits chimiques pour classer les déchets et la définition qui en a été donnée dans l'application de la réglementation Seveso II⁵ vont être utilisées pour évaluer le classement de la Bauxaline® pour ce critère.

L'écotoxicité peut être évaluée par calcul si le déchet est suffisamment connu en substances. En cas de doute, des tests sont à mener, dont les résultats priment sur le calcul. Dans tous les cas, si un déchet est classé non dangereux par calcul pour le critère H14, ce résultat doit être confirmé par des tests.

Ecotoxicité calculée

Un déchet sera écotoxique si la somme des concentrations des substances classées écotoxiques aiguës ou chroniques à différents degrés, pondérée par des facteurs multiplicatifs appelés « M », dépasse 25 %. Le facteur M d'une substance dépend de la valeur expérimentale minimale de sa concentration dans l'eau engendrant :

- Pour les effets aigus, 50 % d'effet,
- Pour les effets chroniques, pas d'effet observé au cours de différents tests d'écotoxicité aquatique, ainsi que sa capacité à être rapidement dégradable.

Le calcul sera effectué de façon simplifiée pour deux éléments (vanadium et sélénium) dont les substances sont écotoxiques et pourraient entraîner le classement sachant que pour le molybdène, il n'existe pas de données d'écotoxicité actuellement.

Vanadium

A partir du portail des substances chimiques de l'INERIS, la CE₅₀ du vanadium sous forme métallique V(0) (CAS 7440-62-2) la plus basse est de 0.72 mg. l⁻¹. Le « facteur M » ne s'applique pas ici puisqu'il est utilisé pour les substances très toxiques R50 et H410. La limite de concentration entraînant le classement en écotoxique chronique de catégorie 3 est donc de 0.25 % (soit 2 500 mg.kg⁻¹), alors que la teneur observée en vanadium est comprise entre 800 et 1000 mg.kg⁻¹ (Tableau 2). Nous n'avons pas trouvé de CE₅₀ de l'oxyde.

⁵ Guide méthodologique pour l'évaluation du classement des installations de transit /tri /regroupement ou de traitement de déchets contenant des substances ou préparations dangereuses éligibles au régime d'autorisation avec servitudes (AS) ou au régime d'autorisation « SEVESO – Seuil bas » MEDDTL, 10 janvier 2011

Sélénium

Le lixiviat de Bauxaline® contient du sélénium ($\pm 0.2 \text{ mg.l}^{-1}$, voir Annexe 1). Pour information, la teneur admissible en sélénium dans l'eau potable est de 0.01 mg.l^{-1} . La teneur en sélénium total est $< 2 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tableau 2 et Annexe 1).

Le portail des substances chimiques de l'INERIS ne comporte pas de données écotoxicologiques sur le sélénium. Le facteur M, qui pondère les limites de concentration des composés très écotoxiques ne peut être calculé. Les composés « purs » du sélénium sont toxiques pour l'homme et très toxiques pour les organismes aquatiques (CLP Annexe VI Tableau 3.2). La plus basse limite de concentration est de 0.25 % (soit 2500 mg kg^{-1}).

On voit donc que la somme des concentrations des éléments pouvant entraîner le classement est bien inférieure à la limite de concentrations entraînant le classement pour ces éléments ou leurs substances.

Tableau 8 : Propriétés des composés du sélénium selon le règlement CLP

Index No	Chemical name	EC No	CAS No	Classification	Hazard Statement Code(s)	Limites de concentration (Code de l'Environnement)	Concentration limits (under discussion)
034-002-00-8	selenium compounds with the exception of cadmium sulphoselenide and those specified elsewhere in this Annex	—	—	T; R23/25 R33 N; R50-53		3 % 0.25 %	

034-002-00-8	selenium compounds except cadmium sulphoselenide	—	—	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H301 H373 (**) H400 H410		25 % 25 % 10 % 25 % / M 25 % / (100*M)
--------------	--	---	---	---	---	--	--

R 23/25 Toxique par inhalation et par ingestion.

R 33 Danger d'effets cumulatifs

R 50/53 Très toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.

Conclusion pour l'écotoxicité calculée

En conclusion, aucune limite de concentration n'est dépassée, et le calcul de l'écotoxicité aboutit à un résultat non classant pour H14.

Ecotoxicité mesurée

Méthodes

En 1998, une batterie de six tests normalisés d'écotoxicité a été proposée par le ministère français de l'Environnement afin d'évaluer la propriété H14 (MATE, 1998).

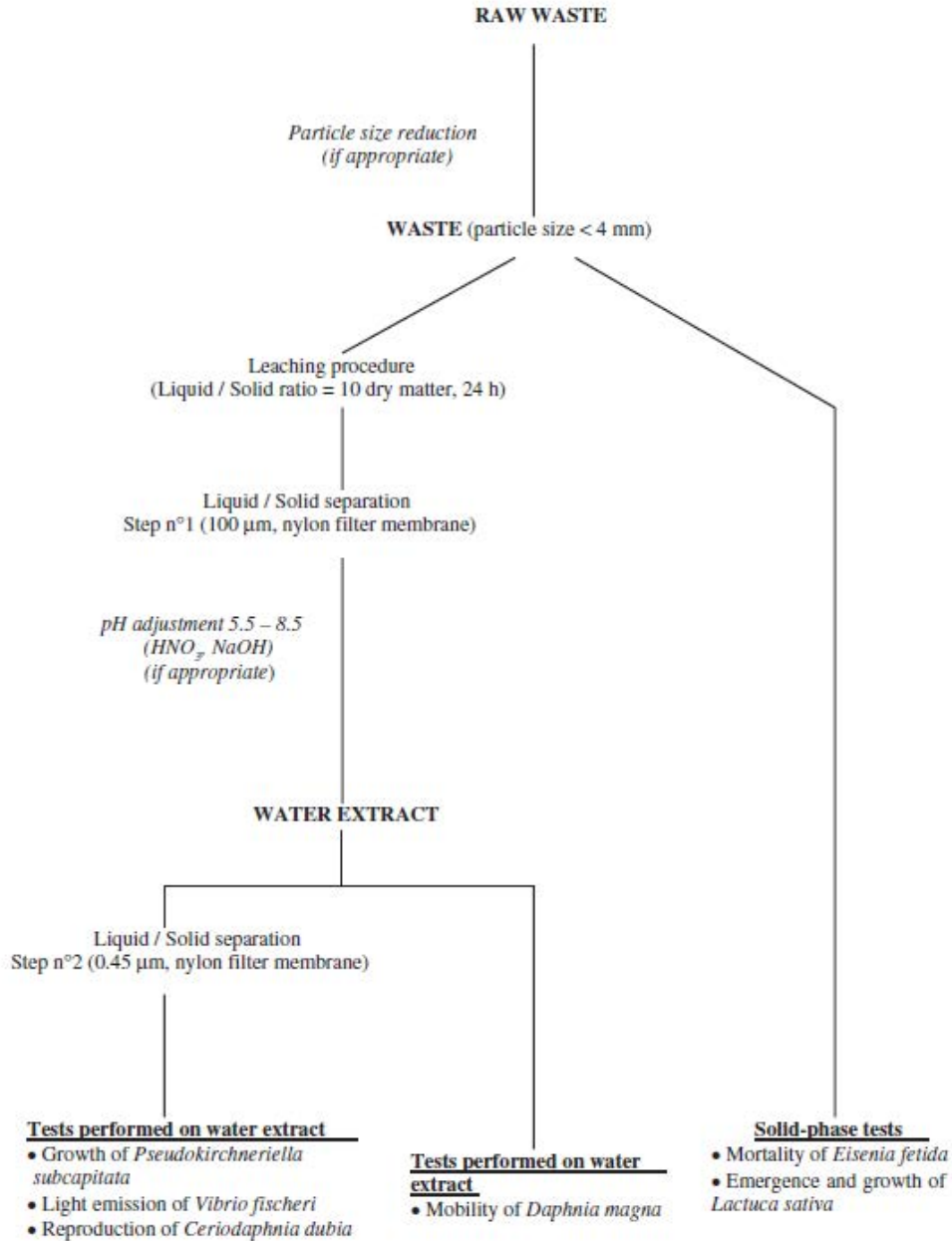


Fig. 1. Methodology applied for assessing the ecotoxicity of wastes.

Figure 1 : Batterie de tests d'écotoxicité des déchets (MATE 1998)

Tableau 9 : Batterie du test écotoxicologique pour l'évaluation du critère H14 (MATE 1998)

Organisms	Type of toxicity	Endpoints	Expression of results	Test duration	Test methods
Micro-algae					
<i>P. subcapitata</i>	Chronic	Growth inhibition	EC 20 ^a	3 days	NF T 90-375 (AFNOR, 1998)
Plants					
<i>L. sativa</i>	Acute	Emergence; Inhibition of growth ^b	EC 50	14 days	ISO 11269-2 (ISO, 1995)
Micro-crustaceans					
<i>D. magna</i>	Acute	Inhibition of mobility	EC 50	48 h	NF EN ISO 6341 (AFNOR 1996)
<i>C. dubia</i>	Chronic	Inhibition of reproduction	EC 20	7 days	NF T 90-376 (AFNOR, 2000)
Earthworms					
<i>E. fetida</i>	Acute	Mortality	EC 50	14 days	ISO 11268-1 (ISO, 1993)
Bacteria					
<i>V. fischeri</i>	Acute	Inhibition of light emission	EC 50	30 min	NF EN ISO 11348-3 (AFNOR, 1999)

^a Expressed as growth rate.

^b Mass of shoots of seedlings (dry weight).

N.B. : La norme NF T90-376 a été remplacée depuis par la norme ISO 20665.

Les limites de concentration classant le déchet comme dangereux n'ont pas été définies par les autorités. La Fédération Nationale des Activités de la Dépollution et de l'Environnement (FNADE) a défini par défaut depuis 2003 les valeurs de CE₅₀ < 10 % en toxicité aiguë ou de CE₂₀ < 1 % en toxicité chronique comme classant le déchet dangereux. Une valeur de réponse « < 10 % » se comprend de la façon suivante : la part de lixiviat de déchet ou de déchet solide présente dans une dilution avec de l'eau ou un milieu solide d'élevage provoquant 20 ou 50 % d'effet sur l'organisme testé doit être de moins de 10 % (moins d'une part de lixiviat ou de solide pour plus de 9 parts d'eau ou de milieu solide d'élevage). Si la part produisant 20 ou 50 % d'effet est supérieure à 10 %, le déchet n'est pas considéré comme écotoxique pour le test en question.

N.B. : Ajustement du pH au cours des tests écotoxicologiques

Des ajustements de pH sont pratiqués au cours des tests, jusqu'à la limite de pH compatible avec la survie des organismes. Pratiquement tous les tests écotoxicologiques recommandent un pH minimum et maximum. La norme de préparation des échantillons pour les essais écotoxicologiques (EN 14735) précise que « Les essais doivent être effectués sans ajustement du pH de la prise d'essai. », mais également que « NOTE 2 Si des effets toxiques sont observés lors des dilutions où le pH n'est pas compatible avec la survie des organismes, le(s) essai(s) peut/peuvent être répété(s) en ajustant le pH de la prise d'essai ». En pratique, à l'INERIS, cette note est suivie : le test est effectué avec ses diverses dilutions sans ajustement de pH, et le test est répété sur les dilutions toxiques avec ajustement du pH (P. Pandard, com. pers.).

Lors des études sur les mâchefers d'incinération d'ordures ménagères, le pH des lixiviats a fréquemment été ajusté (Piantone et Autret 2008, Triffault-Bouchet 2004).

Durant les tests présentés ci-dessous et réalisés, le pH a été ajusté à 8.5 après la lixiviation et donc pour toutes les dilutions.

Ecotoxicité expérimentale de la Bauxaline®

La batterie de tests proposée en 1998 a été réalisée par le laboratoire Eurofins IPL Est (54).

Tableau 10 Résultats des tests exotoxicologiques de Bauxaline®

Echantillon					Résidu de bauxite	
Dossier					RPRL12YBA176	
Date					20/06/2012	
Type de test	Test	Effet mesuré	Paramètre	Unité	Résultat	IC 95 %
	pH				10.8	
	CE			$\mu\text{S cm}^{-1}$	800	
	Oxygène dissous			$\text{mg O}_2 \text{ l}^{-1}$	5.6	
	neutralisation à pH 8.5				oui	
Aigüe	Test Vibrio fischeri	inhibition de la luminescence (Microtox®)	CE 50 30 min	% lixivié	> 80	
Aigüe	Test daphnies	immobilisation	CE 50i 48 h	% lixivié	10.3	(9,4-11,4)
Chronique	Test algues	taux de croissance	CEr 20-72 h	% lixivié	12.9	(8,2-18,4)
Chronique	Test céridaphnies	croissance de la population	CE 20 7 jours	% lixivié	2.4	(1,7-3,0)
Chronique	Test Brachionus	croissance de la population	CE 20 48 h	% lixivié	7.7	(4,9-13,4)
Chronique	Test plantes	croissance	CE 50 17 jours	% MS	46.6	(38,9-57,5)
Chronique	Test vers de terre	mortalité	CE 50 14 jours	% MS	23.4	(21,8-24,9)

IC 95% = intervalle de confiance du résultat avec une probabilité de 95 %

Les taux de dilution entraînant 50 % d'effet de toxicité aiguë sont supérieurs à 10 %, et les taux de dilution entraînant 20 % d'effet de toxicité chronique sont supérieurs à 1%, pour les deux matériaux (après réduction du pH à 8.5). Selon les limites officielles de concentration admises à ce jour, la Bauxaline® n'est donc pas classée déchet dangereux pour la propriété H14.

En conclusion, d'après les données disponibles, l'écotoxicité calculée et mesurée de la Bauxaline® ne classe pas ce déchet comme dangereux pour la propriété H14.

5.2.3.3.4 PROPRIETE H15

*H15 Substances et préparations susceptibles, après élimination, de **donner naissance**, par quelque moyen que ce soit, à **une autre substance**, par exemple un produit de lixiviation, qui possède l'une des caractéristiques énumérées ci-avant.*

La Bauxaline® est peu évolutive, hormis une lixiviation de sels solubles et une carbonatation. Les sels solubles ne sont pas une autre substance et sont pris en compte dans les analyses chimiques totales. La carbonatation des hydroxydes aboutit à une réduction de la solubilité des cations et métaux correspondants. Le

carbone organique est présent en faible concentration (< 0.3 %, Tableau 2) et donc peu susceptible de permettre un développement microbologique produisant du carbone soluble ou une réduction du potentiel redox. Ce matériau est hydraté et oxydé.

Ce raisonnement nous conduit à considérer que la Bauxaline® n'est pas classée dangereuse pour le critère H15.

5.2.3.3.5 CONCLUSION

Selon le code européen des déchets et selon leur composition chimique, la Bauxaline® n'est pas classée dangereuse par application du Code de l'Environnement. Les concentrations en soude sont inférieures aux limites de concentration (spécifiques pour cette substance). Le chrome n'est pas présent majoritairement sous forme de chromate soluble qui pourrait entraîner un classement. Le vanadium a une concentration inférieure aux concentrations qui pourraient entraîner un classement. Les résultats de la batterie des six tests écotoxicologiques montrent des écotoxicités aiguë et chronique inférieures aux seuils admis et aboutissent donc à un classement comme non dangereux pour ce critère. La Bauxaline® est donc classée non dangereuse pour tous les critères H1 à H15.

6. CONCLUSION

A l'usine ALTEO de Gardanne (Bouches-du-Rhône), la Bauxaline® est produite par séchage au filtre presse des « résidus de bauxite », résidus du minerai de bauxite après extraction partielle de l'alumine à la soude.

La société ALTEO a demandé à l'INERIS d'évaluer le caractère dangereux de ce co-produit au regard de la réglementation actuelle. Cette évaluation repose sur le classement de ce co-produit suivant le code européen des déchets mais surtout sur l'appréciation de ses propriétés de danger correspondant aux critères H1 à H15. Suivant les critères, leur évaluation se base sur la connaissance du procédé à l'origine du co-produit, des substances qui y sont présentes ou de tests spécifiques.

La présente étude a été réalisée en s'appuyant sur les résultats des analyses et des essais réalisés sur la Bauxaline® et fournis par la société ALTEO ; elle ne comprend pas d'avis critique sur la représentativité des résultats fournis.

Sur ces bases, ce co-produit est classé non dangereux suivant le code européen des déchets ainsi qu'à partir de l'évaluation des 15 critères traduisant les propriétés de danger.

7. BIBLIOGRAPHIE

- Alcoa World Alumina - Australia, "Bauxite Residue Reuse," 1999.
- ALTEO (sans date) Fiche «La Bauxaline® # 1 Caractéristiques générales. 2 p.
- Anonymous 2003. Dealing with Red Mud - By - Product of the Bayer Process for Refining Aluminium. Materials World, Vol. 11, no. 6 pp. 22-24, June 2003. <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2071>
- Baize D. 2000. Teneurs totales en " métaux lourds " dans les sols français - résultats généraux du programme ASPITET. [Le Courrier de l'environnement n°39, février 2000. http://www.inra.fr/dpenv/baizec39.htm](http://www.inra.fr/dpenv/baizec39.htm)
- BRGM 1997. Hau J M, Brunet J F, Haas H. 1997. Pechiney – Etude de la stabilité chimique des boues rouges Xi et Xj – Rapport BRGM N2566 – 108 p., 4 figures, 12 tableaux, 8 annexes.
- CLP 2008. Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006
- EN 14735: 2006. Caractérisation des déchets - Préparation des échantillons de déchets en vue d'essais écotoxicologiques. AFNOR. 47 pp.
- EN ISO 11348-3 : 2009. Qualité de l'eau - Détermination de l'effet inhibiteur d'échantillons d'eau sur la luminescence de *Vibrio fischeri* (Essai de bactéries luminescentes). AFNOR. 35 pp.
- Fergusson, L. (2009). Commercialisation of Environmental Technologies Derived From Alumina Refinery Residues : A Ten-Year Case History of Virotec. , Department of Resources, Energy and Tourism (DRET). Provided to the Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) as part of Project ATF-06-3: "Management of Bauxite Residues". Virotec Global Solutions Pty Ltd.
- Fergusson, L. 2004. ViroSewage Technology for the removal of nitrogen and phosphorus in sewage treatment. Paper presented at the Enviro 04, Australian Water Association and Waste Management Association of Australia Conference, Sydney, 28 March-1 April, 2004.
- FNADE 2003. Eco-profil du stockage des déchets dangereux en centres collectifs en France. http://www.fnade.org/sites/fnade/document/categorie.php/t_id/16892/c_id/17006#doc49563.
- [Hofstede, H T.](#) (1994) *Use of bauxite refining residue to reduce the mobility of heavy metals in municipal waste compost*. PhD thesis, Murdoch University. 245 pp
- Klauber C, M. Gräfe, G. Power. Bauxite residue issues: II. options for residue utilization. Hydrometallurgy 108 (2011) 11–32
- MATE 1998. Critères et méthodes d'évaluation de l'écotoxicité des déchets. Paris: Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement; 1998 [19 pp.].

- McConchie, D., Clark, M., Hanahan, C., Fawkes, R. The use of seawater-neutralized bauxite refinery residues (red mud) in environmental remediation programs. Eds: Gaballah, I., Hager, J., Solozabal, R. REWAS '99--Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology, Proceedings, San Sebastian, Spain, Sept. 5-9, 1999, 1 391-400. Publisher: Minerals, Metals & Materials Society, Warrendale, Pa.
- Mercader A A 2008. Worsley Alumina Pty. Ltd. Internship Internship Final Report ENG 450. "A report submitted to the School of Engineering and Energy, Murdoch University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Bachelor of Engineering." Murdoch University, Australia. 70 pp.
- NF EN 12457-2 : 2002. Caractérisation des déchets - Lixiviation - Essai de conformité pour lixiviation des déchets fragmentés et des boues - Partie 2 : essai en bûchée unique avec un rapport liquide-solide de 10 l/kg et une granularité inférieure à 4 mm (sans ou avec réduction de la granularité). AFNOR. 27 pp.
- NF EN 16192 : 2012. Caractérisation des déchets - Analyse des éluats. AFNOR. 36 pp.
- NF ISO 10390 : 2005. Qualité du sol – Détermination du pH. AFNOR. 7 pp.
- NF ISO 11269-2 : 2012. Qualité du sol - Détermination des effets des polluants sur la flore du sol Partie 2 : Effets des sols contaminés sur l'émergence et la croissance des végétaux supérieurs. AFNOR. 29 pp.
- NF ISO 20665 : 2009. Qualité de l'eau - Détermination de la toxicité chronique vis-à-vis de *Ceriodaphnia dubia*. AFNOR. 32 pp.
- NF T 90-376 : 2000. Qualité des eaux — Qualité de l'eau - Détermination de la toxicité chronique vis-à-vis de *Ceriodaphnia dubia* en 7 jours - Essai d'inhibition de la croissance de la population. AFNOR. [18 pp.].
- NF X 31-212 : 2011. Caractérisation des déchets - Détermination du caractère solide massif. AFNOR. 10 pp.
- NF X31-211 : 2012. Caractérisation des déchets - Essai de lixiviation d'un déchet solide initialement massif ou généré par un procédé de solidification. AFNOR. 15 pp.
- Pandard P, Devillers J, Charissou AM, Poulsen V, Jourdain MJ, Férard JF, Grand C, Bispo A. 2006. Selecting a battery of bioassays for ecotoxicological characterization of wastes. *Science of the Total Environment* 363 114–125.
- Piantone P et Autret E. Mâchefers d'incinération d'ordures ménagères. Etat de l'art et perspectives. ADEME - BRGM Editions – Dunod, Paris. 2008. 235 p.
- Redmud.org <http://www.redmud.org/Disposal.html>
- Ruyters S
and Erik Smolders. The Red Mud Accident in Ajka (Hungary): Plant Toxicity and Trace Metal Bioavailability in Red Mud Contaminated Soil. *Environ. Sci. Technol.*, 2011, 45 (4), pp 1616–1622
- The Aluminum Association, 2000. *Bauxite Residue Technology Roadmap*.

Triffault-Bouchet G. Effets sur les écosystèmes aquatiques lenticques des émissions de polluants provenant de différents modes de valorisation/élimination de déchets - Application à des mâchefers d'UIOM et à des boues de dragage de canaux. Thèse. Université de Savoie. 10 février 2004.

http://www.entpe.fr/content/download/947/6799/file/these_Gaëlle_Triffault_Bouchet.pdf

U.S. Department of Energy and Australian Department of Industry. Alumina Technology Roadmap, 2001.

<http://www.redmud.org/Files/Alumina%20Technology%20Roadmap.pdf>.

8. LISTE DES ANNEXES

8.1.1 LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe 1	Analyses de Bauxaline®	6 A4
Annexe 2	Calcul de la concentration en NaOH dans la Bauxaline®	1 A4
Annexe 3	Extraits du Code de l'Environnement	4 A4

ANNEXE 1 : Analyses de Bauxaline®

Analyses de Bauxaline® en teneurs totales

SGS Scheme	Analysis	Unit	RN12-01043.002 170112BH30	RN12-01043.003 0712J6LDCBH30	LD
			Bauxaline	Bauxaline	
pH-H2O	pH-H2O		11.90	12.10	0
pH-H2O	Date de la mesure		31/01/2012	31/01/2012	0
Teneur en eau	Teneur en eau	% (w/w)	21.70	20.80	0.1
COT	Carbone Organique Total sur sec	g/kg	<3	<3	3
Carbone total	Carbone total sur sec	g/kg	3	5	3
Perte au feu	Perte au feu sur sec	%	8.80	7.90	0.1
Halogènes	Soufre sur sec	mg/kg	379	433	20
Halogènes	Fluor sur sec	mg/kg	51	245	10
Halogènes	Chlore sur sec	mg/kg	179	458	10
Minéralisation des déchets	NF ISO 13657 adaptée (ME-0272 Eau Régale)		-	-	0
Minéralisation des déchets	FD CEN/TR 15018 (MO-0212 Fusion Alcaline)		-	-	0
Eléments par AAFG	Arsenic sur sec	mg/kg	14	16	5
Eléments par ICP	Baryum	mg/kg on dry	52	44.40	5
Eléments par ICP	Cadmium sur brut	mg/kg on dry	<2	<2	2
Eléments par ICP	Chrome sur brut	mg/kg on dry	1280	1690	5
Eléments par ICP	Cuivre sur brut	mg/kg on dry	46	24.60	5
Mercure	Mercure en Fluo.Atom.Vap.Froide sur sec	mg/kg	<0,3	<0,3	0.3
Eléments par ICP	Molybdène sur brut	mg/kg on dry	<10	<10	10
Eléments par ICP	Nickel sur brut	mg/kg on dry	36.40	22.50	5
Eléments par ICP	Plomb sur brut	mg/kg on dry	19.70	18.20	10
Eléments par ICP	Antimoine sur brut	mg/kg on dry	<20	<20	20
Sélénium	Sélénium sur brut	mg/kg on dry	<2	<2	2
Eléments par ICP	Vanadium sur brut	mg/kg on dry	801	939	5
Eléments par ICP	Zinc sur brut	mg/kg on dry	57.90	51.50	5

Analyses de Bauxaline® en teneurs totales

Eurofins			12E002286-002	12E002286-003
référence d'échantillon client			170112BH30 17/01/2012	0712J6LDCBH307/12/11
Test	Paramètre	Unité	Bauxaline	Bauxaline
LS902 pH H2O	pH extrait à l'eau		10.50	10.90
LS08X Carbone organique total (COT) par combustion sèche	Carbone Organique Total par Combustion	mg/kg MS	2 740	2 990
LS888 Soufre (S)	Soufre	mg/kg MS	653	662
FH0B6 Fluor	Fluor	mg/kg MS	67	74
FH0B5 Chlore Total (Cl)	Chlore Total (Cl)	mg/kg MS	679	1 324
LS865 Arsenic (As)	Arsenic	mg/kg MS	21.10	22
LS866 Baryum (Ba)	Baryum	mg/kg MS	53.90	50.80
LS870 Cadmium (Cd)	Cadmium	mg/kg MS	2.39	2.32
LS872 Chrome (Cr)	Chrome	mg/kg MS	1 790	1 790
LS874 Cuivre (Cu)	Cuivre	mg/kg MS	21.20	20.60
LSA09 Mercure (Hg)	Mercure	mg/kg MS	0.14	0.15
LS880 Molybdène (Mo)	Molybdène	mg/kg MS	4.70	4.89
LS881 Nickel (Ni)	Nickel	mg/kg MS	7	6.33
LS883 Plomb (Pb)	Plomb	mg/kg MS	68.10	62.90
LS863 Antimoine (Sb)	Antimoine	mg/kg MS	20.70	21.60
LS885 Sélénium (Se)	Sélénium	mg/kg MS	<10.1	<10
LS893 Vanadium (V)	Vanadium (V)	mg/kg MS	925	1 210
LS894 Zinc (Zn)	Zinc	mg/kg MS	28.10	23

Analyses de Bauxaline® : groupement mise en décharge (analyses sur brut et analyses sur lixiviats)

		Référence Client :	Bauxaline prélevée FP13/04/2011 'G1	Bauxaline prélevée FP13/04/2011 'G2	Bauxaline prélevée FP13/04/2011 'G3	Bauxaline prélevée FP13/04/2011 'G4	Bauxaline prélevée FP13/04/2011 'G5	Bauxaline prélevée le 4/10/2011
		Référence EUROFINs:	11E011021-001	11E011021-002	11E011021-003	11E011021-004	11E011021-005	11E032569- 001
Méthodes	Paramètres	Unités						
Matière sèche	Matière sèche	% P.B.						68.4
Hydrocarbures par CPG	Indice hydrocarbure (HCT C10-C40)	mg/kg M.S.						77.2
	C10-C16 (calcul)	mg/kg M.S.						13.1
	>C16-C22 (calcul)	mg/kg M.S.						11.1
	>C22-C30 (calcul)	mg/kg M.S.						29.2
	>C30-C40 (calcul)	mg/kg M.S.						23.8
Composés volatils	Benzène	mg/kg M.S.						<0.05
	Toluène	mg/kg M.S.						<0.05
	Ethylbenzène	mg/kg M.S.						<0.05
	o - xylène	mg/kg M.S.						<0.05
	m+p - xylène	mg/kg M.S.						<0.05
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs)	Naphtalène	mg/kg M.S.						<0.05
	Acénaphtylène	mg/kg M.S.						<0.05
	Acénaphène	mg/kg M.S.						<0.05
	Fluorène	mg/kg M.S.						<0.05
	Phénanthrène	mg/kg M.S.						<0.05
	Anthracène	mg/kg M.S.						<0.05
	Fluoranthène	mg/kg M.S.						<0.05
	Pyrène	mg/kg M.S.						<0.05
	Benzo(a)anthracène	mg/kg M.S.						<0.05
	Chrysène	mg/kg M.S.						<0.05
	Benzo(b)fluoranthène	mg/kg M.S.						<0.05
	Benzo(k)fluoranthène	mg/kg M.S.						<0.05
	Benzo(a)pyrène	mg/kg M.S.						<0.05
	Dibenzo(ah)anthracène	mg/kg M.S.						<0.05
	Benzo(ghi)pérylène	mg/kg M.S.						<0.05
	Indeno(1,2,3-c,d)pyrène	mg/kg M.S.						<0.05
Somme des HAP	mg/kg M.S.							<0.8
Mesure du pH	pH extrait à l'eau après préparation	-	10.5	10.2	10.8	10.9	10.5	
	Température de mesure du PH	°C	21	20	21	20	20	
Préparation pour analyses physico-chimiques	Préparation physico-chimique (séchage à 40°C)	-	-	-	-	-	-	
	Refus pondéral à 2 mm	% P.B.	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	
Carbone organique total (méthode directe)	Carbone organique total	mg/kg M.S.						3230
PCB	PCB 28	mg/kg M.S.						<0.01
	PCB 52	mg/kg M.S.						<0.01

		Référence Client :	Bauxaline prélevée FP13/04/2011 'G1	Bauxaline prélevée FP13/04/2011 'G2	Bauxaline prélevée FP13/04/2011 'G3	Bauxaline prélevée FP13/04/2011 'G4	Bauxaline prélevée FP13/04/2011 'G5	Bauxaline prélevée le 4/10/2011
	PCB 101	mg/kg M.S.					<0.01	
	PCB 118	mg/kg M.S.					<0.01	
	PCB 153	mg/kg M.S.					<0.01	
	PCB 138	mg/kg M.S.					<0.01	
	PCB 180	mg/kg M.S.					<0.01	
	Somme des PCB congénères	mg/kg M.S.					<0.07	
Lixiviation (broyage par concasseur à mâchoires)	Lixiviation 1*24H	-	-	-	-	-	-	-
	Refus pondéral à 4 mm	% P.B.	11	10.7	22	7	11.1	0.4
	Volume de l'éluat	ml	240	240	240	240	240	240
	Masse	g P.B.	30.6	23.6	31.9	31.6	31.7	26.8
Mesure du pH sur éluat	pH sur éluat	-	11.45	11.6	11.75	11.75	11.7	10.85
Conductivité sur éluat	Conductivité corrigée automatiquement à 25 °C sur éluat	µS/cm	1243	1278	1799	1785	1936	1110
Fraction soluble sur éluat	Fraction soluble	mg lixiviable/kg M.S.					23900	12900
	Fraction soluble	% M.S.					2.4	1.3
Carbone organique total sur éluat	Carbone organique total sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.					130	
Chlorure sur éluat	Chlorure sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.					200	67.4
Fluorure sur éluat	Fluorure sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.					<5.05	9.42
Sulfate sur éluat	Sulfate sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.					1320	70.2
Indice phénol sur éluat	Indice phénol sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.					<0.51	
Métaux par ICP/AES sur éluat	Arsenic sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	0.55
	Baryum sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
	Chrome sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.	0.29	0.23	0.22	0.23	0.27	0.31
	Cuivre sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
	Molybdène sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.	0.68	0.65	1.17	1.11	0.96	0.47
	Nickel sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
	Plomb sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.19	<0.10
	Zinc sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
	Beryllium sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
	Sodium sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.	2780	2700	2930	2960	2960	2050
	Vanadium sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.	3.13	0.61	0.71	0.85	0.86	19.9
Métaux par ICP/MS sur éluat	Cadmium sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.	0.002	<0.002	0.003	0.003	0.003	<0.002
	Mercure sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.	0.007	0.002	0.003	0.003	0.003	0.029
	Antimoine sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.02
	Selenium sur éluat	mg lixiviable /kg M.S.	0.175	0.13	0.236	0.219	0.212	0.251

Résultats de lixiviation de boue rouge formulée (lixiviation à pH imposé ou naturel en pulpe - Rapport BRGM Hau et al 1997)

		Borne Inférieure	Borne Supérieure	Xi4				Xj9			
				12.3	11.96	10	5	12.3	11.47	10	5
pH		-	-	12.3	11.96	10	5	12.3	11.47	10	5
P	mg/l	5	5000	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
HCO3	mg/l	10	5000	150	100	80	35	200	180	80	30
CO3	mg/l	10	5000	1340	470	<10	<10	1550	80	<10	<10
NO3	mg/l	0.1	1000	nd	3.9	nd	nd	nd	2.6	nd	nd
NO2	mg/l	0.1	1000	nd	0.4	nd	nd	nd	0.7	nd	nd
F	mg/l	0.1	1000	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Cl	mg/l	10	5000	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	15
Al	mg/l	10	5000	25	15	<10	<10	1100	30	<10	<10
Fe	mg/l	5	5000	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Ca	mg/l	5	20000	20	40	1130	15000	5	<5	520	19000
Si	mg/l	1	10000	31	20	2	22	12	2	2	20
Mg	mg/l	0.1	10000	<0.1	<0.1	0.8	114.9	0.3	<0.1	0.3	52.6
Mn	µg/l	5	100000	<0.5	<0.5	<0.5	1058	<0.5	<0.5	<0.5	601
Ti	µg/l	10	100000	16	13	27	14	26	21	26	15
B	mg/l	0.1	100000	<0.1	0.1	0.6	<0.1	0.8	0.2	0.3	<0.1
V	µg/l	10	100000	40	16	<10	<10	93	15	<10	<10
Cr	µg/l	10	100000	638	643	575	27	423	345	274	<10
Ni	µg/l	10	100000	10	<10	28	35	<10	<10	18	15
Zn	µg/l	5	100000	16	14	<5	97	34	<5	<5	90
As	µg/l	10	100000	11	<10	<10	<10	26	<10	<10	<10
Sr	mg/l	0.01	100000	0.21	0.29	3.45	20.90	0.09	0.08	1.14	12.90
Y	µg/l	10	100000	<10	<10	<10	48	<10	<10	<10	42
Cd	µg/l	5	100000	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sn	µg/l	10	100000	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ba	µg/l	5	100000	5	5	32	822	<5	<5	8	333
La	µg/l	10	100000	<10	<10	<10	86	<10	<10	<10	59
Ce	µg/l	5	100000	<5	<5	<5	31	<5	<5	<5	23
Pb	µg/l	5	100000	2	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Zr	µg/l	10	100000	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Tableau 3 : Analyses des lixiviats au temps t = 4 mois. Résultats SMN/PEA/ANA - DE 963279. (voir annexe 8)

Lixiviation en « pulpe », 10 lixiviations successives de L/S = 10 l/kg en 8 semaines

2.2. RESULTATS

Après un total de huit semaines de solubilisation, on distingue plusieurs comportements :

- Eléments non solubilisés car non détectés dans les lixiviats :
Mg, La, Y, Mn, As, Cd, Pb, Ni, Sn, Ce, Zr, P.
- Eléments solubilisés partiellement, mais n'ayant pas atteint un palier après 8 semaines :
Fe, V, SiO₂, B.

Les résultats d'extraction cumulés calculés pour les différents éléments analysés sont donnés dans le tableau 4.

Eléments	Xi4 Extraction cumulée		Xj9 Extraction cumulée	
	mg/kg	%	mg/kg	%
Ca	4496	2.8	2198	1.6
Si	2061	4.2	811	1.7
Al	481	0.8	963	1.7
Zn	515	1.9	367	0.3
B	323036	156.8	199134	104.9
V	2293	0.3	9902	1.2
Cr	8767	0.7	4617	0.3
Sr	34	31.5	12	21.6
Ba	19610	31.1	3547	5.4
Ti	2945	0.006	1896	0.004
Fe	1.9	0.0013	5.0	0.0035

Tableau 7 : Récapitulatif des extractions pour les deux échantillons après 8 semaines

Au cours de ces essais, l'échantillon Xi4 voit une majorité d'éléments solubilisée par rapport à l'échantillon Xj9. Ce dernier qui contient 3 % de cendres est donc globalement plus stable du point de vue chimique. En contre partie, sa résistance mécanique est moindre.

Les résultats de bore (B) semblent improbables.

Le vanadium et le chrome sont selon ces résultats lixiviables à 2 – 10 g kg⁻¹ et 5 – 9 g kg⁻¹ respectivement. Ces valeurs semblent élevées

Annexe 2 : Calcul de la concentration en NaOH dans la Bauxaline®

Calcul de la concentration en NaOH dans la Bauxaline®

Il est supposé que la totalité des ions OH^- proviennent uniquement du NaOH résiduel, ce qui est une hypothèse majorante. Par ailleurs, il n'est pas tenu compte des coefficients d'activité. Comme l'activité des ions baisse aux fortes concentrations, le pH mesuré peut être inférieur au pH calculé pour une solution concentrée de NaOH. La fraction soluble (une donnée) est de 23 900 mg/kg de MS, soit 2 390 mg/L de lixiviat à un rapport liquide/solide de 10 l/kg, ce qui ne représente pas une concentration très forte. En première approche, il est donc acceptable de ne pas tenir compte des coefficients d'activité.

Il est à noter que la mesure du pH à des valeurs très alcalines nécessite une électrode spéciale et une protection stricte contre le CO_2 au cours de la mesure.

Bauxaline®

Le pH moyen du lixiviat de Bauxaline® est de 11.52 (moyenne de 6 échantillons – Annexe 1). Le calcul de la concentration correspondante en NaOH dans la phase solide, suivant les hypothèses mentionnées ci-dessus, est le suivant :

Concentration NaOH dans le solide pour un pH donné		pH du lixiviat pour une concentration donnée NaOH dans le solide	
pH lixiviat	11.52	Concentration % NaOH dans la MS	1
pOH lixiviat	2.48	Concentration g NaOH/kg MS	10
Concentration M (OH ⁻)/L lixiviat	0.0033	Concentration M (OH ⁻)/kg MS	0.2500
Concentration M (OH ⁻)/kg MS	0.0331	Concentration M (OH ⁻)/L lixiviat	0.0250
Concentration g NaOH/kg MS	1.32	pOH lixiviat	1.06
Concentration % NaOH dans la MS	0.13	pH lixiviat	12.94

(MM NaOH = 39.9969)

En faisant le calcul inverse, une concentration de NaOH de 1 % dans le solide produirait un pH du lixiviat de 12.94.

Conclusion : la concentration calculée de NaOH dans la Bauxaline® est de 0.13 %.

La teneur étant inférieure à 0.5 %, la Bauxaline® n'est pas classée corrosive par sa teneur en NaOH.

Annexe 3 : Extraits du Code de l'Environnement

http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/navigation/2.250.190.28.8.15147/4/2.250.190.28.6.8688

Sous-section 2 : Classification des déchets

Article R. 541-7 du code de l'environnement

Il est établie une liste unique des déchets qui figure à [l'annexe II de l'article R. 541-8](#). Toutes les informations relatives aux déchets prévues par le présent titre et ses textes d'application doivent être fournies en utilisant les codes indiqués dans cette liste.

Article R. 541-8 du code de l'environnement

(Décret n° 2011-828 du 11 juillet 2011, article 8 I)

« Au sens du présent titre, on entend par :

« Déchet dangereux : tout déchet qui présente une ou plusieurs des propriétés de dangers énumérées à [l'annexe I](#) au présent article. Ils sont signalés par un astérisque dans la liste des déchets de [l'annexe II](#) au présent article.

« Déchet non dangereux : tout déchet qui ne présente aucune des propriétés qui rendent un déchet dangereux.

« Déchet inerte : tout déchet qui ne subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante, qui ne se décompose pas, ne brûle pas, ne produit aucune réaction physique ou chimique, n'est pas biodégradable et ne détériore pas les matières avec lesquelles il entre en contact d'une manière susceptible d'entraîner des atteintes à l'environnement ou à la santé humaine.

« Déchet ménager : tout déchet, dangereux ou non dangereux, dont le producteur est un ménage.

« Déchet d'activités économiques : tout déchet, dangereux ou non dangereux, dont le producteur initial n'est pas un ménage.

« Biodéchet : tout déchet non dangereux biodégradable de jardin ou de parc, tout déchet non dangereux alimentaire ou de cuisine issu notamment des ménages, des restaurants, des traiteurs ou des magasins de vente au détail, ainsi que tout déchet comparable provenant des établissements de production ou de transformation de denrées alimentaires. »

Annexe I à l'article R. 541-8 : relative aux propriétés qui rendent les déchets dangereux

(Décret n° 2011-828 du 11 juillet 2011, article 8 II)

H1 " Explosif " : substances et préparations pouvant exploser sous l'effet de la flamme ou qui sont plus sensibles aux chocs ou aux frottements que le dinitrobenzène.

H2 " Comburant " : substances et préparations qui, au contact d'autres substances, notamment de substances inflammables, présentent une réaction fortement exothermique.

H3-A " Facilement inflammable " : substances et préparations :

- à l'état liquide (y compris les liquides extrêmement inflammables), dont le point d'éclair est inférieur à 21 °C, ou
 - pouvant s'échauffer au point de s'enflammer à l'air à température ambiante sans apport d'énergie ; ou
 - à l'état solide, qui peuvent s'enflammer facilement par une brève action d'une source d'inflammation et qui continuent à brûler ou à se consumer après l'éloignement de la source d'inflammation ; ou
 - à l'état gazeux, qui sont inflammables à l'air à une pression normale ; ou
 - qui, au contact de l'eau ou de l'air humide, produisent des gaz facilement inflammables en quantités dangereuses.
- H3-B " Inflammable " : substances et préparations liquides, dont le point d'éclair est égal ou supérieur à 21 °C et inférieur ou égal à 55 °C.

H4 " Irritant " : substances et préparations non corrosives qui, par contact immédiat, prolongé ou répété avec la peau et les muqueuses, peuvent provoquer une réaction inflammatoire.

H5 " Nocif " : substances et préparations qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent entraîner des risques de gravité limitée.

H6 " Toxique " : substances et préparations (y compris les substances et préparations très toxiques) qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent entraîner des risques graves, aigus ou chroniques, voire la mort.

H7 " Cancérogène " : substances et préparations qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent produire le cancer ou en augmenter la fréquence.

H8 " Corrosif " : substances et préparations qui, en contact avec des tissus vivants, peuvent exercer une action destructrice sur ces derniers.

H9 " Infectieux " : matières contenant des micro-organismes viables ou leurs toxines, dont on sait ou on a de bonnes raisons de croire qu'ils causent la maladie chez l'homme ou chez d'autres organismes vivants.

H10 " Toxique pour la reproduction " : substances et préparations qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent produire ou augmenter la fréquence d'effets indésirables non héréditaires dans la progéniture ou porter atteinte aux fonctions ou capacités reproductives.

H11 " Mutagène " : substances et préparations qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent produire des défauts génétiques héréditaires ou en augmenter la fréquence.

H12 Substances et préparations qui, au contact de l'eau, de l'air ou d'un acide, dégagent un gaz toxique ou très toxique.

« H13 " Sensibilisant " : substances et préparations qui, par inhalation ou pénétration cutanée, peuvent donner lieu à une réaction d'hypersensibilisation telle qu'une nouvelle exposition à la substance ou à la préparation produit des effets néfastes caractéristiques. Cette propriété n'est à considérer que si les méthodes d'essai sont disponibles. »

H14 " Ecotoxique " : substances et préparations qui présentent ou peuvent présenter des risques immédiats ou différés pour une ou plusieurs composantes de l'environnement.

« H15 Substances et préparations susceptibles, après élimination, de donner naissance, par quelque moyen que ce soit, à une autre substance, par exemple un produit de lixiviation, qui possède l'une des caractéristiques énumérées ci-avant. »

Annexe II à l'article R. 541-8 (Figure en fin de chapitre)

Article R. 541-9 du code de l'environnement

(Ordonnance n° 2010-418 du 27 avril 2010, article 3 et Décret n° 2011-828 du 11 juillet 2011, article 8 III)

Les critères et méthodes d'évaluation des propriétés énumérées à l'annexe I à l'article R. 541-8 sont fixés par arrêté du ministre chargé de l'environnement.

Article R. 541-10 du code de l'environnement

I. En ce qui concerne les propriétés H 3 à H 8, H 10 et H 11, sont, en tout état de cause, considérés comme dangereux les déchets présentant une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

1. Leur point d'éclair est inférieur ou égal à 55 °C ;
2. Ils contiennent une ou plusieurs substances classées comme très toxiques à une concentration totale égale ou supérieure à 0,1 % ;
3. Ils contiennent une ou plusieurs substances classées comme toxiques à une concentration totale égale ou supérieure à 3 % ;
4. Ils contiennent une ou plusieurs substances classées comme nocives à une concentration totale égale ou supérieure à 25 % ;
5. Ils contiennent une ou plusieurs substances corrosives de la classe R 35 à une concentration totale égale ou supérieure à 1 % ;
6. Ils contiennent une ou plusieurs substances corrosives de la classe R 34 à une concentration totale égale ou supérieure à 5 % ;
7. Ils contiennent une ou plusieurs substances irritantes de la classe R 41 à une concentration totale égale ou supérieure à 10 % ;
8. Ils contiennent une ou plusieurs substances irritantes des classes R 36, R 37, R 38 à une concentration totale égale ou supérieure à 20 % ;
9. Ils contiennent une substance reconnue comme étant cancérogène, des catégories 1 ou 2, à une concentration égale ou supérieure à 0,1 % ;
10. Ils contiennent une substance reconnue comme étant cancérogène, de la catégorie 3, à une concentration égale ou supérieure à 1 % ;

11. Ils contiennent une substance toxique pour la reproduction, des catégories 1 ou 2, des classes R 60, R 61 à une concentration égale ou supérieure à 0,5 % ;
12. Ils contiennent une substance toxique pour la reproduction, de la catégorie 3, des classes R 62, R 63 à une concentration égale ou supérieure à 5 % ;
13. Ils contiennent une substance mutagène, des catégories 1 ou 2, de la classe R 46 à une concentration égale ou supérieure à 0,1 % ;
14. Ils contiennent une substance mutagène de la catégorie 3 de la classe R 40 à une concentration égale ou supérieure à 1 %.

II. Le classement et le calcul des concentrations mentionnés dans les dispositions du I s'effectuent dans les conditions fixées par des arrêtés pris en application de l'article R. 231-51 du code du travail.

Catalogue européen des déchets (Annexe II de l'article R541-8 du code de l'environnement)

(COMMISSION DECISION of 3 May 2000 replacing Decision 94/3/EC establishing a list of wastes pursuant to Article 1(a) of Council Directive 75/442/EEC on waste and Council Decision 94/904/EC establishing a list of hazardous waste pursuant to Article 1(4) of Council Directive 91/689/EEC on hazardous waste

Annex : List of wastes pursuant to Article 1(a) of Directive 75/442/EEC on waste and Article 1(4) of Directive 91/689/EEC on hazardous waste

Cette liste est consultable dans son intégralité (mise à jour) sur [http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.15148/docoid=2.250.190.28.8.15147#Annexe II art 541 8](http://www.ineris.fr/aida/?q=consult_doc/consultation/2.250.190.28.4.15148/docoid=2.250.190.28.8.15147#Annexe_II_art_541_8)

Ou dans l'annexe :

http://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do;jsessionid=3AECCB1FF516FBB23AE83F012D18FDBD.tpdjo02v_3?idSectionTA=LEGISCTA000006108640&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20090907#LEGIARTI000020479957