

**RAPPORT ANNUEL 2004**

**DU COMITE SCIENTIFIQUE DE SUIVI**

**RESIDUS DE TRAITEMENT DE**  
**BAUXITE**  
**(BAUXALINE)**

**AP GARDANNE**

**WIMEREUX le 1 mars 2005**

## RAPPORT ANNUEL 2004 DU COMITE SCIENTIFIQUE DE SUIVI RESIDUS DE TRAITEMENT DE BAUXITE (BAUXALINE) AP GARDANNE

### Réglementation des installations classées

Depuis le décret 87-279 du 16 avril 1987 pris au titre de la législation des Installations classées - loi du 19 juillet 1976 - et de la Police des Eaux- loi du 16 décembre 1964 - les rejets en provenance des Installations Classées sont soumis à la réglementation des Installations Classées. Leur sont donc applicables les dispositions du décret modifié du 21 septembre 1977. C'est à ce titre que l'arrêté préfectoral du 24 mai 1994 impose des prescriptions complémentaires à Aluminium Pechiney Gardanne sur l'ensemble des installations de rejet en mer avec notamment :

- \* dans son article 5.1.1 une programmation d'opérations de suivi du milieu marin tous les cinq ans de l'extension du dépôt et de son épaisseur et le suivi de l'évolution de la macrofaune benthique sur des stations de prélèvement représentatives du milieu concerné par le rejet et sur des stations de référence.

- \* dans son article 5.1.2. une étude de l'effet du rejet sur les activités de pêche avec les professionnels de la pêche.

- \* dans son article 5.2.1. des études hydrauliques et de la masse d'eau afin d'évaluer la dispersion et le transport dans la masse d'eau des éléments rejetés et leurs impacts sur le milieu.

- \* dans son article 7. la constitution d'un Comité Scientifique de Suivi.

L'article 2-2 de l'arrêté du 1 juillet 1996 complétant l'arrêté du 24 mai 1994 indique « La société Aluminium Pechiney proposera au service chargé de la police des eaux et à l'inspecteur des Installations classées un programme d'étude relative à la toxicité des résidus et notamment à leur persistance, accumulation, interaction et effet sur l'écosystème marin. Une attention particulière sera portée sur la bio-accumulation du chrome et du vanadium. Cette étude sera lancée dès le début de l'année 1997. A l'issue de cette étude, un programme de suivi de la toxicité des résidus sur le milieu pourra être engagé.

L'article 4 de l'arrêté du 1 juillet 1996 « Réduction quantitative des rejets » précise.

\* 4-1. Les premier et troisième alinéas de l'article 4.5. de l'arrêté préfectoral du 24 mai 1994 sont abrogés.

\* 4-2. Grâce à la poursuite des actions de diminution de la production des résidus et d'emploi dans des techniques de valorisation, la société ALUMINIUM PECHINEY cessera tout rejet en mer au 31 décembre 2015 selon le programme déjà engagé suivant :

	1986	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Quantité déposée en mer en millions de tonnes	1,04	0,5	0,33	0,31	0,25	0,18	0

### **Composition du Comité Scientifique au 14 mai 2002 et rôle du Comité Scientifique de Suivi**

Le comité de suivi prévu par l'article 7 de l'arrêté préfectoral du 24 mai 1994 a été mis en place par décision préfectorale en date du 30 octobre 1995. La décision du 14 mai 2002 modifie la liste des membres du CSS sur proposition du Président du 11 mars 2002 et désigne les sept membres suivants :

Madame Claude AMIARD-TRIQUET (Directeur de Recherches au CNRS, Université de Nantes, ISOMer, spécialiste en écotoxicologie) ;

Monsieur Pierre BLAZY (Ancien Directeur du Centre de Recherche et de Valorisation des Minerais de Vandoeuvre, retraité, spécialiste du traitement et de la valorisation de la bauxaline) ;

Monsieur Jean-Claude DAUVIN (Professeur à l'Université des Sciences et Technologies de Lille, Station Marine de Wimereux, océanographe) Président ;

Monsieur Michel DAUZATS (Ancien Chef de Service du CETE, retraité, Aubenas) ;

Monsieur Jean-Michel BURSI (Docteur Ingénieur, EDF SEPTEN, Villeurbanne) ;

Monsieur Henri FARRUGIO (Cadre IFREMER, Station de Sète, halieute) ;  
Monsieur Raymond GAUDY (Directeur de Recherches au CNRS, Centre Océanologique de Marseille, station marine d'Endoume, planctonologue).

Le Comité Scientifique de Suivi a trois principales missions ; il :

- i) examine et analyse les résultats des travaux entrepris sur la bauxaline et le devenir en mer des résidus de traitement de bauxite ;
- ii) donne son avis sur les programmes en cours et à venir ;
- iii) produit un rapport annuel qui est ensuite présenté en séance plénière du Conseil Départemental d'Hygiène des Bouches-du-Rhône.

## **Rapport 2004**

Les travaux entrepris en 2004 ont porté essentiellement sur la recherche de voies d'utilisation de la bauxaline ; les opérations en mer se sont résumées à deux pêches expérimentales dans le canyon de Cassidaigne afin de récolter des poissons pour analyser leur contenu en métaux.

**Analyse prospective du marché de la bauxaline : rapport de Monsieur Daniel Daudin (écotechnologie)**

Appui technico-commercial à la valorisation de la Bauxaline : objectifs et méthodes

### **Objectifs**

- Relancer l'ensemble des utilisateurs potentiels.
- Détecter les atouts et les contraintes d'usage pour chaque segment.
- Evaluer les conditions techniques et financières de mise à disposition.

## **Méthodes**

- Contacts directs et téléphoniques.
- Diffusion de documentation technique.
- Zone de prospection : départements 84 et 13 (100 km autour de Gardanne).

### Appui technico-commercial à la valorisation de la Bauxaline : segment de clientèle

#### **Couverture et fonds d'alvéoles de CET**

- Contact avec l'ensemble des opérateurs (exploitants et BE).
- Quelques projets émergents et en cours (Entressen, Martigues).

#### **Remblais et terrassements**

- Environ 50 contacts en 2004.
- Réticences notamment vis à vis du statut réglementaire de la Bauxaline.

#### **Aménagements routiers**

- Projet « LEO » (contournement est-ouest d'Avignon).

Le tableau 1 donne la liste des principales entreprises contactées aux environs de Gardanne et la figure 1 leur localisation.

### Les produits concurrents à la Bauxaline (voir tableaux 2 et 3).

#### **Les sous-produits minéraux**

- Fines de décantation de carrières (1 million de tonnes/an pour une dizaine de sites importants) vendus 0 à 4 €/T départ
- Déblais et produits divers : quantités variables selon chantiers. Vendus 0 à 5€/T selon teneur nature des produits



## Les sous-produits organiques

- Boues et composts de boues : nombreuses plates-formes de compostage existantes et en projet qui rencontrent des difficultés d'évacuation en raison de la surproduction et des réticences de la filière agricole (production > 2000000 tonnes sur la zone.



Figure 1. Localisation des entreprises contactées

Tableau 2. Principales sources de produits concurrents

Entreprise	Produits	Localisation	Quantités (T)	Prix (€/T)
Lafarge Granulats SE	Fines de lavage	Sénas	>100000	0
	Préciblage	L'Estaque, Lafare	NC	Variable
	Sable décantation	Mallemort	NC	Variable
Granulats de la Crau (Calvières)	Fines de lavage	Istres	>100000	4
Durance Granulats	Fines de lavage	Peyrolles Meyrargues	>100000	0
Bétons Granulats Services	Fines de lavage	Maubec Mornas	NC	NC
Jean Lefèvre Méditerranée	« Stériles »	Chateauneuf les M	>4000000	2,5
	Sable blanc	Bouc Bel Air	Limitées	Variable
	Mâchefer	Luynes	Limitées	Variable
Sables et Gravieres de Provence	Argiles	Aix en P.	NC	3-5
	Mat. De démolition	Aix en P.	200000	0
Carrières Oliviers	Fines de lavage	Salon de P.	variables	0

**Tableau 3. Atouts et contraintes de la Bauxaline® dans les opérations d'aménagement**

	<b>Atouts</b>	<b>Contraintes</b>
<b>Bauxaline</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Régularité de la production</li> <li>- Bonne caractérisation</li> <li>- Homogénéité de composition</li> <li>- Nombreuses références d'essais et d'utilisation en grandeur réelle</li> <li>- Effort de promotion et « notoriété »</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Statut réglementaire « incertain »</li> <li>- Site de production centralisé donc coût de transport souvent élevé</li> <li>- Teinte rouge</li> </ul>
<b>Autres Produits (minéraux ou organiques)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dispersion des sites de production</li> <li>- Saturation des sites qui impose un déstockage</li> <li>- Gamme de produits diversifiée</li> <li>- Implication directe de certaines entreprises dans les projets d'aménagement</li> <li>- Prix bas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caractérisation insuffisante des produits</li> <li>- Hétérogénéité de composition (granulométrie et perméabilité)</li> <li>- Peu d'actions commerciales</li> </ul>

Les moyens pour améliorer la commercialisation de la Bauxaline

**Le statut réglementaire de la Bauxaline**

- Valider l'usage de la Bauxaline dans les situations d'usage pour lesquels on dispose de suffisamment de références (couverture de CET notamment).

**La prise en charge des coûts**

- Dans les opérations d'aménagement, les choix de produits sont faits à l'opportunité et en fonction des coûts (produits et transport). L'effort commercial nécessaire pour « passer » avec la Bauxaline représenterait un effort financier important pour AP.

Commentaires

La bauxaline a encore besoin de promotion afin de bien faire connaître ses caractéristiques et son utilisation potentielle. Elle est concurrencée par de nombreux produits qui sont en revanche bien connus et largement utilisés en région. Il faut

mieux faire connaître les expérimentations et les essais en nature (par exemple couverture de décharge...) et continuer l'effort de communication et de sensibilisation des utilisateurs potentiels de la bauxaline. Il semble également utile d'améliorer les conditions de 'commercialisation' de la bauxaline et d'aptitude à délivrer des quantités importantes de produit quotidiennement.

**Point sur les pêches automnales dans le canyon de la Cassidaigne et sur les analyses des métaux dans les poissons : rapport de François Galgani, IFREMER Sète.**

Deux pêches ont été réalisées dans le canyon de Cassidaigne cet automne ; elles ont permis de récolter plusieurs espèces vivant dans ces fonds.

**Compte-rendu mission Cassidaigne-PECHINEY du 2/09/04 (Jacques Sacchi, Service de Technologie Pêches IFREMER – SETE)**

Départ Marseille Vieux Port le 2/09/04 5h00 ; arrivée lieu de pêche –parage Cassidaigne 7h00 ; mise en pêche d'un filet maillant à merlu de 2000 m de long et de 80 mm de maille étirée et de 5,3 de chute étirée ; relevée filet 9h00 fin 11h00. Retour Marseille Vieux Port 13h00 à quai.

- position : 43°06'23 / 5°32'73 ( 247 m) et 43°07'67/ 5°30'01 (280 m).

- pêche : environ 50 kg.

- capture : 43 *Scomberus maculatus* ; 43 *Trachurus trachurus* ; 26 *Capros aper* ; 15 *Galeus melanophorus* ; 2 *Scorpaena scorpa* ; 5 *Ilex* sp. ; 2 Triglidés ; 2 *Pagellus acarne* ; 8 *Pagellus bogaraveo* ; 2 *Mullus surmuletus* et 3 *Helicolenus dactylopterus*.

Deux échantillons d'environ 10 kg chacun et constitués des espèces commerciales les plus représentatives ont été prélevés au hasard sur cette capture pour analyse.

**Compte-rendu mission Cassidaigne-PECHINEY du 23/11/04** (Jacques Sacchi, Service de Technologie Pêches IFREMER – SETE)

Départ Marseille Vieux Port le 23/11/04 à 5h30, arrivée lieu de pêche –parage Cassidaigne 7h30 ; mise en pêche d'un filet maillant à merlu de 2000 m de long et de 80 mm de maille étirée et de 5,3 de chute étirée ; relèvé filet 9h00 fin 11h00. Retour Marseille Vieux Port 14h30 à quai.

- position : 43°06'23 / 5°32'73 ( 247 m) et 43°07'67/ 5°30'01 (280 m).

- pêche : environ 80 kg.

- capture : 58 *Scomberus maculatus* ; 10 *Merluccius merluccius* ; 67 *Trachurus trachurus* ; 30 *Capros aper* ; 5 *Scorpaena scorfa* ; 7 *Ilex* sp. ; 6 *Todarodes* sp. ; 8 *Trigla lucerna* ; 6 *Trigla gurnadus* ; 5 *Pagellus bogaraveo* ; 2 *Mullus surmuletus* et 8 *Conger conger*.

Deux échantillons d'environ 10 kg chacun et constitués des espèces commerciales les plus représentatives ont été prélevés au hasard sur cette capture pour analyse.

#### *Commentaires*

Seules les espèces démersales (en contact avec les sédiments) comme *Merluccius merluccius*, *Pagellus bogaraveo*, *Trigla lucerna*, *Trigla gurnadus* et *Conger conger* apparaissent intéressantes pour analyser leur contenu en métaux.

Il conviendra de faire les analyses chimiques dans un laboratoire possédant des capacités analytiques ayant un seuil de détection inférieur à 7 µg CrVI/kg de poids frais. Au-delà de ce seuil, les excès de risques unitaires seraient tous supérieurs à la valeur limite réglementaire de 10<sup>-5</sup> et cette campagne d'analyses serait par conséquent sans intérêt.

Pour le moment, le laboratoire IFREMER de Nantes est en cours de réfection (disponibilité qu'au printemps prochain probablement à partir d'avril 2005). SGS Multilab possède les capacités analytiques, mais il y a une réserve de faisabilité technique sur la matrice (analyses de chair de poisson). Le laboratoire d'hydrologie

et de Molysmologie de l'Université de Marseille pourrait également être sollicité pour faire les analyses.

**Plot d'essai de remblayage d'une carrière souterraine avec un coulis à base de « Bauxaline » et de cendres de combustion de charbon en chaudière LFC : suivi géotechnique. Rapport de Catherine Lambert, en collaboration avec Jean-Marc Watelet, INERIS.**

### Contexte

La Bauxaline est un sous-produit issu de l'attaque de la bauxite ; elle se présente comme un silt rougeâtre. L'action a été réalisée dans les conditions suivantes :

- Programme d'appui au MEDD ;
- Convention entre ALUMINIUM PECHINEY, EDF, GTS, SURSCHISTE et INERIS ;
- Essais en laboratoire puis planche d'essai en tranchées ouvertes en 1999 (EDF, ALUMINIUM PECHINEY, GTS).

Les objectifs sont de valoriser des sous-produits issus de processus industriels (Bauxaline, cendres LFC) et d'élaborer une méthodologie de traitement des vides à l'aide de ces sous-produits.

### Réalisation du plot d'essai

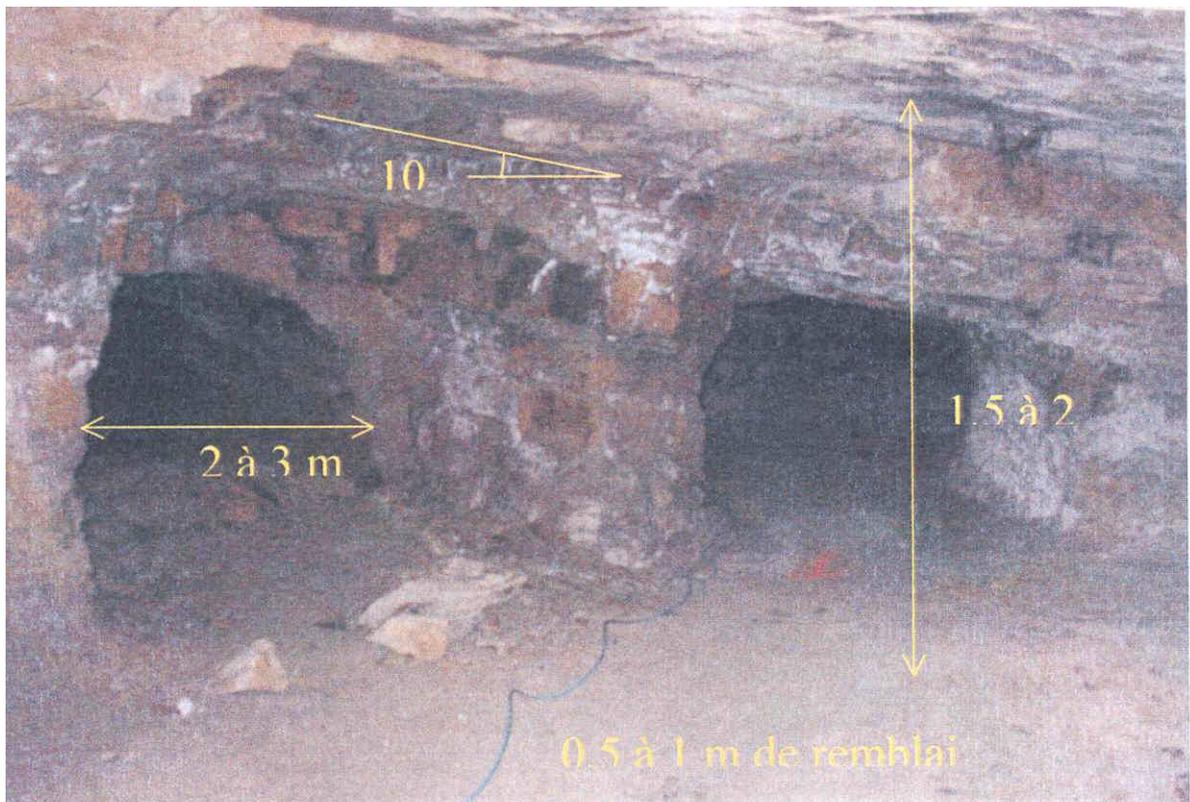
Afin de tester la faisabilité industrielle du remblayage, deux types de coulis dans deux zones cloisonnées (500 m<sup>3</sup>) et instrumentées d'une carrière souterraine ont été utilisés dans deux zones de la carrière : zone A, Bauxaline + cendres volantes LFC (charbon sud africain, produites à Gardanne) + ROLAC 425 (liant routier) et zone B, Bauxaline + Gardanex (commercialisé par SURSCHISTE).

Il a été procédé à un suivi de l'état géotechnique des deux zones à combler et à un suivi de l'impact environnemental du remblayage.

### Présentation du site : carrière Devançon à Peynier

Il s'agit d'une carrière souterraine abandonnée de pierre à ciment (calcaire du Fuvélien) dans les Bouches-du-Rhône, facile d'accès (proche de la route et plusieurs entrées) avec un espace suffisant pour installer le matériel de comblement sous une zone forestière (Figure 2).

Les configurations des cavités sont les suivantes : carrière souterraine pentée et exploitée par chambres et piliers, avec un bon état apparent des secteurs à remblayer et une faible épaisseur des terrains de recouvrement. Du point de vue hydrogéologique, il n'y a pas de contact direct avec la nappe du fuvélien, mais de nombreuses fractures ouvertes et karsts entraînant des infiltrations des eaux de surface et une concordance entre bassins hydrologique et hydrogéologique.



**Figure 2. Carrière Devançon à Peynier**

### Suivi du plot d'essai : calendrier

Janvier 2003 : levé géotechnique initial des deux zones à combler.

Septembre 2003 : mise en place du système d'instrumentation géotechnique et début du suivi géotechnique.

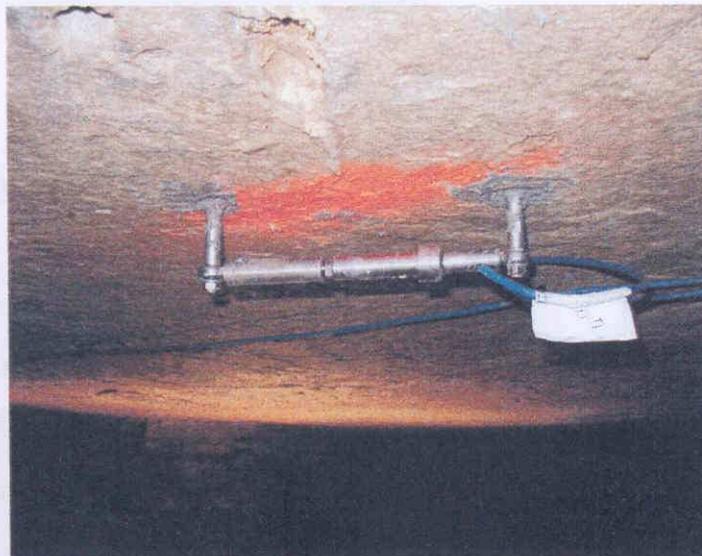
Novembre 2003 : travaux de préparation (murs de confinement, système de récupération des eaux d'infiltration) avec le début des essais environnementaux.

Mars et avril 2004 : remblayage des deux cavités avec suivi des coulis (densité,  $R_c$ , fluidité, teneur en eau, prélèvements conservatoires) et « remise en état » du site.

Juin 2004/juin 2005 : suivi géotechnique et environnemental.



**Figure 3. Capteurs de pression totale : trois dans chaque zone remblayée gamme de mesure : 0-2000 kPa**



**Figure 4. Fissuromètres 5 hors zone remblayée gamme de mesure 0-25 mm**

## Instrumentation géotechnique

Les objectifs sont de quantifier les pressions du coulis de remblayage sur les piliers et de suivre les déplacements du massif à partir d'un équipement spécialisé (voir les figures 3, 4 et 5).



**Figure 5. Canne de convergence 1  
au milieu des 2 zones gamme de  
mesure :  
0-25 mm**

## Remblayage des deux cavités

- Stockage des fournitures sur place (Bauxaline, Gardanex).
- Malaxage des constituants et stockage dans une fosse de reprise avant l'injection.
- Injections à partir de 6 forages (3 par zones) situés aux points hauts de la carrière.
- centrale d'injection d'un débit maximum de 10 à 20 m<sup>3</sup>/h.
- Fenêtres dans les murs de confinement pour visualiser le coulis au fond.

Premier bilan géotechnique (Tableau 3).

**Tableau 3. Bilan géotechnique dans les deux zones expérimentales**

	Zone A	Zone B
	Bauxaline + cendres	Bauxaline + Gardanex
Volume estimatif de comblement	546 m <sup>3</sup>	604 m <sup>3</sup>
Augmentation de pression	varie en fonction des configurations des zones à combler	
Densité	> 1,50	
Viscosité	10 s en moyenne	
Rc28j	6 MPa (4,8 MPa mini)	3,6 MPa (2,3 MPa mini)
Rc90j	6,4 MPa (3,6 MPa mini)	4,8 MPa (3,1 MPa mini)

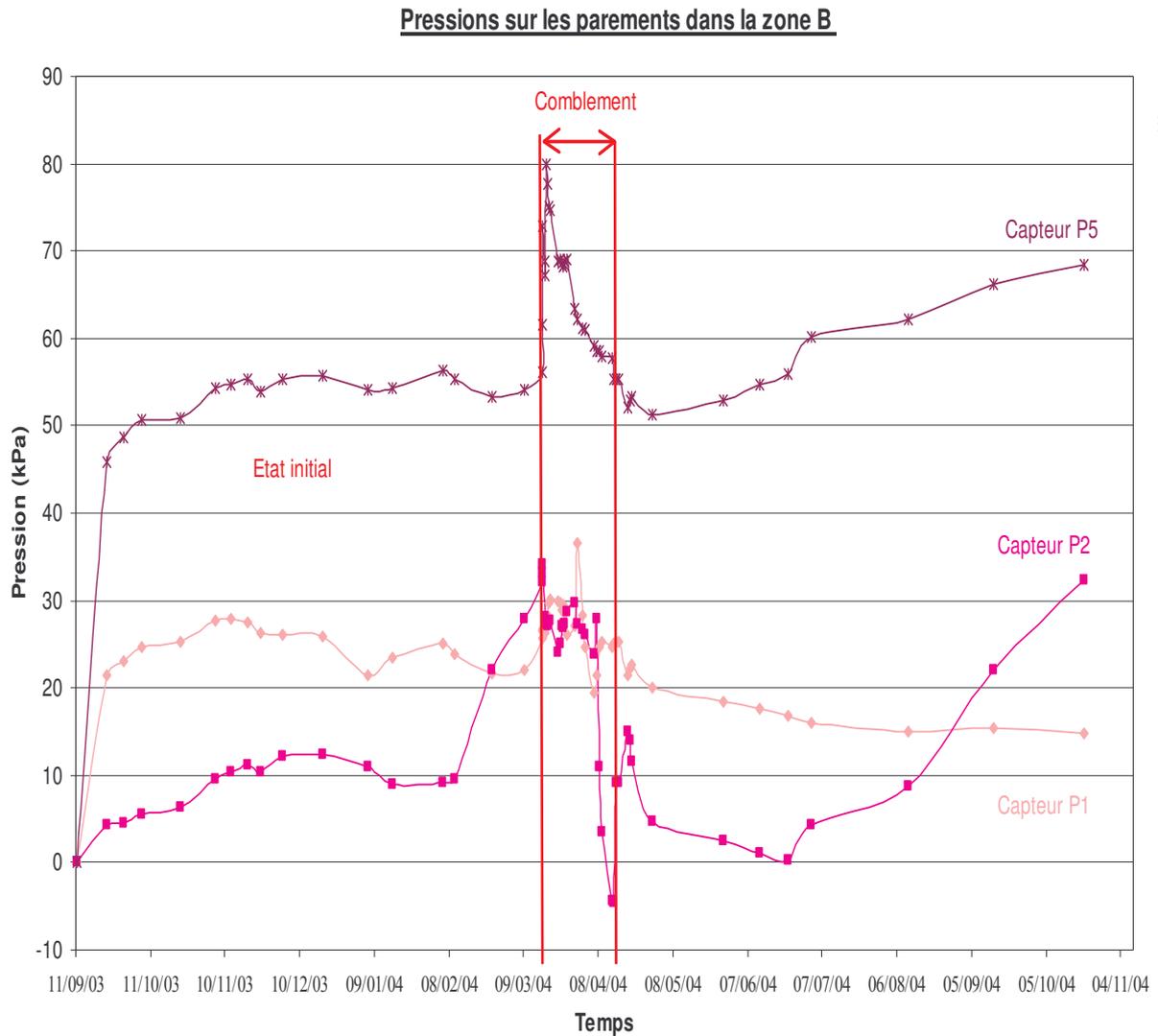
Montée en température (réaction exothermique).

La figure 6 suivante fournit les pressions sur les parements dans la zone B selon la chronique de septembre 2003 à novembre 2004.

### Premier bilan

Façonnage de la surface des deux types de coulis : pas de frettage pérenne des parements et percolation possible le long des parements (Figure 7).

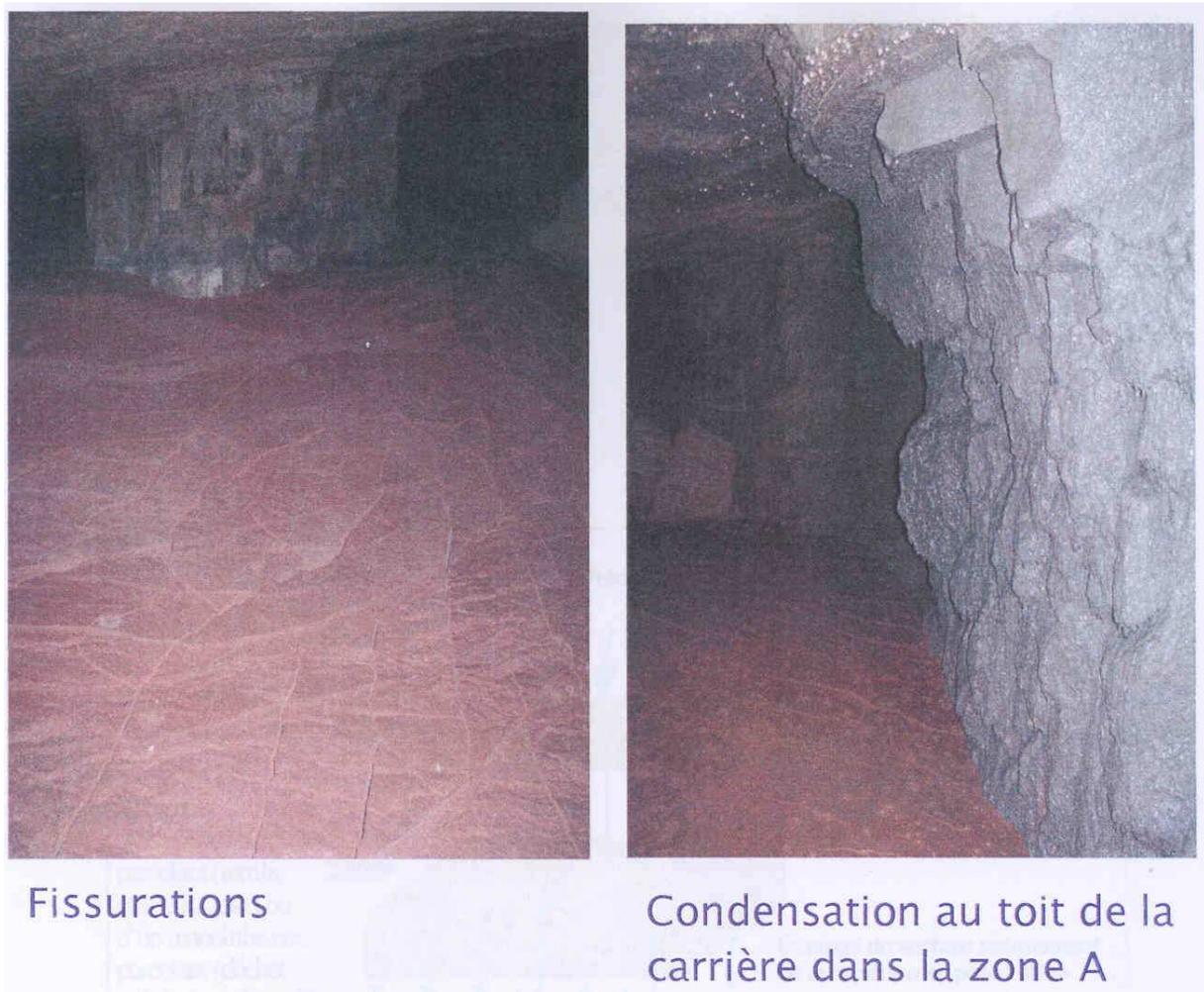
Coulis fluide (+ eau de lavage) : infiltrations à travers les fractures de la carrière (fuites classiques avec du coulis fluide).



**Figure 6. Pressions sur les parements dans la zone B.**

### Perspectives

- Plot d'essai limité avec peu de capteurs : tout dysfonctionnement engendre une perte d'informations.
- Durabilité des coulis durcis dans le temps ? forages de contrôle et inspection visuelle.
- Utilisation du retour d'expérience pour une méthodologie globale : rendus intermédiaires et conclusions au 1<sup>er</sup> semestre 2005
- Limites actuelles : cavités hors d'eau, fracturation, proximité des produits, PAQ chantier
- Recommandations pour le suivi et le contrôle des futurs comblements.



**Figure 7. Fissurations et condensation  
au toit de la carrière dans la zone A**

**Plot d'essai de remblayage d'une carrière souterraine avec un coulis à base de « Bauxaline » et de cendres de combustion de charbon en chaudière LFC : suivi environnemental. Rapport de Jérémie DOMAS, INERIS.**

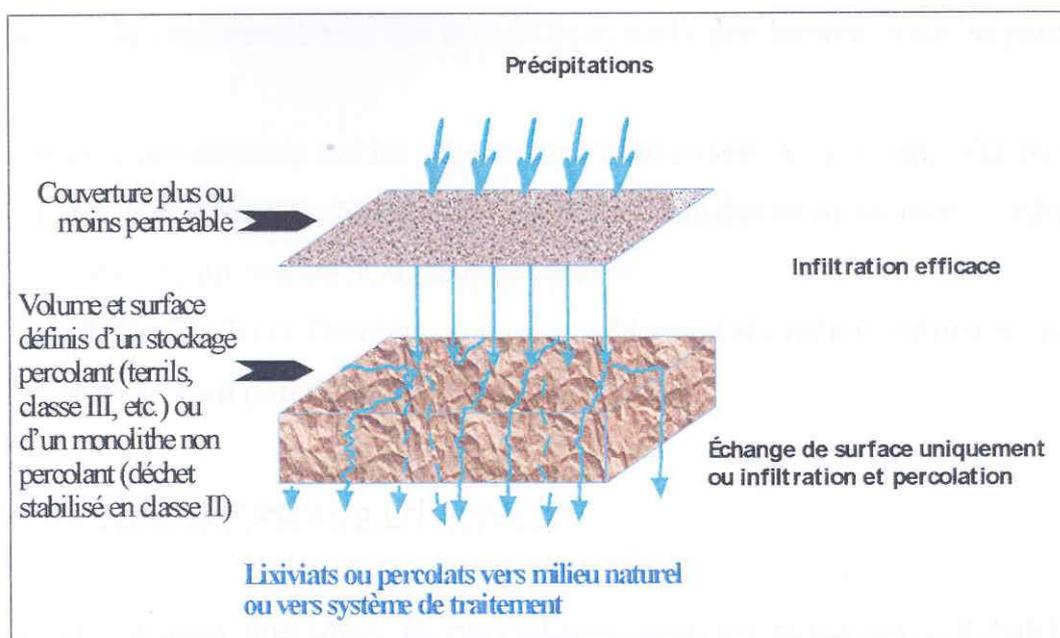
#### Méthodologie utilisée

• Basée sur la norme méthodologique ENV 12920 (1998) : « méthodologie pour l'évaluation du comportement à la lixiviation d'un déchet dans des conditions spécifiées » : 1) définition du problème et de la solution recherchée ; 2) description du scénario ; 3) description du déchet ; 4) détermination de l'influence de paramètres sur

le relargage ; 5) modélisation du comportement à la lixiviation et 6) validation du modèle comportemental.

Les étapes 3) et 4) correspondent à la mise en œuvre d'essais de labo. L'étape 5) vise à l'élaboration d'un modèle prédictif du relargage et enfin l'étape 6) permet de valider les hypothèses du modèle et de confirmer ou d'infirmier les résultats de ce modèle.

### Descriptif du scénario retenu (Figure 8)



**Figure 8. Schéma du scénario retenu**

### Plan d'expérience en laboratoire

Deux échantillons ont été fournis par EDF/TEGG : un coulis durci (>90 jours) à base de Bauxaline<sup>®</sup> (Bx) et de Cendres Volantes (CV) LFC Si-Ca « tendance charbon sud africain » + LHR ROLAC<sup>®</sup> 425 (LH) et un coulis durci (>90 jours) à base de Bauxaline<sup>®</sup> et de Gardanex<sup>®</sup> (Gdx) (CV Si-Al + CV LFC + chaux).

Ont été déterminés l'influence de paramètres spécifiques comme le pH : détermination de la capacité de neutralisation acido-basique des coulis durcis (essai ANC) et le relargage possible : détermination de la fraction maximale mobilisable

(FMM). La mise en œuvre d'un essai de lixiviation dynamique spécifique aux déchets monolithiques a été basée sur un essai soxhlet modifié et l'étude d'une cinétique de relargage et altération accélérée du matériau.

#### Vérification de la conformité des échantillons : essai de lixiviation NF X 30-402/2

Les conditions spécifiées sont simples, répétables et reproductibles : batch unique, ratio L/S 10 l/kg, granulométrie : broyé à 4 mm, durée 1x24h. L'objectif est de suivre un relargage conventionnel dans les conditions de l'essai, permettant une validation de la conformité avec les échantillons de la production mise en place sur site.

Les résultats obtenus sur les échantillons fournis sont les suivants (Figure 9) :  
 Bx+CV+LH : As, Cd, Cr, Cu, Ni et Pb inférieurs ou sensiblement du même ordre que les LQ ; peu de Cl<sup>-</sup>, un peu de SO<sub>4</sub>, 15 mg/kg de V.

Bx+Gdx : Cd, Cr, Cu, Ni et Pb inférieurs ou sensiblement du même ordre que les LQ ; peu d'As et de Cl<sup>-</sup>, un peu plus de SO<sub>4</sub>, 19 mg/kg de V.

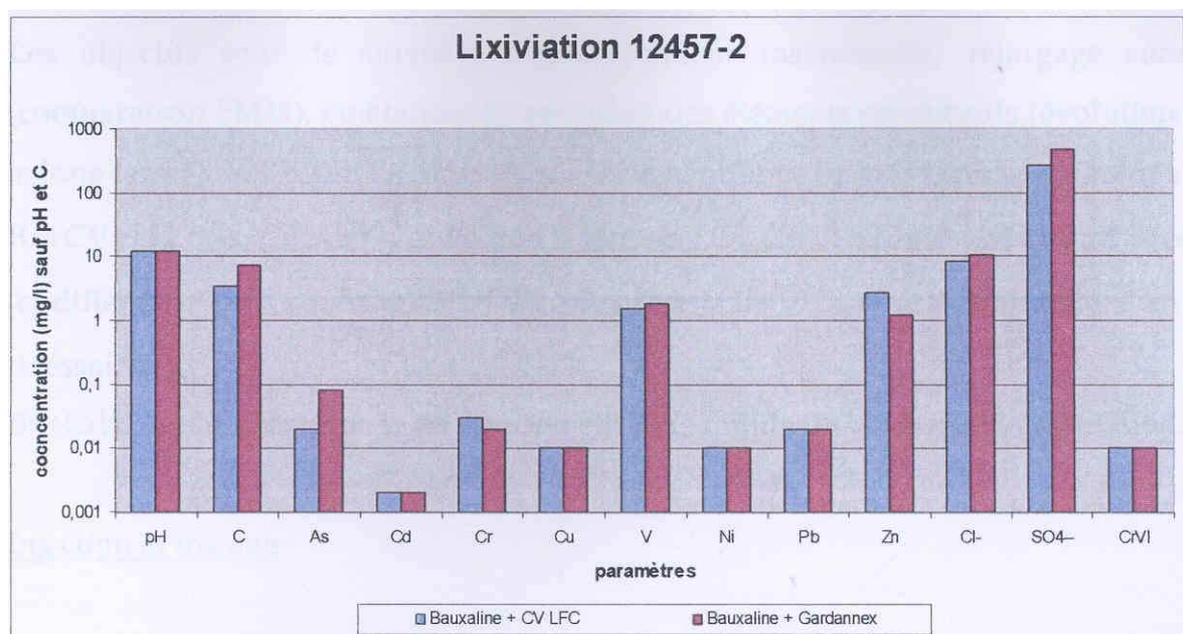
#### Détermination de l'influence du pH : essai ANC

Les conditions spécifiées et normalisées sont les suivantes : 8 batchs en parallèle, ratio L/S 10 l/kg, granulométrie : broyé à 1 mm, durée 48h, gamme de pH couverte 4-12. L'objectif est de mesurer les quantités d'acide ou de base nécessaires à l'obtention de certaines valeurs de pH à l'équilibre (fractions extraites pour ces valeurs de pH).

Les résultats obtenus sur les échantillons fournis sont les suivants :

Bx+CV+LH : As, Cd, Cr, Cu, et Pb non relargués et invariables ; Ni sort à pH<6 ; Cl<sup>-</sup> et SO<sub>4</sub> constants, 25 mg/kg de V mais diminue avec le pH.

Bx+Gdx : Pb non relargués et invariables ; As, Cd, Cr, Cu, et Ni sortent à pH<5-6 ; Cl<sup>-</sup> et SO<sub>4</sub> constants, 25 mg/kg de V mais diminue avec le pH.



**Figure 9. Essais de lixiviation NF X 30-402/2**

#### Détermination du potentiel de relargage : essai de la fraction maximale mobilisable

Les conditions spécifiées sont les suivantes : 3 batch en série, ratio L/S 10, 40 et 50l/kg, granulométrie broyée à 1 mm, durée 1x24h, 3 contextes (naturel, pH imposé à 4 et à 12). L'objectif est de rechercher la fraction maximale extractible dans des conditions extrêmes : matériau broyé, L/S très élevé, pH imposé « extrêmes » (par rapport aux conditions naturelles).

Les résultats obtenus (en mg/kg) sont les suivants :

Bx+CV+LH : As, Cd, Cr, Cu, et Pb non relargués ; Ni (1-12) et SO<sub>4</sub> (15000 à 40000) sortent à pH 4; Cl<sup>-</sup> (300 à 700) peu variable, V (2-80) sort à pH basique.

Bx+Gdx : Cd, Cr, Pb non relargués; Cu (1-6), Ni (1-8) et SO<sub>4</sub> (20000-45000) sortent à pH 4 ; As (1-3) et V (1-55) à pH 12 ; les Cl<sup>-</sup> (600-800) ubiquistes.

#### Détermination des cinétiques de lixiviation : essai de soxhlet modifié

Le matériau testé sous sa forme monolithique est le suivant ; éprouvettes 4x4x4 cm, simulation d'alternances de périodes humides (éprouvette immergée) et de périodes sèches (éprouvette émergée), pour des ratios L/A (ou L/S) très élevés.

Les objectifs sont de suivre les concentrations instantanées, relargage cumulé (comparaison FMM), cinétiques de relargage des éléments constitutifs (évolution sur le long terme). Les résultats obtenus sur les échantillons fournis sont les suivants :

Bx+CV+LH : As, Cd, Cr<sup>VI</sup>, et Pb non relargués ; Cr, Cu et Ni relargués en fin d'essai (cf.différence avec conformité) ; SO<sub>4</sub> plus constants ; Cl<sup>-</sup> et V à épuisement en fin d'essai.

Bx+Gdx : quasi identique mais épuisement plus rapide du V (moins de disponibilité).

### Injection et traçage

L'injection en fond de carrière a été de 200 litres eau+sel NaCl (concentration à 250 g/l) avec un suivi journalier entre le 21/01 et le 12/03 du pH, de la conductivité, et des chlorures en aval hydraulique au puits de l'Arc ... par défaut en ligne par les labos de la centrale EDF de Gardanne. Les données initiales au puits de l'Arc étaient de pH 7,2 ; cond 0,53 mS/cm ; chlorures 9 mg/l. Après presque 50 jours, le pH, conductivité et chlorures n'ont pas varié de plus de 25 % ... , valeur considérée comme non significative par rapport à la chaîne de métrologie. Trois hypothèses restent donc plausibles : le puits de l'Arc n'est pas le bon point de conformité ; le facteur de dilution, ou d'atténuation est supérieur à 250000/9 soit 28000, si 280 mg/l à Devançon, à l'Arc la concentration est 10 µg/l ; les temps de transfert sont > 2 mois (peu probable).

### Suivi sur site des percolats

Trois prélèvements dans les drains aménagés à cet effet ont été réalisés en zone A : 25/03, 15/04 et 11/06 mais zone B peu « réceptive ». Trois autres prélèvements sur zone A sont prévus d'ici à la fin du suivi (rien depuis juin malgré la pluviométrie) ; zone B incertaine (raisonnement par analogie car comportement similaire).

### Rappel des opérations réalisées et perspectives

- Echantillons reçus en avril 2003.
- Réalisation des essais de septembre à décembre 2003.
- Analyses des éluats d'octobre 2003 à mars 2004.
- Injection et traçage du 20/01 au 12/03 2004.
- Remblayage de la carrière de Peynier du 15/03 au 19/04 2004.
- Calage de l'étude labo/site prévu de juin 2004 à juin 2005) : représentativité des coulis injectés (NF X 30-402/2) ; modélisation conceptuelle (V, As et Cr) et calage du modèle avec données de terrain (incertitudes liées à l'efficacité des drains : colmatage, fissuration).

### Commentaires sur les deux exposés de l'INERIS

L'utilisation de la bauxaline pour le remblayage de carrière semble une voie très intéressante ; l'expérience en cours dans la carrière Devançon à Peynier est riche en résultats. Les résultats devront être finement analysés lorsque l'expérience en cours sera achevée. Il conviendra de tirer tous les enseignements de cette étude afin de communiquer largement à l'issue de ce travail pour aboutir à une applicabilité dans les prochaines années.

### **Fascicule : Gestion des résidus inertes du traitement de la bauxite. Synthèse des travaux du comité scientifique de suivi 1995-2004**

Un fascicule de présentation à l'usage des décideurs, des politiques, des administrations et des associations s'occupant d'environnement a été préparé par un étudiant en DSS au cours du printemps 2004 sous la responsabilité de Philippe Comombé responsable Coordination Environnement de l'usine de Gardanne. Plusieurs relectures ont déjà été réalisées sur la version initiale ; il est demandé aux membres du CSS de faire-part de corrections et amendements éventuels auprès de Monsieur Colombé. L'objectif de cette plaquette est de rendre public l'ensemble des

travaux réalisés par l'usine de Gardanne à la fois sur les travaux en mer et sur les utilisations de la bauxaline. La rédaction de cette plaquette a été faite à partir des 9 rapports produits par le CSS depuis sa constitution en 1995.

Il est recommandé d'utiliser un logiciel de mise en page professionnel avant d'éditer le fascicule ; un tirage en nombre suffisant est à prévoir.

### **Actions d'extraction de la bauxaline en 2004 et les prévisions 2005-2007 : rapport de Philippe Colombé, ALCAN, bauxite et alumine**

#### Extraction lagunage

De la fin fin février à mi-juin 2004, il aura fallu : créer trois nouvelles lagunes pour avoir une capacité de lagunage d'environ 80 à 100000 T/an de matière sèche ; laguner environ 50000 tonnes de matière sèche en pompant le surnageant pour accroître la productivité ; stocker, gerber et arroser les pistes et le carreau, et ainsi constituer un stock de 15000 tonnes de Bauxaline® accessible par tout temps.

Ce qui était prévu comme utilisation en 2004 :

CET Malespine : utilisation de 400 tonnes, test pour revégétaliser en mélange de compost.

Décharge de Mange-Garri : environ 10000 tonnes utilisées pour constituer le barrage du nouvel alvéole de notre décharge.

Coulis d'injection : carrière de Peynier, 1000 tonnes.

CET Entressen : 35000 tonnes (utilisation repoussée en 2005, deuxième tranche d'une série de quatre : maître d'œuvre : Marseille Métropole, maître d'ouvrage : BEC Frères).

CET Martigues : 30000 tonnes .

Travaux RD6 : environ 30000 tonnes.

Le total d'utilisation de la bauxaline en 2004 a été d'environ 10000 tonnes sur un total de 90000 tonnes prévu.

### Prévisions 2005-2007

Les tableaux 4 et 5 fournissent des prévisions des utilisations potentielle de la bauxaline pour les trois prochaines années (2005-2007).

**Tableau 4. Prévisions 2005 –2007 d’utilisation de la bauxaline**

Années	2005 (en tonne)	2006 (en tonne)	2007 (en tonne)
Production d'alumine	620 kt	630 kt	630 kt
Résidus produits t M.S.	332 kt	337 kt	337 kt
Rejet en mer autorisé, t M.S.	310 kt	250 kt	250 kt
Bauxaline à valoriser, t à 30% d'humidité	32000 t	125000 t	125000 t

**Tableau 5. Marchés accessibles entre 2005 et 2007**

Années	2005 (en tonne)	2006 (en tonne)	2007 (en tonne)
C.E.T. Entressen	35 kt	60 kt	60 kt
C.E.T Martigues		30 kt	30 kt
C.E.T Gardanne		20 kt	60 kt
Travaux RD6		60 kt	
Rocade Avignon		30 kt	90 kt
C.E.T La Ciotat		?	?

#### Travaux routiers : RD6

Mise à 2x2 voies du RD6 entre échangeur de Gardanne et la Barque distance de 5 km + échangeurs ; possibilité de variante par mélange Bauxaline et Cendres volantes pour la couche de forme et remblais sur 1m.

Prévision Travaux : 2006 à 2008 (repoussés de 2 ans) avec un potentiel d'utilisation de la Bauxaline : 180 à 280000 tonnes.

### Communication

Publication en juin 2004 aux Assises d'Agen sur les déchets industriels.

Publication d'INERIS au congrès de Blois en décembre 2004 sur le coulis d'injection.

### Commentaires du CSS sur l'emploi de la bauxaline

Le volume de bauxaline utilisé en 2004 est en forte diminution par rapport à celui valorisé en 2002 et surtout en 2003 (95000 t). Il apparaît un différentiel important entre le prévu et le réalisé, en partie dû à un report de 35000 t de 2004 sur 2005. Des efforts de communication et de 'promotion de la bauxaline' doivent être entrepris (voir recommandations du CSS).

## Recommandations du Comité Scientifique de Suivi

Le Comité Scientifique de Suivi approuve une nouvelle fois les choix d'AP Gardanne de focaliser les emplois de la bauxaline dans les voies à forts volumes d'utilisation. Il note la faiblesse des volumes utilisés en 2004 : 10000 tonnes sur un total de 90000 tonnes prévues contre 95000 t utilisés en 2003 et 30000 t utilisés en 2002. Il note que ce faible volume ne confirme pas la tendance positive relevée depuis 2001.

Le CSS approuve Aluminium Pechiney sur le déroulement des études et recherches réalisées en 2004 et les projets d'utilisation de la bauxaline en 2005 telles qu'ils ont été présentés lors de la réunion annuelle du CSS du 15 janvier 2005.

Il relève que des recommandations faites à l'issue de la dernière réunion plénière du CSS en décembre 2003 ont été suivies :

- pêches expérimentales dans le canyon de Cassidaigne en automne 2004.
- réalisation d'un fascicule de présentation des actions entreprises par AP depuis 1990 sur la valorisation de la bauxaline et le devenir en mer des résidus de traitement de bauxite, en cours de relecture finale.

A l'issue des exposés et en fonction des discussions qui ont suivi, le Comité Scientifique de Suivi recommande pour 2005 :

- i) Que soient poursuivies les actions d'information sur les caractéristiques de la bauxaline afin de montrer la qualité et l'intérêt du produit.
- ii) Que soit réalisée une communication plus ciblée et plus technique de la bauxaline vers des entreprises de travaux publics et notamment dans le secteur des Routes et Aérodrômes.
- iii) Que la voie de comblement de cavités devienne une priorité comme voie d'utilisation de grandes quantités de bauxaline.
- iv) Que soient privilégiées les voies d'utilisation de la bauxaline en continu sur le long terme plutôt que des utilisations au coup par coup, plus

aléatoires qui rendent difficiles toute perspective d'utilisation à l'horizon 2010 puis 2015.

- v) Que soit réalisé un tableau de bord indiquant les quantités de rejets en mer autorisés, celles des rejets en mer effectivement effectués, les quantités de résidus stockés à terre et ceux valorisés sous forme de bauxaline depuis 2000 (soit sur 5 années).
- vi) Que soient confiées les analyses de concentrations en CrIII et CrVI dans les poissons ichtyophages pêchés en automne 2004 au laboratoire de Pierre Rebouillon (Laboratoire d'Hydrologie et de Molysmologie Aquatique 27 Boulevard Jean Moulin, Faculté de Pharmacie 13385 Marseille Cedex 5 France).
- vii) Qu'Aluminium Pechiney réalise un Résumé non Technique du Rapport Annuel 2004, le CSS se chargeant de la relecture de ce «Digest».

**Wimereux le 9 mars 2005**

**Jean-Claude DAUVIN**

**Professeur de l'Université des Sciences et Technologies de Lille  
Président du Comité Scientifique de Suivi**