

Document public

**Usine d'alumines de spécialités d'ALTEO
Gardanne (13)**

**Tierce expertise sur le Dossier de Demande
d'Autorisation d'Exploiter (DDAE) visant à
supprimer les rejets de boues rouges en
maintenant un rejet d'effluent liquide résiduel**

Rapport final

BRGM/RP-64161-FR
Décembre 2014



Géosciences pour une Terre durable

brgm

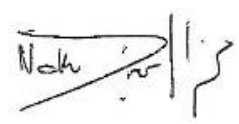
**Usine d'alumines de spécialités d'ALTEO
Gardanne (13)
Tierce expertise sur le Dossier de Demande
d'Autorisation d'Exploiter (DDAE) visant à
supprimer les rejets de boues rouges en
maintenant un rejet d'effluent liquide résiduel**

Rapport final

BRGM/ RP-64161-FR
Décembre 2014

K. Bru, P. d'Hugues, P. Michel et M. Save
Avec la collaboration de F. Bodéan et de J.-F. Labbé

Vérificateurs :	
Nom : Y. Ménard Fonction : Responsable du programme « Ecotechnologies des matières premières et de recyclage » Date : 11/12/2014 Signature : 	Nom : L. Rouvreau Fonction : Responsable de l'unité 3SP Date : 10/12/2014 Signature : 

Approbateur :
Nom : N. Dörfliger Fonction : Directrice de la Direction D3E Date : 11/12/2014 Signature : 

Le système de management de la qualité et de l'environnement est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Mots-clés : Alumine, Alteo, Bauxite, Expertise, Traitement des eaux, Analyse multicritère

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

Bru K., d'Hugues P., Michel P. et Save M. (2014) – Usine d'alumines de spécialités d'ALTEO Gardanne (13). Tierce expertise sur le Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter (DDAE) visant à supprimer les rejets de boues rouges en maintenant un rejet d'effluent liquide résiduel. Rapport final. BRGM/RP-64161-FR, 173 p., 5 annexes.

Synthèse

Dans le cadre du respect de la convention de Barcelone pour la protection de la mer Méditerranée, la société Aluminium Pechiney (alors exploitant du site de Gardanne) a pris en 1996 l'engagement de diminuer progressivement les quantités de rejets solides (aussi appelés « boues rouges ») en mer Méditerranée avec l'objectif d'y mettre un terme le 31 décembre 2015. Cet engagement a été retranscrit dans un arrêté préfectoral en date du 1er juillet 1996. L'arrêté ministériel du 2 février 1998, non spécifique à l'usine de Gardanne, fixe des valeurs limites à respecter pour les rejets liquides des ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) dans le milieu naturel, tout en permettant au préfet d'y accorder des dérogations après avis du Conseil Supérieur de la Prévention des Risques Technologiques.

Dans ce cadre, et en tenant compte des nouveaux enjeux associés à la mise en place de la partie maritime du cœur du parc national des Calanques, créé par décret en 2012, la société Alteo Gardanne, actuel exploitant de l'usine de production d'alumine, a engagé la modification de ses installations de traitement des rejets solides et des effluents associés. Ces modifications étant substantielles, Alteo a été conduit à solliciter le renouvellement de son autorisation d'exploiter pour l'usine de Gardanne, en déposant un dossier de demande d'autorisation d'exploiter (DDAE). En particulier, Alteo a choisi de mettre en œuvre une filtration par filtre-presses de la totalité du flux de boues rouges afin de supprimer le rejet des résidus solides en mer. Cette filtration génère des résidus déshydratés, qui seront stockés sur le site de stockage de Mange-Garri, et des effluents liquides résiduels pour lesquels 7 paramètres ne respectent pas les valeurs limites de l'arrêté de 1998 : pH, matières en suspension, aluminium, fer, arsenic, DCO et DBO5. Alteo a ainsi étudié plusieurs solutions de traitement de ces effluents liquides, dont les études sont incluses dans le DDAE, et a choisi la solution « filtration sous pression avant rejet en mer ».

En application de l'article R.512-7 du code de l'environnement, il a été demandé à la société Alteo Gardanne de faire procéder à une tierce expertise de ce dossier, laquelle a été confiée au BRGM. Cette tierce expertise porte sur les solutions technologiques de traitement des boues rouges et effluents liquides résiduels étudiées par l'industriel. L'impact des rejets en mer ne fait pas partie du périmètre de l'expertise confiée au BRGM. Le BRGM a été chargé d'examiner les technologies envisagées par Alteo pour vérifier si elles font partie des meilleures technologies disponibles au niveau mondial, ou s'il existe des technologies alternatives ou complémentaires qui permettraient de réduire, voire supprimer, les rejets en mer. La mission du BRGM intégrait aussi l'appréciation de l'impact économique de ces éventuelles technologies alternatives ou complémentaires.

Le BRGM a réalisé un parangonnage international concernant les techniques de gestion des boues rouges et des effluents résiduels, et a examiné de manière critique le parangonnage produit par Alteo. À l'issue du parangonnage, le BRGM n'a pas identifié de solution permettant de supprimer totalement les effluents liquides : une telle solution existe, mais nécessite de vastes bassins de décantation et d'évaporation des eaux (lagunage). L'emplacement géographique de l'usine ne permet pas sa mise en œuvre.

Le parangonnage réalisé par le BRGM montre que le traitement par filtre presse des boues rouges réalisé par Alteo fait partie des MTD (Meilleure Technique Disponible) dans la filière de la production d'alumine pour ce qui concerne le traitement des matières en suspension. En ce qui concerne les effluents résiduels, ils sont soumis en général à un traitement physique ou physico-chimique afin de réduire les rejets en métaux. Quelques usines (dont une située en Europe) ne pratiquent aucun traitement chimique de leurs effluents avant rejet en mer ; les contraintes réglementaires sur la qualité de l'effluent rejeté auxquelles elles sont soumises ne sont toutefois pas connues.

Le BRGM a également réalisé une analyse critique du dossier déposé par Alteo, qui examine des alternatives (et sous-alternatives) de traitement des effluents liquides résiduels. Dans ce dossier, Alteo motive le choix de la solution de filtration sous pression à l'aval des filtres-presses, tout en justifiant les raisons pour lesquelles les autres alternatives n'ont pas été retenues. La technique de filtration sous pression permet d'éliminer les matières en suspension et donc les métaux associés d'où un abattement de 65 % pour l'arsenic, de 82 % pour l'aluminium et de plus de 99 % pour le fer. Malgré ces forts taux d'abattement, les teneurs résiduelles restent supérieures aux valeurs limites de l'arrêté générique de 1998.

Outre l'examen critique des alternatives étudiées par Alteo, le BRGM a examiné des solutions alternatives, non mentionnées dans le dossier DDAE. Les technologies identifiées, si elles présentent un potentiel au plan théorique, sont encore en phase de R&D. Elles ne présentent donc pas la maturité suffisante pour permettre à un industriel de s'engager dans un investissement à court terme. Le BRGM a également étudié l'influence de la qualité du minerai exploité sur la qualité du rejet. Même si un changement de ce minerai pourrait influencer légèrement la teneur en arsenic de l'effluent résiduel, il est très peu probable que ce seul changement induise une réduction significative. De plus, un changement de minerai induirait des évolutions dans le fonctionnement de l'usine ; en fonction de la composition du nouveau minerai utilisé, il pourrait également en résulter une augmentation de la teneur en éléments autres que l'arsenic dans l'effluent. Les résultats de ce volet de l'expertise ne conduisent donc pas le BRGM à faire de préconisations.

Parmi les sous-alternatives étudiées par Alteo, un traitement basé sur une neutralisation à l'acide sulfurique en aval des filtres presses semble présenter un potentiel intéressant pour le BRGM. Cependant, cette sous-alternative visait la production d'un effluent d'une qualité compatible avec le rejet dans un cours d'eau. Elle incluait donc un traitement de finition par osmose inverse. Cette solution a été écartée par Alteo en raison des coûts élevés associés à l'osmose inverse mais aussi à la consommation de réactifs pour la neutralisation et à la gestion des précipités. Pour le BRGM, la technologie de neutralisation à l'acide des effluents à la sortie des filtres-presses mérite d'être approfondie, sans être associée à l'osmose inverse mais à d'autres technologies de décantation combinées à des filtrations. Cette solution, appelée « solution combinée » dans le présent rapport permettrait de réduire très fortement les rejets en mer de métaux. Cette recommandation du BRGM est renforcée par le fait que la neutralisation à l'acide est pratiquée dans d'autres usines d'alumine de par le monde. Le BRGM présente dans son rapport une estimation technique et économique, qui reste toutefois très préliminaire et ne permet pas de conclure définitivement sur ce point. Seules des études complémentaires permettraient de valider la faisabilité technique de cette solution, de préciser les coûts d'investissement et de fonctionnement associés, et d'en évaluer l'intérêt en termes de réduction des impacts environnementaux. Une telle solution si elle se révélait effectivement possible nécessiterait plusieurs années pour être mise en place.

Les conclusions des études réalisées par Alteo et qui ont conduit à retenir, parmi l'ensemble des alternatives et sous alternatives étudiées, la solution « filtre presse puis filtration sous pression avant rejet en mer » apparaissent donc pertinentes pour le BRGM. C'est la seule solution opérationnelle à fin 2015 qui ne remet pas en cause la continuité de l'activité industrielle. L'intégration d'une étape de traitement physico-chimique (neutralisation/ décantation/ filtrations) pour l'élimination plus efficace des métaux (solution combinée) est une opportunité qui mériterait d'être étudiée plus en détail, mais dont la faisabilité et l'avantage environnemental ne sont pas démontrés à ce stade, avec des coûts qui restent à préciser.

Le présent rapport formule également des remarques ou recommandations d'amélioration ou de clarification des dossiers produits par Alteo. Certains compléments, déjà apportés par Alteo sont présentés dans ce rapport, d'autres ont vocation à être fournis par Alteo ultérieurement. Le BRGM souligne enfin la disponibilité et la réactivité des équipes d'Alteo pour répondre aux questions posées par le BRGM pendant cette mission.

Sommaire

1. Contexte de l'expertise	11
1.1. INTRODUCTION	11
1.2. PRINCIPES DE L'EXPERTISE	11
1.3. PIÈCES DU DOSSIER D'EXPERTISE.....	14
1.4. RÉUNIONS.....	14
2. Paragonnage international sur le traitement des boues rouges et des effluents résiduels.....	15
3. Description des eaux excédentaires.....	17
3.1. BILAN EAU (HORS CYCLE BAYER) DE L'USINE	18
3.2. CONTRAINTES POUR LA GESTION DES EAU EXCÉDENTAIRES.....	20
4. Etude critique des solutions alternatives pour le traitement des eaux excédentaires incluant les solutions de traitement complémentaire en cas de rejet en mer	21
4.1. ANALYSE CRITIQUE DES SOLUTIONS ALTERNATIVES	21
4.1.1. Alternative 1 – Evaporation naturelle	22
4.1.2. Alternative 2 – Evaporation forcée	22
4.1.3. Alternative 3 – Recyclage dans le procédé	23
4.1.4. Alternative 4 – Rejet dans les mines de Gardanne.....	24
4.1.5. Alternative 5 – Rejet dans un cours d'eau (la Luynes ou l'Arc).....	24
4.1.6. Alternative 6 – Rejet dans la mer	32
4.2. ANALYSE DES SOUS-ALTERNATIVES EN CAS DE REJET EN MER.....	32
4.2.1. Sous-alternative 1 : Pré-traitement par acidification, traitement physico-chimique et finition par osmose inverse	34
4.2.2. Sous-alternative 2 : Pré-traitement par CO ₂ , traitement physico-chimique et finition par osmose inverse	36
4.2.3. Sous-alternative 3 : Neutralisation à l'eau de mer suivie d'un traitement physico-chimique	37
4.2.4. Sous-alternative 4 : Neutralisation au chlorure de magnésium (MgCl ₂), traitement physico-chimique et finition par osmose inverse.....	38
4.2.5. Sous-alternative 5 : Rejet en mer après filtration sous pression.....	39
4.3. COMBINAISON DE PLUSIEURS SOLUTIONS ALTERNATIVES.....	41
4.3.1. Solutions de réduction des flux d'eau à traiter.....	41
4.3.2. Solutions de traitement des effluents	48

4.4. EXAMEN PAR LE BRGM DE L'IMPACT DE LA QUALITÉ DU MINÉRAI DE BAUXITE UTILISÉ À GARDANNE SUR LE REJET (ALTERNATIVE NON ÉTUDIÉE DANS LE DDAE).....	48
4.5. ÉLÉMENTS SUR LA QUALITÉ DES ESSAIS EXPÉRIMENTAUX	50
4.5.1. Caractérisation des effluents	50
4.5.2. Représentativité des essais	53
4.5.3. Comparaison en flux maximum annuels des rejets actuels et futurs	54
4.6. CONCLUSIONS	55
5. Analyse multicritère de l'ensemble des solutions de traitement étudiées	57
5.1. MÉTHODOLOGIE DÉVELOPPÉE.....	58
5.1.1. Transparence de la méthode	58
5.1.2. Justification de la méthode	59
5.1.3. Remarques générales sur la méthode, cohérence et pertinence	59
5.2. MISE EN ŒUVRE DE LA MÉTHODE	61
5.2.1. Alternatives étudiées	61
5.2.2. Choix et structuration des critères et des sous-critères.....	61
5.2.3. Choix de l'échelle de notes des critères et sous-critères	63
5.2.4. Règles établies pour la notation des critères et des sous-critères.....	64
5.3. ÉVALUATION DES CRITÈRES ET DES SOUS-CRITÈRES PAR ALTERNATIVES ET SOUS-ALTERNATIVES	68
5.3.1. Notation des critères et des sous-critères pour les alternatives	68
5.3.2. Notation des critères et des sous-critères pour les sous-alternatives.....	73
5.4. ANALYSE DE SENSIBILITÉ.....	77
5.5. CONCLUSIONS	78
6. Prise en compte des Meilleures Techniques Disponibles (MTD)	79
6.1. RÉUTILISER L'EAU DE TRAITEMENT	79
6.2. MÉLANGER L'EAU DE TRAITEMENT AVEC D'AUTRES EFFLUENTS CONTENANT DES MÉTAUX DISSOUS	80
6.3. ÉLIMINER LES SOLIDES EN SUSPENSION ET LES MÉTAUX DISSOUS AVANT DE REJETER LES EFFLUENTS DANS LES COURS D'EAU RÉCEPTEURS (1) ET INSTALLER DES BASSINS DE DÉCANTATION AFIN DE CAPTURER LES FINES ÉRODÉES (2)	80
6.4. NEUTRALISER LES EFFLUENTS ALCALINS À L'AIDE D'ACIDE SULFURIQUE OU DE DIOXYDE DE CARBONE	82
6.5. ÉLIMINER L'ARSENIC DES EFFLUENTS MINÉRIERS PAR ADJONCTION DE SELS FERRIQUES	83

6.6. CONCLUSION SUR LA PRISE EN COMPTE DES MTD DANS LA DÉFINITION DES SCHÉMAS DE TRAITEMENT DES BOUES ROUGES ET DES EAUX EXCÉDENTAIRES.....	83
7. Etudes complémentaires proposées par le BRGM relatives à une solution combinée incluant une neutralisation à l'acide sulfurique	85
7.1. SCHÉMA DE TRAITEMENT DE LA SOLUTION COMBINÉE	86
7.1.1. Optimisation du débit d'effluent à traiter	86
7.1.2. Neutralisation à l'acide sulfurique suivie d'un traitement physico-chimique	87
7.1.3. Prise en compte de la sensibilité du milieu marin récepteur sur la définition du schéma de traitement, et notamment sur le traitement de finition.....	87
7.1.4. Prise en compte des investissements déjà réalisés par Alteo	88
7.2. ÉLÉMENTS RELATIFS A LA QUALITÉ DES PRÉCIPITÉS DE NEUTRALISATION FORMÉS	93
7.3. ÉVALUATION SOMMAIRE DES COÛTS D'INVESTISSEMENT ET DE FONCTIONNEMENT	95
7.4. ÉVALUATION SOMMAIRE DU DÉLAI DE MISE EN ŒUVRE DE LA SOLUTION COMBINÉE.....	98
7.5. CONCLUSION	103
8. Conclusion.....	105
9. Bibliographie	107

Liste des Figures

Figure 1 : Positionnement des solutions de traitement des eaux excédentaires dans le schéma simplifié de fonctionnement de l'usine de Gardanne telles que proposées par Alteo.....	13
Figure 2 : Schéma des flux d'eau (hors circuit Bayer) de l'usine de Gardanne dans la configuration actuellement réalisée 36 % du temps et correspondant à un rejet en mer constitué que d'effluents liquides (MES : Matières en Suspension)	18
Figure 3 : Courbes de décantation sur un effluent neutralisé à pH 8.....	26
Figure 4 : Positionnement des pré-traitements avant rejet en mer, tel que décrit dans le 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisses des solutions'	33
Figure 5 : Positionnement des pré-traitements avant rejet en mer, tel que décrit dans le rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives	33
Figure 6 : Intégration de la solution combinée proposée par le BRGM dans le schéma des flux d'eau (hors procédé Bayer) de l'usine de Gardanne, dans laquelle les filtres-presses présents sur le site de Mange-Garri sont utilisés pour le traitement des boues de neutralisation – Variante 1 (MS : Matière Sèche)	90

Figure 7 : Schéma de traitement de la solution combinée proposée par le BRGM, dans lequel les filtres-presse présents sur le site de Mange-Garri sont utilisés pour le traitement des boues de neutralisation – Variante 1	91
Figure 8 : Intégration de la solution combinée proposée par le BRGM dans le schéma des flux d'eau (hors procédé Bayer) de l'usine de Gardanne, dans laquelle les filtres-presse présents sur le site de Mange-Garri ne sont pas utilisés pour le traitement des boues de neutralisation - Variante 2 (MS : Matière Sèche)	92
Figure 9 : Schéma de traitement de la solution combinée proposée par le BRGM, dans lequel les filtres-presse présents sur le site de Mange-Garri ne sont pas utilisés pour le traitement des boues de neutralisation - Variante 2	93
Figure 10 : Gantt prévisionnel pour la mise en œuvre de la solution combinée	100

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques de l'effluent actuel et de l'effluent futur, selon les estimations d'Alteo	20
Tableau 2 : CAPEX et OPEX d'un traitement de finition par osmose inverse et par adsorption sur charbon actif ¹	31
Tableau 3 : Caractéristiques avant rejet en mer et après précipitation des hydrotalcites de l'effluent actuel et de l'effluent futur après filtration sous pression (concentrations journalières maximales - extrait du 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Description')	40
Tableau 4 : Flux maximum annuels rejetés en mer – Comparaison entre la situation actuelle et la situation future avant et après précipitation des hydrotalcites	40
Tableau 5 : Teneur en Na ₂ O des flux d'eau (hors circuit Bayer) de l'usine de Gardanne	42
Tableau 6 : Taux de redevance 2016 à l'Agence de l'Eau.....	47
Tableau 7 : Comparaison des flux maximum annuels rejetés entre la situation actuelle et la situation future (i.e. après filtration sous pression)	54
Tableau 8 : Notes attribuées aux critères et sous-critères pour les alternatives, liste des erreurs de saisie	69
Tableau 9 : Suggestions formulées pour la notation des critères et des sous-critères pour les six alternatives étudiées	70
Tableau 10 : Notes attribuées aux critères et sous-critères pour les sous-alternatives, liste des erreurs de saisie.....	73
Tableau 11 : Suggestions formulées pour la notation des critères et des sous-critères pour les cinq sous-alternatives étudiées.....	74
Tableau 12 : Description des méthodes de réduction du débit de l'effluent à traiter	86
Tableau 13 : Concentrations maximales de l'effluent considéré pour le traitement (extrapolées à partir des données contenues dans le 'Tome 2 – Partie 1 – 2. Description' sur le flux de 270 m ³ /h actuel).....	87

Tableau 14 : Évaluation simplifiée des coûts d'investissement de la variante 1 et de la variante 2 de la solution combinée (extrapolation à partir de l'évaluation économique réalisée dans l'Annexe 12 du 'Tome 1')	96
Tableau 15 : Evaluation simplifiée des coûts de fonctionnement de la variante 1 et de la variante 2 de la solution combinée (basée sur l'évaluation économique réalisée dans l'Annexe 12 du 'Tome 1')	97
Tableau 16 : Durée prévisionnelle des différentes étapes nécessaires à la mise en œuvre de la sous-alternative n° 1 et de la solution combinée que le BRGM propose d'approfondir	99
Tableau 17 : Calendrier prévisionnel établi par le pétitionnaire pour la mise en œuvre de la solution combinée que le BRGM propose d'approfondir (1/2)	101
Tableau 18 : Calendrier prévisionnel établi par le pétitionnaire pour la mise en œuvre de la solution combinée que le BRGM propose d'approfondir (2/2)	102

Liste des annexes

Annexe 1 Courrier de la DREAL du 29 septembre 2014 et Courrier de Mme La Ministre en charge de l'Environnement du 10 octobre 2014 précisant les attentes de la tierce expertise du BRGM.....	109
Annexe 2 Compte rendu de la réunion de présentation du dossier et de la visite du site de Gardanne du 9 octobre 2014	113
Annexe 3 Compte rendu de la réunion à mi-parcours du 4 novembre 2014	117
Annexe 4 Tableaux de synthèse des remarques du tiers expert et des réponses du pétitionnaire, des recommandations du tiers expert, et des erreurs de recopie relevées par le tiers expert et des réponses du pétitionnaire	121
Annexe 5 Compte rendu de 2 sollicitations extérieures relatives à la gestion des boues rouges ou des effluents liquides issus du procédé Bayer.....	167

1. Contexte de l'expertise

1.1. INTRODUCTION

Dans le cadre du respect de la convention de Barcelone pour la protection de la mer Méditerranée, la société Aluminium Pechiney (alors exploitant du site de Gardanne) a pris l'engagement en 1996 de diminuer progressivement les quantités de rejets solides (aussi appelés « boues rouges ») en mer Méditerranée pour y mettre un terme le 31 décembre 2015. Cet engagement a été retranscrit dans un arrêté préfectoral en date du 1er juillet 1996. Afin de respecter cet engagement et de tenir compte des nouveaux enjeux représentés par la mise en place de la partie maritime du cœur du parc national des Calanques créé par décret en 2012, la société Alteo Gardanne, actuel exploitant de l'usine de production d'alumines, a engagé la modification de ses installations de traitement des rejets solides et des effluents associés, ce qui a fait l'objet d'un dossier de demande d'autorisation d'exploiter (DDAE) au titre de la réglementation ICPE visant notamment à supprimer les rejets de boues rouges tout en maintenant un rejet d'effluent liquide.

En application de l'article R.512-7 du code de l'environnement, il a été demandé à la société Alteo Gardanne de faire procéder à une tierce expertise de ce dossier, laquelle a été confiée au BRGM.

La tierce expertise consiste en une analyse critique des documents émis par le pétitionnaire pendant l'élaboration du projet, depuis les études préliminaires jusqu'au dossier de demande d'autorisation d'exploiter. Cette étude critique porte sur les domaines qui relèvent des compétences propres au BRGM : génie des procédés et analyse multicritère. L'examen de l'existence d'éventuelles solutions alternatives non mentionnées ou encore de solutions intermédiaires ou combinées fait également partie du travail d'analyse demandé. Il est important de rappeler qu'il n'est pas demandé au BRGM de se prononcer sur l'impact des rejets en mer.

1.2. PRINCIPES DE L'EXPERTISE

L'expertise des différents documents par le BRGM consiste en une analyse critique des éléments justifiant des vérifications particulières. Elle consiste à examiner si la solution proposée par Alteo correspond à l'état de l'art et à une MTDECNE (Meilleure Technique Disponible Engendrant des Coûts Non Excessifs), sur la base des documents fournis par Alteo et d'un complément de parangonnage réalisé par le BRGM. Cette expertise recommande également la réalisation de compléments d'étude.

Eu égard à la réglementation en vigueur et aux règles de l'art, le BRGM a mené une analyse critique des documents soumis à l'expertise, en regardant si la technologie proposée par Alteo est une MTD (Meilleure Technique Disponible), s'il n'y a pas d'incertitudes ou d'imprécisions dans le dossier nécessitant des compléments.

Le champ de la tierce expertise porte sur les éléments suivants du DDAE :

- Étude et comparaison (via une analyse multicritère) des six solutions alternatives, dont la solution de rejet en mer ;
- Étude et comparaison (via une analyse multicritère) des cinq solutions de traitement complémentaire, appelées « sous-alternatives », en cas de rejet en mer.

La Figure 1 positionne les solutions de traitement de l'effluent liquide résiduel (aussi appelé « eaux excédentaires ») proposées par Alteo dans le schéma de fonctionnement de l'usine de Gardanne.

Cet examen critique est basé sur l'analyse des documents de préféabilité technico-économique et a notamment concerné les aspects suivants :

- Prise en compte des meilleures techniques disponibles et parangonnage international sur le traitement des boues rouges et des effluents résiduels (incluant la question des valeurs limite de rejets) ;
- Faisabilité de la mise en œuvre des technologies et vérification du caractère éprouvé de ces dernières ;
- Capacité à obtenir un rejet conforme à la réglementation applicable ;
- Capacité physique du ou des sites à accueillir des installations de traitement ;
- Consommation énergétique et émission de gaz à effet de serre ;
- Consommation de matières dangereuses ;
- Trafic routier de camions occasionné par le transport des substances ;
- Production et gestion des déchets (quantités, nature, capacités de stockage, possibilités de valorisation, existence d'exutoires, etc.) ;
- Délai de mise en œuvre industrielle ;
- Coûts d'investissements et d'exploitation associés à chaque solution envisagée ;
- Proposition d'éventuelles solutions alternatives non mentionnées ou encore de solutions intermédiaires ou combinées.

L'impact des rejets en mer n'entrent pas dans le périmètre de l'expertise.

Apparaissent dans ce rapport de tierce expertise :

- Des commentaires, qui portent sur des éléments de précision, formulation, qui auraient permis d'améliorer la clarté (et la compréhension) des documents, ou de renforcer les arguments avancés par le pétitionnaire. Ces commentaires, s'ils mettent en exergue des points sur lesquels le contenu des documents expertisés aurait pu être amélioré, n'affectent pas l'avis final du tiers expert dans le cadre du périmètre de la tierce expertise et ne requièrent donc pas des compléments d'informations de la part du pétitionnaire ;
- Des remarques, qui font référence à des aspects sur lesquels des éléments de clarification, de précision, de démonstration ont été fournis en cours d'expertise au BRGM qui ont contribué à la formulation d'un avis ;
- Des recommandations, qui concernent des points d'amélioration ou de vigilance dans la perspective de permettre à Alteo d'apporter des compléments à son dossier. Il peut s'agir de points d'attention qui concernent la conception et la mise en œuvre des solutions techniques retenues, ou la constitution des dossiers associés. Les recommandations énoncées par le tiers expert ne nécessitent pas de compléments d'informations de la part du pétitionnaire.

L'ensemble des remarques posées par le tiers expert, les réponses apportées par le pétitionnaire et l'avis du BRGM suite aux réponses apportées sont inclus dans l'Annexe 4. Seules les remarques qui apportent une information significative pour l'expertise du dossier sont reprises dans le corps du présent rapport.

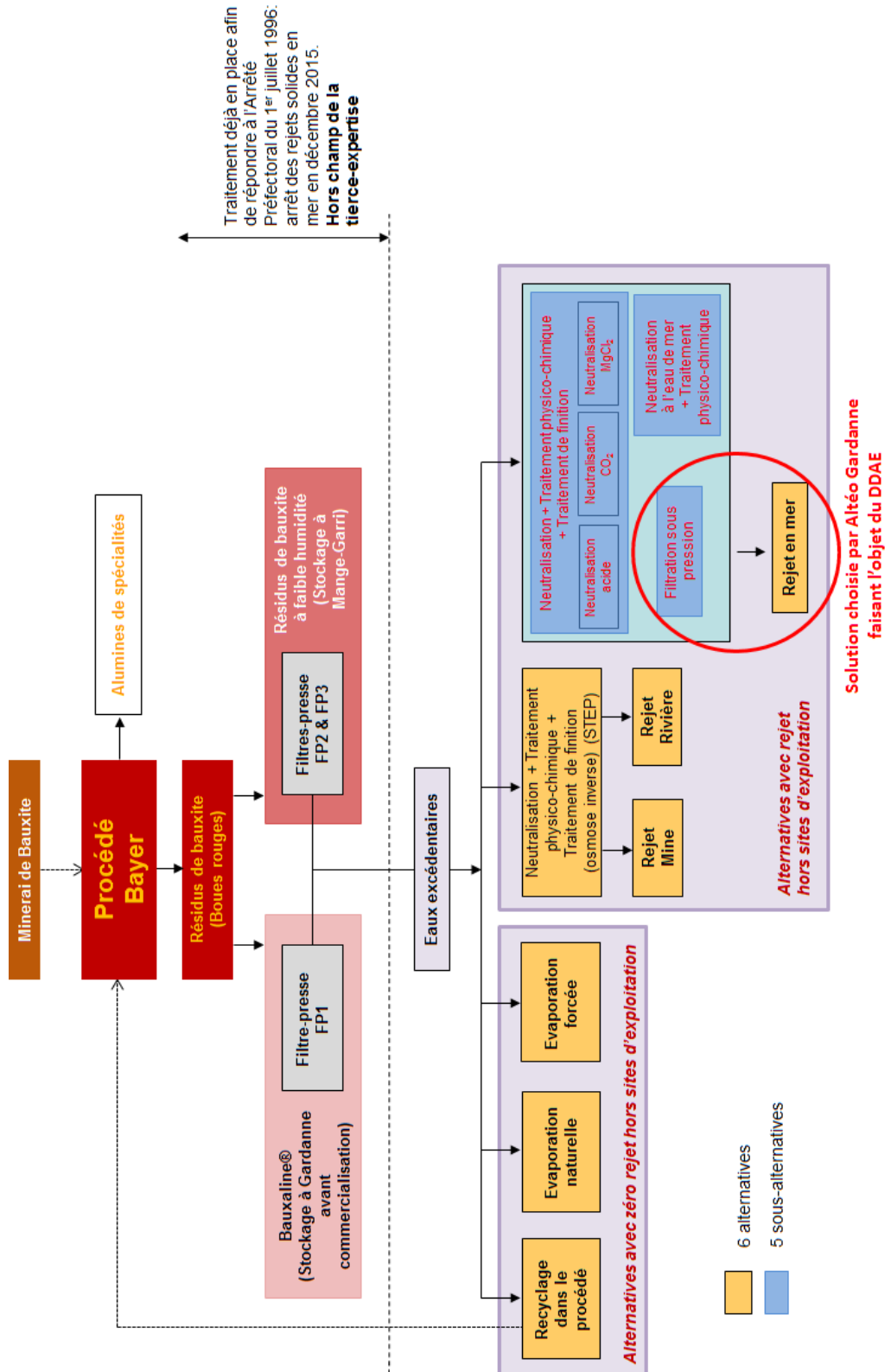


Figure 1 : Positionnement des solutions de traitement des eaux excédentaires dans le schéma simplifié de fonctionnement de l'usine de Gardanne telles que proposées par Alteo

1.3. PIÈCES DU DOSSIER D'EXPERTISE

L'expertise a porté sur les pièces du DDAE et leurs annexes, et plus particulièrement sur les parties de ces documents qui ont trait au champ de la tierce expertise. Les documents concernés par la tierce expertise sont les suivants :

- Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions ;
- Tome 2 – Partie 1 – 2. Description ;
- Tome 2 – Partie 2 – 9. Gaz à effet de serre ;
- Tome 2 – Partie 2 – 10. Volet IED MTD ;
- Tome 2 – Partie 2 – 15. Analyse des méthodes et difficultés.

L'expertise a également porté sur les deux documents ci-dessous, fournis par Alteo :

- Rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives ;
- Rapport relatif au calendrier de mise en œuvre des scénarii étudiés.

N.B. : Le document 'Tome 0 – Résumé non technique de l'étude d'impact' a été consulté même si les études relatives à l'impact des rejets en mer sont hors champ de la tierce expertise. En effet, ce document contient des informations sur la sensibilité du milieu marin qui sont reprises notamment dans le document 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions' afin de définir le schéma de traitement de certaines solutions.

1.4. RÉUNIONS

Une réunion de lancement de la tierce expertise a eu lieu le 25 septembre 2014. Cette réunion, organisée sous le format d'une conférence téléphonique, a réuni des représentants d'Alteo et du BRGM en présence de DREAL. Par la suite, le contenu de cette tierce expertise a été précisé par une lettre du préfet des Bouches-du-Rhône en date du 29 septembre 2014 et de Mme La Ministre en charge de l'Environnement en date du 10 octobre 2014 (Annexe 1).

Une réunion de présentation du dossier s'est tenue le 9 octobre 2014 dans les locaux de l'usine Alteo à Gardanne, en présence des représentants d'Alteo et du BRGM. Cette réunion a été l'occasion de visiter le site afin de faciliter la compréhension du dossier. Cette réunion, dont le compte-rendu figure en Annexe 2, a notamment permis de définir précisément les points du dossier sur lesquels devait porter la tierce expertise (voir § 1.2).

Une réunion à mi-parcours s'est tenue le 4 novembre dans les locaux de l'usine Alteo à Gardanne, en présence des représentants d'Alteo et du BRGM et à laquelle la DREAL et la DDTM 13 ont assisté en tant qu'observateurs. L'objectif de cette réunion était de faire le point sur les premières remarques et avis du tiers expert. Le compte-rendu de cette réunion à mi-parcours est donné à l'Annexe 3.

La réunion de travail final s'est tenue le 24 novembre dans les locaux de la DREAL à Marseille, en présence des représentants d'Alteo et du BRGM et à laquelle la DREAL, la DDTM 13 et le Parc national des Calanques ont assisté en tant qu'observateurs. Les objectifs de cette réunion étaient de présenter les grandes lignes de l'analyse critique présentées dans un pré-rapport et de prendre note des éventuelles précisions apportées par Alteo afin de permettre ainsi au BRGM de rédiger son rapport final.

2. Parangonnage international sur le traitement des boues rouges et des effluents résiduels

Le parangonnage international sur le traitement des boues rouges et des effluents résiduels est décrit dans plusieurs documents du DDAE, et notamment dans le 'Tome 2 – Partie 2 – 10. Volet IED-MTD' et dans le 'Tome 2 – Annexe 2. Rejet ZERO - Résumé non technique'. Ces éléments de parangonnage ont été confrontés aux connaissances des experts du BRGM et à divers documents de la littérature, et notamment des documents publiés par l'IAI (International Aluminium Institute), l'association internationale regroupant les professionnels du secteur.

L'analyse de ces documents met en évidence une bonne connaissance des techniques de traitement des boues rouges et des effluents résiduels mises en œuvre dans les usines d'alumine à l'échelle mondiale. Ce parangonnage ne précise pas les valeurs limites imposées à chaque usine pour le rejet d'effluent dans le milieu naturel. Ce type d'information est en effet très difficile à obtenir car il s'agit souvent de valeurs limites spécifiques à chaque usine.

Ce parangonnage montre que seule l'utilisation du lagunage permet de ne rejeter aucun effluent à l'extérieur des sites d'exploitation. Le lagunage consiste à laisser s'évaporer la partie liquide des effluents dans de grands bassins appelés « lagunes », conçus pour être étanches. Cette technique n'est possible qu'en cas de bilan évaporatoire positif, c'est-à-dire que la quantité d'eau évaporée naturellement doit être supérieure aux effluents de procédés et aux eaux pluviales. Le lagunage nécessite donc de grandes surfaces pour sa mise en œuvre en raison des débits à traiter. De plus, elle impose de prendre en compte les enjeux suivants :

- Risques sanitaires et environnementaux importants en cas de rupture de digues ;
- Risque d'infiltration des eaux contenues dans les lagunes dans le sol ;
- Destruction potentielle d'espaces naturels pour la construction de ces lagunes ;
- Coûts élevés pour le suivi et la remise en état du site.

Dans le cas de l'usine de Gardanne, la surface foncière nécessaire à la création de ces lagunes n'est pas disponible.

Les 2 autres solutions alternatives étudiées dans ce dossier afin d'éviter tout rejet dans le milieu naturel (évaporation forcée et recyclage dans le procédé), ne sont a priori pas suffisantes pour gérer la totalité du flux d'eaux excédentaires dans les contraintes des sites et sont donc combinées à la pratique du lagunage et/ou le rejet dans le milieu naturel.

L'utilisation de la filtration pour traiter les boues rouges est la technique permettant de réduire au maximum la quantité d'eau résiduelle stockée avec les résidus de bauxite. Les résidus sont ainsi « empilables » de manière très aisée sur plusieurs mètres, ce qui permet de limiter les surfaces nécessaires pour leur stockage. Alteo indique que ce mode de gestion se répand progressivement dans la profession, et est notamment pratiqué dans les usines d'Alunorte au Brésil, d'Aluminium de Grèce et dans de très nombreuses usines en Chine.

Les techniques mises en œuvre pour gérer les effluents résiduels sont conditionnées par plusieurs paramètres, et notamment :

- Le mode de gestion choisi pour les résidus. Ainsi, un stockage des résidus en lagune ne nécessite pas forcément de traitement des effluents résiduels en cas de bilan évaporatoire positif.

- La gestion des impuretés dans l'usine. Les éléments appelés « impuretés » peuvent provenir soit du minerai de bauxite utilisé (comme par exemple la matière organique, le fer et le titane) soit de la formation de composés au sein du procédé Bayer (comme par exemple les carbonates Na_2CO_3 et les oxalates $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$). L'accumulation des impuretés dans le circuit Bayer a des conséquences très fortes sur le procédé puisqu'elle conduit à une détérioration de la qualité de l'alumine produite et peut également conduire à une dégradation des performances de fonctionnement des équipements voire à des problèmes d'opérabilité de ces équipements. Une purge de ces impuretés doit donc être effectuée pour limiter leur concentration dans le procédé. Ces impuretés sont concentrées principalement dans les eaux résiduelles, qui est un flux sortant du procédé.

Le parangonnage met en exergue le fait que le recyclage des effluents résiduels traités dans l'usine est très peu pratiqué de par le monde. Ceci est très certainement lié aux contraintes fortes du procédé Bayer en termes de gestion des impuretés notamment, qu'il s'agisse de la production d'alumines métallurgiques nécessitant une teneur en Al_2O_3 de 99,3% environ ou de la production d'alumines de spécialités exigeant une teneur en Al_2O_3 supérieure à 99,5%.

En cas de rejet dans l'environnement, les effluents résiduels subissent la plupart du temps un traitement qui consiste le plus souvent en une neutralisation à l'eau de mer ou à l'acide sulfurique suivie parfois par une étape de traitement physico-chimique afin d'éliminer les métaux dissous et d'accélérer la clarification/décantation des précipités formés. Cependant, une usine située en Europe a été identifiée comme ne pratiquant aucun traitement chimique de ses effluents avant leur rejet en mer. Il s'agit de l'usine appelée « Europe-E » dans le 'Tome 2 – Partie 2 – 10. Volet IED MTD' ; ses contraintes réglementaires sur la qualité de l'effluent rejeté ne sont toutefois pas connues.

En raison de la situation géographique de l'usine de Gardanne, il a été montré qu'une neutralisation à l'eau de mer n'est technico-économiquement pas possible. La neutralisation à l'acide sulfurique est peut-être envisageable, à condition de surmonter notamment les difficultés associées à la décantation des précipités formés, indiquées dans l'annexe 12 du 'Tome 1'. Lors de la réalisation de son parangonnage, le tiers expert a noté que la neutralisation à l'acide des eaux excédentaires est pratiquée dans plusieurs usines de par le monde, et en particulier dans les usines suivantes :

- Aughinish en Irlande, exploitée par Rusal ;
- Alunorte au Brésil, exploitée par CVRD/Norsk Hydro ;
- San Ciprian en Espagne, exploitée par Alcoa.

Les usines mettant en œuvre une neutralisation des effluents résiduels par l'ajout d'acide sulfurique disposent de grandes surfaces permettant de réaliser la séparation et le stockage des précipités dans des lagunes, ce qui n'est pas applicable à l'usine de Gardanne en raison d'une disponibilité foncière limitée. En effet, chaque usine a ses propres spécificités et contraintes et celles-ci doivent être prises en compte lors de la définition d'un schéma de traitement. Pour une application à l'usine de Gardanne, cela imposerait donc d'étudier d'autres techniques de décantation et d'autres filières de gestion des boues de précipités formées.

N.B. : Au cours de cette tierce expertise, le BRGM a échangé avec 2 interlocuteurs porteurs de solutions innovantes. Ces solutions sont encore en phase R&D et ne présentent donc pas la maturité suffisante pour un déploiement à l'échelle industrielle. Les comptes rendus de ces échanges téléphoniques sont inclus dans l'Annexe 5.

3. Description des eaux excédentaires

Ce chapitre présente une reformulation de la description des eaux excédentaires par le BRGM et c'est cette représentation qui a été utilisée dans la suite du rapport.

L'usine de Gardanne met en œuvre le procédé Bayer pour la fabrication d'alumine de spécialités à partir du minerai de bauxite. Ce procédé consiste à dissoudre dans une liqueur de soude et à haute température l'alumine contenue dans le minerai de bauxite, puis à la précipiter sous forme hydratée. Ce procédé génère des résidus minéraux spécifiques issus de la phase de dissolution. Ces résidus de bauxite subissent plusieurs étapes de lavage qui ont pour objectif de i) récupérer l'aluminate de soude afin de la réutiliser dans le cycle Bayer, et ii) de débarrasser les résidus de bauxite de plus de 97.5% de la quantité soude dont ils sont imprégnés avant lavage.

À l'issue du lavage des résidus de bauxite, deux flux doivent être traités :

- Les résidus solides de bauxite (aussi appelés « boues rouges ») qui sont en 2014 :
 - soit mélangés à des eaux excédentaires de l'usine et envoyés vers la mer Méditerranée via une canalisation de transfert de 55 km de long ;
 - soit déshydratés par filtration (filtre presse FP1) au sein de l'usine de Gardanne puis valorisés sous forme de Bauxaline® ;
 - soit déshydratés par filtration (filtre presse FP2) sur le centre de stockage de Mange-Garri puis stockés à Mange-Garri.
- Les eaux excédentaires de l'usine qui doivent être évacuées. En 2014, elles sont intégralement pompées et déversées en mer en accompagnement des résidus solides de bauxite.

Afin de respecter l'engagement prévu dans l'arrêté du 1^{er} juillet 1996, visant l'arrêt du rejet en mer Méditerranée des résidus de bauxite à fin 2015, Alteo a fait l'acquisition d'un filtre-presse supplémentaire (FP3). Ce filtre-presse, positionné sur le centre de stockage de Mange Garri, devrait permettre de garantir la séparation et la déshydratation de la totalité des résidus solides contenus dans le flux de boues rouges dès 2015. En effet, le filtre-presse FP3 est en cours d'installation à la date de l'expertise. Dans la configuration future, le filtre presse (FP1) situé sur le site de l'usine de Gardanne sera préférentiellement utilisé pour la production de la Bauxaline®, tandis que les filtres-presse installés à Mange-Garri (FP2 et FP3) seront utilisés lorsque les résidus de bauxite déshydratés ne seront pas valorisés et devront donc être stockés dans des alvéoles du site de stockage de Mange-Garri.

À noter que la production annuelle de résidus secs est évaluée à 300 kt environ, a minima jusqu'en 2016, correspondant à une production annuelle d'alumine de 480 kt. La capacité maximale de production de l'usine est toutefois de 630 kt/an, ce qui correspond à 400 kt/an environ de résidus déshydratés.

3.1. BILAN EAU (HORS CYCLE BAYER) DE L'USINE

Actuellement, les résidus solides sont en partie gérés à terre (valorisation sous forme de Bauxaline® et stockage sur le site de Mange-Garri après filtration par filtre-pressé) et en partie rejetés en mer. Il est ainsi indiqué dans le DDAE que le rejet en mer des résidus solides n'est réalisé qu'environ 64 % du temps et à une concentration de 120 000 mg/L ; le reste du temps, le rejet n'est constitué que d'effluents liquides.

Comme indiqué précédemment, la technologie choisie par Alteo pour le traitement de la totalité du flux de boues rouges fin 2015 est la filtration par filtre-pressé. À partir du flux de boues rouges, cette filtration permettra de produire un effluent liquide contenant une faible teneur en Matière En Suspension (MES - inférieure à 250 mg/L). Mélangé aux autres effluents liquides de l'usine, ils constitueront les eaux excédentaires (avec une MES < 1 000 mg/L) dont les solutions de gestion sont étudiées dans le DDAE. Cette situation future est donc très semblable à la situation actuelle où le rejet en mer n'est constitué que d'effluents liquides (36% du temps). Le positionnement des flux d'eau (hors circuit Bayer) de l'usine de Gardanne dans cette configuration permet donc de faciliter la compréhension du dossier par le tiers expert. La Figure 2 présente ces flux d'eau.

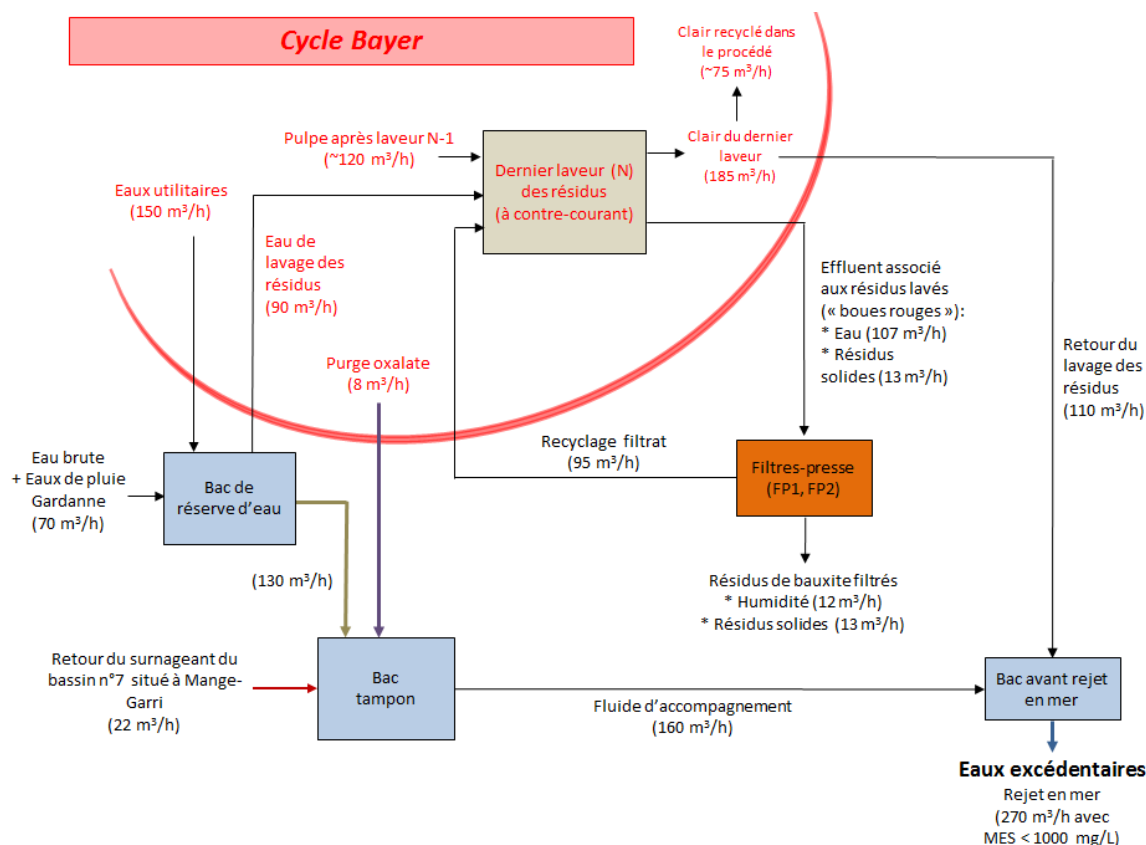


Figure 2 : Schéma des flux d'eau (hors circuit Bayer) de l'usine de Gardanne dans la configuration actuellement réalisée 36 % du temps et correspondant à un rejet en mer constitué que d'effluents liquides (MES : Matières en Suspension)

Remarque n° 1 :

La Figure 2 a été établie par le BRGM en concertation avec le pétitionnaire auquel il a notamment été fait part de la difficulté à boucler ce bilan eau sur la base des différents documents du DDAE.

Réponse du pétitionnaire :

Les débits renseignés sont des valeurs moyennes ayant servi lors de la dernière phase de la préparation du DDAE, et à ce titre, elles peuvent être légèrement différentes de celles que l'on trouve dans les annexes du 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions' (retour bassin 7, respectivement 22 et 25 m³/h ou purge oxalate, respectivement 8 et 10 m³/h) qui étaient alors des valeurs arrondies.

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante.

La Figure 2 montre que l'effluent appelé « eaux excédentaires » actuellement rejeté en mer correspond au mélange des flux suivants :

- Retour du lavage des résidus ~ 110 m³/h,
- Retour du surnageant du bassin n°7 situé à Mange-Garri ~ 22 m³/h,
- Purge de l'impureté oxalate (provenant de l'oxydation de certaines matières organiques présentes dans la bauxite lors du procédé Bayer) ~ 8 m³/h,
- Eaux utilitaires¹ mélangées aux eaux pluviales récupérées sur le site de Gardanne et à de l'eau brute pompée dans le canal de Provence ~ 130 m³/h.

Le débit des eaux excédentaires est donc actuellement de 270 m³/h. Ce débit correspond au débit optimal pour la capacité hydraulique de la canalisation. En effet, la canalisation a été dimensionnée dans les années 60 pour des débits de solides et de liquides supérieurs aux débits actuels, du fait de la réduction des volumes de résidus rejetés depuis plusieurs années. Alteo indique qu'en deçà d'un débit de 270 m³/h, il y aurait un risque d'usure accélérée de la canalisation ; le pompage d'eau brute dans le canal de Provence permet de maintenir ce débit minimal nécessaire à la préservation de la canalisation.

La composition de ces eaux excédentaires est donnée dans le Tableau 1. A titre d'information, la composition de l'effluent actuellement rejeté en mer ainsi que les valeurs limites pour le rejet d'un effluent fixées dans l'arrêté du 2 février 1998 relatif aux émissions des ICPE sont incluses dans ce tableau. Le Tableau 1 montre que 7 paramètres de l'effluent futur, selon les estimations d'Alteo, dépassent les valeurs limites de l'arrêté du 2 février 1998 : il s'agit du pH, des teneurs en matières en suspension (MES), en aluminium, en fer, en arsenic, de la DCO et de la DBO5. Plusieurs solutions de traitement de cet effluent ont ainsi été étudiées et font l'objet de cette tierce expertise.

¹ Les eaux utilitaires sont les eaux de fonctionnement opérationnel nécessaires au bon fonctionnement de l'usine, par exemple les eaux de refroidissement des compresseurs, les purges de déconcentration des chaudières, etc.

Tableau 1 : Caractéristiques de l'effluent actuel et de l'effluent futur, selon les estimations d'Alteo

		Effluent actuel ¹	Effluent futur avant rejet en mer ²	Limites de l'Arrêté du 2 février 1998
Débit	m ³ /h	270	270	
pH		12.4	12.4	6-9
MES	mg/L	120 000	< 1000	35
Aluminium	mg/L	10 211	1 226	5
Fer total	mg/L	43 285	13	5
Arsenic	mg/L	6.6	1.7	0.05
DCO	mg/L	1 200	800	125
DBO5	mg/L	100	80	30

¹ Données du 'Tome 2 – Partie 1 – 2. Description' (page 101)² Données du 'Tome 2 – Partie 1 – 2. Description' (page 130)

3.2. CONTRAINTES POUR LA GESTION DES EAU EXCÉDENTAIRES

La mise en place d'une solution de gestion des eaux excédentaires à l'usine d'alumine de Gardanne est confrontée à diverses contraintes :

- L'usine met en œuvre le procédé Bayer pour la production d'alumine et ce procédé impose des contraintes fortes sur la gestion des impuretés ;
- L'usine est ancienne. L'usine de Gardanne a été construite en 1894 et c'est la première usine au monde à avoir utilisé le procédé Bayer. Malgré plusieurs modernisations de l'outil de production, des contraintes associées à l'ancienneté de l'usine subsistent encore comme, par exemple, l'absence de canalisations spécifiques aux différentes sorties d'eau de l'usine ou encore la nécessité de faire circuler un débit de 270 m³/h dans la canalisation existante pour un rejet en mer afin d'éviter sa détérioration ;
- L'usine est située au cœur de la ville de Gardanne. Ce positionnement induit des contraintes fortes en termes notamment d'acquisition supplémentaire de foncier et de gestion des risques.

4. Étude critique des solutions alternatives pour le traitement des eaux excédentaires incluant les solutions de traitement complémentaire en cas de rejet en mer

Cette partie vise à réaliser un examen critique des études effectuées sur les six solutions alternatives pour le traitement des eaux excédentaires et sur les cinq solutions de traitement complémentaire en cas de rejet en mer, ces dernières étant appelées « sous-alternatives ».

L'analyse réalisée ici prend en compte les études techniques menées sur chacune des solutions par Alteo ainsi que les Analyses Multicritères (AMC) associées. Cette partie ne traite pas des aspects méthodologiques liés aux différentes AMC réalisées, aspects qui sont analysés en détail dans la partie 5. Cependant, afin de faciliter la lecture des commentaires relatifs à l'AMC indiqués ici, il est rappelé les éléments suivants :

1. La faisabilité du projet, aussi appelée risque technique, inclut les critères faisabilité technique, enjeux économiques, enjeux fonciers et enjeux réglementaires.

L'enjeu, ou impact, environnemental inclut un grand nombre de critères tels que les fonctionnalités du milieu, les aspects liés à l'eau, les émissions, les habitats/faune/flore, etc.

2. Les critères relatifs à la faisabilité du projet sont notés en fonction du réalisme de la solution proposée (0, -1, -3, -9), avec les notes -3 et -9 représentant respectivement un risque fort et très fort.

Les critères relatifs aux enjeux environnementaux sont notés en fonction de l'impact environnemental de la solution proposée (9, 3, 1, 0, -1, -3, -9), avec les notes -3 et -9 représentant respectivement un impact négatif fort et très fort.

3. Pour chaque solution, la somme des -3 et -9 attribués aux différents critères est calculée et le résultat obtenu est appelé « cotation ». Les solutions qui obtiennent une cotation « Fort » (-7 à -17) ou « Très fort » (< -17) en faisabilité sont considérées comme impossibles techniquement. De même, les solutions qui obtiennent une cotation « Fort » (-7 à -17) ou « Très fort » (< -17) en impact environnemental sont considérées comme présentant des risques environnementaux majeurs. Toutes ces solutions sont écartées pour ne garder que les solutions techniquement réalistes et ne nécessitant que des mesures de gestion de risques et d'impacts raisonnables.

4.1. ANALYSE CRITIQUE DES SOLUTIONS ALTERNATIVES

Cette partie concerne l'analyse critique et la comparaison des six solutions alternatives pour le traitement des eaux excédentaires. Les solutions étudiées par Alteo sont les suivantes :

- évaporation naturelle,
- évaporation forcée,
- recyclage dans le procédé,
- rejet dans les mines après traitement,

- rejet dans un cours d'eau (la Luynes ou l'Arc) après traitement,
- rejet dans la mer après traitement.

Les trois premières alternatives se traduisent par une absence de rejet à l'extérieur des sites d'exploitation. Pour les trois dernières alternatives, l'effluent est rejeté, après traitement, dans le milieu naturel.

4.1.1. Alternative 1 – Évaporation naturelle

L'évaporation naturelle consiste à rejeter les effluents liquides dans des lagunes suffisamment grandes pour permettre l'évaporation de la fraction eau.

Cette alternative a été étudiée par Alteo. Deux débits horaires extrêmes ont été considérés dans cette étude, avec prise en compte de l'impact sur la composition de l'effluent :

- Un flux total de 250 m³/h d'effluent, composé d'environ 130 m³/h d'eaux de procédé et de 120 m³/h d'appoint d'eaux utilitaires, le tout résultant en une concentration maximale de 4 g/L d'oxyde de sodium (Na₂O) ;
- Un flux limité à 130 m³/h, uniquement constitué d'eau de procédé, avec comme conséquence de la réduction du volume total une concentration en Na₂O de 7.7 g/L. Il est en effet indiqué que moyennant certaines modifications et adaptations des installations existantes, il est possible de réduire le débit d'effluent à traiter à 130 m³/h.

Même en prenant en compte un débit à traiter réduit, cette alternative nécessite une emprise foncière très importante pour le lagunage (supérieure à 135 ha). De telles surfaces ne sont pas disponibles à proximité de l'usine qui est située au cœur de la ville de Gardanne.

De plus, cette solution présente un nombre important d'inconvénients qui ont bien été pris en compte dans le dossier. Il s'agit notamment i) d'un coût d'investissement très élevé (142 M€), ii) de la destruction potentielle d'espaces naturels pour la construction de ces lagunes (emprise au sol), iii) de la production de grande quantité de saumures (40 kt/an) qui sont considérés comme des déchets dangereux et dont la gestion est complexe et très coûteuse (stockage spécifique en mine de sel, cf. réponse du pétitionnaire à la Remarque n° 53) et iv) des risques associés à ces stockages importants en cas de situation accidentelle.

L'analyse multicritère de l'alternative « Évaporation naturelle », dont l'examen critique est détaillé au chapitre 0, conduit à un niveau de risque technique et à un impact environnemental très forts (cotations inférieures à -17), en raison de plusieurs critères notés -9. Cette alternative a donc été écartée par le pétitionnaire. Les raisons justifiant cette décision sont bien argumentées, et n'appellent pas de remarque de la part du tiers expert.

4.1.2. Alternative 2 – Évaporation forcée

L'évaporation forcée consiste à mettre en place un système permettant de chauffer le flux d'eaux excédentaires afin d'accélérer son évaporation.

Cette alternative a été étudiée par Rio Tinto Alcan. Deux types de technologies ont été étudiés pour réaliser l'évaporation forcée de l'effluent à traiter :

- Évaporation forcée sans récupération de la vapeur d'eau, cette dernière étant rejetée dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau ;
- Évaporation forcée avec récupération de l'eau évaporée, pour récupérer à la fois l'eau propre par condensation, et l'énergie pour préchauffer le flux.

En raison du caractère énergivore de cette solution, le traitement d'un débit de 270 m³/h n'a pas été étudié ici. Seul le traitement d'un flux réduit à 130 m³/h, qui pourrait être obtenu après modification des installations existantes, a été considéré dans cette étude.

Contrairement à l'évaporation naturelle (alternative 1), l'évaporation forcée nécessite des installations plus compactes, et pourrait être implantée sur le site de l'usine de Gardanne sans acquisition supplémentaire de foncier. L'évaporation forcée avec récupération de l'eau évaporée présente également l'avantage de générer un appoint d'eau propre (environ 125 m³/h) et donc de réduire les consommations d'eau de l'usine.

Cependant, cette solution nécessite des coûts d'investissement très élevés qui sont estimés à 20 M€ ; ces coûts sont notamment liés à la nécessité de disposer de 2 évaporateurs afin de gérer les pannes et les périodes d'entretiens. De plus, cette solution est très énergivore, elle consomme 166 GWh/an (induisant une émission supplémentaire de gaz à effet de serre supérieure à 10 % de celles du site) et nécessite également (comme l'alternative 1) de gérer une grande quantité de saumures (40 kt/an) qui sont des déchets dangereux et dont la gestion est complexe et très coûteuse (stockage spécifique en mine de sel, cf. réponse du pétitionnaire à la Remarque n° 53).

L'analyse multicritère de l'alternative « Évaporation forcée », dont l'examen critique est détaillée au chapitre 0, conduit à un niveau de risque technique fort (cotation inférieure à -7) principalement lié à des enjeux économiques très forts (notés -9). En ce qui concerne le niveau d'impact environnemental, celui-ci a été évalué comme étant très fort (cotation inférieure à -17), avec en particulier une note -9 attribuée aux critères relatifs aux émissions de gaz à effet de serre et à l'énergie nécessaire. Cette alternative a donc été écartée par le pétitionnaire. Les raisons justifiant cette décision sont bien argumentées, et n'appellent pas de remarque de la part du tiers expert.

4.1.3. Alternative 3 – Recyclage dans le procédé

Cette alternative consiste à ramener à zéro le débit de sortie des eaux de procédé et des eaux utilitaires et ainsi de supprimer le rejet d'effluents liquides.

Des études détaillées ont été menées par Alteo Gardanne et Rio Tinto Alcan pour évaluer la faisabilité d'un recyclage au sein du procédé des différents flux d'eau sortants de l'usine. Sur la base des simulations effectuées, il est indiqué que le recyclage des eaux de procédé présente plusieurs risques :

- Problèmes dans l'opérabilité de certaines étapes unitaires du procédé Bayer. Par exemple, l'augmentation du carbone organique induite par la mise en place du recyclage augmente la viscosité des liqueurs, ce qui pose problème dans les étapes de filtration ;
- Augmentation des impuretés dans le produit final, et donc dégradation de la qualité attendue par les clients ;
- Augmentation de la teneur en soude dans les résidus de bauxite à un niveau incompatible avec son stockage sur le site de Mange-Garri.

N.B. : Une approche combinée, consistant à ne recycler qu'une partie des eaux de procédés, l'autre partie étant traitée via une autre technique, présente les mêmes risques d'opérabilité de l'usine et de dégradation de la qualité des produits sortants (alumines et résidus de bauxite) que dans le cas où la totalité du flux est recyclée. Ceci est lié à l'accumulation et à l'augmentation de la concentration au cours du temps des impuretés dans le procédé.

En ce qui concerne les eaux utilitaires, il a été montré que leur recyclage est possible, mais ne concerne qu'un flux très faible. Des voies de réduction de la consommation d'eaux utilitaires ont également été identifiées. Elles permettraient de réduire d'environ 120 m³/h leur consommation et donc le volume d'eaux excédentaires. Le flux résiduel des eaux utilitaires serait alors d'environ 30 m³/h. L'objectif de cette alternative qui consistait à supprimer la totalité des effluents liquides, ne peut donc pas être atteint.

Les inconvénients majeurs associés à la mise en œuvre d'un recyclage des eaux de procédé, tels que ceux mentionnés précédemment, conduisent à un niveau de risque technique et à un impact environnemental très forts (cotations inférieures à -17), en raison de plusieurs critères notés -9. L'examen détaillé de l'analyse multicritère de cette alternative est inclut dans le chapitre 0. Cette alternative a donc été écartée par l'exploitant. Les raisons justifiant cette décision sont bien argumentées, et n'appellent pas de remarque de la part du tiers expert.

L'analyse critique des alternatives 1, 2 et 3, correspondant aux solutions visant à ne rejeter aucun effluent à l'extérieur des sites d'exploitation, conforte le choix du pétitionnaire de ne pas retenir ces alternatives. Le tiers expert confirme ainsi que **le rejet d'un effluent dans le milieu naturel est inévitable dans le contexte contraint de l'usine de Gardanne.**

4.1.4. Alternative 4 – Rejet dans les mines de Gardanne

Cette alternative consiste à rejeter les eaux excédentaires dans les anciennes mines de Gardanne après un traitement par une station d'épuration (STEP) implantée sur le site de l'usine de Gardanne.

Avant de réaliser une étude détaillée de cette alternative, Alteo a interrogé la DREAL quant à son acceptabilité. La DREAL a répondu par courrier en date du 2 février 2012 que les mines de Gardanne ne sont pas en mesure de recevoir ces eaux. En effet, les cavités de l'ancienne mine de Gardanne se remplissent naturellement d'eau, ce qui oblige les services de l'état à pomper ce flux, soit environ 1 000 m³/h, afin d'éviter leur débordement, et de les renvoyer au-delà de la jetée du Port de Marseille à la Madrague. La DREAL précise que les installations ne sont pas dimensionnées pour un débit supplémentaire et que, dans ces conditions, il n'est pas envisageable que les anciennes mines de Gardanne reçoivent les effluents liquides de l'usine, lesquels seraient a minima de 130 m³/h.

Cette alternative a donc été écartée. Cette décision n'est pas remise en cause par cette tierce expertise.

4.1.5. Alternative 5 – Rejet dans un cours d'eau (la Luynes ou l'Arc)

Cette alternative consiste à rejeter les effluents liquides dans la Luynes ou l'Arc, après un traitement par une station d'épuration (STEP) implantée sur le site de l'usine de Gardanne.

Cette alternative a été étudiée par IRH Ingénieur Conseil.

Un rejet en eaux superficielles telles que la Luynes ou l'Arc implique de prendre en considération la sensibilité du milieu et les outils de gestion à l'échelle du bassin versant, en plus de la réglementation en vigueur. Pour que le rejet des effluents liquides soit envisageable dans un cours d'eau, il est donc nécessaire de mettre en place une succession d'étapes de traitements qui sont les suivantes :

- Une neutralisation permettant d'abaisser le pH et de faire ainsi précipiter les éléments métalliques dissous ;

- Un traitement physico-chimique pour accélérer la décantation et la séparation des boues de précipités formées ;
- Un traitement tertiaire de finition permettant de garantir une composition de l'effluent compatible avec le milieu récepteur.

L'étude réalisée pour évaluer la faisabilité technico-économique de cette alternative correspond à l'Annexe 12 du 'Tome 1'. Pour le tiers expert, il s'agit d'une étude d'évaluation préliminaire de la faisabilité de mise en œuvre de cette alternative. Cette étude a fait l'objet de plusieurs remarques et recommandations du tiers expert sur l'approche scientifique adoptée ainsi que sur la méthodologie utilisée pour aboutir au schéma de procédé de la station d'épuration. Celles-ci sont présentées ci-après.

Approche scientifique adoptée

Commentaire n° 1 :

Le nombre d'essais expérimentaux réalisés est faible au regard des objectifs de l'étude. De plus, la réalisation de répliquats aurait permis d'évaluer la répétabilité d'un essai et la variabilité des résultats associés, validant ainsi les niveaux de performances attendus. Le suivi « classique » de l'efficacité de traitement a consisté à suivre uniquement la DCO et les teneurs en aluminium et en fer alors qu'il aurait été intéressant de suivre également la teneur en arsenic et DBO5, ces paramètres faisant partie des paramètres dépassant la valeur limite de rejet fixée dans l'arrêté du 2 février 1998.

Une des difficultés techniques à lever pour la mise en œuvre d'une station d'épuration est liée à la difficulté de réalisation de l'étape de séparation solide/liquide, les boues formées ayant des vitesses de décantation faibles. Or, peu d'éléments sont donnés sur les vitesses de décantation mesurées lors des essais. En particulier, il est indiqué que l'ajout de chaux améliore les propriétés de décantation sans qu'aucune indication sur le gain associé sur les vitesses de décantation obtenues dans ces conditions ne soit donnée. Néanmoins, seules quelques conditions opératoires ont été testées avec l'ajout de chaux, de coagulant ou de floculant ce qui semble donc insuffisant pour l'identification de conditions optimales de traitement. En effet, en général la vitesse de décantation augmente avec un accroissement de la dose de coagulant/floculant mais cette influence n'est valable que jusqu'à la dose optimale. Au-delà de ce point, le phénomène est inversé. Un grand nombre d'essais est donc généralement nécessaire à l'identification des conditions optimales de neutralisation/décantation.

Remarque n° 2 :

D'après l'Annexe 12 du 'Tome 1', l'ajout de chaux semble améliorer les propriétés de décantation des boues tandis que l'ajout de chlorure ferrique FeCl_3 semble favoriser (un peu) l'abattement de la DCO. Les questions suivantes ont ainsi été posées au pétitionnaire :

- Des combinaisons de ces ajouts ont-elles été testées ?
- Quels sont les essais qui ont été réalisés sur les étapes de traitements physico-chimiques afin d'améliorer la décantation des particules ?
- Quelles sont les valeurs des vitesses de décantation obtenues dans les différents essais ?

Réponse du pétitionnaire (après consultation de IRH Ingénieur Conseil) :

- *Aucune combinaison d'ajout de chaux et de chlorure ferrique n'a été testée. Les essais réalisés avec la chaux ont consisté à tester uniquement « acidification + chaux » avec ou sans insolubilisant.*
- *Les essais réalisés pour étudier l'amélioration de la décantation sont l'ajout de flocculant et les tests à la chaux.*
- *Les valeurs des vitesses de décantation obtenues dans les différents essais sont très faibles dans l'ensemble :*
 Réf 5 =Acidification ~0.75 cm/h
 Réf 9 =Avec flocculant ~1.35 cm/h
 Réf 10 = avec flocculant ~1.1 cm/h
 Réf 12 =Acidification pH 2 + chaux : 3.7 cm/h
 Réf 13 =Acidification pH 7.7 + chaux : 2.2 cm/h

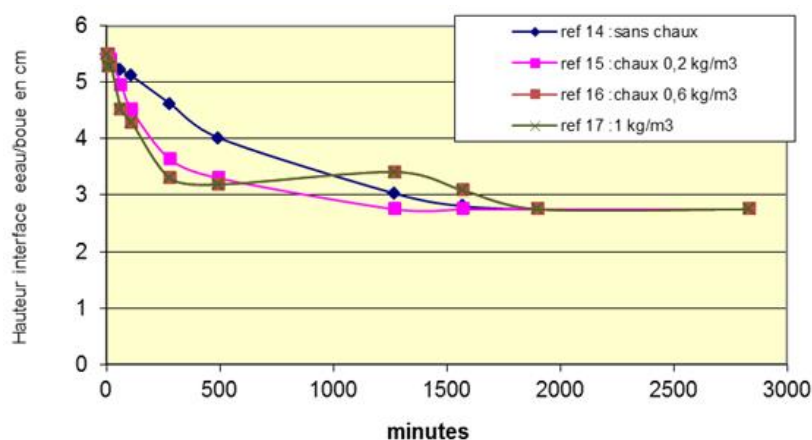


Figure 3 : Courbes de décantation sur un effluent neutralisé à pH 8

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

Les vitesses de décantation sont un peu augmentées avec l'ajout de chaux, mais restent toujours très faibles (de l'ordre de quelques cm/h). Afin d'éviter toute confusion dans la lecture de l'Annexe 12 du 'Tome 1', il aurait donc été préférable de relativiser l'impact positif de l'adjonction de chaux sur les vitesses de décantation des floccs/précipités ou d'indiquer les vitesses de décantation mesurées pour chaque dosage testé.

Un complément d'information a été demandé au pétitionnaire. Il est formulé dans la Remarque n° 3.

Remarque n° 3 :

Il est demandé au pétitionnaire d'indiquer les conditions opératoires des essais présentés dans la Figure 3.

Réponse du pétitionnaire (après consultation de IRH Ingénieur Conseil) :

Le tableau récapitulatif de ces essais est donné ci-dessous. Il sera intégré dans un rapport intitulé « Comparatif des solutions de traitement pour un rejet en rivière » qui sera joint au dossier avant l'enquête publique.

De plus, il est précisé que la courbe de l'essai n°17 (à 1 kg/m³ de chaux) est parfaitement superposée à celle de l'essai 16 (à 0.6 kg/m³).

REF	14	15	16	17
pH	neutralisation à pH 8			
lait de chaux 100 g/l (en ml)	0	1	3	5
qté de chaux kg/m ³		0.2	0.6	1
pH	7.5	7.5	8.1	9.5

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante.

Remarque n° 4 :

Il est indiqué au pétitionnaire que dans le paragraphe relatif au traitement physico-chimique (page 22 de l'Annexe 12 du 'Tome1'), il est écrit que « sans cette étape de coagulation-floculation, le volume de boues produites est beaucoup trop important ». Or, la production de boues est estimée à 36 t/jour avec l'étape de coagulation-floculation et à 28 t/jour sans l'étape de coagulation-floculation. Ces deux phrases sont contradictoires. Il a donc été demandé au pétitionnaire d'expliquer la méthode de calcul des quantités de boues produites.

Réponse du pétitionnaire (après consultation de IRH Ingénieur Conseil) :

Les quantités de boues produites indiquées correspondent à un tonnage en Matière Sèche (MS). Les quantités ont été calculées sur la base des essais laboratoire ci-dessous :

REF	14	15	16	17
qté de chaux kg/m ³		0.2	0.6	1
pH	7.5	7.5	8.1	9.5
floculant				100 ppm
Qté gMS/litre effluent	4.27	4.47	4.48	5.5

- Neutralisation simple (Réf 14) : Production de boues estimée à 4.3 kg_{MS}/m³ effluent
Pour 1 jour : 270 m³/h x 24 = 6480 m³ d'effluent => 28 t_{MS}/jour
- Neutralisation-coagulation-floculation (Réf 17) : Production de boues estimée à 5.5 kg_{MS}/m³ effluent
Pour 1 jour : 270 m³/h x 24 = 6480 m³ d'effluent => 36 t_{MS}/jour

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

Afin de faciliter la compréhension de ce paragraphe, il aurait été préférable de préciser que les tonnages de boues indiqués correspondent à un poids en matière sèche et non au poids de la boue humide correspondant à la sous-verse d'un décanteur.

La Figure 3 montre que les échantillons 16 et 17 ont un comportement semblable en termes de vitesse de décantation mais la quantité de boues produites en matière sèche est différente. La quantité de boues est estimée à 4.48 g_{MS}/L pour l'échantillon 16 et 5.5 g_{MS}/L pour l'échantillon 17. Ici, c'est l'échantillon 17 qui a été considéré pour le calcul de la quantité de boues produites. La prise en compte de cet échantillon maximise donc les quantités de boues estimées. En effet, si l'échantillon 16, qui présente les mêmes vitesses de décantation que l'échantillon 17 avait été considéré (en supposant que l'abattement des métaux n'est pas inférieur), alors la quantité de boues qui aurait été prise en compte lors d'un traitement par neutralisation-coagulation-floculation aurait été de : 4.48 kg_{MS}/m³ effluent soit 29 t_{MS}/jour. Pour une année, cela correspond à 10.6 kt de boues contre 13.4 kt/an de boues dans le cas où l'échantillon 17 est considéré soit une différence de plus de 2.5 kt/an.

La réponse apportée nécessite également des compléments d'information sur plusieurs points, formulés dans la Remarque n° 5.

Remarque n° 5 :

Les questions ci-dessous ont été posées au pétitionnaire, afin de préciser les conditions de réalisation des essais expérimentaux :

- Est-ce qu'un coagulant a été utilisé dans les essais ? L'utilisation de flocculant a-t-elle eu un effet positif sur la décantation ?
- Quel est le protocole opératoire utilisé pour la mesure de la quantité de boues produites ?
- De manière générale, est-il possible d'avoir un tableau récapitulatif de l'ensemble des essais réalisés et de leurs conditions opératoires ?

Réponse du pétitionnaire (après consultation de IRH Ingénieur Conseil) :

- *Dans ces essais seule la chaux a été utilisée, et sans flocculant sauf pour le dernier test. L'ajout de flocculant n'a pas eu d'effets positifs.*
- *Sur les essais 14 à 17, la production de boue a été calculée à partir :*
 - o *Du volume de boue récupéré dans chaque béccher*
 - o *Des MES mesurées dans ce volume de boue*
- *L'ensemble des essais sera repris dans un rapport intitulé « Comparatif des solutions de traitement pour un rejet en rivière » qui sera joint au dossier avant l'enquête publique.*

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

Il aurait été utile de disposer des informations relatives au nombre d'essais réalisés et aux conditions opératoires testées lors de l'analyse des résultats et des conclusions présentés dans cette étude. Cependant, suite aux remarques du tiers expert, Alteo s'est engagé à fournir un rapport décrivant l'ensemble de ces essais et qui sera joint au dossier soumis à l'enquête publique.

Méthodologie utilisée pour aboutir au schéma de procédé de la station d'épuration

L'étude contenue dans l'Annexe 12 du 'Tome 1' visait à définir le schéma de traitement d'une station d'épuration permettant le rejet des eaux excédentaires traitées dans un cours d'eau. L'approche utilisée a consisté à prendre en compte les contraintes et la sensibilité du milieu récepteur pour la définition d'un schéma de traitement.

Remarque n° 6 :

Des éléments ont été demandés au pétitionnaire sur l'approche « sensibilité du milieu récepteur » qui a été développée et utilisée pour définir les conditions de mise en œuvre de cette alternative ainsi que les éventuels impacts associés.

Réponse du pétitionnaire :

Pour ce qui concerne l'alternative 5 (rejet après traitement dans l'Arc ou la Luynes), une étude spécifique (Annexe 4 du 'Tome 2') a été établie pour évaluer la sensibilité du milieu récepteur (l'Arc et la Luynes) selon 3 critères principaux : les aspects fonctionnels, la qualité de l'eau et le respect des objectifs de gestion. Les conclusions de cette étude sont données à la page 82/83 de l'Annexe 4 du 'Tome 2'. Les effets potentiellement très négatifs en cas de dysfonctionnements possibles de la station de traitement des effluents de l'usine ont été notés -9 dans l'analyse multicritère de l'alternative.

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante. Cette remarque a également été posée pour clarifier certains éléments de l'analyse multicritère. Elle est reprise à la Remarque n° 30.

Remarque n° 7 :

Pour réaliser la neutralisation de l'effluent, il a été choisi par le pétitionnaire d'utiliser de l'acide sulfurique. L'utilisation d'acide sulfurique induit l'ajout de sulfates dans l'effluent. Il a donc été demandé au pétitionnaire si les teneurs en sulfates avaient été mesurées après l'ensemble des étapes de traitement des eaux. Il lui a également été demandé d'indiquer la concentration limite en sulfates pour ce type de rejet.

Réponse du pétitionnaire (après consultation de IRH Ingénieur Conseil) :

Les sulfates n'ont pas été mesurés lors de la réalisation des essais expérimentaux. En ce qui concerne la valeur limite pour un rejet, il n'y a pas de valeur réglementaire ni dans l'Arrêté Ministériel du 2 février 1998, ni dans le Cahier des Clauses Techniques Générales relatif à la conception et l'exécution d'installations d'épuration d'eaux usées (fascicule 81). Pour un rejet en rivière, il faudrait avoir une approche milieu (contrainte sulfates éventuelle vis-à-vis du milieu).

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

Bien qu'il n'y ait pas de valeur limite sur les sulfates contenues dans l'Arrêté Ministériel du 2 février 1998, il aurait été intéressant de conserver l'approche « sensibilité du milieu récepteur » afin d'évaluer la nécessité du suivi des sulfates et éventuellement de leur abattement pour un rejet dans le cours d'eau visé.

Afin d'obtenir une qualité de rejet compatible avec le milieu récepteur, il est nécessaire d'inclure un traitement de finition de l'effluent (après neutralisation et traitement physico-chimique). Ce traitement permet de garantir que les valeurs limites de rejet sont respectées sur l'ensemble des paramètres de composition de l'effluent en sortie de la station d'épuration. Dans cette étude, seuls trois traitements de finition ont été testés : l'osmose inverse, l'adsorption sur GEH (matériau composé d'oxyde de fer en grain) et l'adsorption sur charbon actif. Aucune technique de filtration autre que l'osmose inverse (comme par exemple l'ultrafiltration ou la nanofiltration) n'a été étudiée.

De plus, malgré des réserves importantes signalées quant à la faisabilité technique de mise en œuvre de l'osmose inverse (telles que le nettoyage de la membrane permettant de garantir un fonctionnement optimal sur le long terme, comme mentionné dans l'Annexe 12 du 'Tome 1'), c'est cette technique qui a été choisie. Le choix de l'osmose inverse comme traitement de finition dans le descriptif de cette alternative ('Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisses des solutions') est motivé par le fait que ce serait la seule technique permettant d'obtenir une qualité des effluents autorisant un rejet en eaux superficielles. Or, il est indiqué dans l'Annexe 12 du 'Tome 1' qu'une finition sur charbon actif permettrait également de respecter les seuils définis pour un rejet en rivière.

Commentaire n° 2 :

Le choix de l'osmose inverse ou de l'adsorption sur charbon actif a une forte influence sur les coûts d'investissement (CAPEX) et de fonctionnement (OPEX) du traitement de finition, et donc de l'alternative, comme montré dans le Tableau 2. L'ajout d'éléments complémentaires sur ce choix aurait donc été nécessaire afin de renforcer la justification de ce positionnement. Néanmoins, il est à noter que les coûts associés à la consommation de réactifs pour la neutralisation et à la gestion des boues formées, évalués à 2.5 M€ et 4 M€ respectivement, induisent des coûts de fonctionnement qui semblent excessifs et donc difficiles à supporter par Alteo, que le traitement de finition soit l'osmose inverse ou l'adsorption sur charbon actif. En effet, un montant supérieur à 4 M€ pour les coûts de fonctionnement est considéré par Alteo comme non gérable (note -9), ce montant correspondant à 80% de l'EBITDA².

² EBITDA : revenus avant intérêts, taxes, dotations aux amortissements et provisions sur immobilisations

Tableau 2 : CAPEX et OPEX d'un traitement de finition par osmose inverse et par adsorption sur charbon actif¹

	Finition osmose inverse	Finition adsorption sur charbon actif
CAPEX	Installation d'osmose inverse : 7 M€ Evapoconcentration des rétentats : 8 M€ Soit un total de 15 M€	Filtres à charbon actif : 0.2 M€
	Montant de la réduction du CAPEX si finition par charbon actif : > 14.5 M€	
OPEX	Gestion des concentrats : 6 M€ Energie : 500 - 700 k€ Soit un total de 6.5 - 6.7 M€	Charbon actif (consommation + destruction) : 2 M€ Energie : 6 - 10 k€ Soit un total de 2 M€
	Montant de la réduction de l'OPEX si finition par charbon actif : > 4 M€	

¹ D'après l'Annexe 12 du 'Tome 1'

Enfin, des erreurs ont été relevées dans le rapport de l'Annexe 12 du 'Tome1'. Il s'agit notamment des éléments suivants :

- Une date de vérification du rapport antérieure (de 7 mois) à la date de fin de sa rédaction pose question. Il serait souhaitable que cette erreur soit corrigée ;
- Des erreurs ont été notées dans le tableau de la page 8, puisque les éléments aluminium, arsenic et fer total de l'effluent actuel ne sont pas indiqués comme dépassant les seuils de rejet, et dans le paragraphe du chapitre « V.6 Caractérisation des effluents traités » (page 17) où les paramètres aluminium, fer et arsenic ne sont pas mentionnés comme étant des paramètres limitants par rapport à un rejet en rivière ;
- Des erreurs ont été relevées dans l'évaluation des coûts de fonctionnement associés à la gestion des boues formées, en raison notamment d'une erreur dans l'estimation des tonnages annuels de boues produites (cf. Remarque n° 44 et Remarque n° 45).

Recommandation n° 1 :

Cette alternative de rejet en cours d'eau a été étudiée pour le traitement d'un débit de 270 m³/h. Or, comme il a été indiqué pour les alternatives 1 et 2, le débit de l'effluent à traiter pourrait être réduit à 130 m³/h moyennant quelques modifications des installations existantes. Cette réduction de débit aurait une influence sur le dimensionnement des installations, et donc sur les coûts d'investissement. Par contre, elle aurait peu d'influence sur les coûts opératoires (consommation de réactifs chimiques et gestion des boues formées notamment). Dans l'Annexe 12 du 'Tome 1', une extrapolation a d'ailleurs été faite pour évaluer les coûts d'investissement et de fonctionnement associés au traitement d'un débit de 130 m³/h.

Compte tenu de ces éléments, il aurait été préférable de présenter ces chiffres dans le tableau de l'analyse multicritère correspondante, même si cela n'aurait pas changé la note attribuée aux critères CAPEX et OPEX.

Malgré les réserves associées aux aspects expérimentaux et à certains choix pour l'étude de cette alternative, il est très probable que la mise en adéquation du schéma de traitement des eaux excédentaires vis-à-vis des contraintes du milieu récepteur (ici un cours d'eau) nécessite l'utilisation de techniques présentant des coûts d'investissement élevés (supérieurs à 5 voire 10 M€) et des coûts de fonctionnement très élevés (supérieurs à 4 M€), induisant une note -9 pour le critère « enjeux économiques ». De plus, cette alternative présente un risque très important sur la biodiversité du cours d'eau en cas de dysfonctionnement de la station d'épuration (d'où une note -9 pour le critère « situation accidentelle »).

L'analyse multicritère de l'alternative « Rejet dans un cours d'eau », dont l'examen critique est détaillé au chapitre 0, conduit à un niveau de risque technique fort (cotation inférieure à -7) et à un impact environnemental très fort (cotation inférieure à -17). Cette alternative a donc été écartée par le pétitionnaire. Suite aux différents éléments apportés par Alteo aux remarques du BRGM, cette décision n'est pas remise en cause par le BRGM et ne nécessite pas l'apport de compléments au dossier.

4.1.6. Alternative 6 – Rejet dans la mer

Cette alternative consiste à rejeter les effluents liquides en mer après un traitement complémentaire des matières en suspension et/ou des éléments dissous. Plusieurs solutions de traitement complémentaires, appelées « sous-alternatives », ont été étudiées. Leur description et leur analyse est donnée dans le paragraphe suivant.

4.2. ANALYSE DES SOUS-ALTERNATIVES EN CAS DE REJET EN MER

Cette partie concerne l'analyse critique et la comparaison des cinq sous-alternatives en cas de rejet en mer. Ces sous-alternatives sont les suivantes :

- le pré-traitement par acidification, traitement physico-chimique et finition par osmose inverse,
- le pré-traitement par CO₂, traitement physico-chimique et finition par osmose inverse,
- la neutralisation à l'eau de mer suivie d'un traitement physico-chimique,
- la neutralisation au chlorure de magnésium (MgCl₂), traitement physico-chimique et finition par osmose inverse,
- le traitement par filtration sous pression.

Remarque n° 8 :

Pour l'étude des sous-alternatives, la méthodologie présentée dans le 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisses des solutions' est différente de celle utilisée pour l'analyse multicritère des sous-alternatives. En effet, dans le 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisses des solutions', 2 étapes de traitement sont étudiées en cas de rejet de l'effluent en mer : d'abord, une épuration des matières solides puis un traitement chimique de l'effluent (Figure 4). En revanche, dans le rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives, la filtration sous pression est positionnée au même niveau que les autres sous-alternatives ce qui signifie qu'une seule étape de traitement est envisagée : soit une épuration des matières solides, soit un traitement chimique de l'effluent (Figure 5). Il est donc demandé au pétitionnaire de préciser la méthodologie considérée pour les sous-alternatives de traitement en cas de rejet en mer de l'effluent.

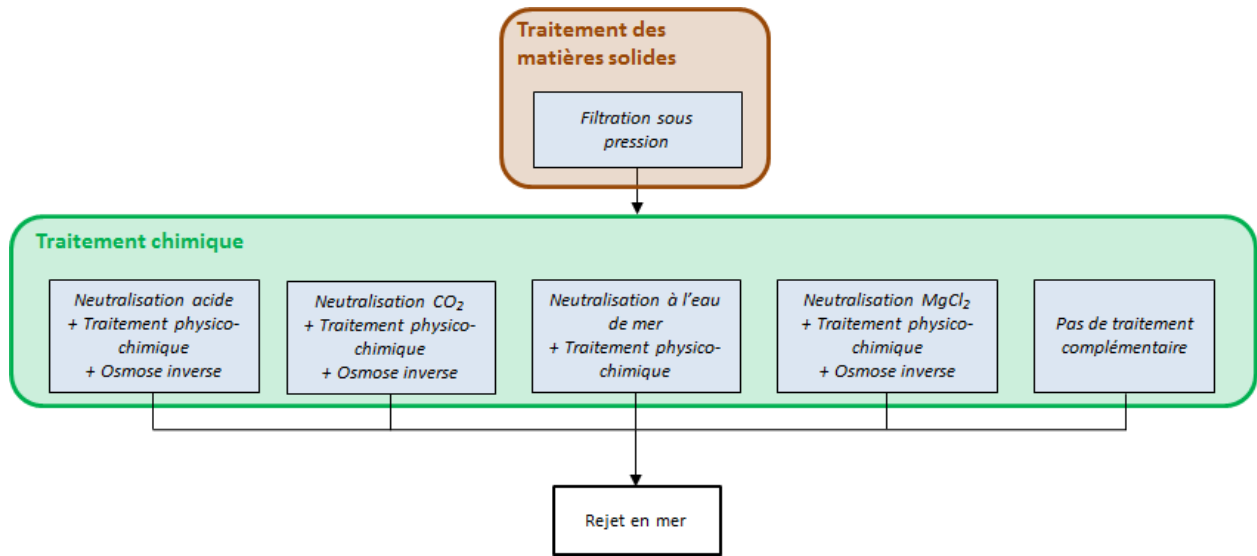


Figure 4 : Positionnement des pré-traitements avant rejet en mer, tel que décrit dans le 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisses des solutions'

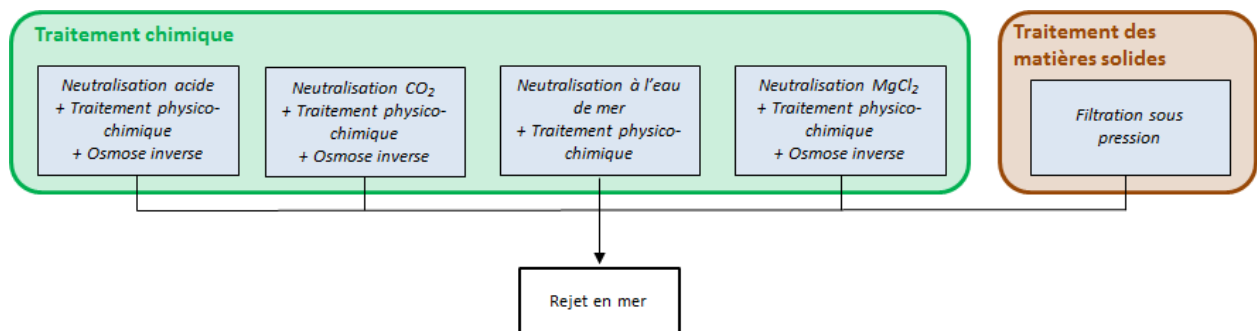


Figure 5 : Positionnement des pré-traitements avant rejet en mer, tel que décrit dans le rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives

Réponse du pétitionnaire :

Lors de l'élaboration du dossier, nous avons envisagé toutes les alternatives de traitement possibles avant rejet en mer. Nous avons étudié des solutions de simple traitement des matières en suspension puis des solutions de traitement des substances dissoutes.

Dans son courrier du 29 septembre 2014, le préfet nous a demandé de réaliser sur les cinq solutions de traitement complémentaire aux filtres presse avant rejet, une analyse multicritère similaire à celle proposée pour hiérarchiser les six alternatives. Si on suit la méthodologie présentée à la page 42 du 'Tome 2 – Partie 1 – 01. Esquisse des solutions', il s'agissait donc de comparer le traitement par acidification, le traitement par CO₂, la neutralisation à l'eau de mer à terre, la neutralisation au MgCl₂ et l'absence de traitement. Insérer dans l'analyse multicritère un scénario « absence de traitement » aurait été déséquilibré car très avantageux pour ce scénario (pas de contraintes de faisabilité, pas de CAPEX, pas d'OPEX, pas de contraintes foncières et réglementaires). Il nous a donc semblé plus pertinent de comparer les 4 premiers scénarii listés ci-dessus au scénario filtre sous pression. Nous aurions pu, dans notre rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives, ajouter à chacun des 4 premiers scénarii listés ci-dessus les contraintes liées au filtre sous pression. Nous aurions alors comparé le traitement par acidification + traitement par filtre sous pression, le traitement par CO₂ +

traitement par filtre sous pression, le traitement par neutralisation à l'eau de mer à terre + traitement par filtre sous pression, la neutralisation au $MgCl_2$ + traitement par filtre sous pression, avec un traitement par filtre sous pression sans traitement complémentaire. Mais là encore cette analyse aurait été trop avantageuse pour la solution « filtre sous pression sans traitement complémentaire ».

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante. Néanmoins, dans le 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisses des solutions' (Figure 4) il aurait été plus approprié de réaliser d'abord le traitement chimique de l'effluent et ensuite l'épuration des matières solides afin de garantir une teneur en MES inférieure à 35 mg/L dans l'effluent à rejeter en mer.

Dans ce rapport, il a été choisi de présenter les sous-alternatives selon l'approche adoptée dans le rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives (cf. Figure 5), c'est-à-dire de positionner la filtration sous pression au même niveau que les autres sous-alternatives.

L'analyse des sous-alternatives inclut des éléments de l'analyse multicritère (AMC) ; cependant, l'examen critique de chaque AMC réalisée est détaillé dans le chapitre 5.

4.2.1. Sous-alternative 1 : Pré-traitement par acidification, traitement physico-chimique et finition par osmose inverse

Cette sous-alternative consiste à traiter les effluents dans une STEP, où la première étape de traitement est une neutralisation à l'acide sulfurique, avant rejet des effluents dans le milieu marin.

Il est indiqué que cette solution a été étudiée de manière commune aux solutions de rejet en rivière ou dans les mines. L'analyse de cette solution est donc basée sur le 'Tome 1 – Annexe 12. Étude pour la réalisation d'une station de traitement des rejets du dernier laveur' réalisée par IRH Ingénieur Conseil, annexe pour laquelle plusieurs remarques et recommandations ont déjà été formulées.

En particulier, il est indiqué ici que le traitement physico-chimique peut être réalisé par utilisation de sels ferriques, de chaux ou de floculants. Une attention particulière a été apportée à l'élimination de l'arsenic ; cette élimination peut être réalisée par ajout de sels ferriques, mais il est précisé que l'efficacité de cette technique diminue à partir de pH 8 et n'est plus efficace à partir de pH 12. Dans le schéma de traitement d'une STEP, l'étape consistant à ajouter des sels ferriques serait ainsi située en aval d'une étape de neutralisation permettant d'abaisser le pH à des valeurs compatibles avec un bon fonctionnement de l'adsorption de l'arsenic sur des sels ferriques. Il est indiqué que cet aspect a été étudié dans l'Annexe 12 du 'Tome 1'. Or, dans cette étude, le suivi « classique » de l'efficacité d'une condition opératoire de traitement ne donnait pas de détails spécifiquement sur l'arsenic, l'efficacité du traitement par ajout de sels ferriques étant évaluée sur d'autres composants métalliques. De plus, aucune analyse détaillée correspondant à un échantillon neutralisé puis traité par ajout de sels ferriques n'est présentée dans l'Annexe 12 du 'Tome 1'.

Commentaire n° 3 :

La réalisation d'une étude complémentaire à l'Annexe 12 du 'Tome 1' aurait permis de compléter les résultats obtenus dans le cadre de cette première étude et de renforcer l'analyse technico-économique de la sous-alternative 1. En particulier, concernant l'abattement de l'arsenic dissous, l'analyse détaillée d'un échantillon après neutralisation/coagulation/floculation

semble montrer que la totalité de l'arsenic est éliminée dans ces conditions. La réalisation d'essais complémentaires aurait permis de confirmer ce résultat et donc de statuer sur la nécessité d'utiliser des sels ferriques. L'étude des conditions opératoires du traitement physico-chimique permettant de lever les difficultés techniques liées aux difficultés de réalisation de l'étape de séparation solide/liquide (les boues formées ayant des vitesses de décantation faibles), aurait également pu être approfondie. Cette étape est cruciale et conditionne fortement la faisabilité technico-économique de la mise en œuvre d'une station d'épuration. Cependant, le nombre limité d'essais réalisés et de conditions opératoires testées dans l'Annexe 12 du 'Tome 1' pour évaluer l'efficacité d'un traitement physico-chimique ne semble pas avoir été suffisant pour identifier les conditions opératoires optimales permettant de lever les difficultés techniques associées.

Enfin, malgré le changement de milieu récepteur (« milieu marin » ici contre « cours d'eau » pour l'alternative 5) présentant donc une sensibilité différente, les procédés mis en œuvre dans la STEP de cette sous-alternative sont exactement les mêmes que ceux mis en œuvre dans la STEP de l'alternative 5 relative au rejet dans un cours d'eau. Cet aspect a néanmoins été pris en compte dans le critère « Situation accidentelle / Risques induits ». En effet, il est indiqué qu'un problème de fiabilité que pourrait présenter la station d'épuration ici n'induirait que des conséquences mineures voire inexistantes sur le milieu marin, contrairement à l'alternative 5 « Rejet dans un cours d'eau » pour laquelle un dysfonctionnement de la station d'épuration présentait un risque très important sur la biodiversité du cours d'eau.

Commentaire n° 4 :

L'approche utilisée ici pour la définition du schéma de traitement de la STEP visait la production d'un effluent de très bonne qualité, et a donc été basée sur l'Annexe 12 du 'Tome 1' relatif à la réalisation d'une station de traitement pour un rejet dans un cours d'eau. Cela a conduit à intégrer un traitement de finition très poussé, l'osmose inverse, initialement choisi dans le cas d'un rejet dans un cours d'eau afin de garantir la préservation du milieu récepteur (choix des seuils réglementaires les plus contraignants pour chaque substance parmi les seuils autorisés de rejet d'une ICPE, les normes de qualité environnementale des cours d'eau, les objectifs fixés dans le SAGE, etc.). Il aurait ainsi été opportun ici d'adapter le traitement de finition à la sensibilité du milieu marin, pour lequel il peut être considéré en première approche que la DCO et la DBO5 ne sont pas des paramètres potentiellement problématiques pour un tel rejet. Ceci aurait peut-être permis d'identifier des techniques de finition moins onéreuses que l'osmose inverse, qui induit des coûts d'investissement et de fonctionnement très élevés (respectivement 22 M€ et 13.5 M€/an). Néanmoins, à ce stade, il peut être remarqué que le seul coût de gestion des boues formées lors de l'étape de neutralisation, évalué à 4 M€, est déjà difficilement supportable par le pétitionnaire. En l'absence notamment d'identification de solutions moins coûteuses pour la gestion des boues formées, cette technique ne peut donc pas être considérée comme une MTDECNE c'est-à-dire une Meilleure Technique Disponible Engendrant des Coûts Non Excessifs.

N.B. : Plusieurs études ont été réalisées pour évaluer les impacts sur le milieu marin du rejet de l'effluent après filtre-pressé et filtration sous pression (sous-alternative 5). Ces études ont notamment permis d'analyser les enjeux et les sensibilités environnementales du milieu marin ; elles ont montré qu'un tel rejet ne remettrait pas en cause le maintien du bon état chimique et écologique des masses d'eaux et n'induirait aucun effet significatif sur les usages. Le tiers expert ne se prononcera pas sur ces résultats, étant donné que l'étude des impacts des rejets en mer est hors champ de la tierce expertise.

L'analyse multicritère de cette sous-alternative conduit à un niveau de risque technique fort (cotation inférieure à -7), principalement dû à des coûts d'investissement et de fonctionnement très élevés (26 M€ et 13.5 M€/an respectivement d'où une note -9 sur ces sous-critères) associés notamment à l'utilisation de l'osmose inverse comme traitement de finition et à la gestion des boues de précipités formées. En ce qui concerne l'impact environnemental, celui-ci est évalué comme étant fort (cotation inférieure à -7) en raison de la notation à -3 de plusieurs critères relatifs notamment aux déchets formés et à l'approvisionnement des réactifs nécessaires. Cette sous-alternative a donc été écartée par le pétitionnaire, ce positionnement appelle toutefois la recommandation ci-dessous de la part du tiers expert.

Recommandation n° 2 :

La neutralisation à l'acide, suivie d'un traitement physico-chimique avant rejet dans le milieu naturel, est pratiquée dans d'autres usines de production d'alumine dans le monde (cf section 2 sur le parangonnage international). Ces usines disposent de grandes surfaces permettant de réaliser la séparation et le stockage des précipités dans des lagunes, ce qui n'est pas le cas de l'usine de Gardanne. Néanmoins, la neutralisation à l'acide présente un potentiel intéressant si elle est combinée à d'autres techniques de séparation solide/liquide, telle que proposée dans la solution combinée présentée par le BRGM au chapitre 7.

4.2.2. Sous-alternative 2 : Pré-traitement par CO₂, traitement physico-chimique et finition par osmose inverse

Cette sous-alternative est similaire à la sous-alternative 1 à l'exception de l'étape de neutralisation qui est réalisée ici avec une injection de CO₂ liquide (au lieu de l'acide sulfurique dans la sous-alternative 1).

L'injection de CO₂ liquide est présentée comme une voie de neutralisation intéressante dans l'Annexe 12 du 'Tome 1', notamment dans la mesure où elle est moins contraignante en termes de sécurité et au plan administratif pour son stockage. Néanmoins, dans le 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisses des solutions', il est indiqué que « les problématiques d'efficacité de l'étape de neutralisation, les quantités nécessaires et les coûts de mise en œuvre n'ont pas permis jusqu'à ce jour un développement industriel de cette technologie ». Une variante de traitement au CO₂ est quand même présentée avec l'exemple de l'usine de Kwinana en Australie exploitée par Alcoa. L'objectif de cette usine est cependant différent puisqu'il s'agit à la fois de stocker chimiquement le CO₂ émis par l'usine, et à la fois de neutraliser partiellement les résidus solides de bauxite avec une baisse du pH à environ 10.5 ; cette valeur de pH étant toutefois insuffisante pour permettre une précipitation efficace de l'ensemble des métaux dissous.

Remarque n° 9 :

Il a été demandé au pétitionnaire de préciser si des essais avaient été réalisés afin de vérifier les cinétiques de neutralisation, notamment lors de l'injection de CO₂. Il lui a également été demandé s'il avait identifié un fournisseur de CO₂ pour la mise en œuvre de cette technologie.

Réponse du pétitionnaire (après consultation de IRH Ingénieur Conseil) :

Il n'y a pas eu d'essais expérimentaux faits par IRH avec le CO₂. Une approche théorique a été adoptée avec le fournisseur MESSER, situé à Lavera (c'est-à-dire à une quarantaine de kms environ de Gardanne). Ce fournisseur a indiqué qu'il pourrait assurer l'approvisionnement en CO₂ liquide mais n'a donné aucun ordre de grandeur du coût de la tonne de CO₂ liquide livrée. La validation des quantitatifs et des aspects « cinétique de neutralisation » nécessiterait une étude d'exécution complète.

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

L'hypothèse faite de considérer des performances identiques à celles d'une neutralisation acide dans l'Annexe 12 du 'Tome 1' aurait nécessité d'être justifiée par la réalisation de quelques essais expérimentaux ou a minima par des références bibliographiques. En particulier, cela aurait permis de conforter le choix de la neutralisation au CO₂ dans la définition des schémas des filières de traitement envisagées (pages 22 à 25 de l'Annexe 12 du 'Tome 1'). Cependant, au vu du caractère non éprouvé de cette technique de neutralisation, cette sous-alternative ne pourra être retenue et aucun essai expérimental complémentaire n'est donc nécessaire.

De manière similaire à la sous-alternative 1, la mise en adéquation du traitement de finition avec la sensibilité du milieu récepteur (milieu marin) aurait peut-être permis d'identifier une technologie présentant des coûts d'investissement et de fonctionnement moins élevés. Néanmoins, le caractère non éprouvé de l'étape de neutralisation par CO₂ liquide, pour lequel il aurait semblé au tiers expert plus approprié de mettre une note -9 et non -3 au critère « Faisabilité technique » comme expliqué plus en détail au paragraphe 5.3.2 relatif à l'AMC, conduit à un niveau de risque technique fort (cotation inférieure à -7). Comme pour la sous-alternative 1, l'impact environnemental est estimé comme étant fort (cotation inférieure à -7) en raison de la notation à -3 de plusieurs critères relatifs notamment à la gestion des déchets formés et à l'approvisionnement des réactifs nécessaires. Cette sous-alternative a donc été écartée. Cette décision n'est pas remise en cause par cette tierce expertise et n'appelle pas de commentaire du tiers expert.

4.2.3. Sous-alternative 3 : Neutralisation à l'eau de mer suivie d'un traitement physico-chimique

Cette sous-alternative consiste à traiter les effluents de l'usine de Gardanne à l'eau de mer avant leur rejet dans le milieu marin.

Cette sous-alternative a été étudiée par Rio Tinto Alcan, qui dispose d'une grande expertise dans ce domaine. Cette société a notamment réalisé une étude similaire pour l'usine de Gove (Australie) qui met aujourd'hui en œuvre ce mode de gestion des effluents.

Cette solution consiste à réaliser à terre les réactions chimiques qui se produisent naturellement en mer lors du rejet des eaux excédentaires, à savoir la neutralisation et la formation de précipités appelés hydrotalcites. Ces réactions sont basées sur la consommation du magnésium et du calcium présents dans l'eau de mer. Pour neutraliser l'effluent de Gardanne, il est indiqué qu'il faudrait apporter 5 volumes d'eau de mer pour 1 volume d'effluent. Des installations de grandes dimensions sont donc nécessaires, ce qui induit des coûts d'investissement très élevés (53 M€). De plus, les hydrotalcites sont des précipités qui décantent difficilement ; il existe donc de fortes réserves techniques sur la faisabilité de l'étape de séparation des précipités. Enfin, cette solution a des impacts environnementaux forts, à savoir :

- pompage de volumes très importants d'eau de mer en plein cœur du Parc national des Calanques ;
- installation de nouvelles canalisations dans le Parc national des Calanques car les canalisations existantes pour le rejet de l'effluent en mer ont des diamètres trop petits pour y faire transiter les nouveaux débits d'effluents (environ 6 fois plus importants qu'aujourd'hui) ;
- construction de la station de traitement de l'effluent dans la Calanques de Port-Miou, c'est-à-dire en plein cœur du Parc national des Calanques.

De plus, bien que ce ne soit pas évoqué dans la description de cette sous-alternative, il est important de préciser que les études spécifiques à la formation des hydrotalcites et au piégeage des précipités ont montré que cette précipitation permet d'éliminer seulement une partie des éléments dissous dans l'effluent. En effet, en sortie de traitement, 6 paramètres de l'effluent ne respectent pas les limites définies par l'arrêté du 2 février 1998. Il s'agit du pH et des teneurs en aluminium, fer total, arsenic, DCO et DBO5.

L'analyse multicritère de cette sous-alternative conduit à un niveau de risque technique très fort (cotation inférieure à -7), avec notamment une note -9 attribuée au critère « Enjeux économiques ». En ce qui concerne les enjeux environnementaux, de nombreux impacts environnementaux sont associés au positionnement de la station de traitement dans le Parc national des Calanques et à la gestion des déchets formés. Les enjeux environnementaux sont ainsi évalués comme étant très forts (cotation inférieure à -17). Cette sous-alternative a donc été écartée. Les raisons justifiant cette décision sont bien argumentées, cette décision n'appelle pas de commentaire du tiers expert.

4.2.4. Sous-alternative 4 : Neutralisation au chlorure de magnésium ($MgCl_2$), traitement physico-chimique et finition par osmose inverse

Cette sous-alternative est similaire à la sous-alternative 1 à l'exception de l'étape de neutralisation qui est réalisée ici avec une injection de chlorure de magnésium $MgCl_2$ (au lieu de l'acide sulfurique dans la sous-alternative 1).

Cette sous-alternative a été étudiée par Alteo.

Le $MgCl_2$ est le composant naturel principal mobilisé par l'eau de mer au contact d'un effluent basique contenant de l'aluminium dissous pour le neutraliser. Il s'agit donc ici d'utiliser du $MgCl_2$ commercial plutôt que de mettre à profit le magnésium naturellement contenu dans l'eau de mer comme dans les procédés de neutralisation à l'eau de mer. Contrairement à la neutralisation à l'eau de mer, procédé éprouvé et mis en œuvre dans de nombreuses usines d'alumine, la neutralisation au $MgCl_2$ est une technologie qui n'est pas encore éprouvée industriellement.

De manière similaire à la sous-alternative 3 « Neutralisation à l'eau de mer à terre avant rejet en mer », de grandes quantités de réactifs sont nécessaires pour neutraliser l'effluent. Ceci génère de grandes quantités de boues à base d'hydrotalcites ; à titre de comparaison, la quantité de boues produites est environ 4 fois supérieure à celle générée lors de la neutralisation à l'acide. De plus, comme il a été dit précédemment, les hydrotalcites sont des précipités qui décantent difficilement ; il existe donc de fortes réserves techniques sur la faisabilité de l'étape de séparation des précipités. Enfin, en sortie de l'étape de neutralisation, les teneurs en métaux dissous sont supérieures aux limites fixées dans l'arrêté du 2 février 1998, ce qui nécessite donc d'inclure une étape de finition dans le schéma de traitement.

Une approche théorique a été utilisée pour étudier cette sous-alternative. En première approche, celle-ci semble suffisante. En effet, le caractère non éprouvé industriellement de l'étape de neutralisation au $MgCl_2$, pour lequel il nous aurait semblé plus approprié de mettre une note -9 et non -3 comme expliqué plus en détail au paragraphe 5.3.2 relatif à l'AMC, conduit à un niveau de risque technique fort (cotation inférieure à -7). L'impact environnemental est également estimé comme étant fort (cotation inférieure à -7) en raison de la notation à -3 de plusieurs critères relatifs notamment à la gestion des déchets formés et à l'approvisionnement des réactifs nécessaires. Cette sous-alternative a donc été écartée. Cette décision n'appelle aucune réserve du tiers expert.

4.2.5. Sous-alternative 5 : Rejet en mer après filtration sous pression

Cette solution consiste à rejeter un flux d'effluent liquide dépourvu de matières solides sans appliquer de traitement chimique préalable à son rejet dans la mer. Elle est basée sur le fait que l'effluent résiduel réagit avec le milieu marin et que les précipités qui se forment dans le milieu (i.e. les hydrotalcites) sont stables et non toxiques pour le milieu.

Cette solution a fait l'objet de nombreuses études, notamment afin d'évaluer l'impact d'un tel rejet sur le milieu marin. Il est important de rappeler ici que le cadre de cette tierce expertise n'inclut pas la question des impacts du rejet résiduel en mer et de sa compatibilité avec les milieux.

Cette sous-alternative induit le rejet d'un effluent dont les principales caractéristiques journalières sont présentées dans le Tableau 3. Ce tableau présente également les caractéristiques qu'aurait l'effluent juste après la précipitation des hydrotalcites. Ces réactions de précipitation interviennent au moment du contact de l'effluent avec l'eau de mer, l'effluent présenté dans le tableau est donc un effluent théorique car les cinétiques des réactions ne sont pas prises en compte et car cette réaction se déroule en même temps que le mélange de l'effluent avec l'eau de mer. À titre d'information, la composition de l'effluent actuellement rejeté en mer avant et après la précipitation des hydrotalcites ainsi que les valeurs limites pour le rejet d'un effluent fixées dans l'arrêté du 2 février 1998 sont incluses dans ce tableau.

Le Tableau 3 présente les concentrations journalières maximales des effluents considérés. Cependant, étant donné qu'actuellement le rejet en mer des résidus solides n'est réalisé qu'environ 64 % du temps, il est important d'évaluer les flux maximum annuels pour chacun des éléments contenus dans les différents types d'effluents afin de pouvoir comparer la situation actuelle avec la situation future. Ces données sont présentées dans le Tableau 4.

Tableau 3 : Caractéristiques avant rejet en mer et après précipitation des hydrotalcites de l'effluent actuel et de l'effluent futur après filtration sous pression (concentrations journalières maximales - extrait du 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Description')

		Effluent actuel		Effluent futur après filtration sous pression		Limites fixées dans l'arrêté du 2 février 1998
		Avant rejet en mer	Après précipitation	Avant rejet en mer	Après précipitation	
MES		120 000		< 35		35
pH		12.4	8.3	12.4	8.3	6-9
Aluminium	mg/L	10 211	9 061	1 226	76	5
Fer total	mg/L	43 285	43 285	13	13	5
Arsenic	mg/L	6.6	5.35	1.7	0.4	0.05
DCO	mg/L	1 200	1 200	800	800	125
DBO5	mg/L	100	100	80	80	30

Tableau 4 : Flux maximum annuels rejetés en mer – Comparaison entre la situation actuelle et la situation future avant et après précipitation des hydrotalcites

		Effluent actuel		Effluent futur après filtration sous pression		Taux d'abattement entre l'effluent actuel et l'effluent futur	
		Avant rejet en mer ¹	Après précipitation ³	Avant rejet en mer ¹	Après précipitation ¹	Avant rejet en mer ³	Après précipitation ²
Aluminium	t/an	16 356	13 630	2 880	184	82	99
Fer total	t/an	64 928	64 928	31	31	> 99	> 99
Arsenic	t/an	11	8	4	1	64	88
DCO	t/an	2 820	2 820	1 880	1 880	33	33
DBO5	t/an	235	235	188	188	20	20

¹Extrait du 'Tome 2 – Partie 1 – 2. Description'

²Extrait de la réponse à la Remarque n° 55 en Annexe 4

³Recalculé par le tiers expert

Le Tableau3 montre que l'effluent qui serait rejeté en mer si cette sous-alternative était choisie aurait une teneur en matières en suspension inférieure à 35 mg/L, qui est la valeur limite fixée dans l'arrêté du 2 février 1998. Les flux maximum d'aluminium, de fer et d'arsenic rejetés en mer serait fortement réduit, avec des taux d'abattement avant précipitation des hydrotalcites de 82.39 % pour l'aluminium, 99.95% pour le fer et 63.64 % pour l'arsenic. Cet abattement est lié à l'élimination de la quasi-totalité des matières en suspension qui contiennent une grande quantité de métaux. La part des métaux contenus dans les matières en suspension vis-à-vis de la quantité totale contenue dans l'effluent actuel s'élève en effet à 88.0% pour l'aluminium, plus de 99.9 % pour le fer et 74.6% pour l'arsenic.

Cependant, malgré cet abattement associé au traitement des matières en suspension, les limites définies dans l'arrêté du 2 février 1998 ne seraient pas respectées pour 6 paramètres de l'effluent futur avant précipitation des hydrotalcites : le pH, les teneurs en aluminium, fer total, arsenic, DCO et DBO5. Après précipitation des hydrotalcites, seule la valeur de pH obtenue serait en-dessous de la valeur limite réglementaire.

Les coûts d'investissement et de fonctionnement associés à cette sous-alternative sont limités (1.5 M€ et 1.9 M€/an respectivement). Elle présente également d'autres avantages, tels que celui d'utiliser une technologie déjà utilisée par Alteo. L'analyse multicritère de cette sous-alternative conduit à un niveau de risque technique moyen (cotation supérieure à -6) et à un impact environnemental moyen (cotation supérieure à -6). C'est cette solution qui a été choisie par Alteo pour la gestion de ses effluents résiduels et fait donc l'objet du DDAE qui a été déposé par Alteo. Pour le tiers expert, étant donné que l'étude d'une autre sous-alternative nécessite d'être approfondie, cette solution ne semble pas suffisante à ce stade ; ce positionnement pourrait cependant être modulé en fonction des impacts qu'un tel rejet pourrait avoir sur le milieu marin mais l'étude de ces impacts n'est pas considéré dans cette tierce expertise.

4.3. COMBINAISON DE PLUSIEURS SOLUTIONS ALTERNATIVES

La combinaison de plusieurs solutions de traitement a été étudiée par Alteo. Pour Alteo, il n'y aurait pas d'avantage opérationnel ou environnemental à mettre en œuvre une combinaison de solutions alternatives. Par contre, cette solution combinée induirait une augmentation des coûts d'investissement et de fonctionnement, chaque alternative individuelle nécessitant des investissements industriels significatifs.

Pour le BRGM, la combinaison d'alternatives ou de sous-alternatives telles que décrites dans le DDAE présente effectivement peu d'intérêt. En revanche, une approche consistant, par exemple, à combiner des solutions de réduction des flux d'eau à traiter à une solution de traitement des effluents, et en particulier à une sous-alternative de traitement en cas de rejet en mer telle qu'une neutralisation à l'acide sulfurique suivie d'un traitement physico-chimique, pourrait présenter un potentiel intéressant. Les coûts d'investissement étant dépendants du débit à traiter, une réduction de celui-ci devrait permettre une diminution des coûts principalement liés au besoin de disposer d'équipements de plus petite dimension. En revanche, cela aurait peu d'influence sur les coûts de fonctionnement tels que les consommations de réactifs chimiques ou la production de boues. Afin d'évaluer l'intérêt d'une telle approche combinée, il serait nécessaire de mettre en perspective :

- La diminution du CAPEX des solutions de traitement des eaux associée à une réduction du débit à traiter ;
- L'augmentation du CAPEX induite par les coûts nécessaires à la réduction du débit d'effluent à traiter.

4.3.1. Solutions de réduction des flux d'eau à traiter

Il semble tout d'abord important de rappeler quels sont les différents flux qui composent l'effluent résiduel. Il s'agit de :

- Retour du lavage des résidus ~ 110 m³/h,
- Retour du surnageant du bassin n° 7 situé à Mange-Garri ~ 22 m³/h,
- Purge de l'impureté oxalate (provenant de l'oxydation de certaines matières organiques présentes dans la bauxite) ~ 8 m³/h,
- Eaux utilitaires mélangées aux eaux pluviales et à de l'eau brute pompée dans le canal de Provence (pour assurer le fonctionnement optimal de la canalisation vers la mer) ~ 130 m³/h

Remarque n° 10 :

Tous les effluents constituant le flux des eaux excédentaires n'ont pas la même composition et ne nécessitent donc pas le même niveau de traitement. Des éléments relatifs à la composition de ces différents flux ont donc été demandés au pétitionnaire.

Réponse du pétitionnaire :

Des analyses journalières sont effectuées sur les 3 flux de procédé alors que les eaux utilitaires ne sont contrôlées que de manière très ponctuelle. Ces analyses figurent dans le Tableau 5. Des incidents de production ont été capturés lors des analyses réalisées sur les eaux utilitaires.

Tableau 5 : Teneur en Na₂O des flux d'eau (hors circuit Bayer) de l'usine de Gardanne

	débit (m ³ /h)	Na ₂ O tot (g/L)		
		min	max	moyenne
<i>Retour du lavage des résidus</i>	100	1.2	12.3	4.7
<i>Retour du surnageant du bassin n°7 situé à Mange-Garri</i>	22	1.6	4.1	3.3
<i>Purge de l'impureté oxalate</i>	8	13.4	59.7	28.7
<i>Eaux utilitaires</i>	140		1.15*	

* Associé à un incident de production

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée par le pétitionnaire est satisfaisante.

Plusieurs pistes ont été identifiées par le tiers expert pour la réduction du débit d'effluent à traiter. Elles sont indiquées ci-après.

a) Court-circuit de la part des eaux utilitaires et eaux pluviales actuellement utilisée en tant que fluide d'accompagnement

Ces eaux sont utilisées en tant que fluide d'accompagnement de l'effluent rejeté en mer, et permettent de garantir un bon fonctionnement de la canalisation dédiée. D'après le Tableau 5, ces eaux ne seraient pas (voire très peu) chargées.

Remarque n° 11 :

Il a été demandé au pétitionnaire s'il était possible d'envisager un rejet des eaux utilitaires sans traitement sauf en cas d'incidents de production où ces eaux seraient alors envoyées dans le bassin n°7. Il pourrait par exemple être envisagé de mélanger ces eaux avec les eaux traitées avant leur rejet dans le milieu extérieur. Le cas échéant, des précisions ont été demandées sur la mise en place de ce mode de fonctionnement ainsi que sur son coût.

Réponse du pétitionnaire :

Il n'est pas possible d'évacuer les eaux utilitaires sans traitement préalable car, si elles ne sont que rarement polluées en soude, elles contiennent par contre toujours des matières en suspension supérieures à 35 mg/L (respectivement 163 et 218 mg/L de MES mesurées pendant une campagne de mesure spécifique en 2012 sur 2 bacs intermédiaires du circuit de récupération des eaux utilitaires). D'autre part, les purges de déconcentration des tours aéroréfrigérantes ou des chaudières nécessiteraient un refroidissement avant rejet dans le milieu.

Si ces impossibilités étaient levées, il faudrait faire des travaux pour une meilleure séparation des réseaux puisque le réseau de récupération des eaux utilitaires sert également à collecter les eaux pluviales (hors zone procédé). Nous n'avons pas d'étude même au niveau APS (Avant-Projet Sommaire) sur une telle séparation, mais cela nécessiterait plusieurs centaines de mètres de tuyauterie avec des groupe de pompage plus quelques bacs intermédiaires, soit de 0.7 à 1.0 M€.

En ce qui concerne les incidents de production, des éléments relatifs à leur gestion ont été donnés dans la réponse à la Remarque n° 13 de l'Annexe 4. Ces éléments sont les suivants :

La récupération des eaux accidentelles nécessite de créer les circuits pour ne pas avoir à les traiter c'est-à-dire permettant de les rejeter mais de manière contrôlée (par exemple les condensats de vapeur vive de l'attaque, condensats de la monotubulaire, eaux des pompes à membranes accidentellement chargées en soude) : il pourrait s'agir de canaliser les flux vers un bac tampon avant envoi vers Mange Garri ou réutilisation éventuelle. De manière très approximative, cela nécessiterait des dépenses de 1500 k€, avec un délai de réalisation de 18 mois.

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante. Les eaux utilitaires, hors situation accidentelle, ne peuvent pas être rejetées sans être traitées au préalable mais ce traitement consiste uniquement en une élimination de la matière en suspension. Il s'agit donc d'un traitement relativement simple qui peut être mis en place indépendamment du circuit de traitement des eaux de procédé.

En ce qui concerne la gestion des incidents de production occasionnels sur les eaux utilitaires, celle-ci nécessite la réalisation de travaux importants, pour un coût de l'ordre de 1.5 M€. Il serait intéressant d'estimer la fréquence, l'intensité et la durée de ces incidents de production sur les dernières années, afin d'évaluer l'impact qu'ils pourraient avoir sur le milieu récepteur.

Un complément d'information a été demandé au pétitionnaire. Il est formulé ci-dessous à la Remarque n° 12.

Remarque n° 12 :

Il a été demandé au pétitionnaire de préciser comment sont récupérées les eaux pluviales.

Réponse du pétitionnaire :

Le pétitionnaire précise que des informations sur les systèmes de récupération des eaux pluviales sont données dans les schémas 29 et 30 présentés sur les pages 108 et 109 du 'Tome 1 – Partie 1 – Dossier technique' : les réseaux sont communs. Toutes les eaux pluviales

qui tombent hors des zones de procédé (routes, stockages et toitures) et qui ne sont donc pas susceptibles d'être polluées en soude sont dirigées, via les différents puisards de l'usine, vers le bac recevant les eaux utilitaires.

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante.

b) Réduction de la consommation d'eaux utilitaires

Comme indiqué dans l'analyse de l'alternative 3 « Recyclage dans le procédé » (paragraphe 4.1.3), des pistes de réduction de la consommation d'eaux utilitaires ont été identifiées. Elles permettraient de réduire d'environ 120 m³/h leur consommation et donc le volume d'eaux excédentaires à traiter.

Remarque n° 13 :

Des éléments de précision sur la mise en œuvre de ces projets ont été demandés à Alteo par le tiers expert.

Réponse du pétitionnaire :

Les projets de réduction du débit d'eaux utilitaires à son minimum sont décrits ci-dessous. Leur mise en œuvre nécessiterait 12 mois de travaux.

a) *Mise en circuit fermé des eaux des régulateurs des pompes à membranes (PM) : 80 k€ liés aux travaux suivant :*

Création de tuyauteries sur chaque pompe à membranes pour récupération des eaux perdues

Mise en place d'une sonde de conductivité et de ses vannes de détournement

Mise en place d'un bac de récupération avec sa pompe

Remise en service de la bâche de 30000 L

Déplacement du système de traitement d'eau

Création d'une vue IAS eau des pompes à membranes avec la position des vannes auto

Mise en place d'un historique de la conductivité

b) *Mise en circuit fermé de l'eau brute de refroidissement des Eaux Distillées Propres (i.e. condensats de vapeur vive) avant analyse et renvoi vers le Groupe Energétique + aéroréfrigérant pour refroidir la boucle d'eau brute : 50 k€*

c) *Récupération des condensats de la mono tubulaire vers bacs 51A et B : 16 k€ liés aux travaux suivant :*

Étude et réalisation d'une tuyauterie DN50 en acier de 160 mm cheminant sur racks existants, piquage au départ sur réseau DN 65 côté filtration blanche avec vanne d'isolement DN 50, raccordement sur réseau eau DN 150 sortie bac 103 avec une seconde vanne d'isolement DN50.

Pose d'un clapet DN 150 sur réseau eau DN 150.

d) Remplacement de l'Eau Distillée Sodique EDS (i.e. condensat de vapeur de procédé) par de l'eau brute pour la dilution des flocculants (gain eau brute car plus de refroidissement requis) : 4 k€ (Risque : teneur en zinc de l'eau à contrôler car le zinc réduit fortement l'efficacité du flocculant).

Pour ce qui est de l'alimentation des cuves de maturation, il n'y a pas de tuyauterie disponible, il faut faire un piquage avec vanne de purge et d'isolement du circuit d'eau brute vers le circuit actuel d'EDS. Quelques travaux de chaudronnerie sont nécessaires également ainsi que l'isolement du circuit d'eau brute réchauffée après échange vers bac 104 (récupère circuit provenant de l'échangeur sur EDS de préparation flocculant HX).

À noter qu'un complément d'informations a été apporté par le pétitionnaire à cette remarque et est consultable à l'Annexe 4.

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante mais nécessite un complément d'information qui est formulé dans la Remarque n° 14.

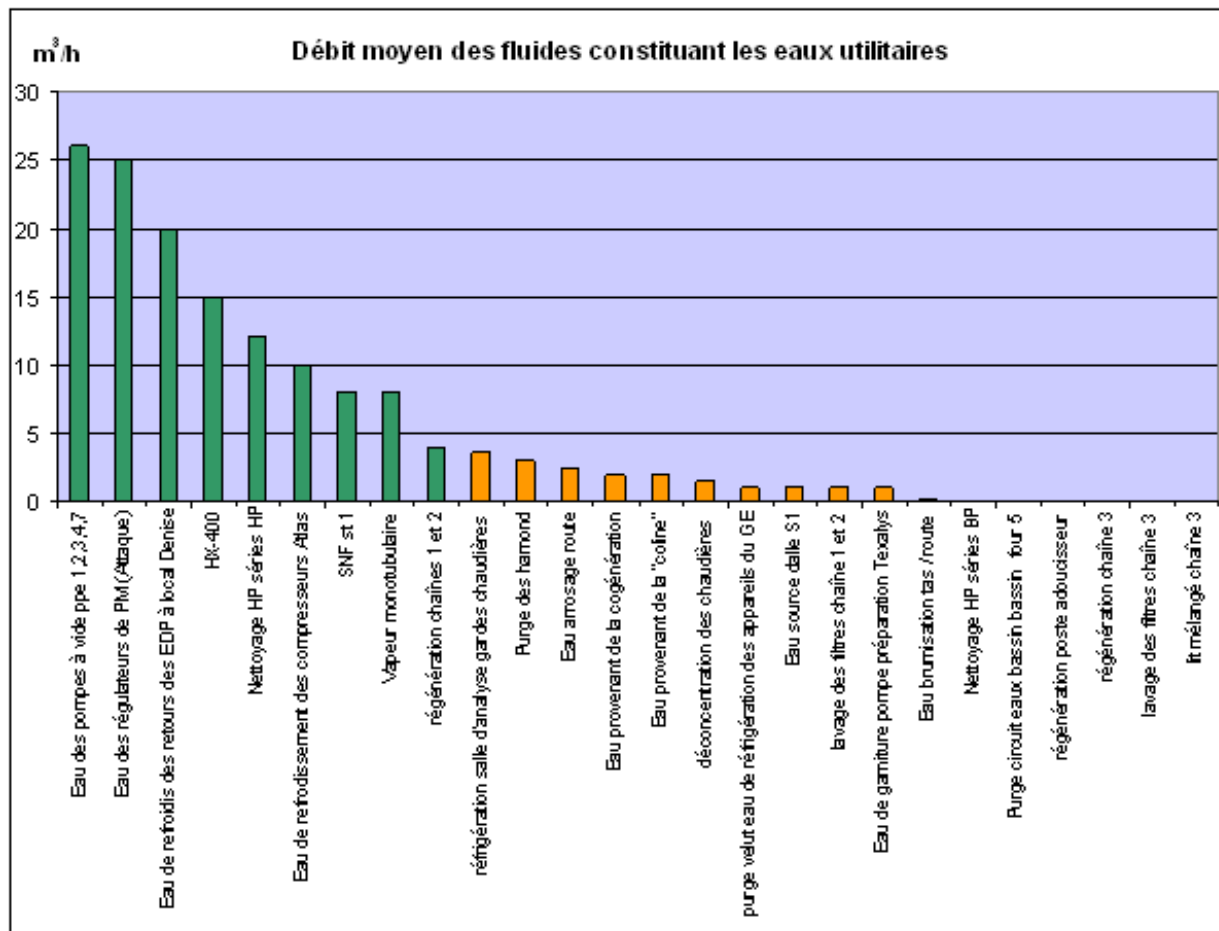
Remarque n° 14 :

Pour chacun des projets de réduction du débit d'eaux utilitaires, il est demandé au pétitionnaire de préciser les volumes d'eau qui seraient économisés.

Réponse du pétitionnaire :

Le pétitionnaire précise que les volumes d'eau économisés pour chacun des projets identifiés de réduction de la consommation des eaux utilitaires sont détaillés à la figure 25 de l'Annexe 2 du 'Tome 2'. Cette figure est reprise ci-après.

La liste donnée en réponse à la Remarque n° 13 n'est pas exhaustive. Les débits moyens qu'il est envisagé de réduire avec les projets cités sont, dans l'ordre, 25 m³/h pour l'eau des régulateurs des Pompe à Membranes, 20 m³/h pour l'eau de refroidissement des Eaux Distillées Propres, et 8 m³/h pour les condensats de la mono tubulaire et l'eau des flocculants.



Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante.

c) Réduction du débit d'eau brute pompée dans le canal de Provence

Le bilan des flux d'eau de l'usine (Figure 2) montre qu'un flux d'eau est pompé dans le canal de Provence et sert notamment de fluide d'accompagnement des effluents résiduels pour une utilisation optimale de la canalisation permettant le rejet en mer. Ce flux constitue a priori une variable d'ajustement du bilan eau de l'usine : son débit est donc variable en fonction d'événements particuliers tels que la quantité d'eaux pluviales récupérées par exemple. La possibilité de réduire ce débit est donc difficilement prévisible.

d) Réduction du débit de fonctionnement de la canalisation pour le rejet en mer

Au cours de la réunion de présentation du dossier et de visite du site de Gardanne le 9 octobre, Alteo a indiqué qu'il était peut-être possible de réduire le débit de la canalisation pour le rejet en mer de 270 m³/h à 200 m³/h en utilisant des diaphragmes (réductions de sections) positionnés à des points stratégiques de la canalisation. Cette réduction de débit pourrait notamment être obtenue via une réduction des consommations d'eaux utilitaires comme indiqué précédemment.

Des essais ont déjà été réalisés en ce sens et se sont avérés non concluants. Cependant, ils ont été réalisés pour le transport d'effluent avec des taux de MES élevés (120 000 mg/L) et ne sont donc pas représentatifs de la situation future (effluent avec un taux de MES < 35 mg/L). La réalisation de nouveaux essais de réduction de débit serait donc nécessaire afin de s'assurer de la faisabilité d'une telle solution.

Remarque n° 15 :

Il a été demandé au pétitionnaire de chiffrer le coût de ces essais ainsi que les bénéfices attendus et le délai éventuel de mise en œuvre.

Réponse du pétitionnaire :

Le coût de mise en place des diaphragmes (technologie vanne multijet) a été de 160 k€. Malgré les dysfonctionnements rencontrés alors (bouchage par corps étrangers), ce type de technologie n'est pas définitivement écarté pour une marche à l'eau de procédé filtrée. Le coût de remise en œuvre de ce type de diaphragme serait négligeable (car pas de nouvelle modification à effectuer). En revanche, le coût de fonctionnement annuel serait de 35 k€ pour le changement annuel de matériel (pièces et main d'œuvre comprises) vs 2 k€ actuellement.

La facture d'eau passerait de 800 à 600 k€/an (approximativement, par réduction proportionnelle au débit). Les gains attendus en termes de redevance à l'Agence de l'Eau sont nuls. En effet, le système de taxation se base sur les flux massiques annuels des paramètres indiqués dans le Tableau 6, lesquels demeurent identiques en cas de réduction du débit rejeté.

Tableau 6 : Taux de redevance 2016 à l'Agence de l'Eau

	Taux de redevance 2016
DBO5 (par kg)	0.22
DCO (par kg)	0.12
MES (par kg)	0.09
MI (Matières Inhibitrices) (par kéq)	1
Sels solubles (s/cm)*m3	0
N.R. (azote réduit) (par kg)	0.35
P. (phosphore total) (par kg)	1
Métox (métaux et métalloïdes) (par kg)	2.2

À noter qu'un complément d'informations a été apporté par le pétitionnaire à cette question et est consultable à l'Annexe 4.

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante. Le tiers expert tient à préciser qu'étant donné que la réduction du débit total rejeté est obtenue en réduisant le débit des eaux non chargées, cette réduction n'aura donc aucun impact sur les flux massiques annuels des différents éléments (tels que les métaux) rejetés en mer.

4.3.2. Solutions de traitement des effluents

Comme indiqué précédemment, une approche consistant à combiner des solutions de réduction des flux d'eau à traiter à une solution de traitement des effluents pourrait présenter un potentiel intéressant.

Les solutions de réduction des flux d'eau à traiter ont été présentées dans le paragraphe précédent. En ce qui concerne les solutions de traitement des effluents, au vu de l'analyse critique réalisée sur l'ensemble des alternatives et des sous-alternatives incluses dans le DDAE, seule la neutralisation à l'acide sulfurique suivie d'un traitement physico-chimique avant rejet en mer (sous-alternative 1) semble éventuellement envisageable. Cette solution combinée est décrite plus en détail dans la section 7. Il est important de préciser que seule une approche théorique sommaire a été utilisée pour décrire cette solution combinée, une étude spécifique serait donc nécessaire pour évaluer sa faisabilité technico-économique.

4.4. EXAMEN PAR LE BRGM DE L'IMPACT DE LA QUALITÉ DU MINÉRAI DE BAUXITE UTILISÉ À GARDANNE SUR LE REJET (ALTERNATIVE NON ÉTUDIÉE DANS LE DDAE)

La composition de l'effluent résiduel d'une raffinerie d'alumine dépend de plusieurs facteurs tels que la composition du minerai de bauxite utilisé, et des variantes de procédé Bayer mis en œuvre. Ce paragraphe fait un point sur la composition du minerai de bauxite actuellement consommé dans l'usine de Gardanne, et sur l'éventuel avantage que pourrait constituer un changement de minerai vis-à-vis de la teneur en arsenic dans l'effluent à traiter.

Le minerai de bauxite utilisé à Gardanne provient de la mine de Boké, en Guinée, exploitée par CBG (Compagnie des Bauxites de Guinée). Les bauxites de Guinée font partie des meilleures bauxites au monde en raison de leur teneur très élevée en alumine trihydratée (la gibbsite, $\text{Al}(\text{OH})_3$) et en alumine monohydratée (la boehmite $\text{AlO}(\text{OH})$). En particulier, la bauxite consommée à Gardanne contient actuellement environ 50 % d'alumine (Al_2O_3) dont environ 42 % sous forme d'alumine trihydratée, 6 % sous forme monohydratée et le solde sous forme de kaolinite ou lié à la goethite substituée. Afin de pouvoir valoriser au mieux ce minerai de bauxite, un design spécifique de l'étape d'attaque du procédé Bayer a été mis au point à Gardanne.

À titre de comparaison, les gisements d'Australie occidentale ne contiennent que 35 % environ d' Al_2O_3 mais ces minerais ne sont pas exportés et sont exploités dans des usines adaptées à la gestion de quantités très significatives de résidus. Au Nord-Est de l'Australie, la mine de Weipa produit une bauxite avec une teneur très élevée en alumine, 54 % (qualité standard avec une teneur élevée en monohydrate) ou 51 % (qualité premium avec très peu de monohydrate).

Remarque n° 16 :

L'utilisation d'un minerai ayant une teneur plus importante en alumine que le minerai actuellement consommé à Gardanne permettrait de réduire la quantité de résidus produits. Il a donc été demandé au pétitionnaire si le minerai produit par la mine de Weipa pourrait être utilisé.

Réponse du pétitionnaire :

Les bauxites de la mine de Weipa (Australie) ne peuvent pas être utilisées à Gardanne car elles contiennent 2 fois plus de matières organiques que la bauxite de Boké.

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante. Elle confirme la forte dépendance d'un procédé Bayer, et en particulier de celui mis en œuvre à Gardanne, au minerai entrant dans l'usine.

Dans la bauxite utilisée à Gardanne, les composants autres que l'alumine et l'eau sont essentiellement des oxydes et hydroxydes de fer ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeOOH}$), des oxydes de titane (TiO_2), un peu de silice résiduelle (moins de 2 %), un peu de matière organique (de l'ordre de 0.12 % exprimée en carbone organique), un peu de carbonates, un peu de phosphate (P_2O_5 , 0,1 à 0,2 %) et divers éléments trace (tous <0,1 %) dont l'arsenic.

Remarque n° 17 :

Des éléments de composition (notamment les teneurs en aluminium, fer et arsenic) du minerai de bauxite utilisé dans l'usine de Gardanne ont été demandés au pétitionnaire.

Réponse du pétitionnaire :

L'analyse des éléments majeurs est faite de manière systématique pour le contrôle du procédé. La composition moyenne du minerai de bauxite sur l'année 2012 est la suivante : 50.3 % Al_2O_3 , 17.2 % Fe_2O_3 , 2.1% SiO_2 : 2.1 %. Pour l'arsenic, seules des analyses ponctuelles sont disponibles. Des analyses ponctuelles réalisées en 2013 ont donné 8 mg/kg pour la bauxite.

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante.

En ce qui concerne la composition en arsenic des autres bauxites dans le monde, les exploitants de bauxite analysent, pour leurs calculs de ressources et de réserves et pour l'orientation de l'exploitation, les oxydes des éléments majeurs (principalement Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 et perte au feu, accessoirement K_2O , Na_2O , CaO , MgO , P_2O_5 , et parfois MnO , V_2O_5 et Cr_2O_3). Ils se préoccupent peu des éléments traces et ne les analysent pas ou seulement exceptionnellement. Il n'existe donc pas de base de données exhaustive des teneurs en éléments traces (dont l'arsenic) dans les bauxites. Ces éléments traces ne sont analysés qu'occasionnellement, pour des travaux de recherche. Par exemple, Bardosy et Aleva (1990) ont publié un tableau de composition chimique moyenne des bauxites extrait du travail de Bronevoi et al. (1985) qui indique une teneur moyenne en arsenic de 19 à 115 ppm par gisements, avec une moyenne globale de 48 ppm. Il serait cependant important de vérifier dans l'article de Bronevoi et al. (1985 – en russe) le niveau de représentativité de la base de données utilisée ainsi que l'éventuelle variabilité géographique des teneurs trace en arsenic. La valeur ponctuelle de 8 ppm d'arsenic pour le minerai de bauxite utilisé sur le site de Gardanne est donc une valeur basse des teneurs des gisements mondiaux citées par Bardosy et Aleva (1990).

En l'absence de données analytiques suffisamment exhaustives et statistiquement fiables sur les éléments traces présents dans les diverses bauxites du monde, il est impossible de savoir si les bauxites de Guinée sont plus ou moins riches que d'autres en arsenic. Toutefois, les

quelques données disponibles conduisent à penser que les bauxites guinéennes ne sont pas significativement plus riches que d'autres en arsenic.

En conclusion, même si un changement du minerai de bauxite consommé à Gardanne pourrait influencer légèrement la teneur en arsenic de l'effluent résiduel, il est très peu probable que ce seul changement induise une réduction significative de la teneur en arsenic dans l'effluent. En revanche, un changement du minerai de bauxite aurait de fortes conséquences sur l'usine, et notamment :

- Risques très forts de perturber le rendement de l'usine et le fonctionnement des équipements, les conditions opératoires étant spécifiques à la composition de chaque minerai de bauxite (teneurs en aluminium, fer, silice, matières organiques, etc.). De plus, l'obtention d'un fonctionnement stable de l'installation nécessite une très longue période. Il y aurait donc un risque de perte de rentabilité de l'installation ;
- Augmentation des coûts d'achat du minerai, en raison de difficultés d'accès à d'autres minerais de bauxite (qui s'accompagne également d'un risque sur les teneurs en alumine de ce nouveau minerai) et d'un positionnement défavorable pour négocier les prix d'achat du nouveau minerai ;
- Risque éventuel d'augmenter la composition en éléments autres que l'arsenic dans l'effluent résiduel, en fonction de la composition du minerai utilisé.

4.5. ÉLÉMENTS SUR LA QUALITÉ DES ESSAIS EXPÉRIMENTAUX

Ce paragraphe aborde les aspects relatifs notamment à la caractérisation des effluents et à la représentativité des essais réalisés pour l'étude des alternatives et sous-alternatives présentées dans le dossier.

4.5.1. Caractérisation des effluents

La caractérisation des effluents est un point important à considérer car elle conditionne la fiabilité des résultats présentés.

La caractérisation des effluents actuels ou futurs a été confrontée à plusieurs difficultés. Ces difficultés et les méthodes utilisées pour les gérer sont présentées dans l'Annexe 8 du 'Tome 2' et sont synthétisées dans le 'Tome 2 – Partie 2 – 15. Analyse des méthodes et difficultés'.

a) Caractérisation de l'effluent actuel

Les échantillons de l'effluent actuel ont été prélevés en sortie d'usine au niveau des pompes juste en amont de la canalisation de transfert vers la mer.

Il est indiqué que la très forte charge en matières en suspension de l'effluent actuel a induit des difficultés pour sa caractérisation. En effet, il n'a pas été possible de dissoudre la totalité du solide, d'où un biais significatif des analyses. Il a donc été nécessaire de séparer la phase solide de la phase liquide pour réaliser 2 analyses distinctes et précises. Ce sont les résultats obtenus sur des fractions séparées qui ont été retenus (après confrontation avec des données historiques sur les rejets de l'usine de Gardanne).

Remarque n° 18 :

Des informations complémentaires relatives aux méthodes utilisées historiquement pour caractériser les rejets de l'usine de Gardanne ont été demandées au pétitionnaire.

Réponse du pétitionnaire :

Habituellement, Alteo procède à une séparation solide-liquide avant analyse de la partie solide de l'effluent par X-fluorescence, et de la partie liquide pour dosage de la soude totale. Les premières analyses de l'effluent actuel par Eurofins pour Biotox ont été réalisées par minéralisation directe de l'aliquote de l'effluent fortement chargé en MES sans séparation solide-liquide. Il s'est avéré qu'il subsistait ainsi une quantité importante d'insolubles, biaisant de ce fait l'analyse des métaux. Il a donc été convenu avec Biotox d'effectuer les analyses après séparation solide-liquide ; celles-ci se sont révélées proches des valeurs mesurées par l'usine de Gardanne.

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante.

Remarque n° 19 :

La fraction solide (appelée « précipités » dans l'Annexe 8 du 'Tome 2') a été récupérée par décantation et n'a pas fait l'objet d'un lavage avant son analyse. Il a été indiqué au pétitionnaire qu'il était donc possible que les résultats soient partiellement biaisés en raison de la présence d'eau résiduelle (dont les teneurs en métaux correspondent à celles de la phase dissoute) dans l'échantillon.

Réponse du pétitionnaire :

En raison de la présence d'eau résiduelle dans la fraction solide récupérée, il est effectivement possible que les résultats soient partiellement biaisés. Ce biais a pu conduire à une légère surestimation des concentrations en forme particulaire, notamment pour les éléments pour lesquels la forme dissoute est significative (exemple : aluminium). Cette surestimation est un facteur majorant qui est de nature à rendre encore plus robuste l'évaluation des risques environnementaux.

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante.

L'étude présentée à l'Annexe 8 du 'Tome 2' visait également à caractériser l'effluent après précipitation des hydrotalcites, afin d'évaluer l'abatement des métaux associé à cette réaction. Il est indiqué que la récupération des « floculats » (obtenu après tamponnage à l'eau de mer, correspondant ainsi aux hydrotalcites) a été difficile d'où l'obtention de résultats partiellement faussés.

Remarque n° 20 :

Il a été demandé au pétitionnaire de préciser comment les difficultés associées à la récupération du floculat après tamponnage à l'eau de mer ont été surmontées de façon à évaluer correctement la quantité d'éléments contenus dans les hydrotalcites.

Réponse du pétitionnaire :

Au vu des difficultés analytiques rencontrées par le laboratoire EUROFINS (récupération du floculat qui se remet rapidement en suspension), Alteo a confié au laboratoire de recherche ECOMERS une étude complémentaire sur les hydrotalcites. ECOMERS a procédé à une

centrifugation, filtration, puis séchage au four à 40°C. L'approche quantitative sur les hydrotalcites et le piégeage associé se sont basés uniquement sur les résultats obtenus par ECOMERS.

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante.

b) Caractérisation de l'effluent futur

Les échantillons de l'effluent futur ont été reconstitués en laboratoire à partir de prélèvements dans les différents flux constituant le futur effluent résiduel en conservant les ratios correspondant à la contribution de chacun de ces flux à l'effluent résiduel. Ces échantillons composites représentent les effluents tels qu'ils seront après la filtration sous pression et avant le rejet en mer.

Il est indiqué qu'en raison de la très faible teneur en matières en suspension, il s'est avéré impossible de quantifier de manière fiable les métaux contenus dans la phase particulaire. Par souci de représentativité des analyses et dans une démarche pénalisante, il a été retenu les concentrations en métaux déterminées lors de l'analyse de la phase particulaire de l'effluent actuel. Cette hypothèse est scientifiquement valide dans la mesure où les étapes de filtration n'amènent pas de changement dans la composition chimique du résidu solide.

Remarque n° 21 :

Les résultats présentés à l'Annexe 8 du 'Tome 2' montre une variabilité notable des caractéristiques physiques et chimiques de l'effluent futur. Il a donc été demandé au pétitionnaire d'indiquer comment cette variabilité avait été appréhendée.

Réponse du pétitionnaire :

Il est précisé dans le dossier (notamment à la page 129 du 'Tome 2 - Partie 1 – 2. Description') que « les concentrations présentant une certaine variabilité en fonction des paramètres, il a été pris en considération les valeurs majorantes pour définir les futurs concentrations maximum sur 24h de l'effluent ». Ainsi, par exemple :

- *MES : La valeur retenue (35 mg/l) n'est pas une valeur mesurée, mais une valeur maximale garantie par le système de traitement.*
- *Formes dissoutes : Des analyses des formes dissoutes ont été réalisées sur 3 lots de 3 échantillons. Dans une approche majorante, nous avons retenu la moyenne maximale des 3 lots.*
- *Formes particulières : les valeurs mesurées sur la fraction solide ont été comparées aux valeurs connues historiquement sur le résidu solide. Lorsque les valeurs mesurées dans le cadre de ce dossier étaient inférieures aux mesures historiques, nous avons retenu les valeurs majorantes. C'est notamment le cas pour l'arsenic avec une valeur à 41 mg/kg retenue.*

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante.

4.5.2. Représentativité des essais

La représentativité des essais réalisés est conditionnée par plusieurs facteurs, tels que les volumes d'échantillons utilisés au regard des objectifs visés et la réalisation de réplicats.

Remarque n° 22 :

Les précisions ci-dessous ont été demandées au pétitionnaire :

- Quel est le volume des échantillons qui ont été utilisés pour la caractérisation de l'échantillon futur ?
- Sur quel volume ont été réalisés les tests avec le filtre sous pression ?

Réponse du pétitionnaire :

- *6 échantillons de 34,4 litres chacun ont été constitués pour la caractérisation de l'échantillon futur.*
- *Les tests de filtration sous pression ont été réalisés à partir d'un récipient de 4.75 litres, suivant la méthodologie préconisée par le fournisseur de filtre (société Gaudfrin) pour que des garanties puissent être données sur les résultats de ces tests.*

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante.

Remarque n° 23 :

Dans le 'Tome 2 – Partie 1 – 2. Description' (page 107), il est indiqué que la quantité d'hydrotalcites formés au moment du rejet de l'effluent actuel avec l'eau de mer a été évaluée pour un volume de 40 mL d'effluent puis extrapolé au volume global du rejet soit 270 m³/h. Il a donc été demandé au pétitionnaire si un tel changement d'échelle ne pouvait pas induire des différences dans les résultats réels.

Réponse du pétitionnaire :

L'échantillon étant représentatif il n'y a pas de raison que cela diffère significativement.

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

Les résultats d'essais expérimentaux sont entachés d'une incertitude plus ou moins importante liée notamment aux instruments d'analyse/mesure utilisés et à la mise en œuvre du protocole expérimental (prise en compte du changement d'échelle). Il aurait donc été opportun de réaliser des essais avec un volume plus important pour limiter les incertitudes sur l'extrapolation.

N.B. : L'Annexe 12 du 'Tome 1', incluant la réalisation d'essais expérimentaux relatifs à l'étude des conditions opératoires pour le traitement physico-chimique de l'effluent, a déjà fait l'objet d'un commentaire sur cet aspect (Commentaire n° 1). Ces éléments ne sont pas répétés ici.

4.5.3. Comparaison en flux maximum annuels des rejets actuels et futurs

Remarque n° 24 :

Pour faciliter la compréhension de cette remarque, les flux Q_1 (actuel), Q_1 (futur), Q_2 (actuel) et Q_2 (futur) ont été définis de la façon suivante :

Avant rejet en mer		Après précipitation des hydrotalcites	
Flux annuel actuel Q_1 (actuel)	Flux annuel futur Q_1 (futur)	Flux annuel actuel Q_2 (actuel)	Flux annuel futur Q_2 (futur)

Dans le 'Tome 2 – Partie 1 – 2. Description', le taux d'abattement indiqué dans le tableau 22 (page 144) compare le flux maximum annuel rejeté actuellement avant formation des hydrotalcites Q_1 (actuel) au flux futur maximum annuel qui sera rejeté en tenant compte du piégeage par les hydrotalcites Q_2 (futur). Or, une comparaison rigoureuse des effluents actuels et futurs nécessite de prendre en compte le piégeage par les hydrotalcites de la même façon dans les 2 situations. Les comparaisons possibles sont donc : Q_1 (actuel) vs Q_1 (futur), Q_2 (actuel) vs Q_2 (futur). Il a donc été demandé au pétitionnaire de présenter ces taux d'abattement.

Réponse du pétitionnaire :

Seule une partie de la réponse du pétitionnaire est présentée ci-dessous. La réponse détaillée est incluse dans la Remarque n° 55 de l'Annexe 4.

Le Tableau 7 présente les résultats conformément à la demande du tiers expert.

Tableau 7 : Comparaison des flux maximum annuels rejetés entre la situation actuelle et la situation future (i.e. après filtration sous pression)

Paramètres	Taux d'abattement en flux annuel après réaction avec l'eau de mer et piégeage des hydrotalcites du flux futur (par rapport au rejet actuel) ⇔ Comparaison Q_2 (futur) à Q_1 (actuel) (présenté dans le 'Tome 2 – Partie 1 – 2. Description')	Taux d'abattement en flux annuel après réaction avec l'eau de mer et piégeage des hydrotalcites du flux futur (par rapport au rejet actuel résiduel après précipitation d'hydrotalcites) ⇔ Comparaison Q_2 (futur) à Q_2 (actuel)
pH	Tamponnage pH eau de mer	Tamponnage pH eau de mer
DCO	33.33%	33.33%
DBO ₅	20.00%	20.00%
Aluminium	99.26%	98.65%
Fer total	99.97%	99.95%
Arsenic	93.56%	88.01%

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante.

4.6. CONCLUSIONS

L'analyse critique par le BRGM des alternatives étudiées par Alteo et incluses dans le DDAE confirme que les 5 solutions alternatives au « Rejet en mer » peuvent être écartées en raison d'incertitudes sur l'applicabilité de certaines techniques et/ou de leur coût excessif. Le rejet en mer des eaux excédentaires nous semble donc inévitable dans le contexte de l'usine de Gardanne.

La solution choisie par Alteo est la filtration sous pression afin d'éliminer les matières solides contenues dans l'effluent avant son rejet en mer. Cette solution permet d'abattre les métaux associés à la matière en suspension mais n'a pas d'effet sur les métaux dissous, dont les teneurs résiduelles restent supérieures aux valeurs limites réglementaires. Le tiers expert propose donc que l'étude de la sous-alternative 1, consistant en un traitement de l'effluent avec notamment une neutralisation à l'acide sulfurique, permettant une élimination des métaux résiduels, soit approfondie. En particulier, la combinaison de solutions de réduction des flux à traiter avec la neutralisation à l'acide mériterait d'être évaluée afin de statuer sur sa faisabilité technico-économique, d'identifier les impacts environnementaux associés et donc d'évaluer sa pertinence de mise en œuvre.

5. Analyse multicritère de l'ensemble des solutions de traitement étudiées

L'étude et la comparaison des six solutions alternatives dont la solution de rejet en mer et des cinq solutions de traitement complémentaire en cas de rejet en mer (mentionnés également comme les cinq sous-alternatives) est basée sur une méthode d'analyse multicritère. Cette méthode, sa mise en œuvre et l'analyse des solutions qui en découlent sont détaillées :

- Dans le 'Tome 2 - Partie 1 – 1. Esquisse des solutions' du DDAE pour la comparaison des six solutions alternatives ;
- Dans le rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives pour la comparaison des cinq solutions de traitement complémentaire en cas de rejet en mer.

Ces deux documents sont les expertisés dans le cadre de ce chapitre.

Au niveau méthodologique, la même approche a été retenue pour l'analyse multicritère (AMC) des alternatives et des sous-alternatives. Toutes les remarques d'ordre méthodologique sont donc communes à ces deux AMC (cf. § 0, 5.2 et 5.4). Les remarques et recommandations formulées à la lecture de ce document s'appliquent donc également au deuxième document mentionné précédemment pour les aspects méthodologiques. Seul le paragraphe 5.3 est spécifique aux deux analyses menées.

Dans le cas présent, les analyses multicritères peuvent permettre de réaliser, comme son nom l'indique, une analyse en prenant en compte différents critères constitués par les enjeux de toute nature associés au choix technologique des solutions envisagées, à l'implantation de ces installations et aux conséquences possibles associées au fonctionnement de ces installations. L'analyse multicritère permet de structurer l'analyse des différentes alternatives, de s'assurer de l'homogénéité de l'analyse qui peut être faite de ces différentes solutions et de rechercher une solution « optimale » en toute transparence sous réserve que l'ensemble des choix d'ordre méthodologique influençant les résultats des AMC soient décrits de manière exhaustive.

Les résultats des AMC dépendent ainsi :

- Du choix des critères (et des sous-critères) retenus pour l'évaluation des solutions ;
- Des règles établies pour la notation des critères et sous-critères (exemple, si le CAPEX est supérieur à 10M€, alors la note obtenue pour le critère « CAPEX » est maximale) ;
- De la méthode d'agrégation des critères permettant d'obtenir une (ou plusieurs) notes globales permettant de classer les différentes solutions par ordre d'intérêt.

5.1. MÉTHODOLOGIE DÉVELOPPÉE

La méthode d'agrégations, de sélection et d'évaluation des solutions alternatives est bien décrite et expliquée, notamment grâce à l'exemple décrit (cf. §2.2.3). Elle se décompose en deux temps.

Dans un premier temps (étape 1, 2 et 3), l'objectif est de « discriminer les solutions qui n'ont pas de sens », et de sélectionner « une (ou plusieurs) solutions opérationnelles ayant un minimum d'impact environnemental » en évaluant i) le risque (ou faisabilité) et ii) les enjeux environnementaux associés à chaque solution. Formulé autrement, la méthode mise en œuvre a pour objectif de sélectionner, parmi les solutions étudiées, les solutions « faisables et nécessitant des mesures de gestion de risques et d'impacts raisonnables ».

Pour ce faire, la méthode consiste à ne considérer que les critères pour lesquels les notes attribuées correspondent à un risque fort (c'est-à-dire que des « moyens importants sont à mobiliser pour contrôler les risques » associés à la solution étudiée) ou très forts (« la solution n'est pas réaliste ou gérable »). La somme des notes des critères de risques forts à très forts permet de calculer une note globale qui évalue la faisabilité de la solution. Des critères de notation (cf. tableau 5 du 'Tome 2 - Partie 1 – 1. Esquisse des solutions') permettent de traduire cette note globale en niveaux de risques faible à très fort. Les solutions présentant un risque fort ou très fort en faisabilité sont considérées comme présentant des « impossibilités techniques » et sont donc écartées.

De la même manière, pour les critères relatifs aux enjeux environnementaux, seuls les critères pour lesquels les notes attribuées correspondent à un impact fort à très fort sont considérés. La somme de ces notes est traduite en termes de niveau d'impact faible à très fort (cf. tableau 5 du 'Tome 2 - Partie 1 – 1. Esquisse des solutions'). Les solutions présentant un niveau d'impact fort ou très fort sont considérées comme présentant des « risques environnementaux majeurs » et sont donc écartées.

Dans un deuxième temps (étape 4), l'objectif est de sélectionner la « meilleure solution parmi les solutions alternatives qui restent » avec une approche plus classique. L'ensemble des critères est alors pris en compte quelle que soit la note obtenue critère par critère. Une note globale, correspondant à la somme des notes des critères, est attribuée.

5.1.1. Transparence de la méthode

La méthodologie est décrite de manière détaillée, et répond ainsi aux exigences de transparence associée à de telle méthode.

Remarque n° 25 :

Pour assurer une complète transparence, il a été demandé au pétitionnaire d'explicitier la manière dont sont notés les enjeux environnementaux présentant des impacts positifs, élément non indiqué dans la présentation de la méthodologie. Seules les règles établies pour la notation des impacts environnementaux négatifs sont bien décrites et détaillées (cf. tableau 4 du 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions'). Les règles relatives à la notation des risques sont également précisées dans ce même document.

Réponse du pétitionnaire :

L'analyse multicritère ne contient que très peu de notes positives qui, de surcroît, ne sont pas comptabilisées puisque toutes les solutions alternatives ont été éliminées à l'issue de l'étape 3

(p18 du 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions'). Ainsi, dans un souci de simplification du document, nous n'avons pas jugé nécessaire de détailler les éléments de description correspondant aux notes positives.

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

Effectivement, peu de notes positives ont été attribuées mais dans un souci de transparence, il pourrait être opportun de rajouter les éléments manquants.

5.1.2. Justification de la méthode

Commentaire n° 5 :

Il aurait pu être opportun pour le pétitionnaire de préciser si cette méthode a été développée spécifiquement pour cette analyse, si elle a été utilisée dans d'autres situations, etc. En effet, aucune précision n'est apportée à ce sujet. Des compléments d'informations sur ce sujet permettraient d'asseoir la crédibilité de la démarche retenue.

Commentaire n° 6 :

De la même manière, pour asseoir la crédibilité de la démarche retenue et la légitimité des résultats, il aurait pu être opportun pour le pétitionnaire de préciser :

- pour la conception de la méthode, la qualité des experts auteurs de l'AMC (domaine d'expertise, positionnement par rapport au projet, ...) ou consultés pour la validation des choix méthodologiques (approche en 4 étapes) ;
- pour la mise en œuvre de la méthode et notamment pour le choix des critères retenus, l'échelle de notes des critères, la notation des critères, le seuil utilisé à l'étape 3 pour écarter des « solutions qui n'ont pas de sens », le principe retenu de considérer à un même niveau d'importance les critères (pondération de 1), qui a participé, a été consulté, à quel degré et à quel titre ?

5.1.3. Remarques générales sur la méthode, cohérence et pertinence

a) Étapes 1, 2 et 3 de la méthode

Aux étapes 1, 2 et 3, la méthode est discriminante et pénalisante et cherche à identifier les « impossibilités techniques » ou les solutions ayant des « impacts environnementaux majeurs » pour les écarter. La méthode utilisée est cohérente vis-à-vis de cet objectif.

Les règles établies sont les suivantes (voir description de l'étape 3 en page 18 du 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions') :

- Les solutions pour lesquelles le risque associé est évalué comme étant « fort » à « très fort » (note globale de risque inférieur à -7) sont écartées car considérées comme « présentant des impossibilités techniques ».

La note globale de risque est évaluée comme étant la somme des notes des critères de risque de -3 ou -9. En considérant l'échelle des notes retenues pour les critères risques (de 0, -1, -3 à -9), dès lors qu'une solution présente un critère de risque évalué comme étant très fort (note de -9), c'est-à-dire que vis-à-vis de ce critère « la solution n'est pas réaliste /gérable » (cf. premier tableau en page 13 du 'Tome 2 - Partie 1 – 1. Esquisse des solutions') la note globale dépasse le seuil des -7 et la solution est donc écartée ce qui est cohérent. Le seuil établi à -7 écarte aussi de fait des solutions qui présentent à minima trois critères de risques évalués comme « forts » (note de -3). Pour trois critères de risques

évalués comme « fort » c'est-à-dire pour lesquels « des moyens importants sont à mobiliser pour le contrôler » (cf. p13 indiquée précédemment), la solution est écartée (note globale < -7) et considérée comme « présentant des impossibilités techniques » suivant la terminologie utilisée.

- Les solutions qui obtiennent une note globale d'impact environnemental « fort » à « très fort » (note inférieure à -7) sont écartées car considérées comme « présentant un risque environnemental majeur ».

La note globale d'impact est évaluée comme étant la somme des notes des critères d'impact de -3 ou -9. Une solution présentant donc un impact négatif « très fort » sur un critère (note de -9), comme une solution ayant trois critères d'impact évalués comme « fort » (note de -3) est écartée ; cette solution est alors considérée comme présentant un « risque environnemental majeur » suivant la terminologie utilisée.

Recommandation n° 3 :

Les explications du Tableau 5 du 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions' (page 18) pourraient être améliorées. Ce tableau est rappelé ci-dessous.

Notes	Risque ou impact environnemental	Explications
0	Faible	Aucun critère « très fort » (-9), ni « fort » (-3)
-3 à -6	Moyen	Aucun critère « très fort » (-9)
-7 à -17	Fort	1 critère « très fort » maximum (-9)
< -17	Très fort	>1 critère « très fort » (-9)

Il est indiqué dans ce tableau qu'une note globale de risque ou d'impact évaluée entre -7 à -17 (risque ou impact « fort ») correspond à l'attribution d'une note -9 à un des critères considérés, ce critère étant donc évalué comme « très fort ». Or, cette note pourrait aussi être atteinte si 3 à 5 critères sont évalués comme étant « forts » (attribution d'une note -3) puisque la note globale obtenue serait alors comprise entre -9 et -15.

Recommandation n° 4 :

Une formulation plus adaptée mériterait d'être envisagée pour qualifier les solutions écartées. Les solutions avec trois critères de risque évalués comme étant « forts » ne sont pas nécessairement des solutions présentant des « impossibilités techniques » comme le laisse sous-entendre le texte explicatif de la méthode en page 18 du 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions'. La même remarque peut être faite quant à l'utilisation de la mention « risque environnemental majeur » pour les solutions écartées en raison de la note globale d'impact obtenue.

Il est à noter que cette approche est discriminante. Dans les faits, étant donné que les premières étapes de l'AMC définies ici visent à ne conserver que les solutions faisables et nécessitant des mesures de gestion de risques et d'impacts raisonnables, toutes les solutions sont écartées à l'étape 3 à l'exception de la sous-alternative « filtration sous pression avant rejet en mer ». L'analyse qui pourrait être faite en étape 4 (avec l'ensemble des critères considérés avec un même niveau d'importance) n'est donc pas réalisée puisque toutes les solutions sauf une sont écartées en amont.

L'évaluation des critères suivant l'échelle de note de 0 à -9, et notamment l'attribution d'une note -3 ou -9 (risque ou impact fort à très fort) a des conséquences importantes et conditionnent fortement les résultats de l'AMC.

b) Étape 4 de la méthode (sélection de la meilleure des solutions)

Après une première sélection (étape 1 à 3), l'étape 4 de la méthode a pour objectif de sélectionner la meilleure des solutions selon les critères identifiés. C'est une approche plus classique. La méthode d'agrégation utilisée est la somme de tous les critères (quelle que soit la note obtenue) ce qui sous-tend que tous les critères sont considérés à un même niveau d'importance (pondération de 1). C'est une des méthodes d'agrégation possible, avec des avantages (simplicité et facilité de compréhension) et ses inconvénients comme toute autre méthode d'agrégation.

L'étape 4 considère l'ensemble des critères pour évaluer une solution. Elle apporte une vraie vision multicritères. On n'est plus dans une approche pénalisante comme aux étapes 1, 2 et 3, dans lesquelles ne sont pris en compte que les critères qui constituent un risque technique ou un impact environnemental fort ou très fort.

Commentaire n° 7 :

Un point mérite d'être précisé au sujet de l'évaluation des critères, dans le cas où un critère est évalué à partir de la note des sous-critères associés : le principe retenu pour l'évaluation des critères à partir des sous-critères, à savoir que le critère prend la note la plus défavorable des sous-critères, est pertinent vis-à-vis de l'approche pénalisante des étapes 1 à 3, mais n'est pas forcément très adapté pour l'étape 4. Cette considération d'ordre méthodologique n'a pas d'impact sur la comparaison des solutions et les conclusions auxquelles le pétitionnaire peut aboutir, puisque le seuil fixé pour écarter les solutions à l'étape 3 a pour conséquence d'écarter toutes les solutions sauf une. L'étape 4 décrite dans les paragraphes relatifs à la méthode n'a donc en réalité pas été menée.

5.2. MISE EN ŒUVRE DE LA MÉTHODE

5.2.1. Alternatives étudiées

Les alternatives retenues pour être comparées par les analyses multicritère sont expertisées dans les chapitres précédents.

Tous les commentaires faits dans ce chapitre « 5. Analyse multicritère de l'ensemble des solutions de traitement étudiées » se basent sur les alternatives telles que décrites dans le chapitre 3 (présentation détaillée des alternatives) du 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions' et le chapitre 3 du rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives.

5.2.2. Choix et structuration des critères et des sous-critères

Le choix des critères à prendre en compte dans les AMC est laissé à la libre appréciation des auteurs en fonction de la question à laquelle doit répondre l'AMC (objectif, contexte). Ce choix doit néanmoins se baser sur un certain nombre de principes, à savoir (European Commission, 2006) :

1. « les critères doivent être définis avant de réaliser l'analyse, à partir de règles connues et acceptées de tous » ;
2. « ils doivent tenir compte de tous les points de vue », en d'autres termes, il faut chercher à être exhaustif pour prendre en compte l'ensemble des différentes problématiques ; Les

critères doivent être suffisamment nombreux et précis pour bien discriminer entre eux les différents choix technologiques ;

3. « ils ne doivent pas être redondants entre eux (une même préoccupation ne doit pas être prise en compte dans plusieurs critères) », pour éviter de majorer l'importance attribuée à une dimension d'analyse ;
4. ils doivent former un ensemble cohérent qui aboutit à des résultats plausibles et incontestables.

Remarque n° 26 :

Aucun élément n'est donné pour justifier le choix des critères retenus et leur positionnement en critères/sous-critères, or cela conditionne les résultats de l'AMC, sachant qu'ils ne sont pas traités de la même façon dans la méthodologie développée ici.

Il a donc été demandé au pétitionnaire de :

- Donner des éléments de justification du choix des critères ;
- Donner des éléments de justification des positions des éléments pris en compte en critères ou sous-critères ;
- d'indiquer si les aspects « consommation de matières dangereuses » et « délai de mise en œuvre industrielle », mentionnés dans le courrier du préfet du 29 septembre 2014 comme faisant partie des critères devant être pris en compte, ont effectivement été considérés même s'ils n'apparaissent pas dans l'AMC en tant que critère. En particulier pour l'aspect « délai de mise en œuvre industrielle », il semblerait que les délais associés aux travaux et aux procédures réglementaires sont bien pris en compte contrairement aux délais nécessaires aux études complémentaires pour les APS/APD notamment des alternatives.

Réponse du pétitionnaire :

- *Le choix des critères et sous-critères a été présenté aux services de l'État (DREAL, DDTM, Préfecture maritime, Agence de l'Eau, ARS, Parc National des Calanques) lors des comités de pilotage qui ont eu lieu entre juillet 2011 et septembre 2013. Les critères considérés et les notes attribués sont la synthèse par Alteo des discussions au sein de ce comité de pilotage.*
- *À titre d'exemple, les éléments « Impacts en phase travaux », « Situation accidentelle » et « Réversibilité » ont été positionnés en tant que critères environnementaux à la demande des services de l'État.*
- *La consommation de matières dangereuses est un paramètre qui est pris en compte dans l'analyse multicritère car l'utilisation de ces matières a un effet induit sur des critères tels que les situations accidentelles / risques induits, les usages, le transport et le trafic.*
- *Pour le délai de mise en œuvre industrielle, il est exact que les délais associés aux études complémentaires pour les APS/APD n'ont pas été pris en compte séparément. Nous avons remis, à la demande du préfet, un planning de mise en œuvre de chaque solution alternative et sous-alternative ; ce planning montre que la prise en compte de ces paramètres dans l'analyse multicritère viendrait diminuer la note de faisabilité des différentes solutions alternatives à la solution retenue. A noter que les délais de réalisation sont corrélés à d'autres critères existants dans l'AMC tel que le coût des solutions.*

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

Les réponses apportées par le pétitionnaire sont satisfaisantes. Un complément d'information a été néanmoins demandé pour préciser un point en particulier (voir remarque suivante).

Remarque n° 27 :

Lors de la réunion à mi-parcours, le pétitionnaire a indiqué que pour les éléments « Impacts en phase travaux », « Situation accidentelle » et « Réversibilité » considérés comme minorants et ne traduisant pas strictement un enjeu environnemental (p17 du document 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions'), leur positionnement en tant que critères ou sous-critères devait être vérifié. Des éléments de précisions complémentaires relatifs aux motivations des services de l'État pour les considérer comme critères (et non comme sous-critères) sachant que ce sont des éléments qualifiés comme minorants ont également été demandés.

Réponse du pétitionnaire :

Les notions « Impacts en phase travaux », « Situation accidentelle » et « Réversibilité » ne sont pas des impacts chroniques ou courants de l'installation. Ils ont été considérés comme des critères à part entière pour mettre en relief le caractère relativement fort de l'impact :

- *L'impact en phase travaux peut être potentiellement fort et irréversible bien qu'il se déroule sur un court laps de temps ;*
- *La situation accidentelle a une probabilité d'événement faible et mais un impact ponctuel potentiellement important ;*
- *La réversibilité de l'impact de l'aménagement est également un point important impactant le patrimoine global.*

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

Les réponses apportées par le pétitionnaire sont satisfaisantes. Néanmoins, pour éviter toute interrogation spécifique sur ces éléments, il aurait été préférable de ne pas utiliser le terme « élément minorant » pour justifier leur prise en compte dans l'AMC.

5.2.3. Choix de l'échelle de notes des critères et sous-critères

Le choix des échelles des notes, à savoir (0, -1, -3, -9 pour les critères « risque » ; 9, 3, 1, 0, -1, -3, -9 pour les critères « impacts environnementaux » décrites respectivement dans le premier tableau de la page 13 et le tableau 3 du 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions') se distingue des échelles classiquement utilisées (échelle de notation linéaire de 0, -1, -2 et -3 par exemple). Ce choix est justifié en mentionnant le fait que cette échelle permet de représenter « une croissance non linéaire des niveaux de risque/effort correspondant à chacun de seuils ; cela permet une meilleure discrimination des solutions au final ». Une analyse de sensibilité (cf. Remarque n° 32) aurait permis de montrer qu'effectivement les solutions sont mieux discriminées grâce à ces échelles et que les conclusions auxquelles on peut aboutir avec l'AMC des solutions restent inchangées (en termes de solutions écartées à l'issue de l'étape 3 sous réserve que le seuil considéré pour écarter les solutions soit revu et justifiable, voir Recommandation n° 3 et Recommandation n° 4).

5.2.4. Règles établies pour la notation des critères et des sous-critères

Les tableaux 2 et 4 du 'Tome 2 - Partie 1 – 1. Esquisse des solutions' présentent et décrivent les règles établies pour la notation des critères et des sous-critères relatifs aux contraintes (risques) ou impacts environnementaux associés aux solutions étudiées. Les remarques suivantes peuvent être formulées.

Remarque n° 28 :

- Il a été demandé au pétitionnaire d'apporter des éléments de justification des notes pour chaque critère (exemple des critères « Transport et trafic », « Énergie », etc.).
- En particulier, pour le critère « Aspects liés à l'eau – Qualitatif », il a été demandé au pétitionnaire d'expliquer pourquoi la réglementation de 1998 sur les valeurs limite de rejets n'était pas explicitement prise en compte, des éléments qualitatifs de notation étant considérés à la place (l'eau se dégrade peu, significativement, très fortement).

Réponse du pétitionnaire :

Les éléments de justification des notes pour chaque critère sont détaillés aux pages 13 à 16 du 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions'.

Concernant les aspects liés à l'eau, il est nécessaire de prendre en compte les critères définis dans la loi cadre sur l'eau sans se limiter à la simple prise en compte des valeurs définies dans les dispositions générales de l'Arrêté Ministériel de 1998 qui, prises seules, ne reflèteraient pas l'impact réel ; à titre d'exemple, l'alternative 1 « Evaporation naturelle » reçoit une note négative (-1) sur les aspects qualitatifs liés à l'eau car la création d'un bassin d'évaporation pourrait occasionner des infiltrations sodiques. Ce risque n'aurait pas été évalué si nous nous étions limités à la prise en compte de l'Arrêté Ministériel de 1998.

Il convient également de rappeler que l'Arrêté Ministériel de 1998 prévoit d'une part des dispositions générales mais prévoit d'autre part qu'un industriel puisse avoir des valeurs différentes des dispositions générales à condition de démontrer la prise en compte des MTD et la compatibilité du rejet avec le milieu.

Avis du BRGM suite aux réponses du pétitionnaire :

- En ce qui concerne les éléments de justification des notes pour chaque critère, un complément d'information sur la description des notes de chaque critère serait nécessaire. Pour ce faire, une nouvelle remarque (Remarque n° 29) a été formulée en mentionnant de manière plus précise les attentes en termes de compléments d'information attendues.
- Concernant les aspects liés à l'eau, les éléments de justification apportés font référence à l'utilisation d'une approche prenant en compte la « sensibilité du milieu récepteur » pour définir les conditions de mise en œuvre des solutions, approche évoquée lors de la réunion à mi-parcours. Un complément d'information sur cette approche serait nécessaire. Pour ce faire, la Remarque n° 30 a été formulée.

Remarque n° 29 :

En ce qui concerne les éléments de justification des notes pour chaque critère, il a été demandé au pétitionnaire d'apporter un complément d'information, par exemple (et de manière similaire pour les autres critères) :

1. Certains sous-critères ont une justification identique pour deux notes possibles. Il s'agit notamment des critères « Implantation sur le site de l'usine de Gardanne », « Disponibilité foncière » et « Protections réglementaires y compris documents d'urbanismes ». Comment le choix d'une note se fait-il lorsque cette situation est rencontrée ? En particulier, pour le sous-critère « Protections réglementaires y compris documents d'urbanismes » il est indiqué que si c'est « compatible moyennant adaptation + ou – importante » la note peut être de -1 ou -3. Or, une note -3 est comptabilisée pour discriminer les solutions non faisables alors qu'une note -1 n'est pas comptabilisée lors de cette étape.
2. Critère « Sol » : À quoi correspond notamment la note -1 qui correspond à une « Pollution localisée et réversible des sols, produits non dangereux » ?
3. Critère « Déchets » : Quelle est la différence entre un déchet impliquant une gestion complexe (note -3) et un déchet dangereux (note -9) ?
4. Critère « Énergie » : La notation est faite en fonction du nombre d'étapes (sur process, pompages divers et traitement) qui ont besoin d'énergie et non sur la quantité d'énergie en plus consommée. Or, une solution ne nécessitant de l'énergie que pour une seule étape aura une note de -1 même si cette étape consomme beaucoup d'énergie tandis qu'une solution nécessitant beaucoup moins d'énergie pour les trois étapes aura une note de -9.
5. Critère « Transport et trafic » : Une note de -9 est attribuée à la solution si celle-ci nécessite plus de 5 camions par jour. Or, le fonctionnement de l'usine actuelle induit la circulation d'un grand nombre de camions :
 - Entrée soude : 1250 camions/an soit 3-4 camions grande distance par jour ;
 - Sortie Bauxaline : 8500 camions/an soit 23-24 camions petite distance par jour ;
 - Sortie Alumine camions : 21850 camions/an soit 60 camions grande distance par jour ;

Est-il possible de donner des éléments justifiant le choix de ce seuil pour le transport ?

Réponse du pétitionnaire :

1. *Seuls 3 sous-critères ont une justification identique pour 2 notes. Il s'agit des critères « Implantation sur le site de l'usine de Gardanne », « Disponibilité foncière » et « Protections réglementaires y compris documents d'urbanismes » :*
 - *Pour le sous-critère « Implantation sur le site de l'usine de Gardanne », une note 0 ou -1 est attribuée en fonction du niveau de risque ou de difficulté à implanter l'installation. Ainsi, une note de -1 a été attribuée pour l'alternative « Evaporation forcée » car nous n'avons pas encore identifié avec précision où pourrait être implantée l'unité, alors qu'une note de 0 a été attribuée à l'alternative « rejet dans la mer après filtration complémentaire » car le lieu d'implantation est clairement défini.*
 - *Pour le sous-critère « disponibilité foncière », une note de « 0 » a systématiquement été attribuée lorsqu'aucune acquisition foncière n'est requise.*
 - *Pour le sous-critère « Protections réglementaires y compris documents d'urbanismes », la note de -1 ou -3 est attribuée en fonction de l'importance de la modification à apporter aux documents d'urbanisme. Nous n'avons jamais attribué la note -1 mais avons attribué la note -3 aux alternatives « recyclage dans le procédé », « rejet dans les mines », « rejet dans un cours d'eau » et « rejet dans la mer après traitement complémentaire » car les démarches réglementaires à engager sont relativement lourdes et comportent un risque de refus de la part des autorités compétentes. Nous*

aurions pu nous trouver dans un cas où une démarche réglementaire était requise, mais pour laquelle aucun refus n'était à craindre (simple déclaration par exemple), dans un tel cas nous aurions attribué la note de -1.

- 2. Critère « Sol » : Les différentes notes du critère « Sol » (-1, -3 et -9) se distinguent par l'étendue de la zone polluée (locale -> étendue), la persistance de la pollution (polluant se dégradant rapidement -> polluant persistant) et la dangerosité du polluant pour l'homme et l'environnement (polluant pas ou peu dangereux pour l'homme et environnement -> polluant dangereux pour l'homme et l'environnement). La note -1 pourrait par exemple correspondre à une fuite rapidement maîtrisée d'eau sodée qui tomberait sur une zone sans végétation. La pollution reste locale, elle serait rapidement tamponnée par le milieu et sans impact en absence de végétation*
- 3. Critère « Déchets » : La notation a été conçue à la base pour distinguer les déchets, pas forcément dangereux, mais nécessitant une gestion complexe (par exemple plusieurs installations de stockage différentes nécessaires ou éloignement de l'installation de traitement) (note -3), et les déchets dangereux qui n'impliquent pas forcément de gestion complexe pour l'industriel (note -9). Dans les faits, la note -9 a été uniquement attribuée à l'alternative 3 (recyclage dans le process), du fait de la modification de la teneur en soude de la Bauxaline qui réduirait ses possibilités de valorisation, allant à l'encontre de la politique mise en œuvre par Alteo d'encourager les solutions de valorisation de la Bauxaline*
- 4. Critère « Énergie » : Les différentes études qui ont été menées dans le cadre du dossier réglementaire ont été réalisées au niveau avant-projet sommaire (APS) et n'ont donc pas toutes permis de définir avec précision l'énergie consommée par chacune des installations. En l'absence de données d'un niveau de détail équivalent pour chacune des alternatives, le mode de notation retenu nous a semblé être le plus pertinent. D'ailleurs, les notes attribuées ne semblent pas révéler d'incohérences avec l'énergie qui serait consommée par chacune des solutions proposées (approximation).*
- 5. Critère « Transport et trafic » : La circulation de camions pour sortir l'alumine ou pour apporter de la soude est une circulation inhérente à la raison d'être de l'usine et ne peut donc pas être évitée. Dans le cadre de notre politique environnementale, nous essayons de réduire au maximum les flux de camions, c'est la principale raison qui a motivé le choix d'implanter les filtres presses 2 et 3 à Mange Garri (ce qui a représenté un surcoût de 5 M€ par rapport à une implantation dans l'usine). Après 2015, ce sont au total 9 camions qui circuleront chaque jour en moyenne pour transporter les résidus déshydratés. Le critère de 5 camions/jour correspond à une augmentation de 50% de ce trafic. 5 camions/jour peut paraître faible au regard des flux d'entrée/sortie, mais il a été établi en tenant compte qu'il s'agit de transport de déchets et non de matières premières ou de produits finis non dangereux.*

Avis du BRGM suite aux réponses du pétitionnaire :

Les réponses apportées pour les points n° 2 « sols », n°4 « énergie » sont satisfaisantes.

Celles concernant le point n° 1 « sous-critères » et le point n°5 « transport et déchet », sont acceptées puisque ces éléments n'ont pas d'influence notable sur les conclusions auxquelles le pétitionnaire peut aboutir sur la base des AMC réalisées des solutions envisagées. Il aurait été cependant opportun de préciser ces différents éléments dans la description de la justification de chaque note.

En ce qui concerne le point n°3 « déchets », il aurait été opportun d'actualiser la description de la justification de chaque note suite aux réflexions ultérieures sur ce critère et ce d'autant plus que la même note est attribuée aux alternatives générant un déchet considéré comme dangereux (cas des alternatives 1 et 2) et aux solutions induisant la production d'un déchet nécessitant une gestion complexe (cas des alternatives 4 et 5 et des sous-alternatives 1 à 4). Néanmoins, cet aspect n'a pas d'impact notable sur les conclusions auxquelles le pétitionnaire peut aboutir sur la base des AMC réalisées des solutions envisagées.

Remarque n° 30 :

Il est demandé au pétitionnaire des éléments décrivant et justifiant le choix de l'approche consistant à prendre en compte la « sensibilité du milieu récepteur » pour définir les conditions de mise en œuvre des solutions ainsi que les éventuels impacts associés.

Réponse du pétitionnaire :

Pour ce qui concerne l'alternative 5 (rejet après traitement dans l'Arc ou la Luynes), une étude spécifique (annexe 4 du 'Tome 2') a été établie pour évaluer la sensibilité du milieu récepteur (l'Arc et la Luynes) selon 3 critères principaux : les aspects fonctionnels, la qualité de l'eau et le respect des objectifs de gestion. Les conclusions de cette étude sont données à la page 82/83 de l'annexe 4 du 'Tome 2'. Les effets potentiellement très négatifs en cas de dysfonctionnements possibles de la station de traitement des effluents de l'usine ont été notés -9 dans l'analyse multicritère de l'alternative.

Avis du BRGM suite aux réponses du pétitionnaire :

L'utilisation d'une approche prenant en compte la « sensibilité du milieu récepteur » est une approche permettant d'adapter le niveau de traitement d'épuration de l'effluent aux contraintes du milieu récepteur. Il s'agit d'une approche intégrée qui mériterait d'être plus mise en évidence dans le dossier.

En ce qui concerne la sensibilité du milieu marin, plusieurs études ont été réalisées pour évaluer les impacts associés au rejet de l'effluent après filtration sous pression ; cet effluent ayant 6 paramètres qui dépassent les valeurs limites de l'Arrêté Ministériel du 2 février 1998 (pH, aluminium, fer, arsenic, DCO et DBO5). Les caractéristiques de l'effluent en sortie d'exutoire sont fortement dépendantes de la sous-alternative considérée, voire même du schéma de traitement choisi pour cette sous-alternative. Etant donné que la réalisation d'études d'impacts est très longue et coûteuse, il est légitime qu'à ce stade ce type d'études n'ait pas été conduit sur l'ensemble des effluents pouvant être potentiellement produits après traitement par les sous-alternatives. Néanmoins, pour les sous-alternatives incluant un traitement de finition, seul un schéma de traitement permettant d'éliminer la totalité des éléments contenus dans l'effluent a été considéré. Il aurait ainsi été opportun d'adapter le traitement de finition à la sensibilité du milieu marin, pour lequel il peut être considéré en première approche que la DCO et la DBO5 associées à un tel rejet ne sont pas des paramètres potentiellement problématiques. Ceci aurait peut-être permis d'identifier des techniques de finition moins poussée et moins onéreuses que l'osmose inverse, qui induit une notation à -9 des critères CAPEX et OPEX des sous-alternatives correspondantes.

Recommandation n° 5 :

Pour être cohérent avec la note retenue pour la sous-alternative 3 relative au critère « enjeux fonciers » et au sous-critère « surfaces nécessaires » (note de -3 pour une implantation envisagée au cœur du Parc National des Calanques cf. p30 du rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives), les règles concernant la notation de ce sous-critère décrites dans le tableau 2 du 'Tome 2 - Partie 1 – 1. Esquisse des solutions' devraient être précisées : en effet, les surfaces nécessaires à prendre en compte pour l'implantation des installations semblent concerner non seulement le site Mange-Garri mais aussi le Parc National des Calanques.

5.3. ÉVALUATION DES CRITÈRES ET DES SOUS-CRITÈRES PAR ALTERNATIVES ET SOUS-ALTERNATIVES

5.3.1. Notation des critères et des sous-critères pour les alternatives

Les remarques qui suivent se réfèrent spécifiquement au 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions' du DDAE pour la comparaison des six solutions alternatives.

Pour chaque alternative étudiée, les notes des critères et des sous-critères sont attribuées suivant les règles de notation définies au tableau 2 et 4 du 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions' du DDAE. Les notes retenues sont répertoriées dans les tableaux du chapitre 3 (présentation détaillée des alternatives) de ce même document, et accompagnées d'un texte explicatif pour justifier les notes attribuées.

À ce sujet, quelques points méritent d'être éclaircis (voir remarque ci-dessous et tableaux ci-après).

Remarque n° 31 :

Il a été demandé au pétitionnaire d'expliquer pourquoi l'alternative « Rejet en mer après filtration complémentaire » pour laquelle de « l'énergie est nécessaire pour le traitement des effluents et le pompage de l'eau traitée » est notée -1 alors que l'alternative « Rejet dans un cours d'eau après station de traitement » pour laquelle de « l'énergie est nécessaire pour le traitement des effluents et le pompage de l'eau traitée » est notée -3 ?

Réponse du pétitionnaire :

Pour l'alternative « Rejet en mer après filtration complémentaire », une erreur s'est effectivement glissée dans le tableau d'analyse multicritère ; il est inexact d'écrire que de « l'énergie est nécessaire pour le traitement des effluents et le pompage de l'eau traitée ». En effet, le filtre sous pression est un traitement statique qui nécessite uniquement de l'énergie pour les groupes de pompage, ce qui justifie la note -1.

Avis du BRGM suite aux réponses du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante.

En complément, les éléments mentionnés dans le tableau ci-dessous semblent être des erreurs de saisie à la rédaction du rapport n'ayant aucune conséquence sur les résultats de l'AMC réalisée. Les remarques posées à ce sujet au pétitionnaire ainsi que ces réponses sont reportées dans l'Annexe 4.

Tableau 8 : Notes attribuées aux critères et sous-critères pour les alternatives, liste des erreurs de saisie

Alternatives concernées	Note « risque » ou « impacts »	Critères concernés	Sous-critères concernés		Pages concernées
Alternative 4	Risques	Enjeux économiques	CAPEX	Le CAPEX de cette alternative est évalué à 22M€ dans l'Annexe 12 du 'Tome 1'	p35
	Impact			Suivant la méthodologie établie, la note globale est plutôt de -27 que -24.	p58
Alternative 5	Risques	Enjeux économiques	CAPEX	Le CAPEX de cette alternative est évalué à 22M€ dans l'Annexe 12 du 'Tome 1'	p41
Alternative 6	Risque			Suivant la méthodologie établie, la note globale est plutôt de -6 que -7	p58
	Risques	Enjeux économiques	CAPEX	Le CAPEX de cette alternative est évalué à 1.5M€ à la page 53	p55
			OPEX	L'OPEX de cette alternative est évalué à 1.9M€ à la page 53	p55
	Impact	Émissions	-	Suivant la méthodologie établie, la note est plutôt de -1 que 0 (voir les notes des sous-critères).	p55, p58

Commentaire n° 8 :

Des suggestions sont formulées dans le tableau de la page suivante. Elles ont été établies dans un souci de mise en cohérence entre les notes attribuées par alternative et par critère (et sous-critère) et les règles établies pour la notation des critères et sous-critères (tableau 2 et tableau 4 du 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions').

Les renvois à des tableaux ou pages particulières mentionnés dans le tableau en page suivante font également référence au 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions'.

Tableau 9 : Suggestions formulées pour la notation des critères et des sous-critères pour les six alternatives étudiées

n°	Alternatives concernées	Note « risque » ou « impact »	Critères concernés	Sous-critères concernés	Éléments concernés par les commentaires	Textes ou notes extraites des documents ALTEO	Suggestions	Commentaires	Détails : tableaux concernés
1	Toutes	Risque	Faisabilité technique	Implantation sur le site de l'usine de Gardanne	Description du sous-critère	Implantation sur le site de l'usine de Gardanne	Implantation sur le site de l'usine de Gardanne ou de Mange-Garri	Modifications suggérées pour être cohérent avec la justification de la note de ce sous-critère pour l'alternative 3	tableau 1, tableau 2 en page 13, p24, p28, p32, p35, p41, p55
2	Alternative 1	Risque	Faisabilité technique	Implantation	Note	-3	-9	Le commentaire justifiant la note retenue (tableau en p24) est le suivant : « l'emprise foncière très importante n'est pas mobilisable ni sur le site de Gardanne, ni sur celui de Mange-Garri », or, le critère concerne la possibilité d'une implantation sur le site de l'usine de Gardanne ou de Mange-Garri. Une note de -9 semblerait ainsi plus appropriée.	p24
3		Impact	Émissions	Déchets	Note	-3	-9	Les saumures résiduelles sont des déchets dangereux donc si on se réfère à l'échelle de notation des enjeux environnementaux (tableau 4) qui associe « la production d'un tonnage fort de déchets dangereux » à une note de -9, une note de -9 semblerait plus indiquée. NB : si les règles de notation de ce sous-critère sont actualisées conformément à la réponse faite par le pétitionnaire à la Remarque n° 29 du présent document, cette recommandation n'a plus lieu d'être.	p24
4			Habitats, faune et flore	Aquatique	Note	-3	-1	Le commentaire justifiant la note retenue (tableau en p24) est le suivant : « Potentielle destruction d'espaces naturels aquatiques ». Or, il s'agit ici d'une solution qui sera mise en œuvre dans des lagunes étanches, avec donc quasiment aucun contact (hors situation accidentelle) avec le milieu aquatique. Si on se réfère à l'échelle de notation des enjeux environnementaux (tableau 4), qui associe « un impact limité et localisé » à une note de -1, une note de -1 semblerait plus indiquée.	p24
5			Habitats, faune et flore	Terrestre	Note	-3	-1	Le commentaire justifiant la note retenue (tableau en p24) est le suivant : « Potentielle destruction d'espaces naturels aquatiques ». Si on se réfère à l'échelle de notation des enjeux environnementaux (tableau 4) qui associe « un impact limité et localisé » à une note de -1, une note de -1 semblerait plus indiquée.	p24
6			Paysage et patrimoine	-	Texte justificatif de la note	Perception potentielle forte		Le texte justificatif de la note devrait être mis en cohérence avec la note retenue de -9 (voir les règles établies pour la notation des critères et sous-critères cf. tableau 2). En particulier, il faudrait préciser qu'il s'agit d'une zone	p24

n°	Alternatives concernées	Note « risque » ou « impact »	Critères concernés	Sous-critères concernés	Éléments concernés par les commentaires	Textes ou notes extraites des documents ALTEO	Suggestions	Commentaires	Détails : tableaux concernés
7								protégée.	
			Phase travaux	-	Texte justificatif de la note	Travaux d'envergure sur une grande superficie + Travaux de démantèlement de la conduite à la mer		Le texte justificatif de la note devrait être mis en cohérence avec la note retenue de -9 (voir les règles établies pour la notation des critères et sous-critères cf. tableau 2). En particulier, il faudrait préciser qu'il s'agit d'une zone protégée.	p24
		Risque				-30	-42		
		Impact				-57	-54		
8	Alternative 2	Risque	Enjeux réglementaires	Protection réglementaire	Note	0	-1	Le commentaire justifiant la note retenue (tableau en p28) est le suivant : « compatible (sauf émission GES dans le cadre du PPA ». Si on se réfère à l'échelle de notation des contraintes (tableau 2), qui associe une note de 0 au terme « compatible », une note de -1 semblerait plus indiquée.	p28
9		Impact	Émissions	Déchets	Note	-3	-9	Les saumures résiduelles sont des déchets dangereux donc si on se réfère à l'échelle de notation des enjeux environnementaux (tableau 4), qui associe « la production d'un tonnage fort de déchets dangereux » à une note de -9, une note de -9 semblerait plus indiquée. NB : si les règles de notation de ce sous-critère sont actualisées conformément à la réponse faite par le pétitionnaire à la Remarque n° 29 du présent document, cette recommandation n'a plus lieu d'être.	p28
		Risque				-15	-15		
		Impact				-24	-24		
10	Alternative 4	Risque	Faisabilité technique	Retour d'expérience	Texte justificatif de la note	Technologie non éprouvée industrielle -ment (problème de décantation des boues)		Le texte justificatif de la note devrait être mis en cohérence avec la note retenue de -3 (voir les règles établies pour la notation des critères et sous-critères cf. tableau 2).	p35
		Risque				-27	-27		

n°	Alternatives concernées	Note « risque » ou « impact »	Critères concernés	Sous-critères concernés	Éléments concernés par les commentaires	Textes ou notes extraites des documents ALTEO	Suggestions	Commentaires	Détails : tableaux concernés
		Impact				-27	-27		
11	Alternative 5	Risque	Faisabilité technique	Retour d'expérience	Texte justificatif de la note	Technologie non éprouvée industrielle -ment (problème de décantation des boues)		Le texte justificatif de la note devrait être mis en cohérence avec la note retenue de -3 (voir les règles établies pour la notation des critères et sous-critères cf. tableau 2).	p41
		Risque				-15	-15		
		Impact				-30	-30		
12	Alternative 6	Risque	Enjeux réglementaires	Protections réglementaires	Note	-3	0	Les enjeux réglementaires associés au maintien du rejet d'un effluent en mer doivent être pris en compte de la même façon pour l'alternative 6 ainsi que l'ensemble des sous-alternatives (sachant que l'AMC de l'alternative 6 correspond à l'AMC de la sous-alternative 5). Les limitations associées aux enjeux réglementaires n'ont été pris en compte que dans l'alternative 6, d'où cette suggestion de changement de note.	p55
13		Impact	Émissions	Déchets	Description du sous-critère			Il faudrait remplacer le terme « Résidus de bauxite » par « déchets » pour être en cohérence avec le reste du document.	p55
14			Habitats, faune et flore		Note	-1	0	Le texte justificatif des 2 sous-critères à la page 55 correspond à une note 0, qui est bien indiqué dans la note correspondante.	p58
		Risque				-6	-6		
		Impact				-6	-6		

Ces suggestions ont été formulées pour apporter de la robustesse à l'analyse. Il peut être constaté que si on se réfère à la méthodologie prise telle quelle (telle que décrite dans les documents expertisés), ces suggestions ne modifient pas fondamentalement les notes attribuées aux différentes alternatives et donc les conclusions auxquelles le pétitionnaire peut aboutir en termes de classement des alternatives.

À noter cependant que pour les alternatives associées au rejet d'un effluent dans le milieu extérieur, la notation du sous-critère « Qualitatif » du critère « Aspects liés à l'eau » n'a pas fait l'objet d'une analyse critique de la part du tiers expert.

5.3.2. Notation des critères et des sous-critères pour les sous-alternatives

Les remarques ci-après se réfèrent spécifiquement au rapport relatif à l'analyse-multicritère des sous-alternatives pour la comparaison des six solutions alternatives.

Pour chaque alternative étudiée, les notes des critères et des sous-critères sont attribuées suivant les règles de notation définies au tableau 2 et 4 du rapport relatif à l'analyse-multicritère des sous-alternatives. Les notes retenues sont répertoriées dans les tableaux du chapitre 3 (présentation détaillée des alternatives) de ce même document et accompagnées d'un texte explicatif pour justifier les notes attribuées.

À ce sujet, quelques points méritent d'être éclaircis (voir ci-après).

Tableau 10 : Notes attribuées aux critères et sous-critères pour les sous-alternatives, liste des erreurs de saisie

Sous-Alternatives concernées	Note « risque » ou « impact »	Critères concernés	Sous-critères concernés		Pages concernées
Sous-alternative 5	Impact	Aspects liés à l'eau	-	Suivant la méthodologie établie, la note est plutôt de -1 que 0 (voir les notes des sous-critères).	p39, p41
	Impact	Émissions	-	Suivant la méthodologie établie, la note est plutôt de -1 que 0 (voir les notes des sous-critères).	p39, p41
	Risques	Enjeux économiques	CAPEX	Le CAPEX de cette alternative est évalué à 1.5M€ cf. Tableau 8 du présent document.	p39
			OPEX	L'OPEX de cette alternative est évalué à 1.9M€ cf. Tableau 8 du présent document.	

Commentaire n° 9 :

Des suggestions sont formulées dans le tableau de la page suivante. Elles ont été établies dans un souci de mise en cohérence entre les notes attribuées par alternative et par critère (et sous-critère) et les règles établies pour la notation des critères et sous-critères (tableau 2 et tableau 4 du rapport relatif à l'analyse-multicritère des sous-alternatives).

Les renvois à des tableaux ou pages particulières mentionnés dans le tableau en page suivante font bien également référence au rapport relatif à l'analyse-multicritère des sous-alternatives.

Tableau 11 : Suggestions formulées pour la notation des critères et des sous-critères pour les cinq sous-alternatives étudiées

n°	Sous-alternatives concernées	Note « risque » ou « impacts »	Critères concernés	Sous-critères concernés	Éléments concernés par les commentaires	Textes ou notes extraites des documents ALTEO	Suggestions	Commentaires	Détails : tableaux concernés
1	Toutes	Risque	Faisabilité technique	Implantation sur le site de l'usine de Gardanne	Description du sous-critère	Implantation sur le site de l'usine de Gardanne	Implantation sur le site de l'usine de Gardanne ou de Mange-Garri	Voir la 1 ^{ère} recommandation du Tableau 9 du présent rapport formulée pour la notation des critères et des sous-critères pour les six alternatives étudiées.	Tableau 1, tableau 2 en page 11, p22, p26, p30, p34, p39
2	Sous-alternative 2	Risque	Faisabilité technique	Retour d'expérience	Texte justificatif de la note et note	-3	-9	Le texte justificatif de la note devrait être mis en cohérence avec la note retenue de -3 (voir les règles établies pour la notation des critères et sous-critères cf. tableau 2 du rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives). Au-delà des problèmes associés à la décantation des boues, il est indiqué à la page 48 du 'Tome 2 – Partie 1 – 2. Description', que la technologie de neutralisation au CO ₂ n'est pas éprouvée industriellement.	p26
		Risque				-15	-21		
		Impact				-12	-12		
3			Faisabilité technique	Implantation	Note	-3	-9	Si on se réfère à l'échelle de notation des risques (tableau 2 du rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives), la zone d'implantation envisagée pour cette sous-alternative étant en zone protégée, une note de -9 semblerait plus indiquée.	p30
4			Faisabilité technique	Retour d'expérience	Texte justificatif de la note			Le texte justificatif de la note pourrait être amélioré pour être plus précis en indiquant les problèmes de décantation des boues.	p30
5	Sous-alternative 3	Risque	Enjeux fonciers	Surfaces nécessaires	Note	-3	-1	Si on se réfère à l'échelle de notation des risques (tableau 2 du rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives), une note de -1 semblerait plus indiquée (surface nécessaire estimée à 2,1 ha).	p30
6			Enjeux réglementaires	Procédures réglementaires	Texte justificatif de la note et note	-3	-9	Il faudrait spécifier la durée prévue pour les procédures réglementaires, afin d'être cohérent avec la justification des notes de ce critère.	p30
7				Protections réglementaires	Note	-3	-9	Si on se réfère à l'échelle de notation des risques (tableau 2 du rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives), une note de -9 semblerait plus indiquée (incompatibilité	p30

n°	Sous-alternatives concernées	Note « risque » ou « impacts »	Critères concernés	Sous-critères concernés	Éléments concernés par les commentaires	Textes ou notes extraites des documents ALTEO	Suggestions	Commentaires	Détails : tableaux concernés
8		Impact	Émissions	Sol	Note	-1	0	mentionnée dans le texte justificatif de la note retenue). Les risques de fuite sont pris en compte dans le critère « situation accidentelle / Risques induits ». En situation normale, il n'y a, a priori, aucun impact sur le sol à considérer. Une note de 0 semblerait ainsi plus appropriée.	p30
9			Paysage et patrimoine	-	Note	-3	-9	Si on se réfère à l'échelle de notation des impacts (tableau 4 du rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives), la zone d'implantation envisagée pour cette sous-alternative étant en zone protégée, une note de - 9 semblerait donc plus appropriée.	p30
10			Transport et trafic	-	Texte justificatif de la note et Note	-3	-9	Le transport de 30 kt/an de déchets nécessite 5 camions/jour (cf. sous-alternative 1). Par analogie, le transport de 40 kt/an de déchets devrait nécessiter le trafic de 6-7 camions/jour (cf. Annexe 4, ligne n°2 du Tableau de synthèse des erreurs de recopie relevées par le tiers expert et des réponses du pétitionnaire)	p30
11			Réseaux	-	Note	-3	-9	La « création de conduites à terre et en mer » nécessaire pour cette sous-alternative semblerait plus correspondre à la justification donnée pour attribuer à ce critère une note de -9 ; cf. l'échelle de notation des impacts (tableau 4 du rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives) : Une note de -9 est attribuée si une « extension d'un réseau sur de longues distances sur domaine public et privé » est nécessaire.	p30
			Risque			-18	-30		
			Impact			-21	-39		
12	Sous-alternative 4	Risque	Faisabilité technique	Retour d'expérience	Note	-3	-9	La note retenue devrait être mise en cohérence avec le texte justificatif : il s'agit d'une technologie non éprouvée industriellement, à la fois sur les aspects neutralisation au MgCl ₂ et sur les aspects décantation des précipités.	p34
13			Enjeux économiques	OPEX	Texte justificatif de la note			Une valeur de CAPEX de 32 M€ serait à prendre en compte (au lieu de 13.5 M€) (cf. Tableau 10 du présent document).	p34
14		Impact	Émissions	Déchets	Texte justificatif de la note			La solution génère 42.6 kt/an de boue et 15 kt/an de concentrats, contrairement aux quantités de déchets indiquées dans le tableau. (cf. Annexe 4, ligne n°3 du Tableau de synthèse des erreurs de recopie relevées par le tiers expert et des réponses du pétitionnaire)	p34

n°	Sous-alternatives concernées	Note « risque » ou « impacts »	Critères concernés	Sous-critères concernés	Éléments concernés par les commentaires	Textes ou notes extraites des documents ALTEO	Suggestions	Commentaires	Détails : tableaux concernés
15			Transport et trafic	-	Note	-3	-9	Le transport de 30 kt/an de déchets nécessite 5 camions/jour (cf. sous-alternative 1). Par analogie, le transport de 57.6 kt/an de déchets et le transport de 93 kt/an de chlorure de magnésium devrait nécessiter plus de 20 camions/jour. (cf. Annexe 4, ligne n°3 du Tableau de synthèse des erreurs de recopie relevées par le tiers expert et des réponses du pétitionnaire)	p34
		Risque				-15	-21		
		Impact				-12	-18		
16	Sous-alternative 5	Risque	Enjeux réglementaires	Protections réglementaire	Note	-3	0	Pour être en cohérence avec la notation retenue pour l'alternative n°6 (cf. Ligne n°12 du Tableau 9 du présent document).	p39
17			Enjeux économiques	CAPEX	Texte justificatif de la note			Cf. Tableau 10 du présent document : le CAPEX est évalué à 1.5 M€	p39
18				OPEX	Texte justificatif de la note			Cf. Tableau 10 du présent document : l'OPEX est évalué à 1.9M€	p39
19		Impact	Émissions	Déchets	Description du sous-critère			Il faudrait remplacer le terme « Résidus de bauxite » par « déchets » pour être en cohérence avec le reste du document.	p39
20				Note		0	-1	Cf. Tableau 10 du présent document	p39
21			Aspects liés à l'eau	Note		0	-1	Cf. Tableau 10 du présent document	p39
22			Énergie	-	Texte justificatif de la note			Texte à revoir cf. Remarque n° 31	p39
			Risque				-6	-6	
			Impact				-6	-6	

Ces suggestions ont été formulées pour apporter de la robustesse à l'analyse. Il peut être constaté que si on se réfère à la méthodologie prise telle quelle (telle que décrite dans les documents expertisés), ces suggestions ne modifient pas fondamentalement les notes attribuées aux différentes alternatives et donc les conclusions auxquelles le pétitionnaire peut aboutir en termes de classement des sous-alternatives.

À noter cependant que la notation du sous-critère « Qualitatif » du critère « Aspects liés à l'eau » n'a pas fait l'objet d'une analyse critique de la part du tiers expert

5.4. ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Les analyses de sensibilité des AMC consistent à observer l'effet de modifications des choix effectués afin de vérifier, par exemple, si des variations de notation des critères, de pondération, d'agrégation, de la hiérarchisation des critères en enjeux, critères et sous-critères, de définition d'un seuil, etc. ont un effet important ou non sur les résultats de l'analyse. Ces tests participent à la démonstration de la fiabilité de l'analyse.

Remarque n° 32 :

Il a été demandé au pétitionnaire si une analyse de sensibilité avait été réalisée sur la méthodologie utilisée pour les AMC. Il pourrait être en effet intéressant pour le pétitionnaire d'apporter des éléments sur ce sujet et de consolider ainsi l'approche retenue pour la mise en œuvre de ces AMC.

Réponse du pétitionnaire :

Une analyse de sensibilité de l'échelle de notation ainsi que sur les niveaux de critère a été réalisée mais pas formalisée. Plusieurs systèmes de notation ont été élaborés en faisant notamment varier l'échelle de notation et les seuils en fonction des critères. Ainsi, un système de notation avec une suite au carré a été privilégié à un système linéaire. En effet, cela permet d'accentuer le poids des points rédhibitoires. Ces points rédhibitoires ont été testés sur des exemples parfaitement connus dont l'impact environnemental ou technique n'était pas réaliste.

Avis du BRGM suite aux réponses du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante. Si une analyse de sensibilité a été effectivement réalisée, il aurait été intéressant de la formaliser et de mentionner les conclusions associées à cette analyse dans les documents concernés pour asseoir la crédibilité de l'approche développée.

Les **résultats des AMC dépendent** bien sûr des choix méthodologiques pris et de la rigueur dans sa mise en œuvre pour assurer une comparaison homogène des différentes solutions étudiées, mais en premier lieu de **l'identification des solutions et de la définition des schémas de traitement associés à chacune d'elles**. Les différentes alternatives et sous-alternatives envisagées sont discutées dans les autres chapitres du présent rapport.

5.5. CONCLUSIONS

Une méthode d'analyse multicritère (AMC) a été utilisée par Alteo pour comparer l'ensemble des solutions de traitement étudiées et présentées dans le DDAE.

Les premières étapes de l'AMC définies ici visent à ne conserver que les solutions faisables et nécessitant des mesures de gestion de risques et d'impacts raisonnables. Ces étapes conduisent à l'élimination de la quasi-totalité des solutions étudiées, à l'exception de la sous-alternative « filtration sous pression avant rejet en mer ». L'analyse comparative de solutions, prévue à l'étape suivante, n'est donc pas réalisée.

Des remarques et commentaires ont été formulés principalement pour améliorer la justification de la méthode, asseoir la légitimité de la démarche retenue et apporter de la robustesse à l'analyse.

Il peut être constaté que si on se réfère à la méthodologie prise telle quelle, les suggestions formulées pour la notation des critères et des sous-critères ne modifient pas fondamentalement les notes attribuées aux différentes alternatives. Les décisions prises par le pétitionnaire quant au choix de la solution de traitement ne sont donc pas remises en cause.

6. Prise en compte des Meilleures Techniques Disponibles (MTD)

Au-delà de l'engagement pris par Alteo pour répondre aux exigences de la convention de Barcelone, il est important d'indiquer que l'arrêt du rejet des résidus de bauxite en mer ou dans un estuaire à partir de 2016 est inclus dans les meilleures pratiques recommandées par la profession (IAI et EAA, 2014). Ce mode de gestion était mis en œuvre dans au moins trois usines en 2007 mais avec une pression forte pour l'arrêt de cette pratique. Il s'agissait notamment de Aluminium de Grèce (Grèce – arrêt fin 2011), Showa Denko (Japon, arrêt fin 2015) et Gardanne (France, arrêt fin 2015) (AAL, 2007).

Comme indiqué dans l'arrêté du 26 avril 2011 relatif à la mise en œuvre des meilleures techniques disponibles (MTD) prévues par l'article R.512-8 du code de l'environnement, Alteo a évalué l'applicabilité des MTD pour le traitement des eaux excédentaires de l'usine de Gardanne. L'analyse des Meilleures Techniques Disponibles (MTD) a été réalisée sur les dernières versions validées des BREFs applicables ainsi que sur la version en cours de révision du BREF « Industrie des Métaux Non Ferreux » qui inclut une partie spécifique à l'alumine. Les MTD applicables pour la mise en œuvre de procédés de traitement des boues rouges et des effluents résiduels sont décrites dans le BREF « Gestion des résidus et stériles des activités minières » (MTWR v2001¹ section 4.3.11.1) et le BREF « Industrie des Métaux Non Ferreux » (NFM v2001 et v2013 en cours de révision).

6.1. RÉUTILISER L'EAU DE TRAITEMENT

Cette MTD est indiquée dans le BREF « Gestion des résidus et stériles des activités minières » (MTWR v2001 section 4.3.11.1) et le BREF « Industrie des Métaux Non Ferreux » (NFM partie commune v2001 section 2.17.7). Elle préconise de recycler les eaux de traitement dans la raffinerie afin de limiter les rejets aquatiques.

Alteo précise que le principe du cycle Bayer est la réutilisation optimisée des eaux dans le procédé. Seules les eaux excédentaires sont rejetées.

Les eaux excédentaires sont composées ici de plusieurs types d'effluents :

- Les eaux de procédés, qui sont les eaux pouvant contenir une charge en soude,
- Les eaux utilitaires, qui sont les eaux de fonctionnement opérationnel nécessaires au bon fonctionnement de l'usine, par exemple les eaux de refroidissement des compresseurs, les purges de déconcentration des chaudières, etc. Ces eaux ne contiennent pas de soude, à l'exception d'incidents de production.

La réutilisation des eaux de traitement dans le procédé a été étudiée dans le cadre des travaux sur l'alternative 3 « Recyclage dans le procédé ». Alteo précise qu'il a été démontré dans cette étude que le taux de recyclage des eaux dans le procédé est limité par une détérioration de la qualité de l'alumine produite.

¹ A noter que la version du BREF MTWR considérée ici, et constituant l'Annexe 15 du Tome 1, est datée de 2009 et non de 2001 comme indiqué dans le 'Tome 2 – Partie 2 – 10. Volet IED – MTD'.

L'analyse des divers documents associés à l'étude de l'alternative 3 « Recyclage dans le procédé » confirme effectivement l'impossibilité de réutiliser les eaux de procédés dans l'installation, en raison de la détérioration de la qualité du produit final (alumine de spécialités) et des résidus de bauxite et des problèmes d'opérabilité des étapes que ce recyclage peut induire. En ce qui concerne les eaux utilitaires, qui ne sont pas chargées à l'exception des incidents de production, il a été montré que leur recyclage est possible, mais ne concerne qu'un flux très faible (inférieur à 10 % du flux total des eaux utilitaires).

En raison des contraintes spécifiques aux procédés mis en œuvre à Gardanne, Alteo choisi de ne pas retenir cette MTD. Cette décision n'appelle pas de remarque de la part du tiers expert.

6.2. MÉLANGER L'EAU DE TRAITEMENT AVEC D'AUTRES EFFLUENTS CONTENANT DES MÉTAUX DISSOUS

Cette MTD est incluse dans le BREF « Gestion des résidus et stériles des activités minières » (MTWR v2001 section 4.3.11.3). Cette MTD indique que l'eau de traitement contenant des métaux dissous peut être mélangée à d'autres effluents contenant des résidus finement broyés afin de fixer les métaux dissous sur la surface minérale des résidus.

Cette MTD ne concerne pas les techniques de neutralisation/traitement physico-chimique de l'effluent, contrairement à ce qu'indique Alteo. Néanmoins, cette MTD n'est effectivement pas applicable ici car aucun effluent contenant de fines particules solides en suspension et présentant les caractéristiques adéquates n'est disponible à proximité du site de Gardanne.

6.3. ÉLIMINER LES SOLIDES EN SUSPENSION ET LES MÉTAUX DISSOUS AVANT DE REJETER LES EFFLUENTS DANS LES COURS D'EAU RÉCEPTEURS (1) ET INSTALLER DES BASSINS DE DÉCANTATION AFIN DE CAPTURER LES FINES ÉRODÉES (2)

La MTD « Éliminer les solides en suspension et les métaux dissous avant de rejeter les effluents dans les cours d'eau récepteurs » est mentionnée dans le BREF « Gestion des résidus et stériles des activités minières » (MTWR v2001 section 4.3.11.4) et dans le BREF « Industrie des Métaux Non Ferreux » (NFM v2001 section 2.17.7). Ces BREF préconisent d'utiliser i) des techniques de précipitation pour éliminer les éléments dissous, et ii) des bassins ou des épaisseurs pour enlever les solides en suspension contenus dans l'effluent. Les techniques de précipitation de métaux dissous sont cependant détaillées dans les sections 4.3.11.6 pour les eaux alcalines et 4.3.11.7 pour le traitement spécifique de l'arsenic.

En ce qui concerne la MTD « Installer des bassins de décantation afin de capturer les fines érodées », indiquée dans le même BREF mais à la section 4.3.11.4.1, elle préconise d'utiliser des bassins pour traiter l'eau de ruissellement de surface qui peut contenir des matières en suspension suite à son écoulement sur les résidus.

Recommandation n° 6 :

Alteo indique que l'application de la MTD à la séparation des résidus solides consisterait à stocker les résidus solides produits par l'usine dans de grands bassins de décantation. La MTD va plus loin puisqu'elle propose également l'utilisation d'épaisseur pour effectuer cette séparation. Il aurait été intéressant de mentionner également les MTDs décrites dans la section 4.4.16 du BREF « Gestion des résidus et stériles des activités minières » (MTWR v2001) et relatives à la « Déshydratation des résidus ». Le descriptif de cette section est donné ci-après.

« Les résidus sous forme boueuse se composent généralement de 20 à 40 % en poids de matières solides, mais des niveaux de 5 à 50 % de solides ont été observés. Ils sont habituellement gérés dans des bassins de résidus (voir section 2.4.2). C'est souvent la solution la plus rentable pour gérer ces résidus. Ce mode de gestion des résidus présente, en outre, les avantages suivants :

- la saturation en eau des résidus évite la formation de poussières (cette situation est susceptible de changer une fois que les résidus font partie de la plage et sont exposés au soleil et au vent)
- cette solution empêche le drainage acide.

Le principal inconvénient, dans la gestion des résidus boueux, est leur mobilité. En cas d'effondrement de la structure de retenue (c'est-à-dire de la digue), ils se liquéfient et peuvent provoquer des dégâts considérables à cause de leurs caractéristiques physiques et chimiques. Pour éviter cela, certaines solutions ont été mises au point, notamment celles des résidus "secs" et des résidus épaissis (voir sections 4.4.16.1 et 4.4.16.2).

(...)

Pour le raffinage de l'alumine, les principales différences entre l'utilisation de résidus épaissis et celle de résidus boueux se résument comme suit :

- La gestion des résidus boueux implique que des quantités d'eau nettement supérieures sont traitées avec les boues. L'avantage de cette méthode est que les boues peuvent être facilement pompées par des pompes centrifuges classiques à relativement basse pression dans le pipeline. L'eau permettant la mise en suspension des boues peut être de l'eau de mer, s'il en existe à proximité de la raffinerie, avec une neutralisation associée de la soude caustique résiduelle. Le pompage peut s'effectuer sur des distances relativement longues (plusieurs kilomètres) entre la raffinerie et le bassin, sans risque de chute de pression le long du pipeline.
- La gestion des résidus épaissis est liée à un bon taux de récupération de la liqueur mère caustique, puisque la gestion au niveau du bassin ne comporte pas de neutralisation supplémentaire. La densité et la viscosité des résidus épaissis (parfois aussi appelés "pâte") sont si élevées que la déshydratation est effectuée de préférence dans l'IGR¹, sauf si le dépôt jouxte la raffinerie. Si les deux sites sont à une certaine distance l'un de l'autre, le pompage se fait à faible densité avant la déshydratation au niveau du bassin, pour produire des boues épaisses directement au niveau de l'alimentation du bassin, auquel cas l'eau excédentaire doit être renvoyée par pompage sur toute la distance jusqu'à l'usine. Cette technique comporte donc un investissement supplémentaire pour une station de pompage haute pression, par exemple des pompes à membrane, ou pour l'installation et l'exploitation d'un épaisseur en profondeur au niveau du bassin, lorsque ce dernier est éloigné de la raffinerie. »

À noter également que l'utilisation de la filtration pour séparer les résidus de bauxite est mentionnée dans la version 2013 du BREF « Industrie des Métaux Non Ferreux » actuellement en cours de révision.

¹ Installation de Gestion des Résidus

Néanmoins, l'utilisation de filtres-presses tels que ceux utilisés à Gardanne pour séparer les résidus de bauxite est une technique très poussée en termes d'épaississement et de déshydratation des résidus.

Dans l'usine de Gardanne, les eaux de filtrats sortant du filtre-presses sont mélangées à d'autres effluents tels que les eaux pluviales. Ces eaux seront ensuite traitées. L'alternative de traitement choisie par Alteo consiste en une filtration sous pression. Cette technique va au-delà de la MTD conseillée pour le traitement des eaux de ruissellement qui est l'utilisation de bassins de décantation.

6.4. NEUTRALISER LES EFFLUENTS ALCALINS À L'AIDE D'ACIDE SULFURIQUE OU DE DIOXYDE DE CARBONE

Cette MTD est indiquée dans le BREF « Gestion des résidus et stériles des activités minières » (MTWR v2001 section 4.3.11.6). Elle préconise la réalisation d'une étape de neutralisation, en ajoutant divers réactifs tels que l'acide sulfurique ou le CO₂, afin de faire précipiter les métaux dissous et de les enlever ensuite.

Dans le cadre de ce dossier, Alteo a étudié plusieurs voies de neutralisation :

- La neutralisation à l'acide sulfurique,
- La neutralisation au CO₂,
- La neutralisation à l'eau de mer sur terre avant rejet en mer,
- La neutralisation au chlorure de magnésium MgCl₂,
- La neutralisation du rejet en mer.

À l'issue de ces études, la solution de rejet de l'effluent après filtration sous pression mais sans un prétraitement basé sur une étape de neutralisation a été retenue. Il est indiqué que les impacts environnementaux associés à cette solution ont largement été étudiés afin de vérifier qu'elle ne présentait aucun risque.

L'examen critique de l'étude de ces voies de neutralisation est détaillé au paragraphe « 4.2 Analyse des sous-alternatives en cas de rejet en mer ». Il est ainsi indiqué que le tiers expert ne remet pas en cause le caractère non applicable des technologies de neutralisation avec du CO₂, du chlorure de magnésium ou de l'eau de mer. En revanche, la sous-alternative relative à la neutralisation à l'acide sulfurique mériterait d'être approfondie ; en particulier sur les difficultés associées à la séparation solide/liquide et à la gestion des précipités telles que mentionnées au paragraphe 4.2.1. Cette solution ne serait pas applicable si ces difficultés ne sont pas levées.

Recommandation n° 7 :

La voie « neutralisation du rejet en mer » étudiée par Alteo dans ce dossier fait référence aux réactions chimiques naturelles qui ont lieu lors du rejet en mer de l'effluent alcalin. Elle ne fait pas référence à un procédé de traitement qui serait mis en œuvre sur le site. Or, les MTD correspondent à des procédés industriels, à des techniques de traitement des émissions et rejets ou à des mesures organisationnelles et bonnes pratiques auxquelles sont associés des niveaux d'émissions ou de performance. En conséquence et pour éviter toute confusion, il aurait été préférable de ne pas mentionner la « neutralisation du rejet en mer » comme une

MTD. Pour autant, cette recommandation ne modifie pas les conclusions de ce paragraphe et ne nécessite pas l'apport de compléments au dossier.

6.5. ÉLIMINER L'ARSENIC DES EFFLUENTS MINIERES PAR ADJONCTION DE SELS FERRIQUES

Cette MTD est indiquée dans le BREF « Gestion des résidus et stériles des activités minières » (MTWR v2001 section 4.3.11.7).

Dans un premier temps, Alteo indique que cette technologie a été étudiée dans le cadre des différentes alternatives de rejet en rivière ou dans les mines. Dans un second temps, Alteo précise que d'après la littérature, cette méthode d'élimination de l'arsenic est efficace dans une gamme de pH de 2 à 8. Etant donné que le pH de l'effluent futur, correspondant au filtrat du filtre-pressé, aura un pH de 12.4 alors cette technique ne sera pas appropriée.

Commentaire n° 10 :

Le pH de l'effluent en sortie du filtre-pressé est effectivement supérieur au pH optimal pour le bon fonctionnement de cette technologie basée sur l'utilisation de sels ferriques pour éliminer l'arsenic. Néanmoins, il est possible de combiner cette MTD à une première étape de traitement consistant à neutraliser l'effluent ; cette option a d'ailleurs été envisagée dans l'étude relative à la réalisation d'une station de traitement des rejets ('Tome 1 – Annexe 12. Etude pour la réalisation d'une station de traitement des rejets du dernier laveur'). Cependant, très peu d'essais ont été réalisés avec l'ajout de chlorure ferrique et l'analyse de l'arsenic dans le surnageant après décantation n'a pas été réalisée systématiquement. Etant donné que cette MTD est associée à une étape de neutralisation, l'évaluation de son applicabilité est donc très semblable à celle de la MTD « Neutraliser les effluents alcalins à l'aide d'acide sulfurique ou de dioxyde de carbone ».

6.6. CONCLUSION SUR LA PRISE EN COMPTE DES MTD DANS LA DÉFINITION DES SCHÉMAS DE TRAITEMENT DES BOUES ROUGES ET DES EAUX EXCÉDENTAIRES

Pour le traitement des boues rouges, la technique mise en œuvre par Alteo, consistant en une filtration via l'utilisation de filtres-pressés, est conforme aux MTD spécifiques à la production d'alumine qui seront prochainement indiquées dans la version actualisée du BREF « Industrie des Métaux Non Ferreux ». Le choix de cette méthode de gestion des boues rouges leur permet donc de répondre dès aujourd'hui aux MTDs de demain.

Pour le traitement des eaux excédentaires, trois types de MTD ont été identifiées :

- Réutilisation de l'eau de traitement afin de minimiser les volumes produits : cette MTD n'est pas applicable ici.
- Élimination des matières en suspension : la technique utilisée par Alteo, consistant en une filtration sous pression, va au-delà de la MTD.
- Élimination des métaux dissous et de l'arsenic : la mise en œuvre d'un traitement par neutralisation/décantation dans le contexte contraint de l'usine de Gardanne afin d'éliminer les métaux dissous contenus dans les eaux excédentaires fait face à plusieurs difficultés techniques, associés notamment à la séparation et au stockage des précipités, qui conditionnent l'applicabilité de cette MTD. L'examen critique de l'étude de ces voies de neutralisation est détaillé au paragraphe « 4.2 Analyse des sous-alternatives en cas de rejet en mer ». Il est ainsi indiqué que le tiers expert ne remet pas en cause le caractère

non applicable des technologies de neutralisation avec du CO₂, du chlorure de magnésium ou de l'eau de mer. En revanche, la sous-alternative relative à la neutralisation à l'acide sulfurique mériterait d'être approfondie ; en particulier sur les difficultés associées à la séparation solide/liquide et à la gestion des précipités qui, si elles ne sont pas levées, rendent cette solution non applicable.

7. Études complémentaires proposées par le BRGM relatives à une solution combinée incluant une neutralisation à l'acide sulfurique

Comme indiqué précédemment, le BRGM confirme que les 5 solutions alternatives au « Rejet en mer » peuvent être écartées en raison d'incertitudes sur l'applicabilité de certaines techniques et/ou de leur coût excessif. Le choix de l'alternative « Rejet en mer », parmi les 6 alternatives présentées, résulte d'une approche de type MTDECNE (Meilleure Technique Disponible Engendrant des Coûts Non Excessifs ou BATNEC en anglais pour Best Available Technology Not Exceeding Excessive Costs). Le tiers expert conforte le choix de cette alternative.

En revanche, au niveau des 5 sous-alternatives, le choix de ne proposer in fine qu'un traitement des matières solides en suspension, via une filtration sous pression, ne peut être considéré comme suffisant sur la seule base des études présentées dans le dossier.

L'analyse multicritère et les études associées réalisées sur les sous-alternatives en cas de rejet en mer ont montré que le traitement par filtration sous pression est la solution la plus adaptée du point de vue technique et environnemental, tout en étant supportable pour l'activité économique de l'entreprise. Néanmoins, la sous-alternative 1 basée sur une neutralisation à l'acide sulfurique semble présenter un potentiel intéressant qui n'a pas été mis en évidence dans le dossier pour les raisons suivantes :

- La sensibilité du milieu récepteur, ici le milieu marin, pourrait probablement autoriser un traitement moins poussé de l'effluent que le schéma proposé dans la sous-alternative 1. En particulier, le traitement de finition considéré est l'osmose inverse qui est un procédé de finition « très poussé » et extrêmement onéreux en terme de coûts d'investissement et de fonctionnement ;
- L'analyse des critères « Faisabilité technique » et « Enjeux économiques » de la sous-alternative 1 est basée sur une étude technique qui mériterait d'être approfondie afin de mieux étudier ses difficultés techniques et ainsi préciser les contraintes associées à sa mise en œuvre ;
- L'analyse économique a été réalisée en considérant un débit d'effluent à traiter de 270 m³/h. Au regard du dossier, il apparaît possible de réduire ce flux et de n'avoir ainsi à traiter qu'un débit de 140 m³/h (cf paragraphe 7.1.1 suivant). Le traitement d'un débit plus faible induit une diminution du coût d'investissement, même s'il ne modifie pas de manière sensible les coûts d'exploitation. Il faut néanmoins prendre en compte les coûts des travaux qui seraient nécessaires à la réduction du débit à traiter, estimés à 700 – 1000 k€.

Suite à l'analyse des différents documents du DDAE, le BRGM recommande que le pétitionnaire approfondisse la solution de neutralisation à l'acide sulfurique (sous alternative 1). En effet, cette sous-alternative présente un potentiel méritant d'être étudié plus en détail. Quelques éléments relatifs à cette solution combinée sont indiqués dans ce chapitre sur la base d'une approche théorique uniquement. La réalisation d'études détaillées permettrait de confirmer ou d'infirmer ces premiers éléments. Il est cependant important de préciser que les études afférentes à la confirmation de sa faisabilité et à sa mise en place prendront plusieurs années, ce qui signifie qu'une éventuelle mise en œuvre opérationnelle de cette solution ne pourra pas être possible début 2016.

7.1. SCHÉMA DE TRAITEMENT DE LA SOLUTION COMBINÉE

Une combinaison de plusieurs approches est proposée pour cette solution, nécessitant d'approfondir certaines études réalisées dans le cadre de ce DDAE. Ces différentes approches sont détaillées ci-après. Une attention particulière a été apportée à la prise en compte des contraintes du site.

7.1.1. Optimisation du débit d'effluent à traiter

Plusieurs voies de réduction du débit de l'effluent à traiter ont été identifiées. Elles sont indiquées dans le paragraphe 4.3.1 et sont résumées dans le Tableau 12.

Il est proposé ici de court-circuiter la part des eaux utilitaires et eaux pluviales actuellement utilisée en tant que fluide d'accompagnement, c'est-à-dire de ne traiter que 140 m³/h. Une estimation des concentrations maximales des éléments contenus dans cet effluent est donnée dans le Tableau 13. En ce qui concerne les métaux, ceux-ci sont présents dans l'effluent sous deux formes : sous forme dissoute et sous forme particulaire dans les matières en suspension. Afin de faciliter la lecture de ce tableau, les teneurs associées aux matières en suspension sont présentées en mg/L, elles ont été calculées sur la base des teneurs mesurées dans les MES et de la teneur en MES de l'effluent.

Tableau 12 : Description des méthodes de réduction du débit de l'effluent à traiter

	Impact sur le débit à traiter	Débit à traiter	Coût de mise en œuvre
Réduction de la quantité d'eaux utilitaires	- 120 m ³ /h	150 m ³ /h	1.6 M€
Court-circuit de la part des eaux utilitaires et eaux pluviales actuellement utilisée en tant que fluide d'accompagnement (nécessaire au bon fonctionnement de la canalisation pour le rejet en mer)	- 130 m ³ /h maximum	140 m ³ /h	700 – 1000 k€ (inclut également les coûts associés à la récupération de manière séparée des eaux utilitaires et des eaux pluviales si nécessaire, cf. paragraphe 4.3.1)
Réduction de la quantité d'eau pompée dans le canal de Provence en tant que fluide d'accompagnement (nécessaire au bon fonctionnement de la canalisation pour le rejet en mer)	Très variable	Très variable	-

Tableau 13 : Concentrations maximales de l'effluent considéré pour le traitement (extrapolées à partir des données contenues dans le 'Tome 2 – Partie 1 – 2. Description' sur le flux de 270 m³/h actuel)

		Concentration totale maximale	Concentration en phase dissoute	Contribution des MES à la concentration totale maximale (MES = 1 000 mg/L)
Débit	m ³ /h	140		
pH		12.4		
DCO	mg/L	1541	1541	
DBO5	mg/L	158	158	
Na ₂ O	mg/L	7707	7707	
Al	mg/L	2503	2428	75
Fe	mg/L	362	1.4	361
As	mg/L	3.3	3.3	0.04

7.1.2. Neutralisation à l'acide sulfurique suivie d'un traitement physico-chimique

La solution que le BRGM propose d'approfondir inclut une neutralisation à l'acide sulfurique et un traitement physico-chimique. Ce choix est renforcé par le fait que la neutralisation à l'acide et le traitement physico-chimique avant rejet dans le milieu naturel sont pratiqués dans d'autres usines d'alumine dans le monde même si celles-ci utilisent le lagunage pour la séparation des précipités.

En effet, l'étude réalisée sur l'alternative 5 « Rejet dans un cours d'eau » ('Tome 1 – Annexe 12') a montré qu'une étape de neutralisation/coagulation/floculation permet d'éliminer la quasi-totalité des métaux dissous. Des difficultés inhérentes à l'étape de décantation des précipités formés ont également été mises en évidence dans cette étude. Cependant, le nombre limité d'essais réalisés et de conditions opératoires testées pour optimiser cette décantation ne semble pas avoir été suffisant pour identifier les conditions opératoires optimales permettant de lever la réserve associée. Le BRGM recommande donc d'effectuer des essais complémentaires qui permettraient de statuer définitivement sur la possibilité ou non de lever cette difficulté technique, et de confirmer si les teneurs en aluminium, fer et arsenic après un tel traitement seraient effectivement inférieures aux valeurs limites fixées dans l'arrêté du 2 février 1998.

7.1.3. Prise en compte de la sensibilité du milieu marin récepteur sur la définition du schéma de traitement, et notamment sur le traitement de finition

La neutralisation et le traitement physico-chimique permettent d'éliminer les métaux dissous contenus dans l'effluent mais n'ont que peu d'influence sur les teneurs en DBO5 et DCO. A l'issue de ces étapes de traitement, il est attendu que les teneurs en DBO5 et DCO de l'effluent dépassent les valeurs limites fixées dans l'arrêté du 2 février 1998.

Pour rappel, la DBO5 et la DCO sont deux paramètres permettant d'appréhender la charge globale des effluents en substances oxydables et sa dégradabilité par voie biologique et chimique respectivement. Les principales problématiques environnementales soulevées par

des valeurs élevées de DBO5 ou DCO sont l'appauvrissement de la masse d'eau en oxygène dissous et plus globalement l'écotoxicité des effluents. Or, la mer est un milieu ouvert, une masse d'eau non confinée dans laquelle les teneurs en oxygène dissous ne sont pas un facteur limitant comme cela peut être le cas dans un cours d'eau, un fond de baie ou une lagune. Des teneurs en DBO5 et DCO dépassant les valeurs limites réglementaires devraient ainsi être compatibles avec la sensibilité du milieu marin.

L'utilisation de l'acide sulfurique va induire la présence de sulfates dans l'effluent. Au-delà du fait qu'il n'y ait pas de valeur limite indiquée dans l'arrêté du 2 février 1998, il conviendra de confirmer que la présence de sulfates n'a pas d'impact significatif sur le milieu marin.

Après neutralisation et traitement physico-chimique, l'effluent traité pourrait ainsi être rejeté dans la mer.

7.1.4. Prise en compte des investissements déjà réalisés par Alteo

Des investissements ont déjà été réalisés par Alteo afin de répondre à son engagement de l'arrêt du rejet en mer des résidus de bauxite à fin 2015 et du traitement des effluents résiduels. Il s'agit notamment de l'acquisition de 2 filtres-presses installés à Mange-Garri permettant de garantir la déshydratation de la totalité du flux contenant les résidus de bauxite. En ce qui concerne le traitement des effluents résiduels, un filtre sous pression Gaudfrin est en cours d'installation sur le site de Gardanne.

L'intégration de la solution combinée dans le schéma des flux d'eau (hors procédé Bayer) de l'usine de Gardanne est présentée à la Figure 7. Ce schéma inclut :

- La séparation du flux des eaux utilitaires et eaux pluviales du flux d'eau à traiter en amont de l'installation de traitement. Les eaux utilitaires et pluviales sont mélangées au flux traité juste avant leur passage dans le filtre sous pression. En effet, ces eaux peuvent contenir du solide en suspension et nécessitent donc un traitement physique avant leur rejet dans le milieu marin.

À noter qu'il pourrait également être possible de mélanger le flux des eaux utilitaires et eaux pluviales à l'effluent floculé, c'est-à-dire en amont de l'étape de décantation ; les MES grossières qu'ils contiennent pouvant peut-être améliorer la décantation des précipités formés. Néanmoins, cette configuration nécessite d'utiliser un décanteur de plus grande dimension ; le gain attendu sur la vitesse de décantation des précipités formés devra donc être mis en perspective avec l'augmentation du CAPEX associée ;

- Un bac tampon en amont du filtre sous pression Gaudfrin permettant d'assurer le fonctionnement discontinu du filtre sous pression ;
- L'utilisation du filtre sous pression afin de garantir que la teneur en MES de l'effluent qui sera rejeté en mer est inférieure à 35 mg/L (valeur limite réglementaire) ;
- Le mélange des boues de neutralisation aux flux de « boues rouges » (i.e. effluents associés aux résidus lavés) afin d'utiliser les filtres-presses installés à Mange-Garri qui ne sont actuellement pas utilisés pour la production des résidus de bauxite valorisables (Bauxaline®). Les interrogations relatives à la filtrabilité de cette nouvelle boue devront être levées dans le cadre d'une étude sur cette solution. Au cas où les filtres-presses FP2 et FP3 situés à Mange-Garri ne peuvent pas être utilisés pour le traitement de cette boue, une variante de la solution proposée a été définie. Elle est présentée à la Figure 8. Dans cette configuration, les boues de précipités formées à l'issue des étapes de neutralisation/décantation sont filtrées dans un (ou plusieurs) filtre-presses positionné à Gardanne et les gâteaux de filtration sont ensuite transportés et stockés à Mange-Garri (les tonnages produits ont été estimés à environ 36 t_{matière sèche}/jour ce qui nécessite environ 2 trajets de camion/jour entre Gardanne et Mange-Garri).

N.B. : De manière semblable à l'alternative 5 « Rejet dans un cours d'eau » où il était prévu d'installer la STEP sur le site de Gardanne, l'ensemble des étapes relatives à la neutralisation/décantation sont à ce stade positionnées à Gardanne.

Dans le schéma des flux d'eau de l'usine correspondant à l'utilisation actuelle des filtres-presses (Figure 2), le filtrat produit est renvoyé dans le dernier laveur. La présence de ce flux à la Figure 2 est justifiée par le risque d'une teneur en MES dans l'effluent en sortie des filtres-presses trop importante pour un passage directement dans le filtre sous pression. Ce flux n'a donc pas vocation à augmenter la récupération de la soude contenue dans l'imprégnation des résidus lavés. Dans la solution suggérée ici, il est proposé d'utiliser un bac tampon permettant de réaliser une décantation supplémentaire des MES en amont du filtre sous pression afin de répondre à ses contraintes de fonctionnement. De plus, un arrangement des flux de filtrat en sortie des filtres-presses permet d'éviter tout retour d'ions sulfate dans le procédé Bayer. Cet arrangement spécifique consiste à ne pas renvoyer les filtrats dans le dernier laveur mais directement vers l'étape de neutralisation. Ceci permettrait d'un point de vue théorique d'utiliser les filtres-presses existants pour filtrer également les boues issues de l'étape de neutralisation et donc de réduire les investissements associés. La quantité de boues de neutralisation devrait être d'environ 13 kt_{matière sèche}/an soit environ 6% des résidus de bauxite déshydratés qui seront stockés à Mange-Garri (210 kt/an soit 70% de la production totale de résidus). Cette légère augmentation dans le débit en entrée des filtres-presses est donc envisageable au vu des capacités de traitement de FP2 et FP3 (215 kt/an chacun).

Un schéma plus détaillé de chacune des variantes de la solution combinée de traitement des eaux excédentaires est présenté à la Figure 7 et à la Figure 9. Sur ces schémas, un flux de recirculation est indiqué au niveau des étapes de neutralisation/traitement physico-chimique. Ce flux, qui devra être confirmé, est relatif à la recirculation de germes de précipitation afin d'améliorer les performances de cette étape.

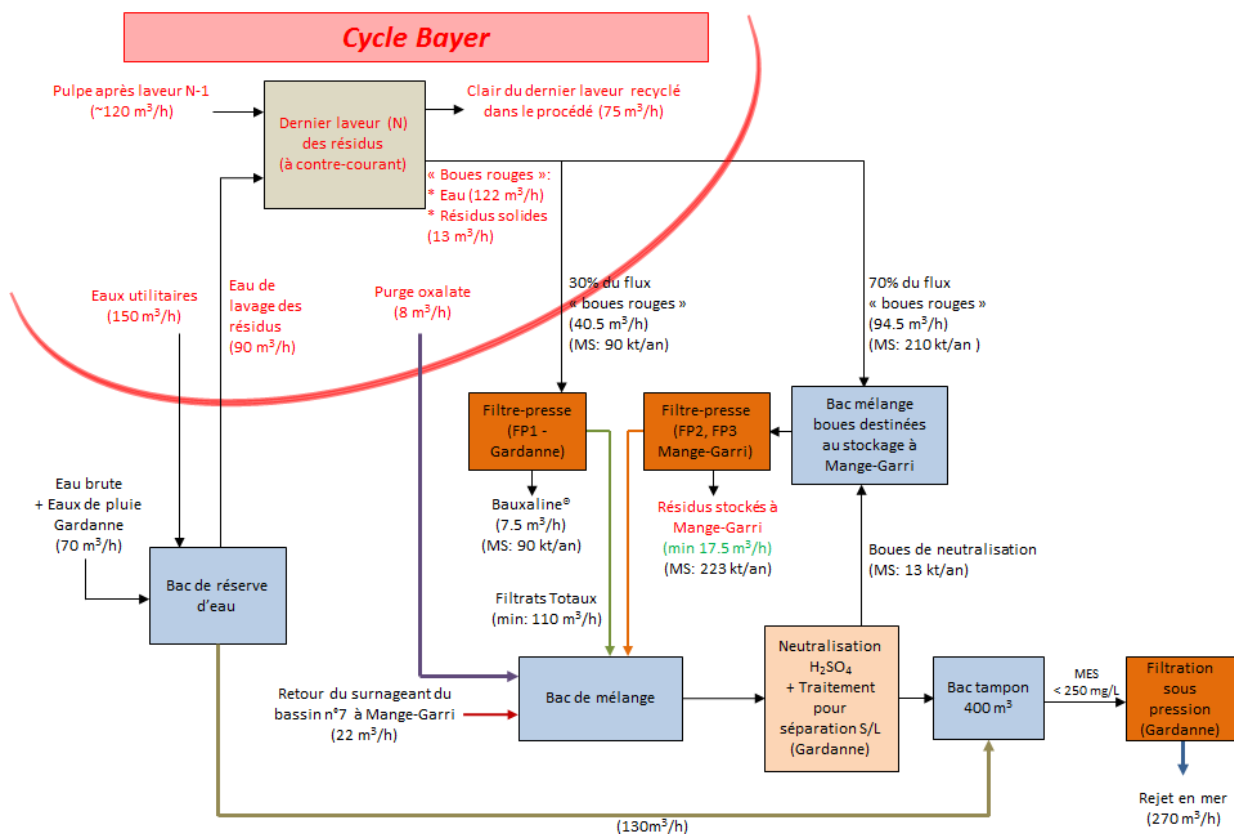


Figure 6 : Intégration de la solution combinée proposée par le BRGM dans le schéma des flux d'eau (hors procédé Bayer) de l'usine de Gardanne, dans laquelle les filtres-pressé présents sur le site de Mange-Garri sont utilisés pour le traitement des boues de neutralisation – Variante 1 (MS : Matière Sèche)

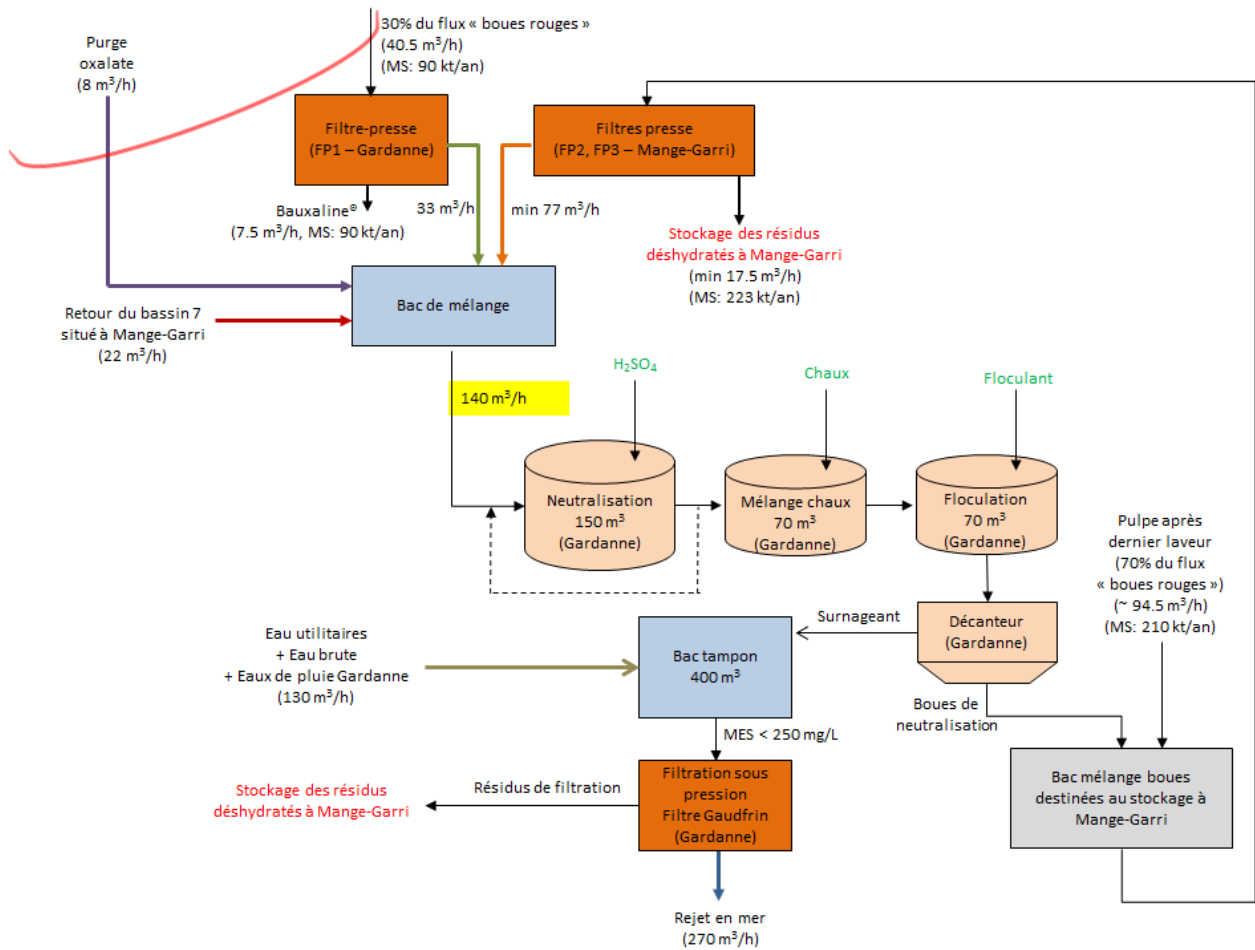


Figure 7 : Schéma de traitement de la solution combinée proposée par le BRGM, dans lequel les filtres-presses présents sur le site de Mange-Garri sont utilisés pour le traitement des boues de neutralisation – Variante 1

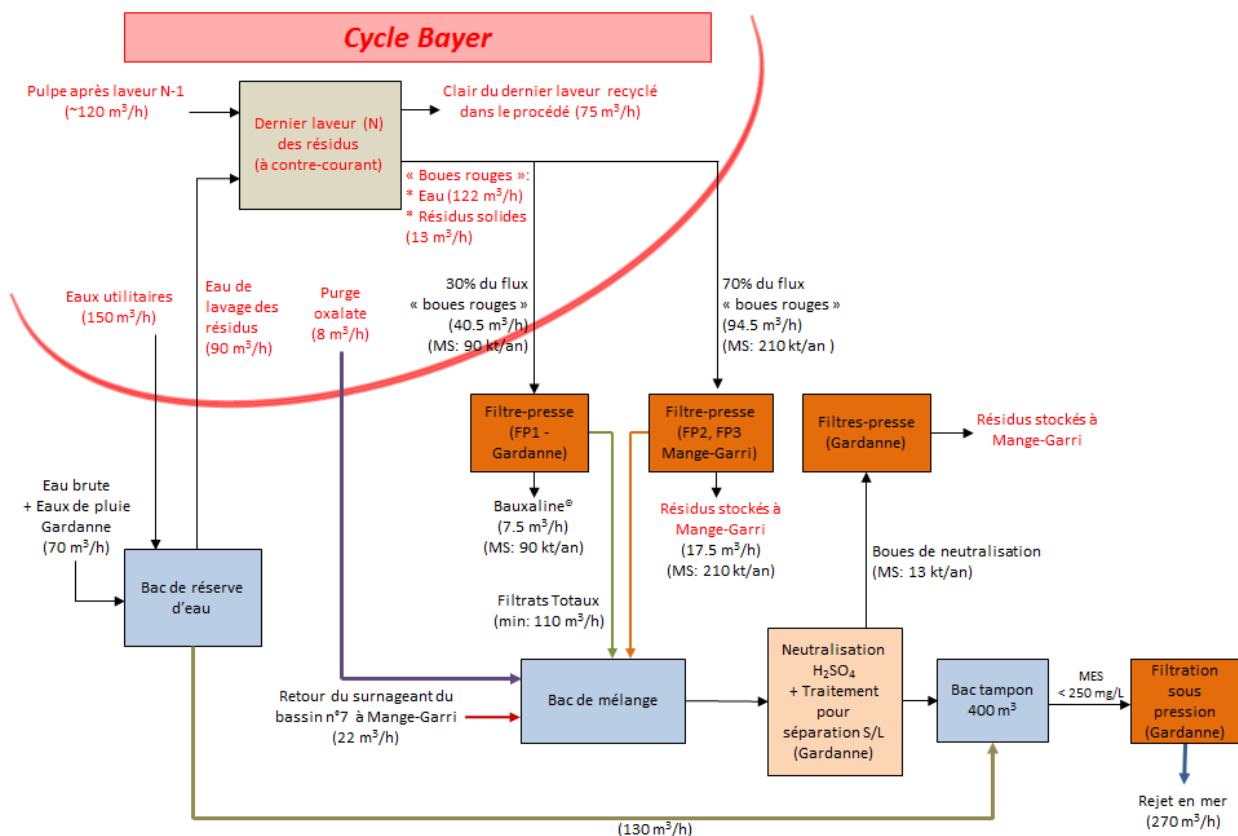


Figure 8 : Intégration de la solution combinée proposée par le BRGM dans le schéma des flux d'eau (hors procédé Bayer) de l'usine de Gardanne, dans laquelle les filtres-pressés présents sur le site de Mange-Garri ne sont pas utilisés pour le traitement des boues de neutralisation - Variante 2 (MS : Matière Sèche)

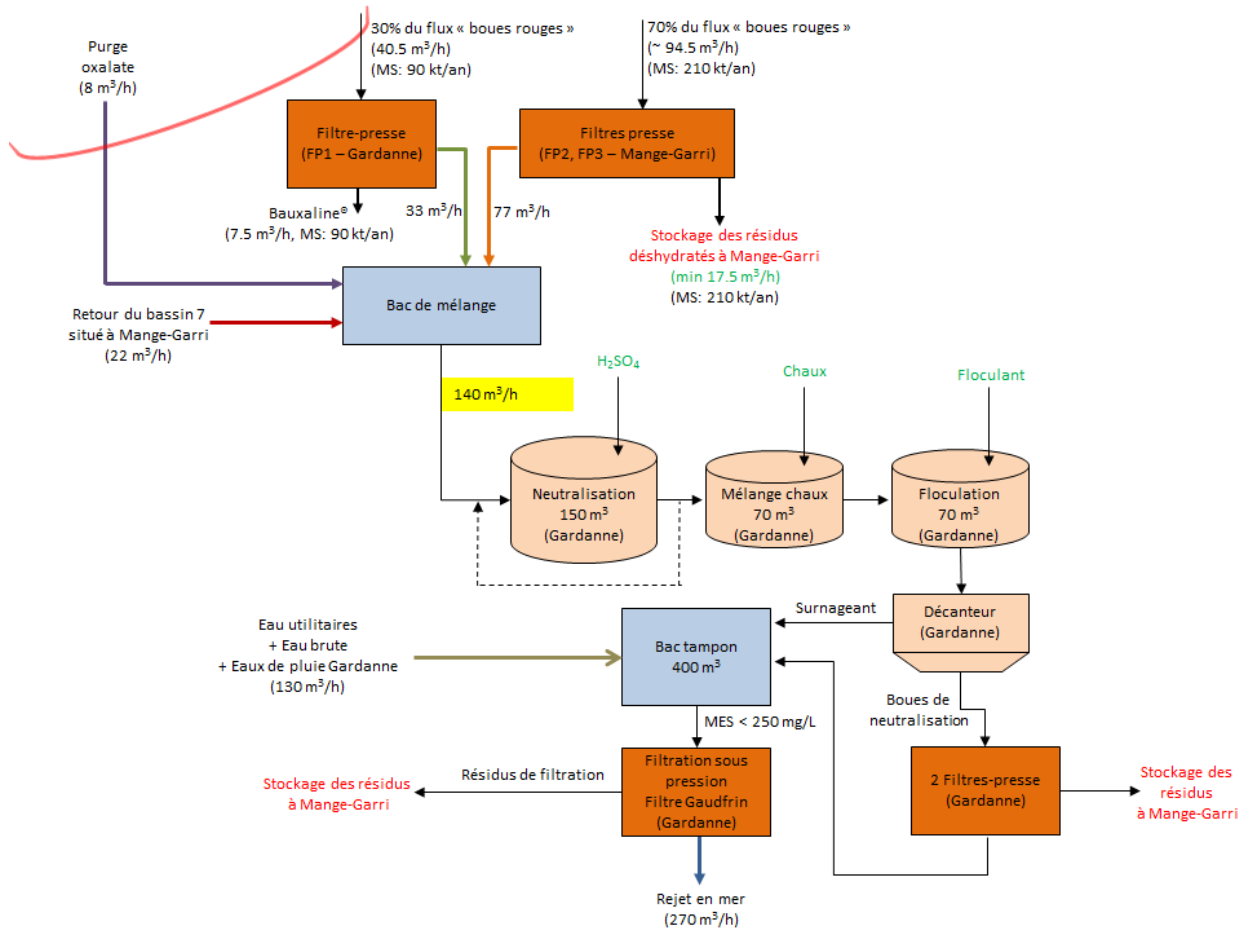
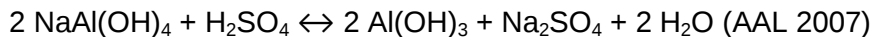
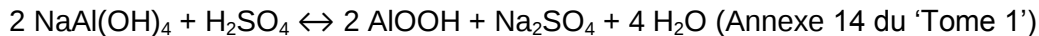
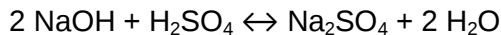


Figure 9 : Schéma de traitement de la solution combinée proposée par le BRGM, dans lequel les filtres-presses présents sur le site de Mange-Garri ne sont pas utilisés pour le traitement des boues de neutralisation - Variante 2

7.2. ÉLÉMENTS RELATIFS À LA QUALITÉ DES PRÉCIPITÉS DE NEUTRALISATION FORMÉS

Les réactions qui ont lieu lors de l'ajout d'acide sulfurique sont les suivantes :



La neutralisation par ajout d'acide sulfurique génère donc essentiellement des précipités d'oxydes hydroxydes d'aluminium, mais sous une forme mal cristallisée (i.e. amorphe), d'où les difficultés rencontrées lors de l'étape de décantation. Ces précipités contiennent également du sulfate de sodium hydraté $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (par saturation), du gypse (surtout par l'ajout de chaux en décantation), des traces d'hydroxydes de fer et des autres métaux initialement présents sous forme dissoute dans l'effluent. Cette composition est très proche de celle des résidus bauxitiques du procédé Bayer. Il semble donc possible de les gérer de la même façon.

Néanmoins, plusieurs interrogations devront être levées. Ces interrogations concernent notamment :

- Les propriétés de filtrabilité des précipités formés.

Comme indiqué précédemment, deux variantes sont proposées pour la solution combinée. Dans la variante 1, les précipités formés sont mélangés aux boues rouges puis le mélange est filtré par le filtre-presse. Dans la variante 2, un (ou plusieurs) filtre-presse est dédié à la filtration des précipités formés. Il sera donc important de vérifier (voire d'optimiser) les propriétés de filtrabilité de ces flux afin de maintenir un fonctionnement optimal des équipements ;

- La stabilité chimique des précipités formés.

Dans la variante 1, les précipités formés sont mélangés aux boues rouges puis le mélange est filtré par le filtre-presse et stocké à Mange-Garri. Dans la variante 2, un flux spécifique de précipités déshydratés est produit. Ces précipités pourraient dans un premier temps être stockés dans les mêmes alvéoles que celles utilisées pour le stockage des résidus de bauxite déshydratés à Mange-Garri, en attendant éventuellement la mise en place d'alvéoles spécifiques.

Les oxydes hydroxydes d'aluminium et de fer sont des précipités stables même dans les conditions alcalines de mélange avec les résidus bauxitiques, étant donné que ce mélange est réalisé à température ambiante et à pression atmosphérique. L'arsenic va probablement précipiter avec les hydroxydes de fer lors de la neutralisation acide et être ainsi piégé. Si toutefois il était en partie remobilisé, il serait récupéré dans le bassin 7 puis traité à nouveau dans la station de neutralisation proposée. La stabilité des précipités formés et le relargage de certains éléments tels que l'arsenic devront cependant être vérifiés via la réalisation de tests de lixiviation ;

- L'augmentation des teneurs en métaux et sulfates notamment des résidus de bauxite actuellement stockés à Mange-Garri.

L'usine de Gardanne produit annuellement 300 kt/an en matière sèche de résidus de bauxite. Dans les prochaines années, il est prévu de valoriser 30% de ces résidus sous forme de Bauxaline®, ce qui signifie que 70% de 300 kt/an seront stockés à Mange-Garri soit 210 kt/an. En ce qui concerne les boues de neutralisation, formées lors de la précipitation des métaux dissous, leur quantité est estimée à 36 t_{matière sèche}/jour soit 13.1 kt/an. Le mélange de ces boues de neutralisation aux résidus de bauxite va donc induire une augmentation de la teneur en métaux du produit final, augmentation qui devra être quantifiée.

En particulier concernant l'arsenic, la teneur en arsenic des résidus de bauxite a été évaluée à 40 ppm (cf Réponse du pétitionnaire à la Remarque n° 36 dans l'Annexe 4). Pour les boues de neutralisation, étant donné que leur quantité est estimée à 13.1 kt/an et que le flux annuel d'arsenic est évalué à 4 t/an (cf. 'Tome 2 – Partie 1 – 2. Description') alors cela signifie que la teneur en arsenic des boues de neutralisation sera d'environ 300 ppm. Suite au mélange de ces 2 flux, le nouveau résidu obtenu a donc une teneur en arsenic d'environ 55 ppm, comparée aux 40 ppm d'arsenic du résidu de bauxite actuel.

En ce qui concerne les sulfates, la teneur en sulfates est un paramètre pris en compte pour déterminer le caractère inerte, non dangereux ou dangereux d'un déchet.

Il conviendra donc de vérifier que le stockage des déchets produits par cette solution combinée sur le site de Mange-Garri ne nécessite pas une modification de la classification de ce centre de stockage, qui est actuellement prévu pour le stockage de déchets non dangereux.

Il est important de rappeler que seule une approche théorique a été utilisée pour définir cette solution de traitement ainsi que les éléments relatifs à la composition et aux propriétés des précipités. Une étude sur la mise en œuvre de cette solution est donc indispensable pour conforter ou infirmer ces hypothèses.

7.3. ÉVALUATION SOMMAIRE DES COÛTS D'INVESTISSEMENT ET DE FONCTIONNEMENT

Cette évaluation est basée sur les coûts d'investissement et de fonctionnement proposés par IRH Ingénieur Conseil dans l'étude présentée à l'Annexe 12 du 'Tome 1'. La remarque spécifique posée au pétitionnaire afin de disposer de ces éléments de chiffrage budgétaire ainsi que sa réponse est donnée à l'Annexe 4 – Remarque n° 43.

Le Tableau 14 et le Tableau 15 présentent respectivement une évaluation sommaire des coûts d'investissement et de fonctionnement pour les 2 variantes de la solution combinée proposée. Les éléments de chiffrage budgétaire ont été extrapolés à partir de l'évaluation économique réalisée dans l'Annexe 12 du 'Tome 1' qui est une étude d'évaluation préliminaire, et ne sont pas issus d'un travail de préféabilité technico-économique réalisé dans les règles de l'art. Ils ne sont donnés qu'à titre indicatif afin de disposer d'ordres de grandeur pour le CAPEX et l'OPEX, comparables à ceux proposés pour les solutions présentées dans le DDAE. Des études complémentaires seraient nécessaires pour obtenir des éléments permettant un pré-dimensionnement de l'installation, et notamment en ce qui concerne les conditions de mise en œuvre de la décantation (permettant notamment l'obtention de vitesses de décantation élevées) étant donné que ces conditions n'ont pas été identifiées lors des essais laboratoire préliminaires.

En ce qui concerne les coûts d'investissement, le CAPEX associé à l'acquisition d'un filtre sous pression (évalué à 1.5 M€) n'a pas été pris en compte étant donné que cet équipement est déjà disponible sur le site de Gardanne. Il conviendra toutefois de vérifier qu'il est utilisable en l'état avec les variantes proposées.

Tableau 14 : Évaluation simplifiée des coûts d'investissement de la variante 1 et de la variante 2 de la solution combinée (extrapolation à partir de l'évaluation économique réalisée dans l'Annexe 12 du 'Tome 1')

	Neutralisation + Traitement physico chimique 140 m ³ /h (Variante 1 présentée à la Figure 6 et à la Figure 7)	Neutralisation + Traitement physico chimique 140 m ³ /h (Variante 2 présentée à la Figure 8 et à la Figure 9)
Utilisation de FP2 et FP3 pour la filtration des boues de neutralisation	Oui	Non
Poste relevage	220 k€	220 k€
Stockage réactifs pour traitement physico-chimique	170 k€	170 k€
Équipements pour la neutralisation	220 k€	220 k€
Stockage acide	110 k€	110 k€
Clarificateur	370 k€	370 k€
Stockage boues	400 k€	880 k€
Traitement des boues		1650 k€ (2 filtres-presse)
Total	1490 k€	3620 k€
Études et MOe (12 %)	179 k€	434 k€
Aléas (15 %)	224 k€	543 k€
Réduction du débit d'effluent à traiter	1000 k€	1000 k€
Total	2893 k€	5597 k€
Total (marge d'erreur 50%)	4340 k€	8396 k€

Pour le calcul des OPEX, des coûts de fonctionnement très semblables à ceux relatifs à la mise en œuvre d'une STEP avant rejet dans un cours d'eau ont été considérés (Annexe 12 du 'Tome 1'). En ce qui concerne l'acide, le coût de 200 €/t choisi dans cette annexe est considéré par le BRGM comme surévalué. Un coût de 125-135 €/t d'H₂SO₄ à 92% a ainsi été utilisé ici après consultation de courtiers spécialisés. Cependant, en raison des fortes quantités d'acide consommées, il est probable que ce prix puisse faire l'objet d'une négociation commerciale avec les fournisseurs potentiels. La diminution des redevances à l'Agence de l'Eau n'a pas été prise en compte ici.

Tableau 15 : Evaluation simplifiée des coûts de fonctionnement de la variante 1 et de la variante 2 de la solution combinée (basée sur l'évaluation économique réalisée dans l'Annexe 12 du 'Tome 1')

	Neutralisation + Traitement physico chimique 140 m ³ /h (Variante 1 présentée à la Figure 6 et à la Figure 7)	Neutralisation + Traitement physico chimique 140 m ³ /h (Variante 2 présentée à la Figure 8 et à la Figure 9)
Utilisation de FP2 et FP3 pour la filtration des boues de neutralisation	Oui	Non
Acide consommé (14.6 kT/an)	1.8 – 2.0 M€/an	1.8 – 2.0 M€/an
Réactifs pour traitement physico-chimique	0.5 M€/an	0.5 M€/an
Gestion des boues (production : 13 kT/an ; stockage sur le site de Mange-Garri)	0.5 M€/an	0.5 M€/an
Filtre sous pression	0.5 M€/an	0.5 M€/an
Total	3.3 – 3.5 M€/an	3.3 – 3.5 M€/an
Total (marge d'erreur 50%)	5.0 – 5.2 M€/an	5.0 – 5.2 M€/an
Énergie	6 à 10 k€/an	6 à 10 k€/an
Personnel	5 à 10 k€/an	5 à 10 k€/an

L'évaluation économique très sommaire de la solution que le BRGM propose d'approfondir conduit à

- Pour la variante 1 :
 - Le CAPEX est compris entre 2 et 5 M€, soit une note pour ce critère dans l'AMC de -1,
 - L'OPEX est compris entre 3.3 et 5.2 M€/an soit une note pour ce critère dans l'AMC pouvant être soit de -3 soit de -9 suivant le montant de l'OPEX ;
- Pour la variante 2 :
 - Le CAPEX est compris entre 5 et 10 M€, soit une note pour ce critère dans l'AMC de -3,
 - L'OPEX est compris entre 3.3 et 5.2 M€/an soit une note pour ce critère dans l'AMC pouvant être soit de -3 soit de -9 suivant le montant de l'OPEX.

Au vu de ces premiers éléments, la solution combinée représente une opportunité potentielle de traitement alternative à la solution choisie par Alteo qui est la filtration sous pression. En effet, cette solution combinée permettrait d'améliorer la qualité de l'effluent rejeté en mer via la mise en place d'un traitement complémentaire à la filtration sous pression pour éliminer les métaux dissous. Néanmoins, à ce stade d'étude de concept, il n'est possible de conclure ni sur la faisabilité technique de cette solution, ni sur les moyens financiers réels à engager, ni sur l'ensemble de ses impacts environnementaux. C'est pourquoi il paraît utile de prévoir de réaliser des études complémentaires afin de vérifier ces différents points.

7.4. ÉVALUATION SOMMAIRE DU DÉLAI DE MISE EN ŒUVRE DE LA SOLUTION COMBINÉE

Le calendrier prévisionnel du délai de mise en œuvre de la solution combinée proposée est basé sur l'estimation réalisée par Alteo dans le rapport relatif au calendrier de mise en œuvre des scénarii étudiés pour la sous-alternative 1 « Rejet en mer après pré-traitement par acidification puis traitement physico-chimique ». En effet, cette sous-alternative présente des étapes de traitement communes avec la solution proposée par le BRGM.

6 grandes étapes ont été identifiées comme structurantes pour la mise en œuvre de la sous-alternative 1. Ces étapes sont les suivantes :

- Réalisation d'essais laboratoire pour dimensionner les équipements ;
- Élaboration d'un avant-projet en conséquence ;
- Identification d'une filière de traitement des boues de neutralisation ;
- Demande d'autorisation pour opérer les installations ;
- Réalisation de l'étude projet, laquelle nécessiterait un réaménagement des installations dans l'usine (pas de place disponible à ce jour) ;
- Construire la station d'épuration et procéder aux réaménagements à l'intérieur de l'usine

Le Tableau 16 présente la durée prévisionnelle de ces différentes étapes dans le calendrier considéré par Alteo pour la mise en œuvre de la sous-alternative 1 ainsi que la durée prévue pour la solution combinée proposée ici. Le Gantt prévisionnel est présenté à la Figure 10. Plusieurs jalons « go/no go » ont été inclus dans le Gantt ; il s'agit de moments clés qui permettront, au vu des résultats obtenus jusqu'au jalon considéré, de statuer sur l'intérêt ou non de poursuivre l'étude de cette solution combinée.

Il est important de préciser qu'une solution de gestion des eaux excédentaires nécessite plusieurs années pour sa mise en œuvre. Aujourd'hui, et au vu des investissements déjà réalisés par Alteo, seule la sous-alternative n° 5 « Rejet en mer après traitement dans un filtre sous-pression » est opérationnelle au 1er janvier 2016. Cette solution permet à Alteo de respecter son engagement vis-à-vis de l'arrêté préfectoral du 1er juillet 1996. La solution combinée que le BRGM propose d'approfondir pourrait faire l'objet d'études complémentaires selon un échéancier défini à la Figure 10 afin d'évaluer sa faisabilité de mise en œuvre.

Tableau 16 : Durée prévisionnelle des différentes étapes nécessaires à la mise en œuvre de la sous-alternative n° 1 et de la solution combinée que le BRGM propose d'approfondir

	Durée prévue pour la sous-alternative 1 « Rejet en mer après prétraitement par acidification puis traitement physico-chimique »	Durée prévue pour la solution combinée que le BRGM propose d'approfondir	Commentaires
Évaluation conceptuelle de la solution combinée	-	3 mois	Cette étape a pour objectif d'évaluer conceptuellement la faisabilité de la solution combinée.
Essais laboratoire	1 an	1 an	Ces essais visent à identifier les conditions opératoires optimales de fonctionnement. Ils visent aussi à évaluer la stabilité chimique des précipités formés.
Essais avec les fournisseurs d'équipements	-	6 mois	Ces essais permettront de vérifier la compatibilité des variantes proposées vis-à-vis notamment de l'utilisation des filtres-presses et du filtre sous pression
Recherche filière de gestion des boues de neutralisation	1.5 ans	1 an	Dans les 2 variantes proposées, les boues de précipités de neutralisation sont stockées avec les résidus de bauxite à Mange-Garri. Cette étape a pour but d'évaluer les impacts de cette gestion, notamment en termes de stabilités chimiques et géotechniques. Dans le cas où ce mode de gestion n'est pas possible alors d'autres solutions de gestion seront recherchées.
Avant-projet	1.5 ans	1.5 ans	
Demande d'autorisation d'exploiter	2 ans	6 mois	Une remarque sur la durée nécessaire à cette demande d'autorisation d'exploiter a été posée au pétitionnaire. Elle est reprise ci-dessous (Remarque n° 33). Dans l'Annexe 12 du 'Tome 1', il est indiqué qu'il est prévu d'utiliser une cuve de 80 m ³ pour le stockage de l'acide, ce qui permettrait d'avoir une autonomie d'environ 3 jours (soit 120 tonnes environ). Étant donné que ce stockage est inférieur à 250 tonnes, alors Alteo serait soumis au régime de Déclaration avec un délai approximatif de 6 mois pour la demande d'autorisation d'exploiter
Étude de projet	1.5 ans	1 an	
Construction et mise en service des équipements	2 ans	2 ans	

Figure 10 : Gantt prévisionnel pour la mise en œuvre de la solution combinée

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Evaluation conceptuelle de la solution combinée	■							
Essais laboratoire		■						
Jalon 1: Décision "go/no go" pour la poursuite de l'étude de la solution combinée		✕						
Essais avec les fournisseurs d'équipements			■					
Recherche filière de gestion des boues de neutralisation			■					
Jalon 2: Décision "go/no go" en fonction des filières possibles pour la gestion des boues			✕					
Avant-projet				■	■			
Jalon 3: Décision "go/no go" en fonction de la faisabilité technique et des coûts associés (CAPEX/OPEX)					✕			
Demande d'autorisation d'exploiter					■			
Etude de projet					■	■		
Construction						■	■	■
Jalon 4: Mise en service des installations								✕

Remarque n° 33 :

Dans le rapport relatif au calendrier de mise en œuvre des scénarii étudiés, et en particulier dans le paragraphe relatif à la sous-alternative n° 1, il est prévu une durée de 2 ans pour la demande d'autorisation d'exploiter. Des précisions sur cette durée ont été demandées au pétitionnaire.

Réponse du pétitionnaire :

La consommation et donc le stockage de grandes quantités d'acide nécessiteront l'ajout d'une rubrique ICPE complémentaire à l'AE de l'usine (n° 1611). En fonction de la taille requise du stockage, Alteo pourra être soumis au régime de Déclaration (50 à 250 tonnes, délai approximatif 6 mois) ou à celui de l'Autorisation (> 250 tonnes, 24 mois de délai).

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante.

Commentaire n° 11 :

Dans le rapport relatif au calendrier de mise en œuvre des scénarii étudiés, il est prévu de commencer les études/travaux de toutes les alternatives et sous-alternatives, hors solution choisie, au début de l'année 2016. Ceci est lié aux recommandations qui seront formulées dans le prochain arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter qui sera établi fin 2015. Cependant, une évaluation conceptuelle de la solution combinée pourrait être réalisée en 2015 et permettrait ainsi de statuer rapidement sur l'intérêt de mise en œuvre de cette solution, sans remettre en cause la solution opérationnelle choisie par Alteo pour 2016.

Remarque n° 34 :

Suite à la présentation de ce Gantt prévisionnel de mise en œuvre de la solution combinée, il a été demandé au pétitionnaire de se prononcer sur ce calendrier.

Réponse du pétitionnaire :

Le calendrier prévisionnel de mise en œuvre de cette solution combinée et établi par le pétitionnaire est présenté au Tableau 17 et au Tableau 18.

Tableau 17 : Calendrier prévisionnel établi par le pétitionnaire pour la mise en œuvre de la solution combinée que le BRGM propose d'approfondir (1/2)

Tâche à réaliser	Objectifs de la tâche	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Essais laboratoire											
Définition des quantités d'acide à ajouter pour abattre les métaux	Définir le pH optimal auquel les métaux précipitent, et la quantité d'acide minimale pour se positionner sous les seuils de l'AM de 1998										
Etudier l'utilité d'un traitement complémentaire par chlorures ferriques pour abattre l'arsenic	Définir l'optimum coût d'OPEX entre ajout d'acide et ajout de sels ferriques (étape non requise si une faible quantité d'acide permet d'abattre As sous les seuils de l'AM de 1998)										
Optimisation du dosage chaux/floculant, recherche de technologie pour la séparation solide-liquide	Recherche de floculants/coagulants permettant une décantation correcte du précipité formé après adjonction d'acide. Test laboratoire de solutions alternatives à la décantation pour faire la SLS, au vue des résultats acquis IRH										
Stabilité chimique des résidus de neutralisation	Production au laboratoire de résidus de neutralisation, incorporation à doses variables dans les résidus de bauxite alcalin pour valider la stabilité et le relargage par test de lixiviation.										
Faisabilité / Dimensionnement d'un décanteur ou d'une autre technique de SLS	Vérifier que les résultats issus des essais laboratoire permettent une mise en œuvre industrielle, en terme de concentration sousverse et clarification surverse.										
Jalon 1 : Faisabilité d'une séparation des précipités après neutralisation à l'acide	Ce jalon permettra de : - Valider la (pré)-faisabilité technico-économique d'une séparation solide-liquide - Valider les quantités de solide générées - Valider le tassement obtenu après décantation, ou autre technologie - Valider le taux de MES du surnageant dans le décanteur - Valider que l'OPEX généré par la consommation d'acide et de floculant est supportable pour l'activité économique du site										
Essais avec les fournisseurs d'équipements											
Capacité technique du FP2 et FP3 à filtrer le résidu issu de la décantation mélangé aux boues	Est-ce que le tassement à l'issue de la décantation permet de mélanger aux boues envoyées à Mange Garri sans modifier le nominal pour lequel les FP ont été dimensionnés ?										
Capacité technique du filtre sous pression à recevoir le mélange sortant du bac tampon	Est-ce que le taux de MES en sortie du bac tampon n'est pas trop important pour utiliser le filtre Gaudfrin ?										
Jalon 2 : Choix entre variante 1 et variante 2	Ce jalon permettra de : - Valider si les FP2/FP3 peuvent être utilisés pour traiter les résidus issus de la décantation - Valider si le filtre Gaudfrin peut être utilisé pour filtrer le liquide en sortie du bac tampon - Valider le devenir du résidu - Faire un choix entre "variante 1" et "variante 2" - Donner une première estimation des CAPEX et vérifier s'il est supportable pour l'activité économique du site										

Tableau 18 : Calendrier prévisionnel établi par le pétitionnaire pour la mise en œuvre de la solution combinée que le BRGM propose d'approfondir (2/2)

Tâche à réaliser	Objectifs de la tâche	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Aspects réglementaires / environnementaux											
Acceptabilité du milieu:	Vérifier l'impact sur le milieu de la présence de Na_2SO_4 dans l'effluent futur. Déterminer la fréquence et l'intensité des incidents de procédé amenant une pollution sodique du flux eaux utilitaires + eaux de pluie; en vérifier l'éventuel impact sur le milieu										
Si "variante 1" retenue :											
Caractérisation en termes de dangerosité du résidu en sortie du filtre presse	Vérifier tous les critères de dangerosité. Durée estimée de la tâche par analogie avec la caractérisation faite en 2012 sur le résidu stocké à Mange Garri.										
Etude du comportement du mélange dans la durée (relargage des métaux ?)	Est-ce que le fait de mélanger les résidus de bauxite avec les boues issues de la décantation modifie la stabilité des métaux dans le temps ?										
Impact sur la stabilité géotechnique du stockage de Mange Garri	Vérifier l'impact sur la stabilité du stockage										
Incidences réglementaires sur l'ICPE de Mange Garri	Au vu des caractérisations réalisées, l'ICPE de Mange Garri permet-il de stocker ce résidu ? Est-il nécessaire de changer la classification ou la nomenclature de l'ICPE ?										
Incidences sur la valorisation	Le nouveau résidu est-il valorisable dans les applications en cours ?										
Si "variante 2" retenue :											
Caractérisation en termes de dangerosité du résidu issu de la décantation	Vérifier tous les critères de dangerosité. Durée estimée de la tâche par analogie avec la caractérisation faite en 2012 sur le résidu stocké à Mange Garri.										
Impact sur la stabilité géotechnique du stockage de Mange Garri	Vérifier l'impact sur la stabilité du stockage										
Incidences réglementaires sur l'ICPE de Mange Garri	Au vu des caractérisations réalisées, l'ICPE de Mange Garri permet-il de stocker le résidu issu de la décantation ? Est-il nécessaire de changer la classification ou la nomenclature de l'ICPE ? Est-il nécessaire d'éliminer ce résidu vers une autre filière ?										
Recherche de filière d'élimination du résidu issu de la décantation	Dans le cas où le résidu issu de la décantation n'est pas stockable à Mange Garri, recherche de filière de traitement										
Jalon 3 : Faisabilité d'un point de vue environnemental / réglementaire	Ce jalon permettra de : - Valider la faisabilité d'un stockage à Mange Garri - Valider l'existence de filières pour traiter le résidu dans une filière adaptée - Donner une estimation du coût de traitement et vérifier s'il est supportable pour l'activité économique du site										
Avant-projet											
Etablir le schéma procédé											
Dimensionner les équipements											
Implantation physiques des équipements											
Définir le CAPEX											
Jalon 4 : Validation du CAPEX	Ce jalon permettra de : - Valider la faisabilité d'un point de vue technique - Définir à +/- 30% le CAPEX du projet - Définir la nature de l'autorisation réglementaire requise (porté à connaissance ou DDAE ?)										
Etude de projet / Construction / Demande d'autorisation d'exploiter											
Permis de construire											
Demande d'autorisation d'exploiter	Durée estimée à : - 6 mois si "porté à connaissance" - 18 mois si DDAE										
Etude de projet	Définir le PID, établir les spécifications de consultation, consulter les fournisseurs d'équipements et les entreprises de travaux, etc.										
Construction	Construire les installations requises à l'usine et à Mange Garri. Nota : La construction ne pourra démarrer qu'après obtention du permis de construire et de l'autorisation d'exploiter										
Mise en service des équipements et fiabilisation											
Jalon 5 : Mise en service des installations											

Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire :

La réponse apportée est satisfaisante.

7.5. CONCLUSION

La solution que le BRGM propose d'étudier pour le traitement des eaux excédentaires de l'usine de Gardanne consiste à combiner une réduction du flux à traiter avec une neutralisation/traitement physico-chimique des effluents chargés. Une attention particulière a été apportée à la prise en compte des contraintes du site et aux investissements engagés récemment.

Les premiers éléments donnés dans ce chapitre sont basés sur une approche théorique, et ne permettent donc pas de statuer sur la faisabilité technico-économique de cette solution combinée. La réalisation d'études détaillées de cette solution est donc nécessaire afin de démontrer cette faisabilité. En particulier, les aspects techniques suivants devront être étudiés :

- Élimination des métaux dissous lors de l'étape de neutralisation/précipitation ;
- Intérêt de l'ajout de sels ferriques pour réaliser une élimination complémentaire de l'arsenic ;
- Amélioration des vitesses de décantation des précipités afin de permettre l'utilisation de décanteurs pour cette étape ; quelques pistes ont été identifiées et sont indiquées ci-dessous :
 - o Ajout de chaux, de coagulant/floculant ou combinaison de ces réactifs,
 - o Recirculation de germes de précipitation ;
- Filtrabilité des boues de neutralisation et filtrabilité de l'effluent produit à l'issue du mélange de ces boues avec les boues rouges (i.e. effluent associé aux résidus lavés) ;
- Impact de la neutralisation sur l'étape de filtration sous pression ;
- Caractérisation des résidus déshydratés obtenus dans les différentes configurations (analyse, stabilité chimique, etc.) ;
- Impact des résidus déshydratés sur la stabilité géotechnique du site de stockage ;
- Incidences réglementaires sur le site de stockage de Mange-Garri.

Si la faisabilité technico-économique de cette solution combinée est démontrée, alors elle permettrait d'éliminer les métaux dissous contenus dans l'effluent, et donc de respecter les valeurs limites de l'arrêté du 2 février 1998 vis-à-vis des teneurs en aluminium, fer et arsenic. Les teneurs en DCO et DBO5 seraient, quant à elles, supérieures à ces valeurs limites mais ces paramètres ne sont a priori pas potentiellement problématiques pour un rejet en mer.

Il est important de préciser ici que cette solution n'est pas sans risque, ni impact potentiel. Cependant, compte tenu du cadre de cette tierce expertise, qui exclut l'étude des impacts en mer de la solution choisie, il n'a pas été possible de comparer les impacts de cette solution avec ceux de l'alternative « Rejet en mer après filtration sous pression ».

8. Conclusion

Dans le cadre du respect de la convention de Barcelone pour la protection de la mer Méditerranée, la société Aluminium Pechiney (alors exploitant du site de Gardanne) a pris en 1996 l'engagement de diminuer progressivement les quantités de rejets solides (aussi appelés « boues rouges ») en mer Méditerranée avec l'objectif d'y mettre un terme le 31 décembre 2015. Cet engagement a été retranscrit dans un arrêté préfectoral en date du 1er juillet 1996. L'arrêté ministériel du 2 février 1998, non spécifique à l'usine de Gardanne, fixe des valeurs limites à respecter pour les rejets liquides des ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) dans le milieu naturel, tout en permettant au préfet d'y accorder des dérogations après avis du Conseil Supérieur de la Prévention des Risques Technologiques.

Dans ce cadre, et en tenant compte des nouveaux enjeux associés à la mise en place de la partie maritime du cœur du parc national des Calanques, créé par décret en 2012, la société Alteo Gardanne, actuel exploitant de l'usine de production d'alumine, a engagé la modification de ses installations de traitement des rejets solides et des effluents associés. Ces modifications étant substantielles, Alteo a été conduit à solliciter le renouvellement de son autorisation d'exploiter pour l'usine de Gardanne, en déposant un dossier de demande d'autorisation d'exploiter (DDAE). En particulier, Alteo a choisi de mettre en œuvre une filtration par filtres-presses de la totalité du flux de boues rouges afin de supprimer le rejet des résidus solides en mer. Cette filtration génère des résidus déshydratés, qui seront stockés sur le site de stockage de Mange-Garri, et des effluents liquides résiduels pour lesquels 7 paramètres ne respectent pas les valeurs limites de l'arrêté de 1998 : pH, matières en suspension, aluminium, fer, arsenic, DCO et DBO5. Alteo a ainsi étudié plusieurs solutions de traitement de ces effluents liquides, dont les études sont incluses dans le DDAE, et a choisi la solution « filtration sous pression avant rejet en mer ».

En application de l'article R.512-7 du code de l'environnement, il a été demandé à la société Alteo Gardanne de faire procéder à une tierce expertise de ce dossier, laquelle a été confiée au BRGM. Cette tierce expertise porte sur les solutions technologiques de traitement des boues rouges et effluents liquides résiduels étudiées par l'industriel. L'impact des rejets en mer ne fait pas partie du périmètre de l'expertise confiée au BRGM. Le BRGM a été chargé d'examiner les technologies envisagées par Alteo pour vérifier si elles font partie des meilleures technologies disponibles au niveau mondial, ou s'il existe des technologies alternatives ou complémentaires qui permettraient de réduire, voire supprimer, les rejets en mer. La mission du BRGM intégrait aussi l'appréciation de l'impact économique de ces éventuelles technologies alternatives ou complémentaires.

Le BRGM a réalisé un parangonnage international concernant les techniques de gestion des boues rouges et des effluents résiduels, et a examiné de manière critique le parangonnage produit par Alteo. À l'issue du parangonnage, le BRGM n'a pas identifié de solution permettant de supprimer totalement les effluents liquides : une telle solution existe, mais nécessite de vastes bassins de décantation et d'évaporation des eaux (lagunage). L'emplacement géographique de l'usine ne permet pas sa mise en œuvre.

Le parangonnage réalisé par le BRGM montre que le traitement par filtre presse des boues rouges réalisé par Alteo fait partie des MTD (Meilleure Technique Disponible) dans la filière de la production d'alumine pour ce qui concerne le traitement des matières en suspension. En ce qui concerne les effluents résiduels, ils sont soumis en général à un traitement physique ou physico-chimique afin de réduire les rejets en métaux. Quelques usines (dont une située en Europe) ne pratiquent aucun traitement chimique de leurs effluents avant rejet en mer ; les contraintes réglementaires sur la qualité de l'effluent rejeté auxquelles elles sont soumises ne sont toutefois pas connues.

Le BRGM a également réalisé une analyse critique du dossier déposé par Alteo, qui examine des alternatives (et sous-alternatives) de traitement des effluents liquides résiduels. Dans ce dossier, Alteo motive le choix de la solution de filtration sous pression à l'aval des filtres-presses, tout en justifiant les raisons pour lesquelles les autres alternatives n'ont pas été retenues. La technique de filtration sous pression permet d'éliminer les matières en suspension et donc les métaux associés d'où un abattement de 65 % pour l'arsenic, de 82 % pour l'aluminium et de plus de 99 % pour le fer. Malgré ces forts taux d'abattement, les teneurs résiduelles restent supérieures aux valeurs limites de l'arrêté générique de 1998.

Outre l'examen critique des alternatives étudiées par Alteo, le BRGM a examiné des solutions alternatives, non mentionnées dans le dossier DDAE. Les technologies identifiées, si elles présentent un potentiel au plan théorique, sont encore en phase de R&D. Elles ne présentent donc pas la maturité suffisante pour permettre à un industriel de s'engager dans un investissement à court terme. Le BRGM a également étudié l'influence de la qualité du minerai exploité sur la qualité du rejet. Même si un changement de ce minerai pourrait influencer légèrement la teneur en arsenic de l'effluent résiduel, il est très peu probable que ce seul changement induise une réduction significative. De plus, un changement de minerai induirait des évolutions dans le fonctionnement de l'usine ; en fonction de la composition du nouveau minerai utilisé, il pourrait également en résulter une augmentation de la teneur en éléments autres que l'arsenic dans l'effluent. Les résultats de ce volet de l'expertise ne conduisent donc pas le BRGM à faire de préconisations.

Parmi les sous-alternatives étudiées par Alteo, un traitement basé sur une neutralisation à l'acide sulfurique en aval des filtres presses semble présenter un potentiel intéressant pour le BRGM. Cependant, cette sous-alternative visait la production d'un effluent d'une qualité compatible avec le rejet dans un cours d'eau. Elle incluait donc un traitement de finition par osmose inverse. Cette solution a été écartée par Alteo en raison des coûts élevés associés à l'osmose inverse mais aussi à la consommation de réactifs pour la neutralisation et à la gestion des précipités. Pour le BRGM, la technologie de neutralisation à l'acide des effluents à la sortie des filtres-presses mérite d'être approfondie, sans être associée à l'osmose inverse mais à d'autres technologies de décantation combinées à des filtrations. Cette solution, appelée « solution combinée » dans le présent rapport permettrait de réduire très fortement les rejets en mer de métaux. Cette recommandation du BRGM est renforcée par le fait que la neutralisation à l'acide est pratiquée dans d'autres usines d'alumine de par le monde. Le BRGM présente dans son rapport une estimation technique et économique, qui reste toutefois très préliminaire et ne permet pas de conclure définitivement sur ce point. Seules des études complémentaires permettraient de valider la faisabilité technique de cette solution, de préciser les coûts d'investissement et de fonctionnement associés, et d'en évaluer l'intérêt en termes de réduction des impacts environnementaux. Une telle solution si elle se révélait effectivement possible nécessiterait plusieurs années pour être mise en place.

Les conclusions des études réalisées par Alteo et qui ont conduit à retenir, parmi l'ensemble des alternatives et sous alternatives étudiées, la solution « filtre presse puis filtration sous pression avant rejet en mer » apparaissent donc pertinentes pour le BRGM. C'est la seule solution opérationnelle à fin 2015 qui ne remet pas en cause la continuité de l'activité industrielle. L'intégration d'une étape de traitement physico-chimique (neutralisation/ décantation/ filtrations) pour l'élimination plus efficace des métaux (solution combinée) est une opportunité qui mériterait d'être étudiée plus en détail, mais dont la faisabilité et l'avantage environnemental ne sont pas démontrés à ce stade, avec des coûts qui restent à préciser.

Le présent rapport formule également des remarques ou recommandations d'amélioration ou de clarification des dossiers produits par Alteo. Certains compléments, déjà apportés par Alteo sont présentés dans ce rapport, d'autres ont vocation à être fournis par Alteo ultérieurement. Le BRGM souligne enfin la disponibilité et la réactivité des équipes d'Alteo pour répondre aux questions posées par le BRGM pendant cette mission.

9. Bibliographie

AAL Aughinish Alumina Limited (2007) – Residue Management Sustainability Review.

AAL Aughinish Alumina Limited (2013) – Annual Environmental Report 2012.

Bardossy G. et Aleva G.J.J. (1990) – Lateritic bauxite, 624 p – Elsevier

Bronevoi V.A., Zhilbermenc A.V. et Teniakov V.A. (1985) – Average composition of bauxites and their evolution in time (en russe). Geokhimiya, Moscou, 4, pp. 435-446 (*Référence citée dans Bardossy et Aleva, mais non consultée*).

European Commission (2006) – Evaluation Methods for the European Union's External Assistance, 131 p.

IAI (International Aluminium Institute) & EAA (European Aluminium Association) (2014) – Bauxite Residue Management: Best Practice.

Annexe 1

**Courrier de la DREAL du 29 septembre 2014 et
Courrier de Mme La Ministre en charge de
l'Environnement du 10 octobre 2014 précisant les
attentes de la tierce expertise du BRGM**

Cahier des charges défini pour la tierce-expertise

Le dossier de référence est celui déposé le 19 mai 2014 visé en référence, enrichi de l'analyse multicritère complémentaire, du calendrier et des informations (cf. infra) que vous transmettez au tiers-expert.

Le tiers-expert conduira un examen critique des six solutions alternatives (dont la solution de rejet en mer) ainsi que des cinq solutions de traitement complémentaire en cas de rejet en mer, sur la base des analyses multicritères et des études associées, pour permettre de confirmer ou d'infirmer les conclusions présentées dans votre dossier concernant la solution retenue.

Cet examen critique se fondera sur une approche de faisabilité technico-économique, qui devra notamment intégrer les aspects suivants :

- Prise en compte des meilleures techniques disponibles et parangonnage international sur le traitement des boues rouges et des effluents résiduels (incluant la question des valeurs limites de rejets) ;
- Faisabilité de la mise en œuvre des technologies et vérification du caractère éprouvé de ces dernières ;
- Capacité à obtenir un rejet conforme à la réglementation applicable ;
- Examen de l'existence d'éventuelles solutions alternatives non mentionnées ou encore de solutions intermédiaires ou combinées ;
- Capacité physique du ou des sites à accueillir des installations de traitement ;
- Consommation énergétique et émission de gaz à effet de serre ;
- Consommation de matières dangereuses ;
- Trafic routier de camions occasionné par le transport des substances ;
- Production et gestion des déchets (quantités, nature, capacités de stockage, possibilités de valorisation, existence d'exutoires, etc.) ;
- Délai de mise en œuvre industrielle ;
- Coûts d'investissements et d'exploitation associés à chaque solution envisagée.

Je précise qu'il n'est pas demandé au tiers-expert de se prononcer sur la question des impacts du rejet résiduel en mer et de sa compatibilité avec les milieux, qui fait l'objet d'une démarche distincte auprès d'un autre organisme.

PRÉFET DE LA RÉGION PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

LE PRÉFET

Marseille, le 29 SEP. 2014

Monsieur le Directeur,

Le 19 mai 2014, vous avez déposé un dossier de demande d'autorisation au titre de la réglementation ICPE visant notamment à supprimer les rejets de boues rouges tout en maintenant un rejet d'effluent liquide.

Le 8 septembre 2014, le conseil d'administration du Parc national des calanques s'est prononcé favorablement sur la poursuite de ces rejets dans le cadre d'un avis conforme prévu par la procédure instituée par le code de l'environnement.

L'instruction par l'Inspection des installations classées se poursuit. A l'issue de cette instruction technique et des procédures de concertation et de consultation (enquête publique, CODERST, CSPRT notamment), je rendrai ma décision mi-2015, sous l'autorité de la ministre de l'Environnement, du Développement Durable et de l'Énergie.

L'instruction de votre dossier a mis en évidence l'importance des inconvénients résiduels associés au projet. Dans ce cadre, en application de l'article R. 512-7 du code de l'environnement, une analyse critique indépendante du dossier est nécessaire pour étudier toutes les alternatives envisageables en matière de traitement supplémentaire des effluents et de façon à ce que les rejets soient réduits autant que possible, notamment en ce qui concerne le rejet en arsenic pour lequel l'interprétation de l'état des milieux (IEM) a mis en évidence une vulnérabilité du milieu.

Par votre courriel en date du 26 septembre 2014, vous avez confirmé le choix du BRGM pour réaliser cette analyse critique. Le choix de cet organisme d'expertise publique indépendant reçoit également mon approbation.

M. Jean-Paul LEREDDE
Directeur ALTEO GARDANNE
Route de Biver
B.P. 62
13541 - GARDANNE CEDEX

Le cahier des charges de l'analyse critique est défini de façon détaillée en annexe. Ce cahier des charges sera à respecter strictement.

La bonne conduite de cette mission, dont le calendrier est contraint, nécessitera des échanges techniques fluides entre vous et le tiers-expert, qui devront avoir lieu en toute transparence vis-à-vis de l'Inspection des installations classées. Il conviendra notamment d'organiser dans les meilleurs délais :

- une visite technique de vos installations ;
- une réunion de présentation technique détaillée de votre procédé Bayer et du dossier objet de la tierce-expertise.

Le tiers-expert devra veiller à vous adresser ses éventuelles questions concernant les données disponibles pour l'analyse très tôt dans la procédure (sous quinzaine au plus tard), vu le délai contraint de remise de cette analyse.

Je vous demanderai à cet effet d'être particulièrement réactif aux demandes d'informations complémentaires que le tiers-expert sera amené à vous demander, et de m'adresser copie de vos réponses.

Dès à présent, je vous demande de me fournir dans les meilleurs délais (sous quinzaine au plus tard) les informations complémentaires suivantes et de les transmettre également au tiers-expert :

- compléments techniques et économiques plus aboutis justifiant votre position conduisant à écarter l'alternative d'un traitement complémentaire. D'une manière générale, une analyse multicritère similaire à celle proposée pour hiérarchiser les six alternatives doit être réalisée sur les cinq solutions de traitement complémentaires aux filtres presses avant rejet ;
- calendrier de mise en œuvre des différents scénarii étudiés, en intégrant les délais liés aux contraintes techniques ainsi que les délais liés aux procédures réglementaires applicables (y compris en cas de modification entraînant un changement de statut administratif de vos installations) ;
- informations relatives à votre analyse de parangonnage international (dans la limite de votre connaissance) afin de rendre ces données plus aisément exploitables, notamment par le tiers-expert. Vous préciserez le cas échéant les informations couvertes par le secret industriel ou commercial.

En outre, je vous demande de prévoir, en présence de l'Inspection des installations classées (DREAL) :

- une réunion de restitution clôturant la démarche de tierce-expertise, quelques jours avant la remise de l'analyse critique ;
- une réunion à mi-parcours faisant le point sur les premières orientations dégagées.

Les conclusions de cette analyse critique devront m'être remises au plus tard le 24 novembre 2014.

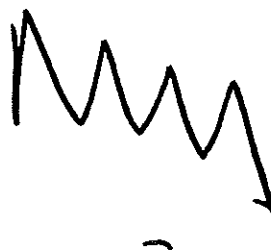
Par la suite, vous m'adresserez, au plus tard un mois après l'échéance de remise de l'analyse critique du tiers-expert soit avant le 22 décembre 2014, un mémoire présentant vos observations et comportant

les éventuelles informations complémentaires en réponse aux conclusions de l'analyse critique qui aura été menée.

Vous prendrez les dispositions nécessaires pour respecter ces dates-butoir de sorte que les pièces susmentionnées puissent être versées au dossier de l'enquête publique dont le calendrier est contraint.

Mes services se tiennent bien évidemment à votre disposition pour vous accompagner dans cette procédure.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de ma considération distinguée.

A handwritten signature in black ink, consisting of a series of sharp, connected peaks and valleys, resembling a stylized 'M' or a jagged line.

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
ET DE L'ÉNERGIE

La ministre

Paris, le 10 OCT. 2014

Monsieur le Président,

Le 19 mai 2014, la société Altéo a déposé pour son site de Gardanne un dossier de demande d'autorisation au titre de la réglementation des Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) visant notamment à supprimer les rejets de boues rouges tout en maintenant un rejet d'effluent liquide.

Le 8 septembre 2014, le conseil d'administration du Parc national des calanques s'est prononcé favorablement sur la poursuite de ces rejets dans le cadre d'un avis conforme prévu par la procédure instituée par le code de l'environnement.

L'instruction par les services de l'Etat se poursuit et je ne rendrai ma décision qu'à l'issue de cette instruction technique et des procédures de concertation et de consultation prévues.

L'examen du dossier a mis en évidence l'importance des inconvénients résiduels associés au projet. Dans ce cadre, en application de l'article R. 512-7 du code de l'environnement, j'estime qu'une analyse critique indépendante du dossier est nécessaire pour étudier toutes les alternatives envisageables en matière de traitement supplémentaire des effluents et de façon à ce que les rejets soient réduits autant que possible, notamment en ce qui concerne le rejet en arsenic pour lequel le milieu naturel est déjà très vulnérable.



Monsieur Vincent LAFLECHE
Président du BRGM
Tour Mirabeau
3943 Quai André Citroën
75739 PARIS CEDEX 15

A cet effet, j'ai choisi le BRGM, organisme d'expertise publique indépendant, pour conduire une expertise qui devra m'être remise au plus tard le 24 novembre 2014, conformément au cahier des charges en annexe.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'expression de ma considération distinguée.



Ségolène ROYAL

Cahier des charges défini pour la tierce-expertise

Le dossier de référence est celui déposé le 19 mai 2014 visé en référence, enrichi de l'analyse multicritère complémentaire, du calendrier et des informations (cf. infra) que vous transmettez au tiers-expert.

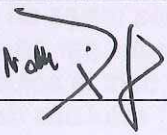
Le tiers-expert conduira un examen critique des solutions alternatives, sur la base des analyses multicritères et des études associées, pour permettre de confirmer ou d'infirmer les conclusions présentées dans votre dossier concernant la solution retenue.

Cet examen critique se fondera sur une approche de faisabilité technico-économique, qui devra à titre indicatif intégrer les aspects suivants :

- Faisabilité de la mise en œuvre des technologies et vérification du caractère éprouvé de ces dernières ;
- Prise en compte des meilleures techniques disponibles et parangonnage international sur le traitement des boues rouges et des effluents résiduels (incluant la question des valeurs limites de rejets) ;
- Contribution aux travaux de l'ANSES et de l'IFREMER sur l'impact des rejets actuels en mer ;
- Examen des solutions alternatives ou encore de solutions intermédiaires ou combinées permettant d'arrêter les rejets en mer
- Capacité physique du ou des sites à accueillir des installations de traitement ;
- Production et gestion des déchets (quantités, nature, capacités de stockage, possibilités de valorisation, existence d'exutoires, etc.) ;
- Délai de mise en œuvre industrielle ;
- Coûts d'investissements et d'exploitation associés à chaque solution envisagée.

Annexe 2

Compte rendu de la réunion de présentation du dossier et de la visite du site de Gardanne du 9 octobre 2014

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteur : K. Bru	Entité : D3E/DMP
Pour une diffusion externe : Visa et nom du responsable : N. Dorfliger 	
Projet :	Numéro :
Objet : Tierce Expertise sur les six solutions alternatives ainsi que sur les cinq solutions de traitement complémentaire en cas de rejet en mer présentées dans le dossier DDAE d'Altéo Gardanne : réunion de présentation du dossier et visite du site de Gardanne	
Date : 9 octobre 2014	Lieu : Gardanne
Participants : BRGM : - Patrick d'Hugues, responsable de l'unité Déchets et Matières Premières & Recyclage, en charge du pilotage de cette tierce-expertise - Kathy Bru, ingénieur développement et optimisation de procédés - Maurice Save, ingénieur conseil en procédés physiques et physico-chimiques de traitement des solides Altéo - Eric Duchenne, directeur des opérations - Valérie Esquerre, ingénieur procédé - Laurent Guillaumont, responsable de l'UO Bayer - Jean-Paul Leredde, directeur de l'usine de Gardanne - Fabrice Orsini, responsable projet Horizon 2015	
Diffusion : Ensemble des participants. DREAL : - Pierre Perdiguier, chef du service Prévention des risques - Jean-Luc Rousseau, chef de l'unité Risques Chroniques et Sanitaires	

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS
1. Objectifs de cette réunion Cette réunion, organisée sur le site de l'usine de Gardanne, avait pour objectifs : - La présentation du dossier objet de la tierce expertise, - La présentation du procédé mis en œuvre sur le site, - La visite du site afin de faciliter la compréhension du dossier. Elle s'est tenue en présence de représentants du BRGM et d'Altéo Gardanne.

2. Présentation du dossier de demande d'autorisation d'exploiter (DDAE) par F. Orsini (cf. pdf)

Au cours de cette présentation, ont été notamment exposés les points suivants :

- le contexte du projet d'arrêt des rejets de résidus de bauxite en mer fin 2015,
- les différentes actions et études mises en œuvre par Altéo pour respecter cet objectif,
- les investissements déjà engagés par Altéo pour respecter l'objectif et le délai,
- les six solutions alternatives (dont la solution de rejet en mer) qui ont été envisagées et étudiées ainsi que les cinq solutions de traitement complémentaire en cas de rejet en mer,
- l'analyse multicritères réalisée sur les six solutions alternatives.

Des échanges techniques ont eu lieu lors de cette présentation autour des études réalisées sur les solutions alternatives et sur les solutions de traitement complémentaire en cas de rejet en mer. En particulier, le BRGM a demandé des compléments d'informations sur l'étude relative à la station de traitement des rejets du dernier laveur.

3. Présentation du procédé Bayer par L. Guillaumont (cf. pdf)

Le procédé Bayer combine plusieurs étapes unitaires complexes dont la maîtrise des conditions opératoires pour un fonctionnement optimal est fortement dépendante de la qualité du minerai et des différentes impuretés associées qu'il faudra gérer dans les différents flux. A Gardanne, ces contraintes sont renforcées par le fait que l'usine produit de l'alumine de spécialité qui doit avoir des teneurs en impuretés très faibles afin de garantir aux clients la fourniture de produits à haute valeur ajoutée présentant des caractéristiques physiques et chimiques stables.

Les bilans matières relatifs à l'alumine, aux impuretés et aux eaux ont ensuite été présentés. En particulier, des informations sur les différents flux d'eau au niveau du cycle Bayer et au niveau de l'usine ont été données et discutées. Une discussion sur les flux d'eaux résiduelles à gérer a eu lieu. Les contraintes associées à la gestion de ces différents flux via les canalisations existantes ainsi que les contraintes relatives à l'évacuation des effluents liquides par la canalisation existante ont également été examinées lors de cette discussion.

4. Présentation du parangonnage par J.-P. Leredde

Une revue des différentes techniques utilisées dans les usines d'alumine à travers le monde pour gérer les résidus solides et les eaux excédentaires a été présentée. Cette étude détaillée présente les pratiques de 14 usines d'alumine (incluant l'usine de Gardanne) et permet de comparer les solutions mises en œuvre pour la gestion des résidus de bauxite et pour le traitement des eaux résiduelles. Il est important de préciser qu'il existe très peu d'usines intégrées de production d'alumine de spécialité dans le monde, avec donc des contraintes sur la gestion des impuretés fortes et spécifiques.

5. Visite des sites de Gardanne et de Mange-Garri

L'après-midi de cette journée a été consacrée à la visite de l'usine d'alumine de Gardanne et du site de stockage de résidus industriels de Mange-Garri.

Ces visites ont donné lieu à de nombreux échanges techniques entre les différents acteurs autour notamment de 2 aspects critiques pour la tierce expertise : la gestion des eaux sur le site et la gestion des impuretés dans le procédé. Elles ont également permis de constater l'avancée des travaux pour la mise en place du troisième filtre presse et du filtre sous

pression permettant l'arrêt total du rejet en mer des résidus de bauxite et la production d'un effluent liquide avec une teneur en matières en suspension inférieure à 35 mg/L.

Action	Responsable	Délai	Soldée
Envoi de compléments d'informations relatifs notamment aux délais de mise en œuvre industrielle et à l'analyse multicritères sur les cinq solutions de traitement complémentaire en cas de rejet en mer et sur les solutions alternatives	E. Duchenne	21/10/14	Oui, le 17/10/14
Envoi des questions relatives à cette tierce-expertise	K. Bru	28/10/14	Oui, le 30/10/14
Fixer la date de réunion à mi-parcours	P. d'Hugues	20/10/14	Oui, le 21/10/14

Annexe 3

Compte rendu de la réunion à mi-parcours du 4 novembre 2014

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteur : K. Bru	Entité : D3E/DMP
Pour une diffusion externe : Visa et nom du responsable : P. d'Hugues 	
Projet :	Numéro :
Objet : Tierce Expertise sur les six solutions alternatives ainsi que sur les cinq solutions de traitement complémentaire en cas de rejet en mer présentées dans le dossier DDAE d'Alteo Gardanne : réunion à mi-parcours	
Date : 4 novembre 2014	Lieu : Gardanne
Participants : - BRGM : Patrick d'Hugues, Kathy Bru et Maurice Save - Alteo : Eric Duchenne, Fabrice Orsini, Jean-Paul Leredde, Laurent Guillaumont et Valérie Esquerre - IRH Ingénieur Conseil : Anne Mechineau et Jean-Luc Rebstock - DREAL : Pierre Perdiguier, Jean-Philippe Peloux, Gilbert Boissier et Laurent Bellone - DDTM 13 : Marie-Christine Bertrand	
Diffusion : Ensemble des participants	

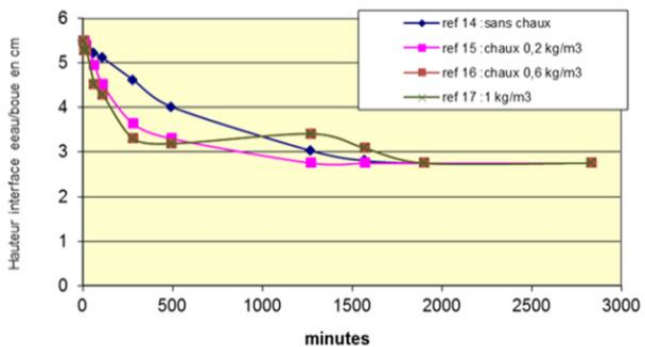
RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS
Objectifs de cette réunion Cette réunion, organisée sur le site de l'usine de Gardanne, avait pour objectif de faire le point sur les premières remarques et avis du tiers expert. Elle s'est tenue en présence de représentants d'Alteo et du BRGM et à laquelle la DREAL et la DDTM 13 ont assisté en tant qu'observateurs. Des représentants de IRH Ingénieur Conseil ont également été conviés à participer à une partie de cette réunion, afin de discuter de leur étude qui est incluse dans l'Annexe 12 du 'Tome 1' du dossier. L'ordre du jour de cette réunion était le suivant : - 13h30 - 14h00 : Introduction/Tour de table ; Objectifs de la réunion. - 14h00 - 15h45 : Présentation IRH Ingénieur Conseil (45 mn de présentation – 1 h de Questions/Réponses). - 15h45 - 16h00 : Pause (départ IRH Ingénieur Conseil) - 16h00 - 17h30 : Questions-Réponses BRGM/ALTEO - 17h30 - 17h45 : Conclusion de la journée. Les remarques qui ont été posées par le tiers expert et les réponses qui ont été apportées par le pétitionnaire sont intégrées à l'Annexe 4 du présent rapport.

Après diffusion auprès de l'ensemble des participants, ce compte-rendu de réunion a été validé par l'ensemble des parties le 4 décembre.

Annexe 4

Tableaux de synthèse des remarques du tiers expert et des réponses du pétitionnaire, des recommandations du tiers expert, et des erreurs de recopie relevées par le tiers expert et des réponses du pétitionnaire

Tableau de synthèse des remarques du tiers expert et des réponses du pétitionnaire mentionnées dans le corps du texte du présent rapport :

N°	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire	Remarques mentionnées dans le présent rapport	
				N° page	N° paragraphe
Remarque n° 1	La Figure 2 a été établie par le BRGM en concertation avec le pétitionnaire auquel il a notamment été fait part de la difficulté à boucler ce bilan eau sur la base des différents documents du DDAE	<i>Les débits renseignés sont des valeurs moyennes ayant servi lors de la dernière phase de la préparation du DDAE, et à ce titre, elles peuvent être légèrement différentes de celles que l'on trouve dans les annexes du 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions' (retour bassin 7, respectivement 22 et 25 m³/h ou purge oxalate, respectivement 8 et 10 m³/h) qui étaient alors des valeurs arrondies.</i>	La réponse apportée est satisfaisante.	19	0 Bilan eau (hors cycle Bayer) de l'usine
Remarque n° 2	D'après l'Annexe 12 du 'Tome 1', l'ajout de chaux semble améliorer les propriétés de décantation des boues tandis que l'ajout de chlorure ferrique FeCl₃ semble favoriser (un peu) l'abatement de la DCO. Les questions suivantes ont ainsi été posées au pétitionnaire : - Des combinaisons de ces ajouts ont-elles été testées ? - Quels sont les essais qui ont été réalisés sur les étapes de traitements physico-chimiques afin d'améliorer la décantation des particules ? - Quelles sont les valeurs des vitesses de décantation obtenues dans les différents essais ?	- <i>Aucune combinaison d'ajout de chaux et de chlorure ferrique n'a été testée. Les essais réalisés avec la chaux ont consisté à tester uniquement « acidification + chaux » avec ou sans insolubilisant.</i> - <i>Les essais réalisés pour étudier l'amélioration de la décantation sont l'ajout de floculant et les tests à la chaux.</i> - <i>Les valeurs des vitesses de décantation obtenues dans les différents essais sont très faibles dans l'ensemble :</i> Ref 5 =Acidification ~0.75 cm /heure Ref 9 =Avec floculant ~1,35 cm/heure Ref 10 = avec floculant ~1,1 cm/heure Ref 12 =Acidification pH2 + chaux : 3.7 cm/heure Ref 13 =Acidification pH7.7 + chaux : 2.2 cm/heure  Figure 3 : Courbes de décantation sur un effluent neutralisé à pH 8	Les vitesses de décantation sont un peu augmentées avec l'ajout de chaux, mais restent toujours très faibles (de l'ordre de quelques cm/h). Afin d'éviter toute confusion dans la lecture de l'Annexe 12 du 'Tome 1', il aurait donc été préférable de relativiser l'impact positif de l'adjonction de chaux sur les vitesses de décantation des floes ou d'indiquer les vitesses de décantation mesurées pour chaque dosage testé. Un complément d'information a été demandé au pétitionnaire. Il est formulé dans la Remarque n° 3.	25	4.1.5 Alternative 5 – Rejet dans un cours d'eau (la Luynes ou l'Arc)
Remarque n° 3	Il est demandé au pétitionnaire d'indiquer les conditions opératoires des essais présentés dans la Figure 3.	Le tableau récapitulatif de ces essais est donné ci-dessous. Il sera intégré dans un rapport intitulé « Comparatif des solutions de traitement pour un rejet en rivière » qui sera joint au dossier avant l'enquête publique. De plus, il est précisé que la courbe de l'essai n°17 (à 1 kg/m³ de chaux) est parfaitement superposée à celle de l'essai 16 (à 0.6 kg/m³).	La réponse apportée est satisfaisante.	26	4.1.5 Alternative 5 – Rejet dans un cours d'eau (la Luynes ou l'Arc)

N°	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire	Remarques mentionnées dans le présent rapport																										
				N° page	N° paragraphe																									
		<table><tr><td>REF</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td></tr><tr><td>pH</td><td colspan="4">neutralisation à pH 8</td></tr><tr><td>lait de chaux 100 g/l (en ml)</td><td>0</td><td>1</td><td>3</td><td>5</td></tr><tr><td>qté de chaux kg/m3</td><td></td><td>0.2</td><td>0.6</td><td>1</td></tr><tr><td>pH</td><td>7.5</td><td>7.5</td><td>8.1</td><td>9.5</td></tr></table>	REF	14	15	16	17	pH	neutralisation à pH 8				lait de chaux 100 g/l (en ml)	0	1	3	5	qté de chaux kg/m3		0.2	0.6	1	pH	7.5	7.5	8.1	9.5			
REF	14	15	16	17																										
pH	neutralisation à pH 8																													
lait de chaux 100 g/l (en ml)	0	1	3	5																										
qté de chaux kg/m3		0.2	0.6	1																										
pH	7.5	7.5	8.1	9.5																										
Remarque n° 4	Il est indiqué au pétitionnaire que dans le paragraphe relatif au traitement physico-chimique (page 22 de l'Annexe 12 du 'Tome1'), il est écrit que « sans cette étape de coagulation-floculation, le volume de boues produites est beaucoup trop important ». Or, la production de boues est estimée à 36 t/jour avec l'étape de coagulation-floculation et à 28 t/jour sans l'étape de coagulation-floculation. Ces deux phrases sont contradictoires. Il a donc été demandé au pétitionnaire d'expliquer la méthode de calcul des quantités de boues produites.	Les quantités de boues produites indiqués correspondent à un tonnage en Matière Sèche (MS). Les quantités ont été calculées sur la base des essais laboratoire ci-dessous : <table><tr><td>REF</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td></tr><tr><td>qté de chaux kg/m3</td><td></td><td>0.2</td><td>0.6</td><td>1</td></tr><tr><td>pH</td><td>7.5</td><td>7.5</td><td>8.1</td><td>9.5</td></tr><tr><td>floculant</td><td></td><td></td><td></td><td>100 ppm</td></tr><tr><td>Qté gMS/litre effluent</td><td>4.27</td><td>4.47</td><td>4.48</td><td>5.5</td></tr></table> - Neutralisation simple (Réf 14) : Production de boues estimée à 4.3 kg_{MS} /m³ effluent Pour 1 jour : 270 m³/h x 24 = 6480 m³ d'effluent => 28 T_{MS}/jour - Neutralisation-coagulation-floculation (Réf 17) : Production de boues estimée à 5.5 kg_{MS} /m³ effluent Pour 1 jour : 270 m³/h x 24 = 6480 m³ d'effluent => 36 T_{MS}/jour	REF	14	15	16	17	qté de chaux kg/m3		0.2	0.6	1	pH	7.5	7.5	8.1	9.5	floculant				100 ppm	Qté gMS/litre effluent	4.27	4.47	4.48	5.5	Afin de faciliter la compréhension de ce paragraphe, il aurait été préférable d'indiquer que les tonnages de boues indiqués correspondent à un poids en matière sèche et non au poids de la boue humide correspondant à la sous-verse d'un décanteur. La Figure 3 montre que les échantillons 16 et 17 ont un comportement semblable en termes de vitesse de décantation mais la quantité de boues produites en matière sèche est différente. La quantité de boues est estimée à 4.48 g_{MS}/L pour l'échantillon 16 et 5.5 g_{MS}/L pour l'échantillon 17. Ici, c'est l'échantillon 17 qui a été considéré pour le calcul de la quantité de boues produites. La prise en compte de cet échantillon maximise donc les quantités de boues estimées. En effet, si l'échantillon 16, qui présente les mêmes vitesses de décantation que l'échantillon 17 avait été considéré, alors la quantité de boues qui aurait été prise en compte lors d'un traitement par neutralisation-coagulation-floculation aurait été de : 4.48 kg_{MS} /m³ effluent soit 29 T_{MS}/jour. Pour une année, cela correspond à 10.6 kt de boues contre 13.4 kt/an de boues dans le cas où l'échantillon 17 est considéré soit une différence de plus de 2.5 kt/an. La réponse apportée nécessite également des compléments d'information sur plusieurs points, formulés dans la Remarque n° 5.	27	4.1.5 Alternative 5 – Rejet dans un cours d'eau (la Luynes ou l'Arc)
REF	14	15	16	17																										
qté de chaux kg/m3		0.2	0.6	1																										
pH	7.5	7.5	8.1	9.5																										
floculant				100 ppm																										
Qté gMS/litre effluent	4.27	4.47	4.48	5.5																										
Remarque n° 5	Les questions ci-dessous ont été posées au pétitionnaire, afin de préciser les conditions de réalisation des essais expérimentaux : - Est-ce qu'un coagulant a été utilisé dans les essais ? L'utilisation de floculant a-t-	- Dans ces essais seule la chaux a été utilisée, et sans floculant sauf pour le dernier test. L'ajout de floculant n'a pas eu d'effets positifs. - Sur les essais 14 à 17, la production de boue a été calculée à partir : - o Du volume de boue récupéré dans chaque bécher - o Des MES mesurées dans ce volume de boue - L'ensemble des essais sera repris dans un rapport intitulé « Comparatif des solutions de traitement pour un rejet en rivière » qui sera joint au dossier avant l'enquête publique.	Il aurait été utile de disposer des informations relatives au nombre d'essais réalisés et aux conditions opératoires lors de l'analyse des résultats et des conclusions présentés dans cette étude. Cependant, suite aux remarques du	28	4.1.5 Alternative 5 – Rejet dans un cours d'eau (la Luynes ou l'Arc)																									

N°	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire	Remarques mentionnées dans le présent rapport	
				N° page	N° paragraphe
	elle eu un effet positif sur la décantation ? - De manière générale, est-il possible d'avoir un tableau récapitulatif de l'ensemble des essais réalisés et de leurs conditions opératoires ? - Quel est le protocole opératoire utilisé pour la mesure de la quantité de boues produites ?		tiers expert, un rapport décrivant l'ensemble de ces essais sera réalisé et joint au dossier avant l'enquête publique.		
Remarque n° 6	Des éléments ont été demandés au pétitionnaire sur l'approche « sensibilité du milieu récepteur » qui a été développée et utilisée pour définir les conditions de mise en œuvre de cette alternatives ainsi que les éventuels impacts associés.	<i>Pour ce qui concerne l'alternative 5 (rejet après traitement dans l'Arc ou la Luynes), une étude spécifique (Annexe 4 du 'Tome 2') a été établie pour évaluer la sensibilité du milieu récepteur (l'Arc et la Luynes) selon 3 critères principaux : les aspects fonctionnels, la qualité de l'eau et le respect des objectifs de gestion. Les conclusions de cette étude sont données à la page 82/83 de l'Annexe 4 du 'Tome 2'. Les effets potentiellement très négatifs en cas de dysfonctionnements possibles de la station de traitement des effluents de l'usine ont été notés -9 dans l'analyse multicritère de l'alternative.</i>	La réponse apportée est satisfaisante. Cette remarque a également été posée pour clarifier certains éléments de l'analyse multicritère. Elle est reprise à la Remarque n° 30.	29	4.1.5 Alternative 5 – Rejet dans un cours d'eau (la Luynes ou l'Arc)
Remarque n° 7	Pour réaliser la neutralisation de l'effluent, il a été choisi par le pétitionnaire d'utiliser de l'acide sulfurique. L'utilisation d'acide sulfurique induit l'ajout de sulfates dans l'effluent. Il a donc été demandé au pétitionnaire si les teneurs en sulfates avaient été mesurées après l'ensemble des étapes de traitement des eaux. Il lui a également été demandé d'indiquer la concentration limite en sulfates pour ce type de rejet.	<i>Les sulfates n'ont pas été mesurés lors de la réalisation des essais expérimentaux. En ce qui concerne la valeur limite pour un rejet, il n'y a pas de valeur réglementaire ni dans l'Arrêté Ministériel du 2 février 1998, ni dans le Cahier des Clauses Techniques Générales relatif à la conception et l'exécution d'installations d'épuration d'eaux usées (fascicule 81). Pour un rejet en rivière, il faudrait avoir une approche milieu (contrainte sulfates éventuelle vis-à-vis du milieu).</i>	Bien qu'il n'y ait pas de valeur limite sur les sulfates contenues dans l'Arrêté Ministériel du 2 février 1998, il aurait été intéressant de conserver l'approche « sensibilité du milieu récepteur » afin d'évaluer la nécessité du suivi des sulfates et éventuellement de leur abattement pour un rejet dans le cours d'eau visé.	29	4.1.5 Alternative 5 – Rejet dans un cours d'eau (la Luynes ou l'Arc)
Remarque n° 8	Pour l'étude des sous-alternatives, la méthodologie présentée dans le 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisses des solutions' est différente de celle utilisée pour l'analyse multicritère des sous-alternatives. En effet, dans le 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisses des solutions', 2 étapes de traitement sont étudiées en cas de rejet de l'effluent en mer : d'abord, une épuration des matières solides puis un traitement chimique de l'effluent. En revanche, dans le rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives, la filtration sous pression est positionnée au même niveau que les autres sous-alternatives ce qui signifie qu'une seule étape de traitement est envisagée : soit une épuration des matières solides, soit un traitement chimique de l'effluent. Il est donc demandé au pétitionnaire de préciser la	<i>Lors de l'élaboration du dossier, nous avons envisagé toutes les alternatives de traitement possibles avant rejet en mer. Nous avons étudié des solutions de simple traitement des matières en suspension puis des solutions de traitement des substances dissoutes.</i> <i>Dans son courrier du 29 septembre 2014, le préfet nous a demandé de réaliser sur les cinq solutions de traitement complémentaire aux filtres presses avant rejet, une analyse multicritère similaire à celle proposée pour hiérarchiser les six alternatives. Si on suit la méthodologie présentée à la page 42 du 'Tome 2 – Partie 1 – 01. Esquisse des solutions', il s'agissait donc de comparer le traitement par acidification, le traitement par CO₂, la neutralisation à l'eau de mer à terre, la neutralisation au MgCl₂ et l'absence de traitement. Insérer dans l'analyse multicritère un scénario « absence de traitement » aurait été déséquilibré car très avantageux pour ce scénario (pas de contraintes de faisabilité, pas de CAPEX, pas d'OPEX, pas de contraintes foncières et réglementaires). Il nous a donc semblé plus pertinent de comparer les 4 premiers scénarii listés ci-dessus au scénario filtre sous pression. Nous aurions pu, dans notre rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives, ajouter à chacun des 4 premiers scénarii listés ci-dessus les contraintes liées au filtre sous pression. Nous aurions alors comparé le traitement par acidification + traitement par filtre sous pression, le traitement par CO₂ + traitement par filtre sous pression, le</i>	La réponse apportée est satisfaisante. Néanmoins, dans le 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisses des solutions' il aurait été plus approprié de réaliser d'abord le traitement chimique de l'effluent et ensuite l'épuration des matières solides afin de garantir une teneur en MES inférieure à 35 mg/L dans l'effluent à rejeter en mer.	32	4.2 Analyse des sous-alternatives en cas de rejet en mer

N°	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire	Remarques mentionnées dans le présent rapport																													
				N° page	N° paragraphe																												
	méthodologie considérée pour les sous-alternatives de traitement en cas de rejet en mer de l'effluent.	traitement par neutralisation à l'eau de mer à terre + traitement par filtre sous pression, la neutralisation au $MgCl_2$ + traitement par filtre sous pression, avec un traitement par filtre sous pression sans traitement complémentaire. Mais là encore cette analyse aurait été trop avantageuse pour la solution « filtre sous pression sans traitement complémentaire ».																															
Remarque n° 9	Il a été demandé au pétitionnaire de préciser si des essais avaient été réalisés afin de vérifier les cinétiques de neutralisation, notamment lors de l'injection de CO_2 . Il lui a également été demandé s'il avait identifié un fournisseur de CO_2 pour la mise en œuvre de cette technologie.	Il n'y a pas eu d'essais expérimentaux faits par IRH avec le CO_2 . Une approche théorique a été adoptée avec le fournisseur MESSER, situé à Lavera (c'est-à-dire une quarantaine de kms environ de Gardanne). Ce fournisseur a indiqué qu'il pourrait assurer l'approvisionnement en CO_2 liquide mais n'a donné aucun ordre de grandeur du coût de la tonne de CO_2 liquide livrée. La validation des quantitatifs et des aspects « cinétique de neutralisation » nécessiterait une étude d'exécution complète.	L'hypothèse faite de considérer des performances identiques à celles d'une neutralisation acide dans l'Annexe 12 du 'Tome 1' aurait nécessité d'être justifiée par la réalisation de quelques essais expérimentaux ou a minima par des références bibliographiques. En particulier, cela aurait permis de conforter le choix de la neutralisation au CO_2 dans la définition des schémas des filières de traitement envisagées (pages 22 à 25 de l'Annexe 12 du 'Tome 1'). Cependant, au vu du caractère non éprouvé de cette technique de neutralisation, cette sous-alternative ne pourra être retenue et aucun essai expérimental complémentaire n'est donc nécessaire.	36	4.2.2 Sous-alternative 2 : Pré-traitement par CO_2 , traitement physico-chimique et finition par osmose inverse																												
Remarque n° 10	Tous les effluents constituant le flux des eaux excédentaires n'ont pas la même composition et ne nécessitent donc pas le même niveau de traitement. Des éléments relatifs à la composition de ces différents flux ont donc été demandés au pétitionnaire.	Des analyses journalières sont effectuées sur les 3 flux de procédé alors que les eaux utilitaires ne sont contrôlées que de manière très ponctuelle. Ces analyses figurent dans le Tableau 5. Des incidents de production ont été capturés lors des analyses réalisées sur les eaux utilitaires. Tableau 5 : Teneur en Na_2O des flux d'eau (hors circuit Bayer) de l'usine de Gardanne <table><tr><th rowspan="2"></th><th rowspan="2">débit (m^3/h)</th><th colspan="3">Na_2O tot (g/L)</th></tr><tr><th>min</th><th>max</th><th>moyenne</th></tr><tr><td>Retour du lavage des résidus</td><td>100</td><td>1.2</td><td>12.3</td><td>4.7</td></tr><tr><td>Retour du surnageant du bassin n°7 situé à Mange-Garri</td><td>22</td><td>1.6</td><td>4.1</td><td>3.3</td></tr><tr><td>Purge de l'impureté oxalate</td><td>8</td><td>13.4</td><td>59.7</td><td>28.7</td></tr><tr><td>Eaux utilitaires</td><td>140</td><td></td><td>1.15*</td><td></td></tr></table> * Associé à un incident de production		débit (m^3/h)	Na_2O tot (g/L)			min	max	moyenne	Retour du lavage des résidus	100	1.2	12.3	4.7	Retour du surnageant du bassin n°7 situé à Mange-Garri	22	1.6	4.1	3.3	Purge de l'impureté oxalate	8	13.4	59.7	28.7	Eaux utilitaires	140		1.15*		La réponse apportée par le pétitionnaire est satisfaisante.	42	4.3.1 Solutions de réduction des flux d'eau à traiter
	débit (m^3/h)	Na_2O tot (g/L)																															
		min	max	moyenne																													
Retour du lavage des résidus	100	1.2	12.3	4.7																													
Retour du surnageant du bassin n°7 situé à Mange-Garri	22	1.6	4.1	3.3																													
Purge de l'impureté oxalate	8	13.4	59.7	28.7																													
Eaux utilitaires	140		1.15*																														
Remarque n° 11	Il a été demandé au pétitionnaire s'il était possible d'envisager un rejet des eaux utilitaires sans traitement sauf en cas d'incidents de production où ces eaux seraient alors envoyées dans le bassin n°7. Il pourrait par exemple être envisagé de mélanger ces eaux avec les eaux traitées avant leur rejet dans le milieu extérieur. Le cas échéant, des précisions	Il n'est pas possible d'évacuer les eaux utilitaires sans traitement préalable car, si elles ne sont que rarement polluées en soude, elles contiennent par contre toujours des matières en suspension supérieures à 35 mg/L (respectivement 163 et 218 mg/L de MES mesurées pendant une campagne de mesure spécifique en 2012 sur 2 bacs intermédiaires du circuit de récupération des eaux utilitaires). D'autre part, les purges de déconcentration des tours aéroréfrigérantes ou des chaudières nécessiteraient un refroidissement avant rejet dans le milieu.	La réponse apportée est satisfaisante. Les eaux utilitaires, hors situation accidentelle, ne peuvent pas être rejetées sans être traitées au préalable mais ce traitement consiste uniquement en une élimination de la matière en suspension. Il s'agit donc d'un traitement relativement simple qui	42	4.3.1 Solutions de réduction des flux d'eau à traiter																												

N°	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire	Remarques mentionnées dans le présent rapport	
				N° page	N° paragraphe
	ont été demandées sur la mise en place de ce mode de fonctionnement ainsi que sur son coût.	<i>Si ces impossibilités étaient levées, il faudrait faire des travaux pour une meilleure séparation des réseaux puisque le réseau de récupération des eaux utilitaires sert également à collecter les eaux pluviales (hors zone procédé). Nous n'avons pas d'étude même au niveau APS (Avant-Projet Sommaire) sur une telle séparation, mais cela nécessiterait plusieurs centaines de mètres de tuyauterie avec des groupe de pompage plus quelques bacs intermédiaires, soit de 0.7 à 1.0 M€.</i> En ce qui concerne les incidents de production, des éléments relatifs à leur gestion ont été donnés dans la réponse à la Remarque n° 13 de l'Annexe 4. Ces éléments sont les suivants : <i>La récupération des eaux accidentelles nécessite de créer les circuits pour ne pas avoir à les traiter c'est-à-dire permettant de les rejeter mais de manière contrôlée (par exemple les condensats de vapeur vive de l'attaque, condensats de la monotubulaire, eaux des pompes à membranes accidentellement chargées en soude) : il pourrait s'agir de canaliser les flux vers un bac tampon avant envoi vers Mange-Garri ou réutilisation éventuelle. De manière très approximative, cela nécessiterait des dépenses de 1500 k€, avec un délai de réalisation de 18 mois.</i>	peut être mis en place indépendamment du circuit de traitement des eaux de procédé. En ce qui concerne la gestion des incidents de production potentiels sur les eaux utilitaires, celle-ci nécessite la réalisation de travaux importants, pour un coût de l'ordre de 1.5 M€. Il serait intéressant d'estimer la fréquence, l'intensité et la durée de ces incidents de production sur les dernières années, afin d'évaluer l'impact qu'ils pourraient avoir sur le milieu récepteur. En ce qui concerne la gestion des incidents de production occasionnels sur les eaux utilitaires, celle-ci nécessite la réalisation de travaux importants, pour un coût de l'ordre de 1.5 M€. Il serait intéressant d'estimer la fréquence, l'intensité et la durée de ces incidents de production sur les dernières années, afin d'évaluer l'impact qu'ils pourraient avoir sur le milieu récepteur. Un complément d'information a été demandé au pétitionnaire. Il est formulé ci-dessous à la Remarque n° 12.		
Remarque n° 12	Il a été demandé au pétitionnaire de préciser comment sont récupérées les eaux pluviales.	<i>Le pétitionnaire précise que des informations sur les systèmes de récupération des eaux pluviales sont données dans les schémas 29 et 30 présentés sur les pages 108 et 109 du 'Tome 1 – Partie 1 – Dossier technique' : les réseaux sont communs. Toutes les eaux pluviales qui tombent hors des zones de procédé (routes, stockages et toitures) et qui ne sont donc pas susceptibles d'être polluées en soude sont dirigées, via les différents puisards de l'usine, vers le bac recevant les eaux utilitaires.</i>	La réponse apportée est satisfaisante.	43	4.3.1 Solutions de réduction des flux d'eau à traiter
Remarque n° 13	Des éléments de précision sur la mise en œuvre de ces projets ont été demandés à Alteo par le tiers expert.	<i>La réduction de la consommation d'eaux utilitaires nécessite :</i> <i>1- De mettre en œuvre les projets de réduction du débit d'eaux utilitaires à son minimum, soit 31m³/h (les 56m³/h d'eaux résiduelles annoncés dans la présentation de l'option du 'Recyclage dans le procédé' comprennent 25 m³/h de retour de bassin 7). Le coût approximatif a été estimé à 150k€ (chiffrages datant de 2009 à réactualiser). La réalisation nécessiterait 12 mois d'études et de travaux.</i> <i>2- De vérifier la compatibilité des eaux résiduelles pour les réutiliser dans d'autres applications (extinction de chaux et nettoyage HP notamment)</i> <i>3- De créer les circuits permettant de récupérer les eaux accidentelles pour ne pas avoir à les traiter (par exemple les condensats de vapeur vive de l'attaque, condensats de la monotubulaire, eau des pompes à membranes accidentellement chargés en soude) : il pourrait s'agir de</i>	La réponse apportée est satisfaisante mais nécessite un complément d'information qui est formulé dans la Remarque n° 14.	44	4.3.1 Solutions de réduction des flux d'eau à traiter

N°	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire	Remarques mentionnées dans le présent rapport	
				N° page	N° paragraphe
		canaliser les flux vers un bac tampon avant envoi vers Mange Garri ou réutilisation éventuelle. De manière très approximative, cela nécessiterait des dépenses de 1500k€, avec un délai de réalisation de 18 mois. 4- Les eaux pluviales seraient également à récupérer. Du fait de la diminution du débit de l'exutoire la gestion de ces dernières sera plus délicate avec un risque accru de débordement d'eaux vers La Luynes. Pour limiter ce risque il conviendrait de construire un bassin d'orage complémentaire au bassin 7 sur le site de l'usine. Les projets de réduction du débit d'eaux utilitaires à son minimum sont les suivants : a) Mise en circuit fermé des eaux des régulateurs des Pompes à Membranes : 80 k€ liés aux travaux suivant : Création de tuyauteries sur chaque PM pour récupération des eaux perdues Mise en place d'une sonde de conductivité et de ses vannes de détournement Mise en place d'un bac de récupération avec sa pompe Remise en service de la bâche de 30000 L Déplacement du système de traitement d'eau Création d'une vue IAS eau PM avec la position des vannes auto Mise en place d'un historique de la conductivité b) Mise en circuit fermé de l'eau brute de refroidissement des Eaux Distillées Propres avant analyse et renvoi vers le Groupe Energétique + aéroréfrigérant pour refroidir la boucle d'eau brute : 50 k€ c) Récupération des condensats de la mono tubulaire vers bacs 51A et B : 16 k€ liés aux travaux suivant : Etude et réalisation d'une tuyauterie DN50 en acier de 160 mm cheminant sur racks existants, piquage au départ sur réseau DN 65 côté filtration blanche avec vanne d'isolement DN 50, raccordement sur réseau eau DN 150 sortie bac 103 avec une seconde vanne d'isolement DN50. Pose d'un clapet DN 150 sur réseau eau DN 150. d) Remplacement de l'EDS par de l'eau brute pour la dilution des floculants (gain eau brute car plus de refroidissement requis) : 4 k€ (Risque : teneur en zinc de l'eau à contrôler car le zinc réduit fortement l'efficacité du floculant). Pour ce qui est de l'alimentation des cuves de maturation, il n'y a pas de tuyauterie disponible, il faut faire un piquage avec vanne de purge et d'isolement du circuit d'eau brute vers le circuit actuel d'EDS. Quelques travaux de chaudronnerie sont nécessaires également ainsi que l'isolement du circuit d'eau brute réchauffée après échange vers bac 104 (récupère circuit provenant de l'échangeur sur EDS de préparation floculant HX).			
Remarque n° 14	Pour chacun des projets de réduction du débit d'eaux utilitaires, il est demandé au pétitionnaire de préciser les volumes	Le pétitionnaire précise que les volumes d'eau économisés pour chacun des projets identifiés de réduction de la consommation des eaux utilitaires sont détaillés à la figure 25 de l'Annexe 2 du 'Tome 2'. Cette figure est reprise ci-	La réponse apportée est satisfaisante.	45	4.3.1 Solutions de

N°	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire	Remarques mentionnées dans le présent rapport	
				N° page	N° paragraphe
	d'eau qui seraient économisés.	après. La liste donnée en réponse à la Remarque n° 13 n'est pas exhaustive. Les débits moyens qu'il est envisagé de réduire avec les projets cités sont, dans l'ordre, 25 m³/h pour l'eau des régulateurs des Pompe à Membranes, 20 m³/h pour l'eau de refroidissement des EDP, et 8 m³/h pour les condensats de la mono tubulaire et l'eau des floculants.			réduction des flux d'eau à traiter
Remarque n° 15	- Il a été demandé au pétitionnaire de chiffrer le coût de ces essais ainsi que les bénéfices attendus et le délai éventuel de mise en œuvre. - Il est indiqué que « le coût de remise en œuvre de ce type de diaphragme serait négligeable ». Cela signifie-t-il que le CAPEX serait négligeable ? Quel est le délai nécessaire pour les essais permettant de vérifier la faisabilité de cette réduction de débit ?	- Le coût de mise en place des diaphragmes (technologie vanne multijet) a été de 160 k€. Malgré les dysfonctionnements rencontrés alors (bouchage par corps étrangers), ce type de technologie n'est pas définitivement écarté pour une marche à l'eau de procédé filtrée. Etant donné que les modifications de tuyauterie ont déjà été effectuées pour insérer le diaphragme en bout de tuyauterie lors des essais réalisés en 2012, le coût de remise en œuvre de ce type de diaphragme serait négligeable (car pas de nouvelle modification à effectuer). En revanche, le coût de fonctionnement annuel serait de 35 k€ pour le changement annuel de matériel (pièces et main d'œuvre comprises) vs 2 k€ actuellement. - La facture d'eau passerait de 800 à 600 k€/an (approximativement, par réduction proportionnelle au débit). Les gains attendus en termes de redevance à l'Agence de l'Eau sont nuls. En effet, le système de taxation se base sur les flux massiques annuels des paramètres indiqués dans le Tableau 6, lesquels demeurent identiques en cas de réduction du débit rejeté. Tableau 6 : Taux de redevance 2016 à l'Agence de l'Eau	La réponse apportée est satisfaisante. Le tiers expert tient à préciser qu'étant donné que la réduction du débit total rejeté est obtenue en réduisant le débit des eaux non chargées, cette réduction n'a donc aucun impact sur les flux massiques annuels des différents éléments rejetés en mer.	47	4.3.1 Solutions de réduction des flux d'eau à traiter

N°	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire	Remarques mentionnées dans le présent rapport																			
				N° page	N° paragraphe																		
		<table><thead><tr><th></th><th>Taux de redevance 2016</th></tr></thead><tbody><tr><td>DBO5 (kg)</td><td>0.22</td></tr><tr><td>DCO (kg)</td><td>0.12</td></tr><tr><td>MES (kg)</td><td>0.09</td></tr><tr><td>MI (Matières Inhibitrices) (kéq)</td><td>1</td></tr><tr><td>Sels solubles (s/cm)*m3</td><td>0</td></tr><tr><td>N.R. (azote réduit) (kg)</td><td>0.35</td></tr><tr><td>P. (phosphore total) (kg)</td><td>1</td></tr><tr><td>Métox (métaux et métalloïdes) (kg)</td><td>2.2</td></tr></tbody></table> - Les conditions pour la reprise des essais sont une conduite en eau, usine avec un procédé stabilisé, et un volume de réserve suffisant sur le bassin 7 puisque la mise en place du diaphragme nécessite approximativement l'arrêt de la conduite pour 5 jours (arrêt, chute pression, vidange, travaux, redémarrage en eau avec surveillance renforcée de la conduite sur toute sa longueur et purge de l'air en certains points haut). En cas de dysfonctionnement, il faut prévoir une durée analogue pour revenir à la configuration initiale, d'où le besoin de préparation pour l'obtention des conditions de reprise des essais. D'autre part, la reprise de ces essais nécessite la mise en place d'un système dégrilleur en amont de l'aspiration des pompes vers la mer afin de ne pas colmater les diaphragmes avec des corps étrangers.		Taux de redevance 2016	DBO5 (kg)	0.22	DCO (kg)	0.12	MES (kg)	0.09	MI (Matières Inhibitrices) (kéq)	1	Sels solubles (s/cm)*m3	0	N.R. (azote réduit) (kg)	0.35	P. (phosphore total) (kg)	1	Métox (métaux et métalloïdes) (kg)	2.2			
	Taux de redevance 2016																						
DBO5 (kg)	0.22																						
DCO (kg)	0.12																						
MES (kg)	0.09																						
MI (Matières Inhibitrices) (kéq)	1																						
Sels solubles (s/cm)*m3	0																						
N.R. (azote réduit) (kg)	0.35																						
P. (phosphore total) (kg)	1																						
Métox (métaux et métalloïdes) (kg)	2.2																						
Remarque n° 16	L'utilisation d'un minerai ayant une teneur plus importante en alumine que le minerai actuellement consommé à Gardanne permettrait de réduire la quantité de résidus produits. Il a donc été demandé au pétitionnaire si ce type de minerai pourrait être utilisé.	Les bauxites de la mine de Weipa (Australie) ne peuvent pas être utilisées à Gardanne car elles contiennent 2 fois plus de matières organiques que la bauxite de Boké.	La réponse apportée est satisfaisante. Elle confirme la forte dépendance d'un procédé Bayer, et en particulier celui mis en œuvre à Gardanne, au minerai entrant dans l'usine.	48	4.4 Examen par le BRGM de l'impact de la qualité du minerai de bauxite utilisée à Gardanne sur le rejet (alternative non étudiée dans le ddae)																		
Remarque n° 17	Des éléments de composition (notamment les teneurs en aluminium, fer et arsenic) du minerai de bauxite utilisé dans l'usine de Gardanne ont été demandés au pétitionnaire.	L'analyse des éléments majeurs est faite de manière systématique pour le contrôle du procédé. La composition moyenne du minerai de bauxite sur l'année 2012 est la suivante : 50.3% Al2O3, 17.2% Fe2O3, 2.1% SiO2 : 2.1%. Pour l'arsenic, seules des analyses ponctuelles sont disponibles. Des analyses ponctuelles réalisées en 2013 ont donné 8 mg/kg pour la bauxite.	La réponse apportée est satisfaisante.	49	4.4 Examen par le BRGM de l'impact de la qualité du minerai de																		

N°	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire	Remarques mentionnées dans le présent rapport	
				N° page	N° paragraphe
					bauxite utilise à Gardanne sur le rejet (alternative non étudiée dans le ddae)
Remarque n° 18	Des informations complémentaires relatives aux méthodes utilisées historiquement pour caractériser les rejets de l'usine de Gardanne ont été demandées au pétitionnaire.	<i>Habituellement, Alteo procède à une séparation solide-liquide avant analyse de la partie solide de l'effluent par X-fluorescence, et de la partie liquide pour dosage de la soude totale. Les premières analyses de l'effluent actuel par Eurofins pour Biotox ont été réalisées par minéralisation directe de l'aliquote de l'effluent fortement chargé en MES sans séparation solide-liquide. Il s'est avéré qu'il subsistait ainsi une quantité importante d'insolubles, biaisant de ce fait l'analyse des métaux. Il a donc été convenu avec Biotox d'effectuer les analyses après séparation solide-liquide ; celles-ci se sont révélées proches des valeurs mesurées par l'usine de Gardanne.</i>	La réponse apportée est satisfaisante.	50	4.5.1 Caractérisation des effluents
Remarque n° 19	La fraction solide (appelée « précipités » dans l'Annexe 8 du 'Tome 2' a été récupérée par décantation et n'a pas fait l'objet d'un lavage avant son analyse. Il a été indiqué au pétitionnaire qu'il était donc possible que les résultats soient partiellement biaisés en raison de la présence d'eau résiduelle (dont les teneurs en métaux correspondent à celles de la phase dissoute) dans l'échantillon.	<i>En raison de la présence d'eau résiduelle dans la fraction solide récupérée, il est effectivement possible que les résultats soient partiellement biaisés. Ce biais a pu conduire à une légère surestimation des concentrations en forme particulière, notamment pour les éléments pour lesquels la forme dissoute est significative (exemple : aluminium). Cette surestimation est un facteur majorant qui est de nature à rendre encore plus robuste l'évaluation des risques environnementaux.</i>	La réponse apportée est satisfaisante.	51	4.5.1 Caractérisation des effluents
Remarque n° 20	Il a été demandé au pétitionnaire de préciser comment les difficultés associées à la récupération du floculat après tamponnage à l'eau de mer ont été surmontées de façon à évaluer correctement la quantité d'éléments contenus dans les hydrotalcites.	<i>Au vu des difficultés analytiques rencontrées par le laboratoire EUROFINs (récupération du floculat qui se remet rapidement en suspension), Alteo a confié au laboratoire de recherche ECOMERS une étude complémentaire sur les hydrotalcites. ECOMERS a procédé à une centrifugation, filtration, puis séchage au four à 40°C. L'approche quantitative sur les hydrotalcites et le piégeage associé se sont basés uniquement sur les résultats obtenus par ECOMERS.</i>	La réponse apportée est satisfaisante.	51	4.5.1 Caractérisation des effluents
Remarque n° 21	Les résultats présentés à l'Annexe 8 du 'Tome 2' montre une variabilité notable des caractéristiques physiques et chimiques de l'effluent futur. Il a donc été demandé au pétitionnaire d'indiquer comment cette variabilité avait été appréhendée.	<i>Il est précisé dans le dossier (notamment à la page 129 du 'Tome 2 - Partie 1 – 2. Description') que « les concentrations présentant une certaine variabilité en fonction des paramètres, il a été pris en considération les valeurs majorantes pour définir les futurs concentrations maximum sur 24h de l'effluent. ». Ainsi, par exemple :</i> - MES : La valeur retenue (35 mg/l) n'est pas une valeur mesurée, mais une valeur maximale garantie par le système de traitement. - Formes dissoutes : Des analyses des formes dissoutes ont été réalisées sur 3 lots de 3 échantillons. Dans une approche majorante, nous avons retenu la moyenne maximale des 3 lots. - Formes particulières : les valeurs mesurées sur la fraction solide ont été comparées aux valeurs connues historiquement sur le résidu	La réponse apportée est satisfaisante.	52	4.5.1 Caractérisation des effluents

N°	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire	Remarques mentionnées dans le présent rapport																														
				N° page	N° paragraphe																													
		solide. Lorsque les valeurs mesurées dans le cadre de ce dossier étaient inférieures aux mesures historiques, nous avons retenu les valeurs majorantes. C'est notamment le cas pour l'arsenic avec une valeur à 41 mg/kg retenue.																																
Remarque n° 22	Les précisions ci-dessous ont été demandées au pétitionnaire : - Quel est le volume des échantillons qui ont été utilisés pour la caractérisation de l'échantillon futur ? - Sur quel volume ont été réalisés les tests avec le filtre sous pression ?	- 6 échantillons de 34,4 litres chacun ont été constitués pour la caractérisation de l'échantillon futur. - Les tests de filtration sous pression ont été réalisés à partir d'un récipient de 4.75 litres, suivant la méthodologie préconisée par le fournisseur de filtre (société Gaudfrin) pour que des garanties puissent être données sur les résultats de ces tests.	La réponse apportée est satisfaisante.	53	4.5.2 Représentativité des essais																													
Remarque n° 23	Dans le 'Tome 2 – Partie 1 – 2. Description' (page 107), il est indiqué que la quantité d'hydrotalcites formés au moment du rejet de l'effluent actuel avec l'eau de mer a été évaluée pour un volume de 40 mL d'effluent puis extrapolé au volume global du rejet soit 270 m3/h. Il a donc été demandé au pétitionnaire si un tel changement d'échelle ne pouvait pas induire des différences dans les résultats réels.	L'échantillon étant représentatif il n'y a pas de raison que cela diffère significativement.	Les résultats d'essais expérimentaux sont entachés d'une incertitude plus ou moins importante liée notamment aux instruments d'analyse/mesure utilisés et à la mise en œuvre du protocole expérimental. Il aurait donc été opportun de réaliser des essais avec un volume plus important pour cette extrapolation.	53	4.5.2 Représentativité des essais																													
Remarque n° 24	Pour faciliter la compréhension de cette remarque, les flux Q_1(actuel), Q_1(futur), Q_2(actuel) et Q_2(futur) ont été définis de la façon suivante : <table><tr><th colspan="2">Avant rejet en mer</th></tr><tr><td>Flux annuel actuel Q_1(actuel)</td><td>Flux annuel futur Q_1(futur)</td></tr></table> <table><tr><th colspan="2">Après précipitation des hydrotalcites</th></tr><tr><td>Flux annuel actuel Q_2(actuel)</td><td>Flux annuel futur Q_2(futur)</td></tr></table> Dans le 'Tome 2 – Partie 1 – 2. Description', le taux d'abattement indiqué dans le tableau 22 (page 144) compare le flux maximum annuel rejeté actuellement avant formation des hydrotalcites Q_1(actuel) au flux futur maximum annuel qui sera rejeté en tenant compte du piégeage par les hydrotalcites Q_2(futur). Or, une comparaison rigoureuse des effluents actuels et futurs nécessite de prendre en compte le piégeage par les hydrotalcites de la même façon dans les 2 situations. Les comparaisons possibles sont donc : Q_1(actuel) vs Q_1(futur),	Avant rejet en mer		Flux annuel actuel Q_1 (actuel)	Flux annuel futur Q_1 (futur)	Après précipitation des hydrotalcites		Flux annuel actuel Q_2 (actuel)	Flux annuel futur Q_2 (futur)	Seule une partie de la réponse du pétitionnaire est présentée ci-dessous. La réponse détaillée est incluse dans la Remarque n° 55 de l'Annexe 4. Le Tableau 7 présente les résultats conformément à votre demande. Tableau 7 : Comparaison des flux maximum annuels rejetés entre la situation actuelle et la situation future (i.e. après filtration sous pression) <table><tr><th>Paramètres</th><th>Taux d'abattement en flux annuel après réaction avec l'eau de mer et piégeage des hydrotalcites du flux futur (par rapport au rejet actuel) ⇔ Comparaison Q_2(futur) à Q_1(actuel)</th><th>Taux d'abattement en flux annuel après réaction avec l'eau de mer et piégeage des hydrotalcites du flux futur (par rapport au rejet actuel résiduel après précipitation d'hydrotalcites) ⇔ Comparaison Q_2(futur) à Q_2(actuel)</th></tr><tr><td>pH</td><td>Tamponnage pH eau de mer</td><td>Tamponnage pH eau de mer</td></tr><tr><td>DCO</td><td>33.33%</td><td>33.33%</td></tr><tr><td>DBO₅</td><td>20.00%</td><td>20.00%</td></tr><tr><td>Aluminium</td><td>99.26%</td><td>98.65%</td></tr><tr><td>Fer total</td><td>99.97%</td><td>99.95%</td></tr><tr><td>Arsenic</td><td>93.56%</td><td>88.01%</td></tr></table>	Paramètres	Taux d'abattement en flux annuel après réaction avec l'eau de mer et piégeage des hydrotalcites du flux futur (par rapport au rejet actuel) ⇔ Comparaison Q_2 (futur) à Q_1 (actuel)	Taux d'abattement en flux annuel après réaction avec l'eau de mer et piégeage des hydrotalcites du flux futur (par rapport au rejet actuel résiduel après précipitation d'hydrotalcites) ⇔ Comparaison Q_2 (futur) à Q_2 (actuel)	pH	Tamponnage pH eau de mer	Tamponnage pH eau de mer	DCO	33.33%	33.33%	DBO ₅	20.00%	20.00%	Aluminium	99.26%	98.65%	Fer total	99.97%	99.95%	Arsenic	93.56%	88.01%	La réponse apportée est satisfaisante.	54	4.5.3 Comparaison en flux maximum annuels des rejets actuels et futurs
Avant rejet en mer																																		
Flux annuel actuel Q_1 (actuel)	Flux annuel futur Q_1 (futur)																																	
Après précipitation des hydrotalcites																																		
Flux annuel actuel Q_2 (actuel)	Flux annuel futur Q_2 (futur)																																	
Paramètres	Taux d'abattement en flux annuel après réaction avec l'eau de mer et piégeage des hydrotalcites du flux futur (par rapport au rejet actuel) ⇔ Comparaison Q_2 (futur) à Q_1 (actuel)	Taux d'abattement en flux annuel après réaction avec l'eau de mer et piégeage des hydrotalcites du flux futur (par rapport au rejet actuel résiduel après précipitation d'hydrotalcites) ⇔ Comparaison Q_2 (futur) à Q_2 (actuel)																																
pH	Tamponnage pH eau de mer	Tamponnage pH eau de mer																																
DCO	33.33%	33.33%																																
DBO ₅	20.00%	20.00%																																
Aluminium	99.26%	98.65%																																
Fer total	99.97%	99.95%																																
Arsenic	93.56%	88.01%																																

N°	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire	Remarques mentionnées dans le présent rapport	
				N° page	N° paragraphe
	Q ₂ (actuel) vs Q ₂ (futur). Il a donc été demandé au pétitionnaire de présenter ces taux d'abattement.				
Remarque n° 25	Pour assurer une complète transparence, il a été demandé au pétitionnaire d'explicitier la manière dont sont notés les enjeux environnementaux présentant des impacts positifs, élément non indiqué dans la présentation de la méthodologie. Seules les règles établies pour la notation des impacts environnementaux négatifs sont bien décrites et détaillées (cf. tableau 4 du 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions'). Les règles relatives à la notation des risques sont également précisées dans ce même document.	<i>L'analyse multicritère ne contient que très peu de notes positives qui, de surcroît, ne sont pas comptabilisées puisque toutes les solutions alternatives ont été éliminées à l'issue de l'étape 3 (p18 du 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions'). Ainsi, dans un souci de simplification du document, nous n'avons pas jugé nécessaire de détailler les éléments de description correspondant aux notes positives.</i>	Effectivement, peu de notes positives ont été attribuées mais dans un souci de transparence, il pourrait être opportun de rajouter les éléments manquants.	58	5.1.1 Transparence de la méthode
Remarque n° 26	Aucun élément n'est donné pour justifier le choix des critères retenus et leur positionnement en critères/sous-critères, or cela conditionne les résultats de l'AMC, sachant qu'ils ne sont pas traités de la même façon dans la méthodologie développée ici. Il a donc été demandé au pétitionnaire de : - Donner des éléments de justification du choix des critères ; - Donner des éléments de justification des positions des éléments pris en compte en critères ou sous-critères ; - d'indiquer si les aspects « consommation de matières dangereuses » et « délai de mise en œuvre industrielle », mentionnés dans le courrier du préfet du 29 septembre 2014 comme faisant partie des critères devant être pris en compte, ont effectivement été considérés même s'ils n'apparaissent pas dans l'AMC en tant que critère. En particulier pour l'aspect « délai de mise en œuvre industrielle », il semblerait que les délais associés aux travaux et aux procédures réglementaires sont bien pris en compte contrairement aux délais nécessaires aux études	- <i>Le choix des critères et sous-critères a été présenté aux services de l'Etat (DREAL, DDTM, Préfecture maritime, Agence de l'Eau, ARS, Parc National des Calanques) lors des comités de pilotage qui ont eu lieu entre juillet 2011 et septembre 2013. Les critères considérés et les notes attribués sont la synthèse par Alteo des discussions au sein de ce comité de pilotage.</i> - <i>A titre d'exemple, les éléments « Impacts en phase travaux », « Situation accidentelle » et « Réversibilité » ont été positionnés en tant que critères environnementaux à la demande des services de l'Etat.</i> - <i>La consommation de matières dangereuses est un paramètre qui est pris en compte dans l'analyse multicritère car l'utilisation de ces matières a un effet induit sur des critères tels que les situations accidentelles / risques induits, les usages, le transport et le trafic.</i> - <i>Pour le délai de mise en œuvre industrielle, il est exact que les délais associés aux études complémentaires pour les APS/APD n'ont pas été pris en compte séparément. Nous avons remis, à la demande du préfet, un planning de mise en œuvre de chaque solution alternative et sous-alternative ; ce planning montre que la prise en compte de ces paramètres dans l'analyse multicritère viendrait diminuer la note de faisabilité des différentes solutions alternatives à la solution retenue. A noter que les délais de réalisation sont corrélés à d'autres critères existants dans l'AMC tel que le coût des solutions.</i>	Les réponses apportées par le pétitionnaire sont satisfaisantes. Un complément d'information a été néanmoins demandé pour préciser un point en particulier (voir remarque suivante).	62	5.2.2 Choix et structuration des critères et des sous-critères

N°	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire	Remarques mentionnées dans le présent rapport	
				N° page	N° paragraphe
	complémentaires pour les APS/APD notamment des alternatives.				
Remarque n° 27	Lors de la réunion à mi-parcours, le pétitionnaire a indiqué que pour les éléments « Impacts en phase travaux », « Situation accidentelle » et « Réversibilité » considérés comme minorants et ne traduisant pas strictement un enjeu environnemental (p17 du document 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions'), leur positionnement en tant que critères ou sous-critères devait être vérifié. Des éléments de précisions complémentaires relatifs aux motivations des services de l'Etat pour les considérer comme critères (et non comme sous-critères) sachant que ce sont des éléments qualifiés comme minorants ont également été demandés.	Les notions « Impacts en phase travaux », « Situation accidentelle » et « Réversibilité » ne sont pas des impacts chroniques ou courants de l'installation. Ils ont été considérés comme des critères à part entière pour mettre en relief le caractère relativement fort de l'impact : - L'impact en phase travaux peut être potentiellement fort et irréversible bien qu'il se déroule sur un court laps de temps ; - La situation accidentelle a une probabilité d'événement faible et mais un impact ponctuel potentiellement important ; - La réversibilité de l'impact de l'aménagement est également un point important impactant le patrimoine global.	Les réponses apportées par le pétitionnaire sont satisfaisantes. Néanmoins, pour éviter toute interrogation spécifique sur ces éléments, il aurait été préférable de ne pas utiliser le terme « élément minorant » pour justifier leur prise en compte dans l'AMC.	63	5.2.2 Choix et structuration des critères et des sous-critères
Remarque n° 28	- Il a été demandé au pétitionnaire d'apporter des éléments de justification des notes pour chaque critère (exemple des critères « Transport et trafic », « Energie », etc.). - En particulier, pour le critère « Aspects liés à l'eau – Qualitatif », il a été demandé au pétitionnaire d'expliquer pourquoi la réglementation de 1998 sur les valeurs limite de rejets n'était pas explicitement prise en compte, des éléments qualitatifs de notation étant considérés à la place (l'eau se dégrade peu, significativement, très fortement).	Les éléments de justification des notes pour chaque critère sont détaillés aux pages 13 à 16 du 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions'. Concernant les aspects liés à l'eau, il est nécessaire de prendre en compte les critères définis dans la loi cadre sur l'eau sans se limiter à la simple prise en compte des valeurs définies dans les dispositions générales de l'arrêté ministériel de 1998 qui, prises seules, ne reflèteraient pas l'impact réel ; à titre d'exemple, l'alternative 1 « Evaporation naturelle » reçoit une note négative (-1) sur les aspects qualitatifs liés à l'eau car la création d'un bassin d'évaporation pourrait occasionner des infiltrations sodiques. Ce risque n'aurait pas été évalué si nous nous étions limités à la prise en compte de l'Arrêté Ministériel de 1998. Il convient également de rappeler que l'Arrêté Ministériel de 1998 prévoit d'une part des dispositions générales mais prévoit d'autre part qu'un industriel puisse avoir des valeurs différentes des dispositions générales à condition de démontrer la prise en compte des MTD et la compatibilité du rejet avec le milieu.	- En ce qui concerne les éléments de justification des notes pour chaque critère, un complément d'information sur la description des notes de chaque critère serait nécessaire. Pour ce faire, une nouvelle remarque (Remarque n° 29) a été formulée en mentionnant de manière plus précise les attentes en termes de compléments d'information attendues. - Concernant les aspects liés à l'eau, les éléments de justification apportés font référence à l'utilisation d'une approche prenant en compte la « sensibilité du milieu récepteur » pour définir les conditions de mise en œuvre des solutions, approche évoquée lors de la réunion à mi-parcours. Un complément d'information sur cette approche serait nécessaire. Pour ce faire, la Remarque n° 30 a été formulée.	64	0 Règles établies pour la notation des critères et des SOUS-critères
Remarque	En ce qui concerne les éléments de justification des notes pour chaque	- Seuls 3 sous-critères ont une justification identique pour 2 notes. Il s'agit des critères « Implantation sur le site de l'usine de Gardanne »,	Les réponses apportées pour les points n° 2 « sols », n°4 « énergie »	64	0

N°	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire	Remarques mentionnées dans le présent rapport	
				N° page	N° paragraphe
n° 29	critère, il a été demandé au pétitionnaire d'apporter un complément d'information, par exemple (et de manière similaire pour les autres critères) : - Certains sous-critères ont une justification identique pour deux notes possibles. Il s'agit notamment des critères « Implantation sur le site de l'usine de Gardanne », « Disponibilité foncière » et « Protections réglementaires y compris documents d'urbanismes ». Comment le choix d'une note se fait-il lorsque cette situation est rencontrée ? En particulier, pour le sous-critère « Protections réglementaires y compris documents d'urbanismes » il est indiqué que si c'est « compatible moyennant adaptation + ou – importante » la note peut être de -1 ou -3. Or, une note -3 est comptabilisée pour discriminer les solutions non faisables alors qu'une note -1 n'est pas comptabilisée lors de cette étape. - Critère « Sol » : A quoi correspond notamment la note -1 qui correspond à une « Pollution localisée et réversible des sols, produits non dangereux » ? - Critère « Déchets » : Quelle est la différence entre un déchet impliquant une gestion complexe (note -3) et un déchet dangereux (note -9) ? - Critère « Energie » : La notation est faite en fonction du nombre d'étapes (sur process, pompages divers et traitement) qui ont besoin d'énergie et non sur la quantité d'énergie en plus consommée. Or, une solution ne nécessitant de l'énergie que pour une seule étape aura une note de -1 même si cette étape consomme beaucoup d'énergie tandis qu'une solution nécessitant beaucoup moins d'énergie pour les trois étapes aura une note de -9.	« Disponibilité foncière » et « Protections réglementaires y compris documents d'urbanismes » : - o Pour le sous-critère « Implantation sur le site de l'usine de Gardanne », une note « 0 » ou « -1 » est attribuée en fonction du niveau de risque ou de difficulté à implanter l'installation. Ainsi, une note de « -1 » a été attribuée pour l'alternative « Evaporation forcée » car nous n'avons pas encore identifié avec précision où pourrait être implantée l'unité, alors qu'une note de « 0 » a été attribuée à l'alternative « rejet dans la mer après filtration complémentaire » car le lieu d'implantation est clairement défini. - o Pour le sous-critère « disponibilité foncière », une note de « 0 » a systématiquement été attribuée lorsqu'aucune acquisition foncière n'est requise. - o Pour le sous-critère « Protections réglementaires y compris documents d'urbanismes », la note de « -1 » ou « -3 » est attribuée en fonction de l'importance de la modification à apporter aux documents d'urbanisme. Nous n'avons jamais attribué la note « -1 » mais avons attribué la note « -3 » aux alternatives « recyclage dans le procédé », « rejet dans les mines », « rejet dans un cours d'eau » et « rejet dans la mer après traitement complémentaire » car les démarches réglementaires à engager sont relativement lourdes et comportent un risque de refus de la part des autorités compétentes. Nous aurions pu nous trouver dans un cas où une démarche réglementaire était requise, mais pour laquelle aucun refus n'était à craindre (simple déclaration par exemple), dans un tel cas nous aurions attribué la note de « -1 ». 2. Critère « Sol » : Les différentes notes du critère « Sol » (« -1 », « -3 » et « -9 ») se distinguent par l'étendue de la zone polluée (locale -> étendue), la persistance de la pollution (polluant se dégradant rapidement -> polluant persistant) et la dangerosité du polluant pour l'homme et l'environnement (polluant pas ou peu dangereux pour l'homme et l'environnement -> polluant dangereux pour l'homme et l'environnement). La note « -1 » pourrait par exemple correspondre à une fuite rapidement maîtrisée d'eau sodée qui tomberait sur une zone sans végétation. La pollution reste locale, elle serait rapidement tamponnée par le milieu et sans impact en absence de végétation 3. Critère « Déchets » : La notation a été conçue à la base pour distinguer les déchets, pas forcément dangereux, mais nécessitant une gestion complexe (par exemple plusieurs installations de stockage différentes nécessaires ou éloignement de l'installation de traitement) (note « -3 »), et les déchets dangereux qui n'impliquent pas forcément de gestion complexe pour l'industriel (note « -9 »). Dans les faits, la note « -9 » a été uniquement attribuée à l'alternative 3 (recyclage dans le process), du fait de la modification de la teneur en soude de la Bauxaline qui réduirait ses possibilités de valorisation, allant à l'encontre de la politique mise en œuvre par Alteo d'encourager les solutions de valorisation de la Bauxaline 4. Critère « Energie » : Les différentes études qui ont été menées dans le	sont satisfaisantes. Celles concernant le point n° 1 « sous-critères » et le point n°5 « transport et déchet », sont acceptées puisque ces éléments n'ont pas d'influence notable sur les conclusions auxquelles le pétitionnaire peut aboutir sur la base des AMC réalisées des solutions envisagées. Il aurait été cependant opportun de préciser ces différents éléments dans la description de la justification de chaque note. En ce qui concerne le point n°3 « déchets », il aurait été opportun d'actualiser la description de la justification de chaque note suite aux réflexions ultérieures sur ce critère et ce d'autant plus que la même note est attribuée aux alternatives générant un déchet considéré comme dangereux (cas des alternatives 1 et 2) et aux solutions induisant la production d'un déchet nécessitant une gestion complexe (cas des alternatives 4 et 5 et des sous-alternatives 1 à 4. Néanmoins, cet aspect n'a pas d'impact notable sur les conclusions auxquelles le pétitionnaire peut aboutir sur la base des AMC réalisées des solutions envisagées.		Règles établies pour la notation des critères et des SOUS-critères

N°	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire	Remarques mentionnées dans le présent rapport	
				N° page	N° paragraphe
	- Critère « Transport et trafic » : Une note de -9 est attribuée à la solution si celle-ci nécessite plus de 5 camions par jour. Or, le fonctionnement de l'usine actuelle induit la circulation d'un grand nombre de camions : - o Entrée soude : 1250 camions/an soit 3-4 camions grande distance par jour ; - o Sortie Bauxaline : 8500 camions/an soit 23-24 camions petite distance par jour ; - o Sortie Alumine camions : 21850 camions/an soit 60 camions grande distance par jour ; Est-il possible de donner des éléments justifiant le choix de ce seuil pour le transport ?	cadre du dossier réglementaire ont été réalisées au niveau avant-projet sommaire (APS) et n'ont donc pas toutes permis de définir avec précision l'énergie consommée par chacune des installations. En l'absence de données d'un niveau de détail équivalent pour chacune des alternatives, le mode de notation retenu nous a semblé être le plus pertinent. D'ailleurs, les notes attribuées ne semblent pas révéler d'incohérences avec l'énergie qui serait consommée par chacune des solutions proposées (approximation). 5. Critère « Transport et trafic » : La circulation de camions pour sortir l'alumine ou pour apporter de la soude est une circulation inhérente à la raison d'être de l'usine et ne peut donc pas être évitée. Dans le cadre de notre politique environnementale, nous essayons de réduire au maximum les flux de camions, c'est la principale raison qui a motivé le choix d'implanter les filtres presses 2 et 3 à Mange Garri (ce qui a représenté un surcoût de 5 M€ par rapport à une implantation dans l'usine). Après 2015, ce sont au total 9 camions qui circuleront chaque jour en moyenne pour transporter les résidus déshydratés. Le critère de 5 camions/jour correspond à une augmentation de 50% de ce trafic. 5 camions/jour peut paraître faible au regard des flux d'entrée/sortie, mais il a été établi en tenant compte qu'il s'agit de transport de déchets et non de matières premières ou de produits finis non dangereux.			
Remarque n° 30	Il est demandé au pétitionnaire des éléments décrivant et justifiant le choix de l'approche consistant à prendre en compte la « sensibilité du milieu récepteur » pour définir les conditions de mise en œuvre des solutions ainsi que les éventuels impacts associés.	Pour ce qui concerne l'alternative 5 (rejet après traitement dans l'Arc ou la Luynes), une étude spécifique (annexe 4 du 'Tome 2') a été établie pour évaluer la sensibilité du milieu récepteur (l'Arc et la Luynes) selon 3 critères principaux : les aspects fonctionnels, la qualité de l'eau et le respect des objectifs de gestion. Les conclusions de cette étude sont données à la page 82/83 de l'annexe 4 du 'Tome 2'. Les effets potentiellement très négatifs en cas de dysfonctionnements possibles de la station de traitement des effluents de l'usine ont été notés « -9 » dans l'analyse multicritère de l'alternative.	L'utilisation d'une approche prenant en compte la « sensibilité du milieu récepteur » est une approche permettant d'adapter le niveau de traitement d'épuration de l'effluent aux contraintes du milieu récepteur. Il s'agit d'une approche intégrée qui mériterait d'être plus mise en évidence dans le dossier. En ce qui concerne la sensibilité du milieu marin, plusieurs études ont été réalisées pour évaluer les impacts associés au rejet de l'effluent après filtration sous pression ; cet effluent ayant 6 paramètres qui dépassent les valeurs limites de l'Arrêté Ministériel du 2 février 1998 (pH, aluminium, fer, arsenic, DCO et DBO5). Les caractéristiques de l'effluent en sortie d'exutoire sont fortement dépendantes de la sous-alternative considérée, voire même du schéma de traitement choisi pour cette sous-alternative. Etant donné que la réalisation d'études d'impacts est très longue et coûteuse, il est légitime qu'à ce stade ce type d'études n'ait pas été conduit sur l'ensemble des	67	0

N°	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire	Remarques mentionnées dans le présent rapport	
				N° page	N° paragraphe
			<i>effluents pouvant être potentiellement produits après traitement par les sous-alternatives. Néanmoins, pour les sous-alternatives incluant un traitement de finition, seul un schéma de traitement permettant d'éliminer la totalité des éléments contenus dans l'effluent a été considéré. Il aurait ainsi été opportun d'adapter le traitement de finition à la sensibilité du milieu marin, pour lequel il peut être considéré en première approche que la DCO et la DBO5 associées à un tel rejet ne sont pas des paramètres potentiellement problématiques. Ceci aurait peut-être permis d'identifier des techniques de finition moins poussée et moins onéreuses que l'osmose inverse, qui induit une notation à -9 des critères CAPEX et OPEX des sous-alternatives correspondantes.</i>		
Remarque n° 31	Il a été demandé au pétitionnaire d'expliquer pourquoi l'alternative « Rejet en mer après filtration complémentaire » pour laquelle de « l'énergie est nécessaire pour le traitement des effluents et le pompage de l'eau traitée » est notée -1 alors que l'alternative « Rejet dans un cours d'eau après station de traitement » pour laquelle de « l'énergie est nécessaire pour le traitement des effluents et le pompage de l'eau traitée » est notée -3 ?	<i>Pour l'alternative « Rejet en mer après filtration complémentaire », une erreur s'est effectivement glissée dans le tableau d'analyse multicritère ; il est inexact d'écrire que de « l'énergie est nécessaire pour le traitement des effluents et le pompage de l'eau traitée ». En effet, le filtre sous pression est un traitement statique qui nécessite uniquement de l'énergie pour les groupes de pompage, ce qui justifie la note « -1 ».</i>	La réponse apportée est satisfaisante.	68	5.3.1 Notation des critères et des sous-critères pour les alternatives
Remarque n° 32	Il a été demandé au pétitionnaire si une analyse de sensibilité avait été réalisée sur la méthodologie utilisée pour les AMC. Il pourrait être en effet intéressant pour le pétitionnaire d'apporter des éléments sur ce sujet et de consolider ainsi l'approche retenue pour la mise en œuvre de ces AMC.	<i>Une analyse de sensibilité de l'échelle de notation ainsi que sur les niveaux de critère a été réalisée mais pas formalisée. Plusieurs systèmes de notation ont été élaborés en faisant notamment varier l'échelle de notation et les seuils en fonction des critères. Ainsi, un système de notation avec une suite au carré a été privilégié à un système linéaire. En effet, cela permet d'accentuer le poids des points réducteurs. Ces points réducteurs ont été testés sur des exemples parfaitement connus dont l'impact environnemental ou technique n'était pas réaliste.</i>	La réponse apportée est satisfaisante. Si une analyse de sensibilité a été effectivement réalisée, il aurait été intéressant de la formaliser et de mentionner les conclusions associées à cette analyse dans les documents concernés pour asseoir la crédibilité de l'approche développée.	77	5.4 Analyse de sensibilité
Remarque n° 33	Dans le rapport relatif au calendrier de mise en œuvre des scénarii étudiés, et en particulier dans le paragraphe relatif à la sous-alternative 1, il est prévu une durée de 2 ans pour la demande d'autorisation d'exploiter. Des précisions sur cette durée ont été demandées au pétitionnaire.	<i>La consommation et donc le stockage de grandes quantités d'acide nécessiteront l'ajout d'une rubrique ICPE complémentaire à l'AE de l'usine (n° 1611). En fonction de la taille requise du stockage, Alteo pourra être soumis au régime de Déclaration (50 à 250 tonnes, délai approximatif 6 mois) ou à celui de l'Autorisation (> 250 tonnes, 24 mois de délai).</i>	La réponse apportée est satisfaisante.	100	7.4 évaluation sommaire du délai de mise en œuvre de la solution combinée

N°	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire	Remarques mentionnées dans le présent rapport	
				N° page	N° paragraphe
Remarque n° 34	Suite à la présentation de ce Gantt prévisionnel de mise en œuvre de la solution combinée, il a été demandé au pétitionnaire de se prononcer sur ce calendrier.	<i>Le calendrier prévisionnel de mise en œuvre de cette solution combinée et établi par le pétitionnaire est présenté au Tableau 17 et au Tableau 18 donnés en fin de cette annexe.</i>	La réponse apportée est satisfaisante.	101	7.4 évaluation sommaire du délai de mise en œuvre de la solution combinée

Tableau de synthèse des remarques du tiers expert et des réponses du pétitionnaire non mentionnées dans le corps du texte du présent rapport :

N°	Contexte	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire
Remarque n° 35	Remarques supplémentaires relatives à l'analyse des alternatives et des sous-alternatives Questions diverses	A la page 76 du 'Tome 2 – Partie 1 – 2. Description', il est indiqué qu'un renouvellement d'autorisation d'occuper le Domaine Public Maritime sur le tracé de la conduite en mer a été accordé à Alteo en juillet 1996 pour une durée de 19 ans. Cette autorisation prend donc fin au 1er janvier 2016. Quelle est la date exacte de l'arrêté préfectoral de juillet 1996 ? Qu'en est-il de son renouvellement pour l'exploitation de la canalisation permettant le rejet en mer pour les prochaines années ?	<i>La date exacte de l'arrêté préfectoral est le 1er juillet 1996. Au mois de Mai 2014 nous avons déposé deux dossiers en préfecture :</i> - <i>Un Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter pour l'usine</i> - <i>Un dossier de Demande de concession d'utilisation du Domaine Public Maritime</i> <i>Ce sont donc ces deux dossiers qui sont actuellement en cours d'instruction, et sur lesquels l'Autorité Environnementale et le Parc National des Calanques se sont prononcés.</i> <i>Nous ne vous avons pas transmis le Dossier de Demande de concession d'utilisation du Domaine Public Maritime car ce dossier nous semble hors du cadre de l'expertise pour laquelle vous avez été missionnés, mais nous pouvons bien entendu vous le faire parvenir si vous le jugez nécessaire.</i>	La réponse apportée est satisfaisante.
Remarque n° 36	Remarques supplémentaires relatives à l'analyse des alternatives et des sous-alternatives Questions diverses	Quelle est la composition des résidus solides après filtre-pressé, notamment la teneur en Al, Fe et As ?	<i>En ce qui concerne les éléments majeurs, celle-ci est faite de manière systématique pour le contrôle du procédé. L'analyse moyenne des résidus peut être trouvée page 126 du Dossier Technique (cf. tableau relatif à cette remarque reporté ci-après).</i> <i>Pour l'As, seules des analyses ponctuelles sont disponibles. Des analyses ponctuelles réalisées en 2013 ont donné 41 mg/kg d'arsenic dans les résidus.</i>	La réponse apportée est satisfaisante.
Remarque n° 37	Remarques supplémentaires relatives à l'analyse des alternatives et des sous-alternatives Remarques relatives au 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions'	Alternative « Recyclage dans le procédé » (p30) : Dans le paragraphe « rejet zéro des eaux utilitaires », il est indiqué la consommation des eaux utilitaires pourraient être réduite à 56 m³/h. Il semble important de préciser que ce débit inclut 25 m³/h de retour du Bassin 7 car cela signifie que la consommation d'eau spécifiquement dédiée aux eaux utilitaires pourrait passer de 147 m³/h à 31 m³/h.	<i>Oui en valeur moyenne sur l'année. Mais cela ne tient pas compte des eaux accidentelles, décrit dans le paragraphe III.3 de l'Annexe 2 du 'Tome 2', telles que les condensats de vapeur de l'attaque polluées ou encore les eaux de pluie</i> <i>Un autre aspect du bilan d'eau Usine concerne les eaux accidentelles.</i> - <i>Il peut s'agir d'accidents liés aux opérations, comme des condensats de vapeur vive de l'attaque pollués, qui constituent une quantité d'eau supplémentaire à gérer. En fonction de leur quantité et de leur qualité, il faudrait considérer leur réutilisation ou bien l'envoi vers le bassin de Mange-Garri.</i> - <i>Il peut s'agir d'eaux pluviales. Les eaux de pluie sont actuellement dirigées, via les différents puisards de l'Usine, vers le bac recevant les eaux utilitaires.</i> <i>La gestion des eaux accidentelles est une problématique dont la prise en charge ne serait pas assurée aujourd'hui dans le cadre d'un Rejet Zéro.</i>	La réponse apportée est satisfaisante.

N°	Contexte	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire
Remarque n° 38	Remarques supplémentaires relatives à l'analyse des alternatives et des sous-alternatives Remarques relatives au 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions'	Présentation des résultats de l'étude relative aux sous-alternatives (p50) : Il serait préférable d'avoir une présentation des résultats donnant le même niveau d'information pour toutes les sous-alternatives (coûts, production de déchets, qualité de l'effluent à l'issue du traitement, etc.) : - Pour le Traitement des matières solides : présentation d'éléments très précis sur le dimensionnement des installations mais aucune information n'est donné sur les coûts, la production de déchets ou la qualité de l'effluent à l'issue de ce traitement. - Pour le Traitement physico-chimique des matières dissoutes : aucun élément de dimensionnement n'est donné pour les solutions étudiées. Le niveau d'information donné diffère également d'une solution à l'autre. - o Par exemple, un coût de 37.4 M€ est donné pour la neutralisation à l'eau de mer alors que ce coût ne correspond pas à la totalité du CAPEX de cette sous-alternative (qui, lui, est de 53 M€ et inclut les équipements pour la séparation des précipités) - o Pour la neutralisation à l'eau de mer, il est indiqué que cette solution serait à l'origine d'une production de 30000 t/an de résidus solides. Or, à la page 48 il est indiqué que la quantité de déchets produites avec cette solution serait de 40000 t/an (42 kt/an en poids humide indiqué dans l'Annexe 5 du 'Tome 2').	<i>Nous prenons note de ces commentaires et apportons les éléments complémentaires suivants :</i> - <i>Nous avons pu présenter des éléments très précis sur le dimensionnement du filtre sous pression car nous avons d'ores et déjà anticipé sa construction, sans quoi nous ne serions pas en mesure d'arrêter le 31/12/2015 les rejets de résidus solides. Ces données sont donc issues d'une étude projet, alors que toutes les autres études ont été étudiées au stade d'avant-projet sommaire (APS). Ce procédé ne génère pas de déchets, la partie filtrée étant renvoyée vers les filtres presses. Les coûts afférents à cette installation et la qualité de l'effluent à l'issue du traitement sont décrits par ailleurs dans le dossier (voir page 120 et suivantes du « Tome 2 – Partie 1 – 02. Description du projet »)</i> - <i>Il est exact qu'à la page 50 nous aurions dû tenir compte d'un CAPEX de 53 M€ au lieu de 37.4 M€ pour la solution de neutralisation à l'eau de mer.</i> - <i>Il est exact qu'à la page 50 nous aurions dû tenir compte d'un volume de 42.000 t/an de déchets au lieu des 30.000 t/an indiquées.</i>	La réponse apportée est satisfaisante.
Remarque n° 39	Remarques supplémentaires relatives à l'analyse des alternatives et des sous-alternatives Remarques relatives au 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions'	Tableau de la page 52 : - Pour les sous-alternatives 1, 2 et 4 (i.e. avec neutralisation à l'acide, au CO₂ ou au MgCl₂), il faudrait préciser qu'elles incluent un traitement de finition. De la même façon, il faudrait préciser que la sous-alternative 3 (neutralisation à l'eau de mer) inclue une étape de traitement physico-chimique. - Impact environnemental : pour quasiment la totalité des sous-alternatives il est indiqué « impact du rejet négligeable ». Or, certaines des	<i>Nous prenons note de ces commentaires et apportons les éléments complémentaires suivants :</i> - <i>Impact environnemental : Le fait de dépasser les limites de l'AM de 1998 ne signifie pas pour autant que le rejet a un impact notable sur le milieu. Nous avons démontré dans le dossier que l'alternative retenue n'aura pas d'impact notable sur le milieu. Nous le précisons donc dans ce tableau, mais nous précisons également dans ce même tableau quelles sont les limites de l'AM de 1998 qui sont</i>	Des recommandations vis-à-vis de différents points de cette remarque ont été formulées dans le Tableau 11.

N°	Contexte	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire
		sous-alternatives permettent la production d'un rejet respectant les limites de l'AM (Arrêté Ministériel) de 1998 tandis que d'autres induisent un dépassement de ces valeurs limite sur certains paramètres. Il serait donc préférable d'adapter la formulation à la qualité de l'effluent traité. - Faisabilité technique de la Neutralisation à l'eau de mer avant rejet en mer : il est indiqué « pas de mise en œuvre industrielle à ce jour dans le monde ». Or, la neutralisation à l'eau de mer est pratiquée dans de nombreuses usines, notamment Australiennes. - Déchets générés de la Solution de rejet en mer sans traitement complémentaire : il est indiqué « Réintroduction de la matière filtrée dans le procédé ». Cette formulation peut induire une confusion en faisant penser à un recyclage dans le procédé de la matière filtrée. Il serait préférable d'utiliser la même formulation que celle du tableau de la page 55, à savoir « Les résidus solides de la filtration seront réintégrés dans les résidus de bauxite déshydratés (même nature) ». - Coûts d'exploitation de la solution de rejet en mer sans traitement complémentaire : une valeur de 0.2 M€ est donnée pour les frais d'exploitation alors que l'évaluation détaillée de ces coûts à la page 53 conduit à une valeur de 1.9-2.5 M€.	dépassées pour chacune des alternatives. D'autre part, il est bien tenu compte du dépassement des limites de l'AM de 1998 dans le rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives ; ainsi le critère « aspects qualitatifs liés à l'eau » reçoit une note de 0 pour les alternatives de traitement à l'acide, au CO₂, ou au MgCl₂, et -1 pour l'alternative « rejet dans la mer après filtration complémentaire ». - La neutralisation à l'eau de mer est effectivement pratiquée dans de nombreuses usines à travers le monde, mais aucune de ces usines ne sépare le précipité formé avant rejet en mer dans des décanteurs, la décantation étant faite généralement dans des lagunes de grandes superficies. Les vitesses de décantation étant extrêmement lentes, il demeure des risques techniques quant à la possibilité de décanter ou de filtrer ce précipité dans une installation compacte. - Pour les coûts d'exploitation de la solution de rejet en mer sans traitement complémentaire, nous aurions dû tenir compte des coûts d'exploitation du filtre sous pression et du coût de la redevance, soit environ 1.6 M€, les autres coûts (maintenance de la conduite, suivi du rejet) étant communs à chacune des alternatives. Cependant la valeur de 1.6 M€ a bien été renseignée dans le rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives.	
Remarque n° 40	Remarques supplémentaires relatives au traitement des eaux Remarques relatives à l'Annexe 12 du 'Tome 1'	Des tests de filtrabilité ont-ils été réalisés sur les essais les plus probants ? Pour le traitement de finition par filtration, seule l'étude de l'osmose inverse est présentée dans le rapport. Des essais avec d'autres techniques de filtration ont-ils été réalisés ?	Aucun test de filtrabilité n'a été réalisé. IRH est allé directement à l'osmose inverse car c'est celle-ci qui donne la meilleure efficacité. Dans le cas d'un rejet ailleurs qu'en rivière, la suppression de la phase de finition permettrait d'abattre tout de même certaines substances métalliques, mais avec bien entendu une qualité de rejet moindre.	La réponse apportée est satisfaisante.
Remarque n° 41	Remarques supplémentaires relatives au traitement des eaux Remarques relatives à l'Annexe 12 du 'Tome 1'	Certaines études dans la littérature montrent que les performances de la neutralisation de ce type d'effluent sont fortement impactées par la présence d'éléments alcalins insolubles. Cet aspect a-t-il été étudié ?	Non cet aspect n'a pas été étudié lors de cette phase d'étude. Ceci serait à valider au stade de l'étude d'exécution.	La réponse apportée est satisfaisante.
Remarque n° 42	Remarques supplémentaires relatives au traitement des eaux Remarques relatives à l'Annexe 12 du 'Tome 1'	Pour réaliser la déshydratation des boues, il est prévu d'acquérir 4 filtres presses. Est-il possible d'utiliser les filtres presses déjà en place à Mange-Garri pour effectuer cette déshydratation, ce qui permettrait de diminuer le CAPEX associé ?	Il n'est pas possible d'utiliser les filtres presses destinés à produire la Bauxaline® : - Problèmes de capacité (les 3 FP ont été dimensionnés pour produire de la Bauxaline®) - Nous ne connaissons pas les caractéristiques des boues qui seraient à traiter (risque de dégradation de filtration) - Problèmes éventuels en termes de réglementation sur le déchet qui serait stocké à Mange Garri	Ces aspects devraient effectivement être vérifiés dans le cadre d'une étude spécifique.

N°	Contexte	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire
Remarque n° 43	Remarques supplémentaires relatives au traitement des eaux Remarques relatives à l'Annexe 12 du 'Tome 1'	Peu d'éléments sont donnés sur l'évaluation économique des différentes solutions de traitement. Est-il possible d'avoir des informations sur ces calculs ?	<i>Les tableaux relatifs à cette remarque (voir tableaux reportés en fin d'annexe) reprennent les hypothèses de chiffrage pour CAPEX et OPEX considérées par IRH. ALTEO a repris ces hypothèses telles quel, bien que certains de ces chiffres paraissent sous-évalués. A titre d'exemple :</i> - <i>Le CAPEX pour le décanteur de 30 m de diamètre est estimé à 550 k€ dans les standards IRH, alors que l'ingénierie Rio Tinto (qui a une grande expérience sur ce type d'ouvrages dans le monde de l'alumine) a estimé à 3.500 k€ un décanteur de 12 m de diamètre dans le cadre de l'étude de la station de neutralisation à l'eau de mer à terre.</i> - <i>L'OPEX de 5 à 25 k€ estimé pour les frais de personnel semble sous-estimé vue la criticité de cette étape de traitement avant rejet dans le milieu. ALTEO considère qu'une personne à temps plein et en continu (jour et nuit) est requise pour cette installation, soit 200 k€/an.</i>	Les éléments de chiffrages budgétaires indiqués sont satisfaisants. En ce qui concerne les réserves indiquées par le pétitionnaire, il aurait été opportun de les mentionner dans le rapport dédié, i.e. dans l'Annexe 12 du 'Tome 1'. La réponse apportée a fait l'objet de 2 remarques supplémentaires, formulées à la Remarque n° 44 et Remarque n° 45
Remarque n° 44	Remarques supplémentaires relatives au traitement des eaux Remarques relatives à l'Annexe 12 du 'Tome 1'	Le coût associé à la gestion des boues dans la solution « Finition GEH » est estimé à 250 €/t dans le rapport (p25) alors qu'il est estimé à 400 €/t pour les autres filières de traitement.	<i>Ce point sera mis en cohérence dans un rapport intitulé « Comparatif des solutions de traitement pour un rejet en rivière » qui sera joint au dossier avant l'enquête publique.</i>	La réponse apportée est satisfaisante.
Remarque n° 45	Remarques supplémentaires relatives au traitement des eaux Remarques relatives à l'Annexe 12 du 'Tome 1'	Les tonnages annuels de boues considérés pour évaluer les coûts associés à leur gestion sont de 9 000 t/an pour la neutralisation seule et de 10 000 t/an si des étapes de traitement physico-chimique sont incluses. Or, il est indiqué que les quantités de boues produites sont de : - 28 t/jour soit environ 10 000 t/an pour la neutralisation seule (p20) - 36 t/jour soit environ 13 000 t/an si des étapes de traitement physico-chimique sont incluses (p22)	<i>Ce point sera mis en cohérence dans un rapport intitulé « Comparatif des solutions de traitement pour un rejet en rivière » qui sera joint au dossier avant l'enquête publique.</i>	La réponse apportée est satisfaisante.
Remarque n° 46	Remarques supplémentaires relatives au traitement des eaux Remarques relatives à l'Annexe 12 du 'Tome 1'	Le coût associé à la gestion des boues dans la solution extrapolé au traitement de 130 m ³ /h (p28) est estimé à 450 €/t alors qu'il est estimé à 400 €/t pour les autres filières de traitement. De plus, le coût total est estimé à 1.5 M€/an, contre 4 M€/an pour les autres filières de traitement, alors que la réduction du flux à traiter devrait avoir peu d'impact sur la quantité annuelle de boues produites.	<i>Le premier point sera mis en cohérence dans un rapport intitulé « Comparatif des solutions de traitement pour un rejet en rivière » qui sera joint au dossier avant l'enquête publique.</i> <i>En ce qui concerne la quantité annuelle de boues produites, celle-ci devrait effectivement être peu impactée par la diminution du débit à traiter. Ce point sera corrigé dans le rapport intitulé « Comparatif des solutions de traitement pour un rejet en rivière » qui sera joint au dossier avant l'enquête publique.</i>	La réponse apportée est satisfaisante.
Remarque n° 47	Remarques supplémentaires relatives à l'analyse des alternatives et des	Pour réduire le débit d'eau à traiter, 2 approches sont envisageables : 1. La mise en place de la réduction de la	<i>Des éléments relatifs à ces 2 approches sont donnés ci-dessous :</i> 1. Le recyclage des eaux utilitaires a été étudié	La réponse apportée est satisfaisante.

N°	Contexte	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire
	sous-alternatives Questions d'ordre général	consommation des eaux utilitaires associée au recyclage du flux ne pouvant pas être évité ; 2. La mise en place d'une séparation des flux « eaux de procédé » / « eaux utilitaires et pluviales », les eaux utilitaires (qui ne nécessitent pas de traitement) étant ensuite mélangées aux effluents de procédé traités avant leur rejet dans le milieu extérieur (approche indiquée à la page 28 de l'Annexe 12 du 'Tome 1') Ces 2 approches peuvent-elles éventuellement être mises en œuvre ?	<i>initialement dans l'optique de valider la faisabilité du rejet zéro, et il présente bien sur l'intérêt de diminuer les quantités d'eau à traiter en cas de besoin de rejet dans le milieu naturel.</i> 2. <i>En ce qui concerne la séparation des flux « eaux de procédé » / « eaux utilitaires et pluviales », les effluents non chargés (en soude) nécessiteront un traitement spécifique avant rejet dans le milieu naturel. Pour exemple les eaux de pluie qui tombent hors des zones procédé ne sont pas polluées en soude à l'origine mais peuvent contenir du solide en suspension qui empêche de mélanger ce flux en aval de la station de traitement.</i> <i>Une réserve technique supplémentaire significative est la gestion des eaux accidentelles (paragraphe III.3 de l'Annexe 2 du 'Tome 2') :</i> <i>Un autre aspect du bilan d'eau Usine concerne les eaux accidentelles.</i> <i>Il peut s'agir d'accidents liés aux opérations, comme des condensats de vapeur vive de l'attaque pollués, qui constituent une quantité d'eau supplémentaire à gérer. En fonction de leur quantité et de leur qualité, il faudrait considérer leur réutilisation ou bien l'envoi vers le bassin de Mange-Garri.</i> <i>Il peut s'agir d'eaux pluviales. Les eaux de pluie sont actuellement dirigées, via les différents puisards de l'Usine, vers le bac recevant les eaux utilitaires.</i> <i>La gestion des eaux accidentelles est une problématique dont la prise en charge ne serait pas assurée aujourd'hui dans le cadre d'un Rejet Zéro.</i>	
Remarque n° 48	Remarques supplémentaires relatives à l'analyse des alternatives et des sous-alternatives Questions d'ordre général	2 approches ont été adoptées pour l'analyse des alternatives : - Alternatives « Evaporation naturelle » et « Evaporation forcée » : traitement d'un débit de 130 m³/h - Alternatives « Recyclage dans le procédé », « Rejet dans les mines », « Rejet dans un cours d'eau », « Rejet en mer » et ensemble des sous-alternatives en cas de rejet en mer : étude du traitement d'un débit de 270 m³/h et extrapolation pour 130 m³/h dans certains cas mais seul le traitement de 270 m³/h a été considéré dans les AMC. Quels sont les éléments qui ont motivé le choix de ce débit car le mélange avec 140 m³/h pour une utilisation optimale de la canalisation peut être réalisé a posteriori ? Quel serait l'impact d'une réduction du débit de 270 m³/h à 130 m³/h sur le CAPEX, l'OPEX et l'AMC de ces alternatives et sous-alternatives ?	<i>D'un point de vue OPEX, la même quantité de réactifs est nécessaire pour traiter 270 ou 130 m³/h puisque c'est la composante « eau utilitaire », quasi propre, qui est retirée pour diminuer le débit à traiter.</i> <i>D'un point de vue CAPEX, la diminution ne sera bien sûr pas proportionnelle à la réduction de débit et restera au-delà du seuil de 10 M€.</i> <i>Il n'y aura donc pas d'impact sur l'AMC, puisque la cotation du critère CAPEX ne changera pas.</i>	La réponse apportée est satisfaisante. Néanmoins, cette remarque a fait l'objet de la Recommandation n° 1.

N°	Contexte	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire
Remarque n° 49	Remarques supplémentaires relatives à l'analyse des alternatives et des sous-alternatives Questions relatives au rejet en mer	A la page 37 de l'Annexe 2 du 'Tome 2', il est indiqué que : « Un travail a été mené dès 2009 pour réduire la consommation d'eau, ceci dans l'optique d'un passage du débit vers la mer de 270 à 200 m³/h. Plusieurs projets ont été lancés, pour la plupart consistant en l'installation d'aéroréfrigérants ou la mise en place de circuits fermés avec purge. » En quoi ont consisté ces études ? Le passage de 270 à 200 m³/h ne peut-il pas être réalisé uniquement en diminuant la consommation d'eau brute prélevée dans le canal de Provence ?	<i>Comme indiqué dans le rapport, les projets étudiés consistent essentiellement en la mise en circuit fermé de certaines pompes à vide à anneau liquide, le refroidissement des Eaux Distillées Propres (EDP), et le refroidissement de certains compresseurs.</i> <i>En moyenne, il suffit effectivement de réduire la quantité d'eau brute entrant directement dans le système des eaux utilitaires, mais il faut pouvoir gérer les accidents (procédé et/ou pluie), d'où un besoin de réduire au-delà de cette simple diminution.</i>	La réponse apportée est satisfaisante.
Remarque n° 50	Remarques supplémentaires relatives au calendrier de mise en œuvre des scenarii étudiés	Alternative 2 – Evaporation forcée : il est indiqué qu'il faudra analyser l'impact de l'installation sur le procédé, en termes de « qualité de l'alumine ». Cela fait-il référence au recyclage de la liqueur concentrée en soude dans le procédé ? Cela n'a-t-il pas déjà été étudié dans le cadre de l'alternative « Recyclage dans le procédé » ?	<i>L'unité d'évaporation pour l'alternative « recyclage dans le procédé » est plus petite que pour l'alternative « Evaporation forcée » : 7.5 m³/h pour la première contre 130 m³/h pour la seconde.</i> <i>Avec cette dernière, sa mise en place se traduira par une augmentation significative du profil caustique à l'attaque (augmentation de l'eau de lavage des résidus pour conserver la même teneur en soude vers la précipitation), ce qui se traduira par une augmentation de la solubilisation de certaines impuretés et par ce biais pollution de l'alumine produite, voir exemple ci-dessous traitant spécifiquement du fer extrait de la publication de G Roach, 6th AQW (Alumina Quality Workshop, congrès international des producteurs d'alumine).</i>	La réponse apportée est satisfaisante.
Remarque n° 51	Remarques supplémentaires relatives au calendrier de mise en œuvre des scenarii étudiés	Alternative 2 – Evaporation forcée : Si l'impact sur le procédé est prévisible, pourquoi une durée de 1 an est-elle prévue dans le Gantt pour la réalisation d'une étude sur « l'analyse de l'impact de l'installation sur le procédé » ?	<i>Il ne s'agit que d'un exemple sur la qualité de l'alumine. D'autres impuretés pourront être impactées (Zn, SiO₂, solubilisation et dégradations matières organiques), et une simulation totale du procédé avec un logiciel de flowsheeting devra être faite pour appréhender tout risque sur celui-ci en gardant toujours en tête la technicité des alumines de spécialité produites. Il convient également de considérer que le changement du profil caustique aura un impact significatif sur la conduite du procédé (optimisation rendement matière et consommation d'énergie).</i>	La réponse apportée est satisfaisante.

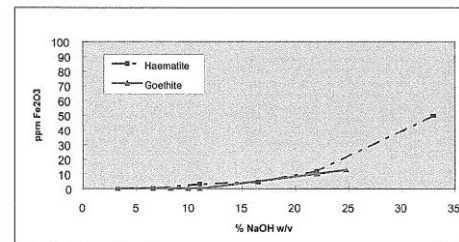


Figure 4 — Effect of free caustic on iron solubility.

N°	Contexte	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire
Remarque n° 52	Remarques supplémentaires d'ordre méthodologique Remarques relatives à l'analyse des alternatives	Evaporation naturelle et forcée (Annexe 1 du 'Tome 2') Pour le calcul des coûts opératoires de l'évaporation forcée avec ou sans récupération de l'eau évaporée (p3 et p4), le coût du traitement de la saumure générée est estimé à 500 €/t. Or, dans le Memorandum de Rio Tinto Alcan inclus dans ce même rapport, il est indiqué à la page 7 : « En supposant un traitement de la liqueur concentrée par un organisme extérieur c'est-à-dire 400€/tonne pour ce produit appartenant à la classe 8 ». A quoi correspond cette différence de coût ?	<i>Les saumures générées seront des déchets à traiter en centre de traitement classe 0 ou classe 1 (à définir à l'issue de l'avant-projet). Le coût de traitement dans une décharge de classe 1 varie entre 100 €/t et 500 €/t. En classe 0, ce coût varie entre 300 €/t et 800 €/t. Les écarts sont conséquents, il est très difficile à ce stade d'évaluer avec précision le coût de traitement à la tonne à traiter. Pour les calculs d'OPEX, ALTEO, Rio Tinto Alcan et IRH ont respectivement pris en compte des valeurs de 500 €/t, 400 €/t, et 450 €/t. ALTEO a retenu 500€/t pour un stockage en décharge classe 0.</i>	Un complément d'information a été demandé au pétitionnaire. Il est formulé ci-dessous à la Remarque n° 53.
Remarque n° 53	Remarques supplémentaires d'ordre méthodologique Remarques relatives à l'analyse des alternatives	Les termes « centre de traitement » et « décharge » ne sont plus utilisés actuellement pour désigner les modes de stockage des déchets. Ils ont été remplacés par : - ISDD Installation de Stockage de Déchets Dangereux - ISDND Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux - ISDI Installation de Stockage de Déchets Inertes Les classes de décharges qui étaient utilisées pour désigner les différents modes de stockage des déchets sont les suivantes : - Classe1 : déchets dangereux - Classe 2 : déchets non dangereux et non inertes - Classe 3 : déchets inertes - La classe 0 correspond à des sites très particuliers de stockage souterrains, type mines de sel. Est-il possible de vérifier la nomenclature des types de stockage indiqués dans la réponse ?	<i>Les saumures concentrées générées ne seront vraisemblablement pas, dans leur grande majorité, acceptables en France en Installation de Stockage de Déchets Dangereux (ISDD, ex-classe 1). Ces déchets devront être stockés en mine de sel en Allemagne (il n'existe plus de mine de sel en France), à un coût de l'ordre de 500 €/t. L'avant-projet permettra de définir si une partie de ces déchets pourrait être traitée en ISDD, en France.</i>	La réponse apportée est satisfaisante.
Remarque n° 54	Remarques supplémentaires d'ordre méthodologique Remarques relatives à l'analyse des alternatives	Rejet en mer après filtration sous pression : Calcul de l'efficacité du traitement obtenu (page 106 + pages 142 à 144 du 'Tome 2 – Partie 1 – 2. Description'). Le taux d'abattement indiqué dans le tableau 22 compare le flux maximum annuel rejeté actuellement avant formation des hydrotalcites au flux futur maximum annuel qui sera rejeté en tenant compte du piégeage par les hydrotalcites. Or, une comparaison rigoureuse des effluents actuels et futurs nécessite de prendre en compte le piégeage par les hydrotalcites de la même façon dans les 2 situations.	<i>Le tableau relatif à cette remarque reporté en fin d'annexe présente les résultats conformément à la demande.</i>	Un complément d'information a été demandé au pétitionnaire. Il est formulé ci-dessous à la Remarque n° 55.
Remarque n° 55	Remarque supplémentaire d'ordre méthodologique Remarques relatives à l'analyse des alternatives	Les calculs réalisés par le BRGM pour comparer les flux futurs aux flux actuels, réalisés sur l'Al et l'As, donnaient des résultats présentant une plus grande différence que ceux présentés ici, même si ceux-ci ne changent pas fondamentalement le fait qu'il y a un piégeage conséquent des métaux lors de la formation des hydrotalcites. La méthodologie utilisée a été la suivante : - A partir du tableau de la page 106, calcul des tonnages annuels après précipitation des	<i>Le taux d'abattement présenté dans le tableau correspond à un taux d'abattement en concentration, équivalent à un flux journalier. En effet, si on considère un abattement en termes de flux annuel, l'abattement est différent étant donné que le rejet de résidus solides de bauxite est limité à 180 000 t par an, ce qui constitue que 64% du temps, le flux d'effluents liquide est continu sur l'année. Ainsi le calcul du taux d'abattement réalisé est basé sur le</i>	La réponse apportée est satisfaisante.

N°	Contexte	Remarque	Réponse du pétitionnaire	Avis du BRGM suite à la réponse du pétitionnaire
		hydrotalcites en Al et As pour l'effluent actuel, en prenant en compte que l'effluent liquide est rejeté 100% du temps et que l'effluent solide n'est rejeté que 64% du temps. - Pour l'effluent futur, les chiffres du tableau de la page 143 ont été considérés pour les tonnages annuels après précipitation des hydrotalcites en Al et As. - Le taux d'abattement entre ces 2 situations a ainsi pu être calculé. Pour l'Aluminium, le taux d'abattement a été évalué à 98.6% environ et pour l'As il a été évalué à 87% environ. Il a donc été demandé au pétitionnaire de préciser la méthodologie utilisée pour calculer les taux d'abattement présentés dans le tableau fourni en réponse de la Remarque n° 54.	<i>ratio entre le flux résiduel actuel et le flux résiduel futur.</i> <i>Le flux résiduel actuel est calculé en sommant :</i> - <i>Le flux résiduel de l'effluent liquide après précipitation des hydrotalcites sur une base d'un débit constant sur 365 jours</i> - <i>Le flux de résidus solide de bauxite à hauteur de 180 000t par an.</i> <i>Le tableau apporté en réponse à la Remarque n° 54 correspond à des taux d'abattement calculés sur des concentrations journalières ; le tableau relatif à cette remarque et reporté en fin d'annexe) reprend le taux d'abattement en flux annuel (sachant que concentration journalière x 365 j est différent de flux annuel).</i>	

*Tableau relatif à la réponse du pétitionnaire à la Remarque n° 34 :
(présenté dans le rapport en tant que Tableau 17 : Calendrier prévisionnel établi par le pétitionnaire pour la mise en œuvre de la solution combinée que le BRGM propose d'approfondir (1/2))*

Tâche à réaliser	Objectifs de la tâche	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Essais laboratoire											
Définition des quantités d'acide à ajouter pour abattre les métaux	Définir le pH optimal auquel les métaux précipitent, et la quantité d'acide minimale pour se positionner sous les seuils de l'AM de 1998										
Etudier l'utilité d'un traitement complémentaire par chlorures ferriques pour abattre l'arsenic	Définir l'optimum coût d'OPEX entre ajout d'acide et ajout de sels ferriques (étape non requise si une faible quantité d'acide permet d'abattre As sous les seuils de l'AM de 1998)										
Optimisation du dosage chaux/floculant, recherche de technologie pour la séparation solide-liquide	Recherche de floculants/coagulants permettant une décantation correcte du précipité formé après adjonction d'acide. Test laboratoire de solutions alternatives à la décantation pour faire la SLS, au vue des résultats acquis IRH										
Stabilité chimique des résidus de neutralisation	Production au laboratoire de résidus de neutralisation, incorporation à doses variables dans les résidus de bauxite alcalin pour valider la stabilité et le relargage par test de lixiviation.										
Faisabilité / Dimensionnement d'un décanteur ou d'une autre technique de SLS	Vérifier que les résultats issus des essais laboratoire permettent une mise en œuvre industrielle, en terme de concentration sousverse et clarification surverse. Ce jalon permettra de : - Valider la (pré)-faisabilité technico-économique d'une séparation solide-liquide - Valider les quantités de solide générées - Valider le tassement obtenu après décantation, ou autre technologie - Valider le taux de MES du surnageant dans le décanteur - Valider que l'OPEX généré par la consommation d'acide et de floculant est supportable pour l'activité économique du site										
Jalon 1 : Faisabilité d'une séparation des précipités après neutralisation à l'acide											
Essais avec les fournisseurs d'équipements											
Capacité technique du FP2 et FP3 à filtrer le résidu issu de la décantation mélangé aux boues	Est-ce-que le tassement à l'issue de la décantation permet de mélanger aux boues envoyées à Mange Garri sans modifier le nominal pour lequel les FP ont été dimensionnés ?										
Capacité technique du filtre sous pression à recevoir le mélange sortant du bac tampon	Est-ce-que le taux de MES en sortie du bac tampon n'est pas trop important pour utiliser le filtre Gaudfrin ?										
Jalon 2 : Choix entre variante 1 et variante 2	Ce jalon permettra de : - Valider si les FP2/FP3 peuvent être utilisés pour traiter les résidus issus de la décantation - Valider si le filtre Gaudfrin peut être utilisé pour filtrer le liquide en sortie du bac tampon - Valider le devenir du résidu - Faire un choix entre "variante 1" et "variante 2" - Donner une première estimation des CAPEX et vérifier s'il est supportable pour l'activité économique du site										

Tableau relatif à la réponse du pétitionnaire à la Remarque n° 34 :
 (présenté dans le rapport en tant que **Tableau 18 : Calendrier prévisionnel établi par le pétitionnaire pour la mise en œuvre de la solution combinée que le BRGM propose d'approfondir (2/2)**)

Tâche à réaliser	Objectifs de la tâche	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Aspects réglementaires / environnementaux											
Acceptabilité du milieu:	Vérifier l'impact sur le milieu de la présence de Na ₂ SO ₄ dans l'effluent futur. Déterminer la fréquence et l'intensité des incidents de procédé amenant une pollution sodique du flux eaux utilitaires + eaux de pluie; en vérifier l'éventuel impact sur le milieu										
Si "variante 1" retenue :											
Caractérisation en termes de dangerosité du résidu en sortie du filtre presse	Vérifier tous les critères de dangerosité. Durée estimée de la tâche par analogie avec la caractérisation faite en 2012 sur le résidu stocké à Mange Garri.										
Etude du comportement du mélange dans la durée (relargage des métaux ?)	Est-ce que le fait de mélanger les résidus de bauxite avec les boues issues de la décantation modifie la stabilité des métaux dans le temps ?										
Impact sur la stabilité géotechnique du stockage de Mange Garri	Vérifier l'impact sur la stabilité du stockage										
Incidences réglementaires sur l'ICPE de Mange Garri	Au vu des caractérisations réalisées, l'ICPE de Mange Garri permet-il de stocker ce résidu ? Est-il nécessaire de changer la classification ou la nomenclature de l'ICPE ?										
Incidences sur la valorisation	Le nouveau résidu est-il valorisable dans les applications en cours ?										
Si "variante 2" retenue :											
Caractérisation en termes de dangerosité du résidu issu de la décantation	Vérifier tous les critères de dangerosité. Durée estimée de la tâche par analogie avec la caractérisation faite en 2012 sur le résidu stocké à Mange Garri.										
Impact sur la stabilité géotechnique du stockage de Mange Garri	Vérifier l'impact sur la stabilité du stockage										
Incidences réglementaires sur l'ICPE de Mange Garri	Au vu des caractérisations réalisées, l'ICPE de Mange Garri permet-il de stocker le résidu issu de la décantation ? Est-il nécessaire de changer la classification ou la nomenclature de l'ICPE ? Est-il nécessaire d'éliminer ce résidu vers une autre filière ?										
Recherche de filière d'élimination du résidu issu de la décantation	Dans le cas où le résidu issu de la décantation n'est pas stockable à Mange Garri, recherche de filière de traitement										
Jalon 3 : Faisabilité d'un point de vue environnemental / réglementaire	Ce jalon permettra de : - Valider la faisabilité d'un stockage à Mange Garri - Valider l'existence de filières pour traiter le résidu dans une filière adaptée - Donner une estimation du coût de traitement et vérifier s'il est supportable pour l'activité économique du site										
Avant-projet											
Etablir le schéma procédé											
Dimensionner les équipements											
Implantation physiques des équipements											
Définir le CAPEX											
Jalon 4 : Validation du CAPEX	Ce jalon permettra de : - Valider la faisabilité d'un point de vue technique - Définir à +/- 30% le CAPEX du projet - Définir la nature de l'autorisation réglementaire requise (portée à connaissance ou DDAE ?)										
Etude de projet / Construction / Demande d'autorisation d'exploiter											
Permis de construire	Durée estimée à : - 6 mois si "porté à connaissance" - 18 mois si DDAE										
Etude de projet	Définir le PD, établir les spécifications de consultation, consulter les fournisseurs d'équipements et les entreprises de travaux, etc.										
Construction	Construire les installations requises à l'usine et à Mange Garri. Nota : La construction ne pourra démarrer qu'après obtention du permis de construire et de l'autorisation d'exploiter										
Mise en service des équipements et fiabilisation											
Jalon 5 : Mise en service des installations											

Tableau relatif à la réponse du pétitionnaire à la Remarque n° 36 :

Tableau 5 : composition moyenne des résidus solides (%) – moyenne 2012.

Fe₂O₃	50,8%
Al₂O₃	13,8%
TiO₂	11,1 %
Perte au feu	8,6%
SiO₂	5,9%
CaO	4,5%
Na₂O	3,8%
Eléments traces	1,5%
TOTAL	100%

Tableau relatif à la réponse du pétitionnaire à la Remarque n° 43 :

Tableau comparatif CAPEX

	Neutralisation acide	Neutralisation CO2	Neutralisation + Traitement physico chimique	Neutralisation + Traitement physico chimique + Finition OI	Neutralisation + Traitement physico chimique + Finition CA	Neutralisation + Traitement physico chimique + Finition GEH
	Stockage réactif et injection 2 décanteurs Traitement des boues	Stockage CO2 et injection 2 décanteurs Traitement des boues	Neutral/coag/floc Stockage réactifs et injection 1 décanteur Traitement des boues	Neutral/coag/floc Stockage réactifs et injection 1 décanteur Traitement des boues Osmose Inverse Evapo des rétentats	Neutral/coag/floc Stockage réactifs et injection 1 décanteur Traitement des boues Filtres Charbon Actif	Neutral/coag/floc Stockage réactifs et injection 1 décanteur Traitement des boues Filtres GEH
Poste relevage	330 k€	330 k€	330 k€	330 k€	330 k€	330 k€
Coag Floc			170 k€	170 k€	170 k€	170 k€
Neutralisation	330 k€	330 k€	330 k€	330 k€	330 k€	330 k€
stockage acide	110 k€					
stock CO2		10 k€	10 k€	10 k€	10 k€	10 k€
Clarificateur	1100 k€	1100 k€	550 k€	550 k€	550 k€	550 k€
stockage boue	550 k€	550 k€	880 k€	880 k€	880 k€	880 k€
Trait boues	2200 k€	2200 k€	3300 k€	3300 k€	3300 k€	3300 k€
OI + evapo				5500 + 6600 k€		
Charb Actif					110 k€	
Unité GEH						170 k€
Total	4 620 k€	4 520 k€	5 570 k€	17 670 k€	5 680 k€	5 740 k€
Etudes et MOe	567 k€	556 k€	678 k€	2 613 k€	692 k€	693 k€
Aléas15%	693 k€	678 k€	836 k€	2 651 k€	852 k€	861 k€
Total	5 880 k€	5 754 k€	7 084 k€	22 484 k€	7 224 k€	7 294 k€

Tableau comparatif OPEX

	Neutralisation acide	Neutralisation CO2	Traitement physico chimique	Finition OI	Finition CA	Finition GEH
Acide 200 €/T 14600 T/an	2.9 M€/an					
CO2 300 €/T 7000 T/an		2.5 M€/an	2.5 M€/an	2.5 M€/an	2.5 M€/an	2.5 M€/an
Coag Floc			0.5 M€/an	0.5 M€/an	0.5 M€/an	0.5 M€/an
Boue neutral 400 €/T 9000 T/an	3.5 M€/an	3.5 M€/an				
Boue coag floc 400 €/T 10000 T/an			4 M€/an	4 M€/an	4 M€/an	4 M€/an
Concentrat évapo 400 €/T 15 000T/an				6 M€/an		
Charbon actif 1€/kg 1050 T CA/an + 400 €/T destruction					1.9 M€/an	
GEH						2.5 M€/an
Total	6.4 M€/an	6 M€/an	7 M€/an	13 M€/an	8.9 M€/an	9.5 M€/an
Energie	4 à 8 k€	4 à 8 k€	5 à 10 K€	500 à 700 k€	6 à 10 k€	6 à 10 k€
Personnel	2 à 4 k€	2 à 4 k€	5 à 10 K€	15 à 25 k€	5 à 10 k€	5 à 10 k€

Tableau relatif à la réponse du pétitionnaire à la Remarque n° 54

Paramètres	Taux d'abattement en flux après réaction avec l'eau de mer et piégeage des hydrotalcites (par rapport au rejet actuel)	Taux d'abattement en concentration après réaction avec l'eau de mer et piégeage des hydrotalcites (par rapport au rejet actuel résiduel après précipitation d'hydrotalcites)
pH	Tamponnage pH eau de mer	0.00%
Na ₂ O	100%	0.00%
DCO	33.33%	33.33%
Chlorures	66.93%	66.93%
DBO ₅	20.00%	20.00%
Matières en suspension	99.95%	99.95%
Carbone organique total	0.00%	0.00%
Calcium	98.89%	98.89%
Phosphore total	0.00%	0.00%
Azote Kjeldahl	0.00%	0.00%
Ammonium	0.00%	0.00%
Nitrates	0.00%	0.00%
Nitrites	0.00%	0.00%
Aluminium	99.26%	99.16%
Fer total	99.97%	99.97%
Vanadium	95.97%	95.90%
Titane	99.94%	99.94%
Molybdène	26.82%	26.27%
Arsenic	93.56%	92.02%
Bore	95.98%	95.98%
Chrome total	99.90%	99.90%
Chrome III	99.92%	99.92%
Sélénium	70.81%	69.54%
Chrome VI	88.41%	88.41%
Manganèse	99.97%	99.97%
Baryum	99.75%	99.75%
Plomb	99.90%	99.90%
Cuivre	99.80%	99.80%
Zinc	99.97%	99.97%
Antimoine	99.97%	99.97%
Cadmium	98.79%	98.79%
Étain	99.97%	99.97%
Uranium	99.97%	99.97%
Lithium	99.97%	99.97%
Nickel	99.97%	99.97%
Cobalt	99.97%	99.97%
Argent	99.97%	99.97%
Béryllium	99.97%	99.97%
Tellure	99.97%	99.97%
Mercure	99.97%	99.97%
Thallium	0.00%	0.00%
Para-Nonylphenols	0.00%	0.00%
4-ter-octylphenol	0.00%	0.00%
Naphtalène	0.00%	0.00%
Pyrène	0.00%	0.00%
Phénanthrène	0.00%	0.00%
Fluoranthène	0.00%	0.00%
Dibenzo (ah) anthracène	0.00%	0.00%
Benzo(b) fluoranthène	0.00%	0.00%
Fluorène	0.00%	0.00%
Anthracène	0.00%	0.00%
Benzo (a) anthracène	0.00%	0.00%
Benzo(ghi) pérylène	0.00%	0.00%
Benzo(k) fluoranthène	0.00%	0.00%
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0.00%	0.00%
Chrysène	0.00%	0.00%
Dioxines et furanes (TEQ)	0.00%	0.00%

Tableau relatif à la réponse du pétitionnaire à la Remarque n° 55

Paramètres	Taux d'abattement en flux annuel après réaction avec l'eau de mer et piégeage des hydrotalcites (par rapport au rejet actuel)	Taux d'abattement en flux annuel après réaction avec l'eau de mer et piégeage des hydrotalcites (par rapport au rejet actuel résiduel après précipitation d'hydrotalcites)
pH	Tamponnage pH eau de mer	Tamponnage pH eau de mer
Na ₂ O	100%	0.00%
DCO	33.33%	33.33%
Chlorures	66.93%	66.93%
DBO ₅	20.00%	20.00%
Matières en suspension	99.95%	99.95%
Carbone organique total	0.00%	0.00%
Calcium	98.89%	98.89%
Phosphore total	0.00%	0.00%
Azote Kjeldahl	0.00%	0.00%
Ammonium	0.00%	0.00%
Nitrates	0.00%	0.00%
Nitrites	0.00%	0.00%
Aluminium	99.26%	98.65%
Fer total	99.97%	99.95%
Vanadium	95.97%	93.71%
Titane	99.94%	99.91%
Molybdène	26.82%	18.53%
Arsenic	93.56%	88.01%
Bore	95.98%	93.85%
Chrome total	99.90%	99.84%
Chrome III	99.92%	99.87%
Sélénium	70.81%	59.30%
Chrome VI	88.41%	82.96%
Manganèse	99.97%	99.95%
Baryum	99.75%	99.61%
Plomb	99.90%	99.84%
Cuivre	99.80%	99.69%
Zinc	99.97%	99.95%
Antimoine	99.97%	99.95%
Cadmium	98.79%	98.12%
Étain	99.97%	99.95%
Uranium	99.97%	99.95%
Lithium	99.97%	99.95%
Nickel	99.97%	99.95%
Cobalt	99.97%	99.95%
Argent	99.97%	99.95%
Béryllium	99.97%	99.95%
Tellure	99.97%	99.95%
Mercure	99.97%	99.95%
Thallium	0.00%	0.00%
Para-Nonylphenols	0.00%	0.00%
4-ter-octylphenol	0.00%	0.00%
Naphtalène	0.00%	0.00%
Pyrène	0.00%	0.00%
Phénanthrène	0.00%	0.00%
Fluoranthène	0.00%	0.00%
Dibenzo (ah) anthracène	0.00%	0.00%
Benzo(b) fluoranthène	0.00%	0.00%
Fluorène	0.00%	0.00%
Anthracène	0.00%	0.00%
Benzo (a) anthracène	0.00%	0.00%
Benzo(ghi) pérylène	0.00%	0.00%
Benzo(k) fluoranthène	0.00%	0.00%
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0.00%	0.00%
Chrysène	0.00%	0.00%
Dioxines et furanes (TEQ)	0.00%	0.00%

Tableau de synthèse des recommandations du tiers expert mentionnées dans le corps du texte du présent rapport

N°	Recommandations	Recommandations mentionnées dans le présent rapport																
		N° page	N° paragraphe															
Recommandation n° 1	Cette alternative de rejet en cours d'eau a été étudiée pour le traitement d'un débit de 270 m³/h. Or, comme il a été indiqué pour les alternatives 1 et 2, le débit d'effluent à traiter pourrait être réduit à 130 m³/h moyennant quelques modifications des installations existantes. Cette réduction de débit aurait une influence sur le dimensionnement des installations, et donc sur les coûts d'investissement. Par contre, elle aurait peu d'influence sur les coûts opératoires (consommation de réactifs chimiques et gestion des boues formées notamment). Dans l'Annexe 12 du 'Tome 1', une extrapolation a d'ailleurs été faite pour évaluer les coûts d'investissement et de fonctionnement associés au traitement d'un débit de 130 m³/h. Il aurait ainsi été préférable de présenter ces chiffres dans le tableau de l'analyse multicritère correspondante, même si cela n'aurait pas changé la note attribuée aux critères CAPEX et OPEX.	31	4.1.5 Alternative 5 – Rejet dans un cours d'eau (la Luynes ou l'Arc)															
Recommandation n° 2	La neutralisation à l'acide, suivie d'un traitement physico-chimique avant rejet dans le milieu naturel, est pratiquée dans d'autres usines de production d'alumine dans le monde (cf section 2 sur le parangonnage international). Ces usines disposent de grandes surfaces permettant de réaliser la séparation et le stockage des précipités dans des lagunes, ce qui n'est pas le cas de l'usine de Gardanne. Néanmoins, la neutralisation à l'acide présente un potentiel intéressant si elle est combinée à d'autres techniques de séparation solide/liquide, telle que proposée dans la solution combinée présentée par le BRGM au chapitre 7.	36	4.2.1 Sous-alternative 1 : Pré-traitement par acidification, traitement physico-chimique et finition par osmose inverse															
Recommandation n° 3	Les explications du tableau Tableau 5 du 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions' (page 18) pourraient être améliorées puisqu'une. Ce tableau est rappelé ci-dessous. <table><tr><th>Notes</th><th>Risque ou impact environnemental</th><th>Explications</th></tr><tr><td>0</td><td>Faible</td><td>Aucun critère « très fort » (-9), ni « fort » (-3)</td></tr><tr><td>-3 à -6</td><td>Moyen</td><td>Aucun critère « très fort » (-9)</td></tr><tr><td>-7 à -17</td><td>Fort</td><td>1 critère « très fort » maximum (-9)</td></tr><tr><td>< -17</td><td>Très fort</td><td>>1 critère « très fort » (-9)</td></tr></table> Il est indiqué dans ce tableau qu'une note globale de risque ou d'impact évaluée entre -7 à -17 (risque ou impact « fort ») peut être atteinte de différentes manières : parcorrespond à l'attribution d'une note -9 à un des critères considérés, ce critère étant donc évalué comme « très fort » (note de -9) comme mentionné au tableau 5 mais». Or, cette note pourrait aussi par trois être atteinte si 3 à 5 critères sont évalués comme étant « forts » (note de -3) à minima.attribution d'une note -3) puisque la note globale obtenue serait alors comprise entre -9 et -15.	Notes	Risque ou impact environnemental	Explications	0	Faible	Aucun critère « très fort » (-9), ni « fort » (-3)	-3 à -6	Moyen	Aucun critère « très fort » (-9)	-7 à -17	Fort	1 critère « très fort » maximum (-9)	< -17	Très fort	>1 critère « très fort » (-9)	60	5.1.3 Remarques générales sur la méthode, cohérence et pertinence
Notes	Risque ou impact environnemental	Explications																
0	Faible	Aucun critère « très fort » (-9), ni « fort » (-3)																
-3 à -6	Moyen	Aucun critère « très fort » (-9)																
-7 à -17	Fort	1 critère « très fort » maximum (-9)																
< -17	Très fort	>1 critère « très fort » (-9)																
Recommandation n° 4	Une formulation plus adaptée mériterait d'être envisagée pour qualifier les solutions écartées. Les solutions avec trois critères de risque évalués comme étant « forts » ne sont pas nécessairement des solutions présentant des « impossibilités techniques » comme le laisse sous-entendre le texte explicatif de la méthode en page 18 du 'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions'. La même remarque peut être faite quant à l'utilisation de la mention « risque environnemental majeur » pour les solutions écartées en raison de la note globale d'impact obtenue.	60	5.1.3 Remarques générales sur la méthode, cohérence et pertinence															

N°	Recommandations	Recommandations mentionnées dans le présent rapport	
		N° page	N° paragraphe
Recommandation n° 5	Pour être cohérent avec la note retenue pour la sous-alternative 3 relative au critère « enjeux fonciers » et au sous-critère « surfaces nécessaires » (note de -3 pour une implantation envisagée au cœur du Parc National des Calanques cf. p30 du rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives), les règles concernant la notation de ce sous-critère décrites dans le tableau 2 du 'Tome 2 - Partie 1 – 1. Esquisse des solutions' devraient être précisées : en effet, les surfaces nécessaires à prendre en compte pour l'implantation des installations semblent concerner non seulement le site Mange-Garri mais aussi le Parc National des Calanques.	68	0 Règles établies pour la notation des critères et des SOUS-critères
Recommandation n° 6	Alteo indique que l'application de la MTD à la séparation des résidus solides consisterait à stocker les résidus solides produits par l'usine dans de grands bassins de décantation. La MTD va plus loin puisqu'elle propose également l'utilisation d'épaississeur pour effectuer cette séparation. Il aurait été intéressant de mentionner également les MTDs décrites dans la section 4.4.16 du BREF « Gestion des résidus et stériles des activités minières » (MTWR v2001) et relatives à la « Déshydratation des résidus ». Le descriptif de cette section est donné ci-après. <i>« Les résidus sous forme boueuse se composent généralement de 20 à 40 % en poids de matières solides, mais des niveaux de 5 à 50 % de solides ont été observés. Ils sont habituellement gérés dans des bassins de résidus (voir section 2.4.2). C'est souvent la solution la plus rentable pour gérer ces résidus. Ce mode de gestion des résidus présente, en outre, les avantages suivants :</i> ○ <i>la saturation en eau des résidus évite la formation de poussières (cette situation est susceptible de changer une fois que les résidus font partie de la plage et sont exposés au soleil et au vent)</i> ○ <i>cette solution empêche le drainage acide.</i> <i>Le principal inconvénient, dans la gestion des résidus boueux, est leur mobilité. En cas d'effondrement de la structure de retenue (c'est-à-dire de la digue), ils se liquéfient et peuvent provoquer des dégâts considérables à cause de leurs caractéristiques physiques et chimiques. Pour éviter cela, certaines solutions ont été mises au point, notamment celles des résidus "secs" et des résidus épaissis (voir sections 4.4.16.1 et 4.4.16.2).</i> <i>(...)</i> <i>Pour le raffinage de l'alumine, les principales différences entre l'utilisation de résidus épaissis et celle de résidus boueux se résument comme suit :</i> ○ <i>La gestion des résidus boueux implique que des quantités d'eau nettement supérieures sont traitées avec les boues. L'avantage de cette méthode est que les boues peuvent être facilement pompées par des pompes centrifuges classiques à relativement basse pression dans le pipeline. L'eau permettant la mise en suspension des boues peut être de l'eau de mer, s'il en existe à proximité de la raffinerie, avec une neutralisation associée de la soude caustique résiduelle. Le pompage peut s'effectuer sur des distances relativement longues (plusieurs kilomètres) entre la raffinerie et le bassin, sans risque de chute de pression le long du pipeline.</i> ○ <i>La gestion des résidus épaissis est liée à un bon taux de récupération de la liqueur mère caustique, puisque la gestion au niveau du bassin ne comporte pas de neutralisation supplémentaire. La densité et la viscosité des résidus épaissis (parfois aussi appelés "pâte") sont si élevées que la déshydratation est effectuée de préférence dans l'IGR¹, sauf si le dépôt jouxte la raffinerie. Si les deux sites sont à une certaine distance l'un</i>	80	6.3 éliminer les solides en suspension et les métaux dissous avant de rejeter les effluents dans les cours d'eau récepteurs (1) et installer des bassins de décantation afin de capturer les fines érodées (2)

¹ Installation de Gestion des Résidus

N°	Recommandations	Recommandations mentionnées dans le présent rapport	
		N° page	N° paragraphe
	<i>de l'autre, le pompage se fait à faible densité avant la déshydratation au niveau du bassin, pour produire des boues épaisses directement au niveau de l'alimentation du bassin, auquel cas l'eau excédentaire doit être renvoyée par pompage sur toute la distance jusqu'à l'usine. Cette technique comporte donc un investissement supplémentaire pour une station de pompage haute pression, par exemple des pompes à membrane, ou pour l'installation et l'exploitation d'un épaisseur en profondeur au niveau du bassin, lorsque ce dernier est éloigné de la raffinerie. »</i>		
Recommandation n° 7	La voie « neutralisation du rejet en mer » étudiée par Alteo dans ce dossier fait référence aux réactions chimiques naturelles qui ont lieu lors du rejet en mer de l'effluent alcalin. Elle ne fait pas référence à un procédé de traitement qui serait mis en œuvre sur le site. Or, les MTD correspondent à des procédés industriels, à des techniques de traitement des émissions et rejets ou à des mesures organisationnelles et bonnes pratiques auxquelles sont associés des niveaux d'émissions ou de performance. En conséquence et pour éviter toute confusion, il aurait été préférable de ne pas mentionner la « neutralisation du rejet en mer » comme une MTD. Pour autant, cette recommandation ne modifie pas les conclusions de ce paragraphe et ne nécessite pas l'apport de compléments au dossier.	82	6.4 Neutraliser les effluents alcalins à l'aide d'acide sulfurique ou de dioxyde de carbone

Tableau de synthèse des erreurs de recopie relevées par le tiers expert et des réponses du pétitionnaire :

N°	Contexte	Remarque	Réponse du pétitionnaire
1	Rapport relatif à l'analyse multicritère des sous-alternatives et Rapport relatif au calendrier de mise en œuvre des scenarii étudiés	P20 – Figure 4 « Alternative 1 – Pré-traitement par acidification puis traitement physico-chimique » : Une cuve de CO ₂ est représentée sur le schéma alors qu'il s'agit du paragraphe relatif à la neutralisation à l'acide	<i>Nous remplacerons ce schéma dans le rapport relatif au calendrier de mise en œuvre des scenarii étudiés.</i>
2		P30 « Alternative 3 – Traitement à l'eau de mer avant rejet en mer » : - Critère « Déchets » : il est indiqué que la quantité de résidus qui sera produite est de 42kt/an - Critère « Transport et trafic » : le transport des résidus est évalué à 2 camions/jour. Or, dans les alternatives 1 et 2 où la production de résidus est de 30 kt/an cela représente déjà environ 5 camions/jour	<i>Nous mettrons le rapport relatif au calendrier de mise en œuvre des scenarii étudiés à jour. Le bon nombre de camions est 6 camions/jour.</i>
3		P34 « Alternative 4 – Pré-traitement au chlorure de magnésium puis traitement physico-chimique puis finition par osmose inverse » : - Critère « OPEX » : Dans l'Annexe 6 du 'Tome 2', il est indiqué : - o Coût de la neutralisation au MgCl₂ : 9.3 M€ - o Coût de la mise en décharge des boues : 17 M€ - o Coût de gestion des concentrats obtenus après osmose inverse : 6M€ (Annexe 12 du 'Tome 1') - o Soit un total de 32 M€/an contre 13.5 M€/an indiqué dans le tableau - Critère « Déchets » : l'Annexe 6 du 'Tome 2' indique une production de « résidus sortie atelier » de 42.6 kt. Or, seuls 13 kt/an sont indiqués dans le tableau - Critère « Transport et trafic » : le transport des réactifs et des résidus est évalué à 2+3 camions/jour sachant que la consommation de MgCl₂ est évaluée à 93 kt/an et la production de résidus secs (boues sans les concentrats issus de l'osmose inverse) est de 42,6 kt/an. Or, dans les alternatives 1 et 2 où la production de résidus est de 30 kt/an cela représente environ 5 camions/jour et ici on est à des tonnages 4.5 fois supérieurs.	<i>Dans le critère « OPEX », nous remplacerons 13.5 M€/an par 32 M€/an Dans le critère « Déchets », nous remplacerons 13 kt/an par 42.6 kt/an Dans le critère « Transport et trafic », nous remplacerons 5 camions/jour par 20 camions/jour</i>
4	'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions'	Figure 6 de la p38 : Une cuve de CO ₂ est représentée sur le schéma alors qu'il s'agit du paragraphe relatif à la neutralisation à l'acide	<i>Sera mis à jour avec graphique ci-dessous</i>

N°	Contexte	Remarque	Réponse du pétitionnaire
5	'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions'	Alternative « Rejet dans la mer » - Tableau de la page 44 : ce tableau est présenté comme correspondant à la composition de l'effluent futur après filtration sous pression alors qu'il correspond en réalité à l'effluent actuel avant filtre-pressé	Une erreur de recopie s'est glissée lors des mises en page des tableaux. Le tableau présenté dans le dossier correspond à l'état du rejet à la sortie du filtre presse et non à la sortie du filtre sous pression. Le tableau correspondant à la composition de l'effluent futur après filtration sous pression est le Tableau 13 à la page 130 du 'Tome 2 – Partie 1 – 2. Description'.
6	'Tome 2 – Partie 1 – 1. Esquisse des solutions'	Des erreurs se sont glissées dans le tableau de la page 8, car les éléments Aluminium, Arsenic et Fer total ne sont pas notés comme dépassant les seuils de rejet.	Effectivement il manque des croix dans le tableau de la page 8.
7	Annexe 4 du 'Tome 2' (consulté suite à la réponse d'Alteo à la Remarque n° 6)	A la page 71, les éléments budgétaires indiqués dans le tableau relatif aux estimations de coûts de traitement ('Volet 2 – 3. Modalités de traitement des effluents') ne correspondent pas à ceux indiqués dans l'Annexe 12 du Tome 1	Les éléments budgétaires mentionnés à l'annexe 4 du tome 2 sont effectivement erronés.

Annexe 5

Compte rendu de 2 sollicitations extérieures relatives à la gestion des boues rouges ou des effluents liquides issus du procédé Bayer

Compte rendu des échanges BRGM – ORBITE (Véolia) du 5 novembre 2014

Présents :

- Pascal Decary (membre du board Orbite), Yves Noel, Denis Arguin (Orbite Canada)
- Kathy Bru, Maurice Save, Patrick d'Hugues (BRGM)

Rappel du Contexte de la TE :

- En préambule, le BRGM rappelle que le périmètre de la TE est très précis. Il est demandé d'analyser la pertinence des solutions proposées par Alteo pour le traitement de l'effluent résiduel de la séparation solide/liquide des boues rouges (par filtre presse). Même si la composante « devenir des résidus solides de traitement » (sortie filtre presse) est un aspect important de la gestion globale des boues rouges, elle ne constitue pas le cœur de la TE.
Des études sont également menées par Alteo pour identifier des voies de valorisation de ces résidus.
- Il est également rappelé aux interlocuteurs le caractère confidentiel de la TE (dans sa phase de réalisation) et des éléments composants le dossier fournit par Alteo.
- Il est enfin précisé que Alteo a été informé de ce contact et sera informé de la discussion.
- Cet aspect ne pose aucun problème aux interlocuteurs. Il est précisé que cet échange ne présentait pas non plus de problème particulier à Alteo.

Discussion :

- Il est admis par les différents interlocuteurs que le procédé Orbite ne s'applique pas aux effluents liquides issus de la séparation solide/liquide des résidus du procédé Bayer.

Compte rendu des échanges CEA et la « spin-off » AJELIS - procédé Cyter – 7 novembre :

Présents :

- Pascal Viel (CEA)
- Kathy Bru, Patrick d'Hugues (BRGM)

Rappel du Contexte de la TE :

- En préambule, le BRGM rappelle que le périmètre de la TE est très précis. Il est demandé d'analyser la pertinence des solutions proposées par Alteo pour le traitement de l'effluent résiduel de la séparation solide/liquide des boues rouges (par filtre presse).
- Il est également rappelé aux interlocuteurs le caractère confidentiel de la TE (dans sa phase de réalisation) et des éléments composant le dossier fourni par Alteo.
- Il est enfin précisé que Alteo a été informé de ce contact et sera informé de la discussion.
- Cet aspect ne pose aucun problème aux interlocuteurs. Il est précisé que cet échange ne présentait pas non plus de problème particulier à Alteo.

Discussion :

- Le projet Cyter (pour reCYclage des Terres Rares), porté par la Start-Up AJELIS, est lauréat du Concours Mondial de l'Innovation 2030. Ce projet vise à récupérer les terres-rares (et des métaux aux propriétés voisines) pour les recycler.
Le procédé Cyter peut être adapté pour la récupération de différents ions métalliques. Ce procédé novateur utilise des feutres de carbone (constitués de fibres de carbone) pour faire une capture sélective et simultanée d'ions métalliques en milieu liquide. La mise en œuvre est simple, peu énergivore et le stockage des métaux récupérés est facilité.
- Le « procédé Cyter n'est pas sans intérêt mais il est encore dans une phase de mise au point laboratoire et ne peut être considéré comme une MTD (meilleure technique disponible). Son caractère R&D est parfaitement admis par l'interlocuteur.
- Les compétences de la société Ajelis (Start-up) sur le traitement de finition des effluents industriels produits par les activités des traiteurs de surface n'est pas sans intérêt pour la problématique « Effluents issus du traitement des Boues Rouges ». Pour autant, les volumes mis en jeu sont totalement différents.
- Il n'existe pas de procédé démontré susceptible d'être intégré comme MTD dans le parangonnage de la TE.



Centre scientifique et technique
Direction Eau, Environnement et Ecotechnologies
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34
www.brgm.fr