

RAPPORT ANNUEL 2000

DU COMITE SCIENTIFIQUE DE SUIVI

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

AP GARDANNE

WIMEREUX le 31 mars 2001

RAPPORT ANNUEL 2000 DU COMITE SCIENTIFIQUE DE SUIVI RESIDUS DE TRAITEMENT DE BAUXITE (BAUXALINE) AP GARDANNE

Réglementation des installations classées

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

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

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

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

dans son article 7, la constitution d'un Comité Scientifique de suivi.

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

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

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

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

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

Composition du Comité Scientifique au 23 février 1998 et rôle du Comité Scientifique de Suivi

Le comité de suivi prévu par l'article 7 de l'arrêté préfectoral du 24 mai 1994 a été mis en place par décision préfectorale en date du 30 Octobre 1995. La décision du 23 février 1998 modifie la liste des membres du CSS proposé le 30 octobre 1995 et désigne les six membres suivants : Président : Professeur Jean-Claude Dauvin (Université des Sciences et Technologies de Lille I, Wimereux) ; membres : Professeur André Arnoux (Faculté de Pharmacie de Marseille), Monsieur Pierre Blazy (Directeur du Centre de Recherche et de Valorisation des Minerais de Vandoeuvre), Monsieur Henri Farrugio (Centre IFREMER - Sète), Professeur Michel Leveau (Centre Océanologique de Marseille, Université de Méditerranée) et Monsieur Georges Stora (Directeur de Recherche CNRS, Centre d'Océanologie de Marseille).

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

- i) examine et analyse les résultats des travaux entrepris sur la bauxaline et le devenir en mer des résidus de traitement de bauxite;

- ii) donne son avis sur les programmes en cours et à venir ;
- iii) produit un rapport annuel.

Rapport 2000

Les travaux entrepris en 2000 portent comme les années précédentes sur deux domaines bien distincts :

- I. Acquérir une meilleure connaissance du devenir en mer des Résidus de Traitement de Bauxite et déterminer leur toxicité.
- II. Rechercher les voies d'utilisation de la bauxaline.

Campagne en mer ALPECAST

Comme demandé par le Comité Scientifique de Suivi en décembre 1998, une campagne océanographique a été entreprise en 1999 afin de récolter du sédiment dans certaines stations plus ou moins éloignées du rejet et de l'axe central du canyon pour réaliser des tests écotoxicologique et compléter ainsi la campagne ALPESUR 97 avec pour objectif :

- i) connaissance de l'extension des dépôts de résidus inertes ;
- ii) détermination de la macrofaune benthique dans les sédiments récoltés ;
- iii) détermination de l'écotoxicité des sédiments superficiels.

Cette campagne s'est déroulée à bord du Navire CASTOR 2 bien adapté au type de travail par la Société Serra Marine qui a été retenue après appel d'offre ; une benne de type USNEL comparable à celle utilisée dans les campagnes d'échantillonnage précédente a été mise à disposition par IFREMER La Seyne sur Mer avec un technicien d'assistance. Un rapport de supervision de la campagne a été réalisé et fourni au Comité Scientifique de Suivi par HIGH-TECH Environnement.

Huit stations ont été visitées ; elles concernent six points de références échantillonnées auparavant lors des campagnes précédentes : PT02, PT06, MT06, U10, U02 et MT12, et deux stations nouvelles : U23 et U24. Les sédiments de l'ensemble des huit stations ont été prélevés en vue de tests d'écotoxicité alors que seules la macrofaune a été récoltée dans cinq stations (U10, U02 et MT12, U23 et U24).

Etude de la macrofaune benthique dans le secteur du canyon de Cassidaigne. Campagne ALPECAST 99 (Rapport de G. Stora, A. Arnoux, F. Gilbert, G. Desrosiers, D. Dufour, C. Re).

Au cours de la campagne ALPECAST réalisée en 1999, dans le cadre du suivi de la qualité du milieu dans le secteur du canyon de Cassidaigne, une radiale composée de cinq stations localisées au bas de la pente, entre 2100 et 2300 m de profondeur (Figure 1), a fait l'objet de prélèvements de sédiments pour des analyses écotoxicologiques, géochimiques et biologiques. Les stations prises en compte sont en fonction de leur position à l'est ou à l'ouest du chenal d'écoulement plus ou moins directement influencées par les rejets de résidus inertes. Les stations à l'est du chenal d'écoulement ont été étudiées lors des campagnes précédentes (CASSIDAIGNE 1991, ALPESUR 1997), celles situées à l'ouest du chenal sont nouvelles. Les résultats précédemment acquis sur la pente continentale méditerranéenne ayant montré l'influence directe ou indirecte de la bathymétrie sur la composition et la structuration des peuplements macrobenthiques, le but des études entreprises était, sur le plan biologique, de déterminer pour des conditions bathymétriques proches, l'influence potentielle des résidus inertes sur la faune en place.

Les prélèvements ont été réalisés avec le carottier USNEL prélevant une carotte de section 50 X 50 cm. Selon les stations, un à deux carottages ont été effectués, chaque benne étant divisée en deux sous échantillons de 0,1 m² pour l'analyse de la macrofaune (Tableau 1). Les 15 premiers centimètres de sédiment de chaque échantillon ont été tamisés sur un tamis de maille AFNOR de 250 µm permettant de récupérer 100 % de la macrofaune présente.

Différentes méthodes mathématiques, graphiques ou basées sur la signification écologique des espèces ont été employées. Ces méthodes permettent de caractériser dans l'espace la composition et la structure du ou des peuplements étudiés en fonction des conditions du milieu. Ont été déterminés : les densités, abondances et richesses spécifiques, les diversités des stations, les degrés d'affinités des assemblages, et recherchées les relations entre les assemblages et les paramètres environnementaux à partir d'analyses multivariées : Analyse factorielle des correspondances et Méthode de positionnement multidimensionnel.

RESULTATS

Caractéristiques générales de la faune

Sur le plan qualitatif (Tableau 1), le peuplement en place dans les stations étudiées se réfère à l'assemblage de la Vase Profonde (VP) marqué par la présence des espèces caractéristiques exclusives telles que la Polychète *Spiophanes kroyeri reyssii*, les Crustacés *Desmosoma chelatum*, *Diastylis cornuta*, *Leucon longirostris* et les Mollusques *Abra longicallus* et *Dentalium agile*. Sur le plan quantitatif, la richesse spécifique évolue de deux espèces à la

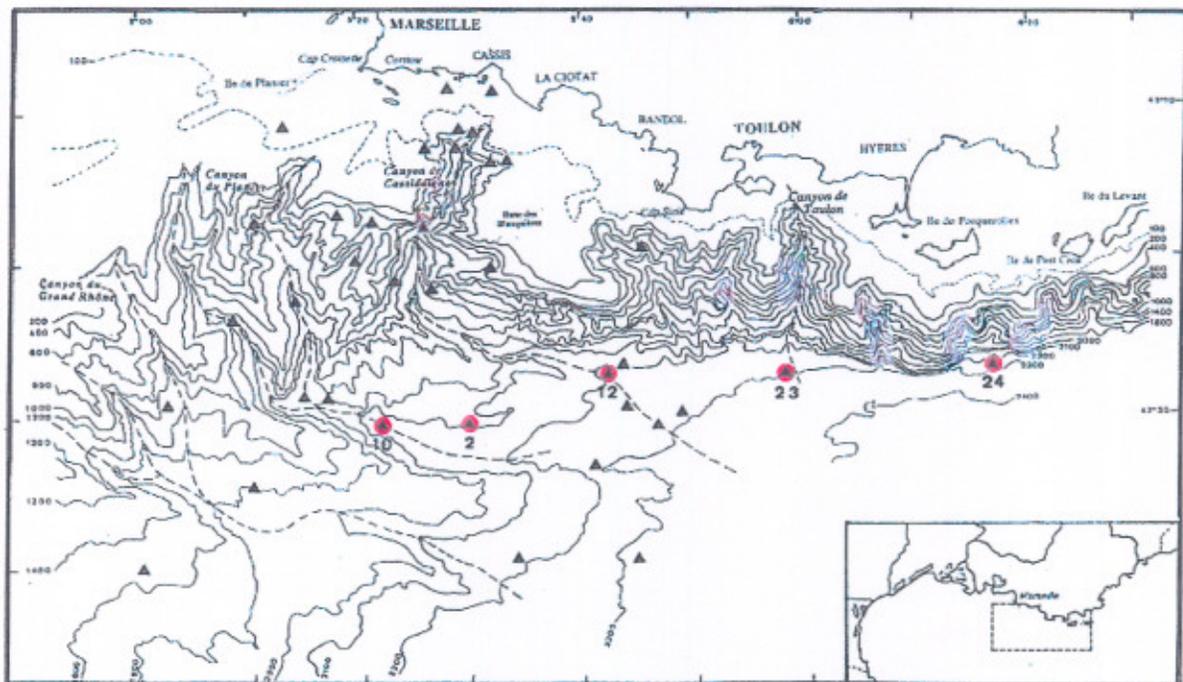


Figure 1. Localisation des stations 'macrofaune' lors de la campagne ALPECAST.

Tableau 1. Degrés d'affinité des peuplements macrobenthiques pour l'assemblage de la vase profonde et principales caractéristiques démographiques des différentes stations échantillonnées lors de la campagne ALPECAST.

Station	Profondeur	Nbre de répliquats	% caractéristiques exclusives	Nbre d'espèces	Densités Nbre individus m ²
	m		VP		
99PU10	2200	4	100	25	270
99PU02	2110	4	100	16	162
99PMT12	2225	2	0	2	12
99PU23	2290	4	100	32	360
99PU24	2249	4	100	36	396

station MT12 à 36 espèces relevées à la station PU 24 ; l'évolution de la densité moyenne des peuplements est similaire à celle de la richesse spécifique (Tableau 1). Le peuplement le plus riche s'observe pour la station 24 avec 396 individus. m⁻² et le plus pauvre à la station 12 avec 12 individus.m⁻², valeur statistiquement plus faible qu'aux autres stations.

Les Annélides Polychètes constituent plus de 50 % des individus récoltés dans l'ensemble des stations. A l'exception de la station MT12 où le deuxième groupe représenté est constitué par les Sipunculides dans les autres stations, ce sont essentiellement les Crustacés, les Mollusques et les Nématodes qui prédominent (Tableau 2).

Tableau 2 : Répartition des groupes faunistiques (P : Polychètes, M : Mollusques, C : Crustacés, D : Divers).

	99MT12	99PU02	99PU10	99PU23	99PU24
Crustacés	0,00	9,88	14,07	9,50	8,59
Mollusques	0,00	6,17	5,19	11,17	14,14
Nématodes	0,00	11,11	18,52	15,08	18,69
Polychètes	66,67	67,90	61,48	58,10	51,01
Sipuncles	33,33	3,70	0,00	0,56	1,01
Divers	0,00	1,23	0,74	5,59	6,57

L'indice de diversité de Shannon évolue de 0,70 bits à la station MT12 à 3,15 bits à la station PU24. Les équitabilités sont proches ou supérieures à 0,70 traduisant une absence de faciés de perturbation dans les différentes stations (Figure 2).

Les espèces dominantes et subdominantes des différentes stations sont :les annélides polychètes *Fauvielopsis brevis*, *Tharyx sp* et divers Nématodes, à l'exception de la station MT 12 où ne sont présentes que deux espèces représentées par un individu. Parmi les indicateurs biologiques présents, outre les espèces caractéristiques exclusives de la vase profonde mentionnées précédemment, on trouve essentiellement des espèces dépendantes ou non des caractéristiques du sédiment telles que *Notomastus latericeus* (espèce à large répartition écologique), *Glycera tessellata* (indicatrice fraction grossière), *Leda fragilis* et *Nucula nucleus* (espèces mixticoles), *Chaetozone setosa* (espèce vasicole stricte), *Golfingia vulgaris* et *Ancistrosyllis groenlandica* (espèces vasicoles tolérantes).

Dans l'ensemble des stations, ce sont les détritivores de surface qui prédominent, représentant plus de 40 % des organismes. Pour les deux autres groupes présents, les détritivores de subsurface sont mieux représentés que les suspensivores dans les stations PU02 et PU24. La tendance inverse s'observe au sein des stations PU10 et PU23.

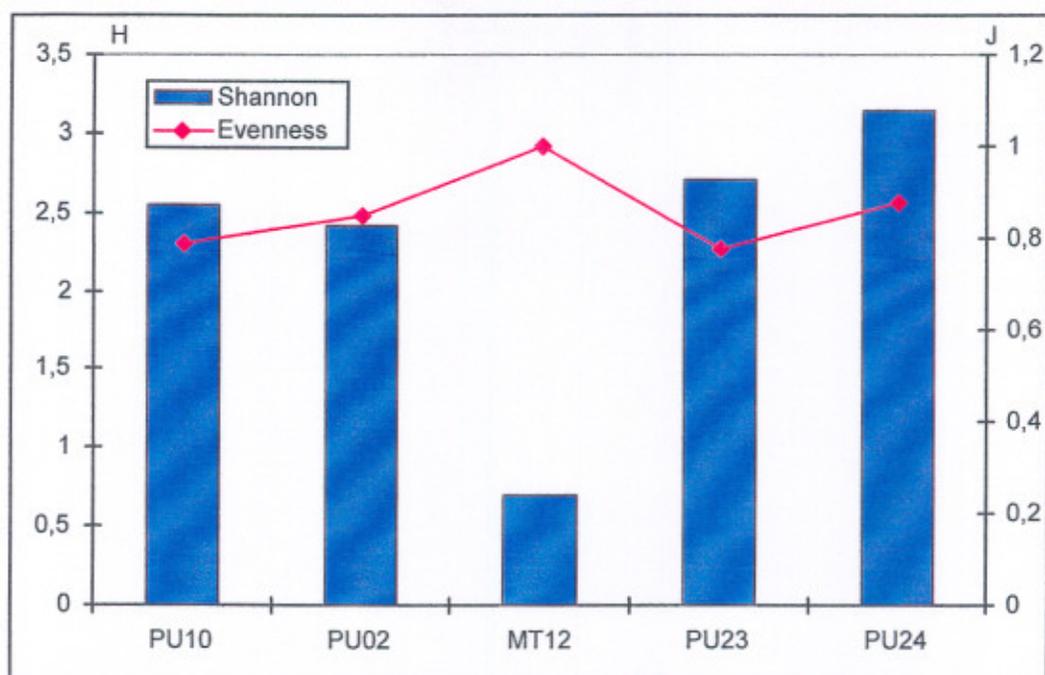


Figure 2. Diversité et équitabilité des organismes collectés dans les cinq stations de la radiale ALPECAST.

Comparaison des stations

L'analyse hiérarchique (Figure 3) montre une séparation marquée de la station MT12 ainsi qu'un regroupement des stations PU23 et PU24 et des stations PU02 et PU10. Le lien proche de 50 % de ces deux groupes traduit la présence de prélèvements présentant une affinité qualitative et quantitative proche à l'est et à l'ouest du chenal d'écoulement des résidus. La dissimilarité entre les stations est notamment liée à l'absence dans les stations PU02 et PU10 d'espèces telles que les Polychètes *Aricidea trilobata*, *Spio* sp, *Tachytrypane jeffreysi*, *Prionospio* sp, de l'Echinoderme *Myriotrochus cf theeli*, des Crustacés *Diastylis cornuta*, *Harpinia truncata* et *Ilyarachna* sp ; et à des densités moyennes plus importantes dans les stations PU23 et PU24 des Polychètes *Spiophanes kroyeri reynsi*, *Heterocirrus* sp et du Mollusque *Nucula nucleus*.

Relations entre la macrofaune et les facteurs du milieu

Si l'on considère l'ensemble de la colonne sédimentaire, les corrélations entre les peuplements et les variables du milieu les plus fortes sont celles obtenues notamment

pour l'association Sables fins-Fer 2 μ - Titane 2 μ - Va 2 μ ($\rho= 0,993$) et l'association Al 20 μ - Ti 20 μ -Va 20 μ - Cr 20 μ -Mn 20 μ -Cu 20 μ -Zn 20 μ . L'ensemble des résultats obtenus avec les analyses factorielles montrent que la composition des peuplements est essentiellement liée aux conditions de sédimentation et à leurs modifications induites par les résidus inertes.

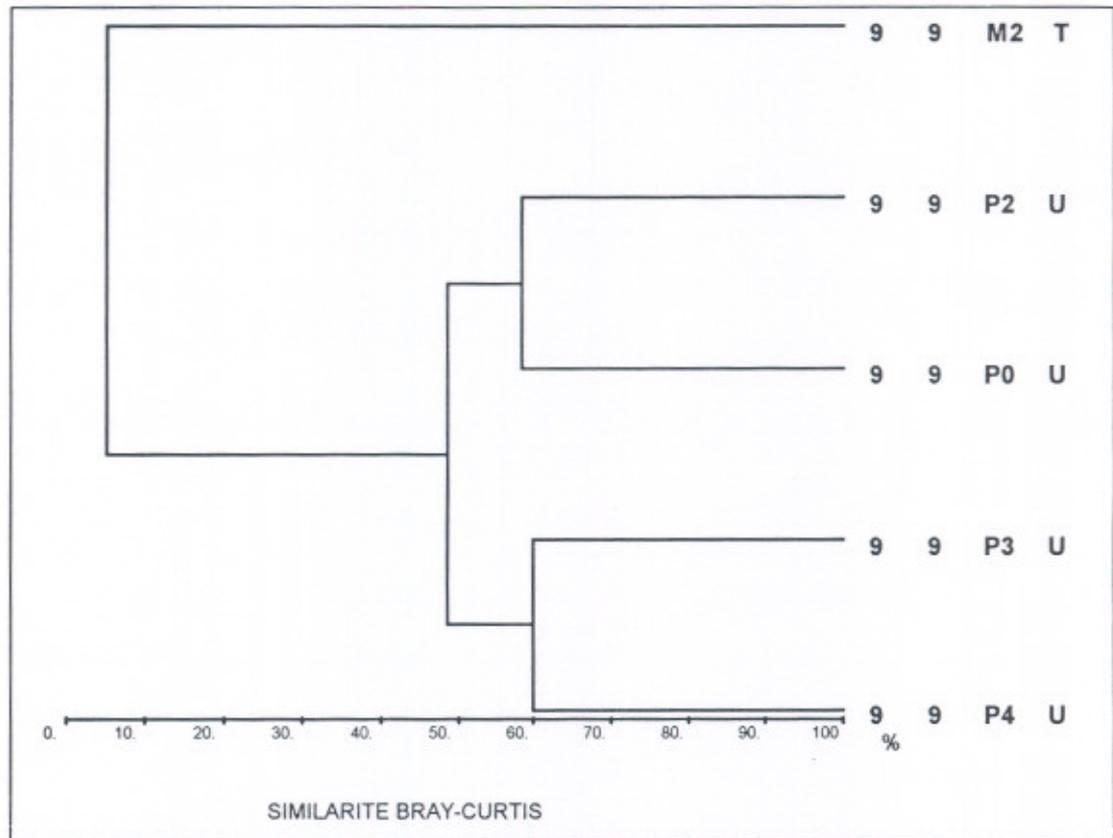


Figure 3. Affinité (Bray-Curtis) des peuplements des stations étudiées, analyse hiérarchique ascendante.

Comparaison des stations communes aux campagnes 91/97/99

Le tableau 3 présente la richesse spécifique et la densité moyenne des peuplements présents aux stations PU10 et PU02 lors des campagnes de 1991, 1997 et 1999.

Pour les années 1991 et 1999, les deux stations présentent une richesse spécifique et des densités très proches. L'année 1997 se caractérise pour la station PU10 par un appauvrissement marqué du peuplement en place.

Tableau 3 : Evolution de la richesse spécifique (RS) et de la densité moyenne (D) des peuplements des stations PU10 et PU02 au cours du temps (σ = écart type)

Stations	PU10	PU10	PU10	PU02	PU02
Années	1991	1997	1999	1991	1999
RS	23	4	25	20	17
D	268	20	270	102	162
σ	34,87	30,29	121,57	31,58	21,04

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Les stations étudiées présentent des conditions environnementales très contrastées. Les stations à l'est de Cassidaigne face au canyon de Toulon (PU23) et aux îles de Porquerolles (PU24) ne sont pas influencées par les apports de résidus inertes (voir Rapport Arnoux et Stora). La station MT12, dans le chenal d'écoulement, est directement sous l'influence des rejets avec plus de 20 cm de résidus en surface. A la station PU02, la couche de résidus n'est plus que de 0,5 à 1 cm, mais recouvre d'une manière uniforme la totalité du prélèvement. A la station PU10, la plus occidentale de la série, la présence de résidus se traduit par des tâches bien individualisées en surface du contenu de la benne. « Cette répartition irrégulière et discontinue en surface du sédiment traduit le caractère peu permanent de la couverture par les résidus et la capacité des courants à les remettre en suspension et à les déplacer de proche en proche (voir Rapport A. Arnoux & Stora)

Les résultats obtenus montrent une tendance évolutive similaire des peuplements en place de part et d'autre du chenal d'écoulement des résidus, marquée par une augmentation progressive du nombre d'espèces au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'axe du canyon de Cassidaigne. Bien que non significatif sur le plan statistique, cette tendance s'observe également pour le nombre d'individus présents. La bathymétrie et à un degré moindre les caractéristiques topographiques sont relativement proches pour l'ensemble des stations localisées au bas de la pente continentale. Ces facteurs ne peuvent exercer une influence prépondérante sur la composition et la structuration des peuplements en place. De ce fait, le gradient évolutif observé, tout au moins pour les stations situées à l'ouest du chenal, dépend directement des apports en résidus inertes. Les peuplements des stations situées à l'est du chenal non touchés par ces apports présentent un nombre d'espèces et une densité moyenne deux fois plus élevés que le peuplement de la station PU02. En revanche, le nombre d'espèce et d'individus de la station PU10 tend à se rapprocher de celui des stations PU23 et PU24.

Un fait étonnant est la présence d'organismes à la station MT12 recouverte de plus de 20 cm de résidus. La « contamination » des prélèvements, par des animaux provenant du traitement d'une autre station et ayant pu rester bloqués dans le tamis, ne peut être envisagée du fait de la taille des organismes récoltés et de la vérification minutieuse des tamis après chaque opération. Les prélèvements effectués lors des campagnes 1991 entre 300 et 1500 m dans l'axe du canyon où les épaisseurs de résidus dépassaient 10 cm se sont toujours révélés azoïques du point de vue macrobenthos. Le facteur évoqué pour expliquer l'absence d'organismes était l'instabilité sédimentaire liée au glissement des résidus dans l'axe du canyon, limitant l'installation et la survie des larves benthiques. Il est possible qu'au bas de la pente, une plus grande stabilité des dépôts permette cette installation. On peut aussi envisager un éboulement et un transport fortuit des benthos dans cette station. Il serait souhaitable lors des prochaines sorties en mer de vérifier le caractère permanent ou occasionnel de la présence d'organismes dans de tels biotopes.

Indépendamment de l'appauvrissement plus ou moins marqué des stations occidentales, les peuplements du bas de la pente, à l'exception bien évidemment de la station MT12, présentent de grandes similitudes. Les assemblages en place se caractérisent par une composition relative sur le plan taxonomique et trophique semblable, des indices de diversité et d'équitabilité voisins et une similarité proche de 50 %. Le maintien d'une structure biocénotique au sein des peuplements des stations PU02 et PU10, l'absence d'espèces indicatrices d'instabilité et de faciès édaphiques particuliers montrent que l'influence des résidus, notamment pour la station PU02 se traduit par une perturbation et non une dégradation des peuplements.

Du fait du caractère très contrastée de la qualité géochimique et granulométrique des sédiments, en fonction de leur degré de contamination par les résidus, les traitements mathématiques mis en oeuvre montrent de nombreuses corrélations significatives entre la structuration des peuplements et les diverses variables environnementales prises en compte, dont le titane. Ces corrélations traduisent bien évidemment l'incidence des résidus sur les peuplements. Cette incidence pourrait être chimique du fait d'une toxicité potentielle des résidus, ou physique, les résidus extrêmement fins modifiant les caractéristiques granulométriques et géochimiques des sédiments. Des conditions de sédimentation et des caractéristiques différentes des sédiments liés à la fois aux rejets pour les deux stations sous l'influence des résidus et la localisation géographique des stations PU23 au bas du canyon de Toulon et la station PU10 au bas du canyon de Planier demeure le facteur explicatif le plus logique pour expliquer les différences de faune entre les stations. Le caractère physique de la

perturbation est conforté par les résultats obtenus jusqu'à présent. D'une part, les études écotoxicologiques entreprises *in vitro* ne permettent pas de mettre en évidence une toxicité particulière des résidus (voir rapport de RIBERA). Sur le terrain, les campagnes réalisées montrent systématiquement que les peuplements benthiques dans la zone des 1000-1500 m influencée par les résidus où les teneurs en titane sont beaucoup plus élevées que dans les fonds de 2000m, sont plus riches en terme d'espèces et d'individus que les stations plus profondes.

Si les résidus inertes contribuent de manière prépondérante à la perturbation physique des peuplements des stations MT12 et PU02, comme le montrent les analyses réalisées, d'autres facteurs sont susceptibles de se manifester au sein des stations PU10 et PU23. La station PU10 se singularise par des fractions granulométriques supérieures à 2 mm (voir rapport Arnoux & Stora) traduisant des apports sédimentaires de nature différente pouvant se surimposer aux effets des résidus inertes. En ce qui concerne la station PU23, qui ne reçoit pas de résidus, il est probable que la baisse du nombre d'espèces et d'individus constatée par rapport à la station PU24 soit induite par les apports spécifiques de l'aire toulonnaise et les dépôts de dragage déversés dans la partie supérieure du canyon de Toulon

Si les campagnes 1991 et 1997 ont mis en évidence le rôle prépondérant joué par la bathymétrie et les caractéristiques des sédiments sur la composition et la structuration des peuplements benthiques au large de Cassis, la campagne Alpecast permet d'analyser précisément l'incidence particulière des conditions d'hypersédimentation induites par les résidus sur la faune en place. Les résultats obtenus en 1999 précisent un certain nombre de points soulignés dans les précédents rapports.

En 1991, les résultats obtenus montraient une individualisation marquée du peuplement de la station PU2 par rapport aux peuplements des autres stations échantillonnées à la même profondeur, mais pas à la même date (PU2 2 avril 91, PU10-PU11-PU9 septembre 91). La possibilité d'une évolution saisonnière avait été évoquée pour expliquer les différences constatées. Les peuplements des stations PU10 et PU02 étant très proches en 1999 malgré des apports de résidus variables, l'hypothèse émise d'un effet saisonnier est confortée.

Les densités moyennes et la richesse spécifique des peuplements sont légèrement plus faibles pour les peuplements des stations occidentales par rapport aux stations orientales en 1991 comme en 1999.

De très faibles densités avaient été relevées lors de la campagne ALPESUR 97, cette perturbation se manifestait sur l'ensemble de la pente continentale, on remarque qu'en 1999,

le nombre d'espèces et d'individus des stations PU02 et PU10 sont proche de ceux observés en 1991. Dans un intervalle de temps de deux ans, les assemblages du bas de la pente ont donc retrouvé un « état d'équilibre » traduisant la résilience des peuplements en place.

Si en 1999, la similarité est importante entre les stations PU02 et PU10, on constate que la composition qualitative et quantitative des peuplements est très différente au cours des années d'études. Les regroupements obtenus montrent une différence marquée des peuplements à moyen terme (comparaison 1999-1997), à long terme (comparaison 1999-1991, ou 1997-1991) et à court terme (comparaison PU02 avril 91 -PU10 septembre91). Cette variabilité temporelle rend délicate toute comparaison, pour mettre en évidence une influence des rejets inertes, de peuplements soumis et non soumis à ces rejets, si les prélèvements faunistiques sont réalisés à des époques différentes.

Cette étude confirme l'effet mécanique des résidus sur les peuplements macrobenthiques en place et l'absence de toute incidence chimique. Ces résultats sont en accord avec les tests écotoxicologiques réalisés *in vitro* sur les mêmes sédiments. La présence de résidus sur des épaisseurs de 0,5 à 1 cm se traduit par une diminution de la densité et de la richesse spécifique de la faune en place mais n'entraîne pas de déstructuration marqué sur le plan biocénotique. Les assemblages soumis à des apports sporadiques présentent un nombre d'espèces et d'individus proches des assemblages non touchés par les résidus inertes traduisant le caractère relativement limité dans l'espace de l'impact de ces dernières.

Résultats de l'analyse granulométrique et chimique de cinq carottes de sédiment (Rapport de André Arnoux et Georges Stora)

En complément des études écotoxicologique et biologique demandées par le Comité Scientifique de Suivi, lors de sa réunion du 1 février 1999, il a été décidé de leur associer une étude chimique de sédiments. Faisant suite à trois campagnes qui avaient permis de définir les zones préférentielles d'écoulement et d'extension des particules issues de l'émissaire rejetant la bauxaline en tête du canyon de Cassidaigne, le programme adopté en 1999 a été limité à cinq stations situées à la base du talus continental, dans des fonds de 2100 à 2300 m. (Figure 1) Le but de cette étude accessoire était d'apporter des données utiles à l'interprétation des études écotoxicologique et biologique et de vérifier la possibilité d'une extension des résidus inertes vers l'est du canyon de Cassidaigne. Trois stations (12, 10 et 2) déjà étudiées en 1991 et 1997, donnent la possibilité de mettre en évidence d'éventuels changements du dépôt à l'ouest du couloir d'écoulement préférentiel des résidus. Deux

nouvelles stations (23 et 24) ont été choisies, la première dans le prolongement du canyon de Toulon, la seconde au large de Porquerolles

METHODOLOGIE

Compte tenu des difficultés liées à une météorologie capricieuse et à des incidents techniques (treuil), la campagne s'est déroulée sur une période relativement longue, du 27 septembre 1999 au 5 novembre 1999. (Tableau 4).

Tableau 4 : Situation et aspect des prélèvements de la campagne ALPECAST 1999

Station	Date	Position	Profondeur	Aspect
U 10 - 1	28/09/99	42°49'204 05°21'938	2140	Aspect rougeâtre
U 10 - 2	28/09/99	42°49'204 05°21'938	2250	Aspect rougeâtre
U 02 - 1	29/09/99	42°48'810 05°29'964	2110	1 cm de résidus rouges
U 02 - 2	29/09/99	42°48'810 05°29'964	2109	Environ 0,5 cm de résidus rouges
MT 12	7/10/99	42°52'180 05°42'126	2225	20 cm de résidus rouges
U 23 - 1	7/10/99	42°52'022 06°00'000	2290	Pas de traces de résidus
U 23 - 2	5/11/99	42°53'018 05°57'839	2288	Pas de traces de résidus
U 24 - 1	6/11/99	42°52'992 06°15'931	2249	Pas de traces de résidus
U 24 - 2	6/11/99	42°52'941 06°15'955	2248	Pas de traces de résidus

L'échantillonnage a été réalisé par raclage du premier centimètre de sédiment à l'aide d'une spatule non métallique et par carottage du contenu des bennes à l'aide d'un tube en Plexiglas de 7 cm de diamètre. Trois niveaux de sédiments (0-3 cm, 3-6 cm, 6-9 cm) ont été collectés par refoulement du contenu des tubes à l'aide d'un piston. Les échantillons de même niveau de chaque carotte ont été réunis dans un sac en polyéthylène et conservés en glacière.

Dans un souci de normalisation et afin de faciliter les comparaisons, les paramètres et techniques d'analyse utilisées antérieurement ont été conservés ; ainsi chaque échantillon a

fait l'objet d'une analyse granulométrique et d'une analyse chimique effectuée sur le sédiment total et sur la fraction inférieure à 20 μm .

RESULTATS, DISCUSSION ET COMMENTAIRES

Les études antérieures sur l'extension des résidus ayant démontré la validité des critères utilisés pour identifier les dépôts en relation avec le rejet de bauxaline (couleur rouge, granulométrie très fine, composition chimique), nous les avons conservé pour juger de la nature et de l'origine des sédiments prélevés au cours de la dernière campagne.

Couleur

La couleur rouge caractéristique des résidus de traitement de la bauxite est le critère le plus anciennement utilisé pour l'identification des résidus dans la zone soumise à l'impact de leur rejet en tête du canyon de Cassidaigne. C'est en se basant sur l'aspect des prélèvements et plus particulièrement, sur l'observation de la couche de 1mm en surface du sédiment, que Vitiello, en 1982, avait conclu à une remontée de particules de résidus sur le plateau continental à la suite de conditions météorologiques particulières, telle qu'un Mistral persistant. C'est également cette couleur qui est censée souiller les filets des pêcheurs travaillant dans cette zone et qui constitue l'argument majeur des opposants au rejet en mer de la bauxaline.

Elle s'observe sur des épaisseurs différentes dans les trois stations situées à l'ouest :

- à la station 12, située dans l'axe du canyon de Cassidaigne, l'épaisseur de résidus inertes est très importante, vraisemblablement de l'ordre de 20 cm. Mais il est difficile de l'apprécier avec précision en raison de la très grande fluidité du dépôt superficiel, de sa remise en suspension et de son élimination partielle au cours de la remontée de la benne et, surtout, au moment des opérations de relevage sur le pont du navire. Quelque soit l'épaisseur de cette couche, elle se différencie nettement du sédiment sous-jacent constitué de vases très fines, compactes avec lesquelles elle se mélange peu ou pas.

- à la station 2, elle n'est plus que de 0,5 à 1 cm, mais recouvre d'une manière uniforme la totalité du prélèvement.

- à la station 10, la plus occidentale de la série, la présence de résidus se traduit par des taches bien individualisées en surface du contenu de la benne. Cette répartition

irrégulière et discontinue en surface du sédiment traduit le caractère peu permanent de la couverture par les résidus et la capacité des courants à les remettre en suspension et à les déplacer de proche en proche.

En revanche, les sédiments prélevés à l'est ne présentent aucune couleur rouge, mais seulement l'aspect grisâtre uniforme des vases de grands fonds. Si la coloration constitue incontestablement un élément d'identification des résidus, elle ne peut en aucune manière être considérée comme une exclusivité du rejet industriel de l'industrie de la bauxite. En appui de cette affirmation, il suffit de faire la comparaison avec un échantillon de terre prélevée dans la dépression permienne, à proximité de Cuers, c.à d. dans le bassin versant du Gapeau, à l'est de Toulon et aboutissant dans la rade d'Hyères, à l'extrémité orientale du secteur étudié.

Granulométrie

Comme dans les campagnes précédentes, la granulométrie a été déterminée par tamisage par voie humide et microgranulométrie Laser.

Granulométrie par tamisage par voie humide : elle a été surtout utilisée pour la séparation des particules les plus grossières, de taille supérieure à celles prises en compte par la méthode optique, c. à d. supérieures à 2mm. Seuls les échantillons de la station 10 ont permis de recueillir ce type de matériel constitué exclusivement de débris de ptéropodes (1,63 % en surface, 2,78 % dans le niveau 0-3 cm, 1,08 % à 3-6 cm, 1,53 % à 6-9 cm). La présence de cette fraction peut s'expliquer par la situation de cette station en bas de pente, dans l'axe du sillon de Planier, favorable à l'accumulation de matériaux relativement grossiers.

Microgranulométrie laser. Comme cela a été souligné dans les rapports antérieurs, la finesse des matériaux et la nature des minéraux qui constituent les résidus leur confèrent une fluidité facilitant l'écoulement le long de la pente du canyon et une aptitude à l'entraînement par les courants balayant cette région.

La très petite taille des particules constituant la bauxaline peut se différencier de celle des dépôts sur lesquels elle se dépose ou se mélange. Toutefois, cet effet risque d'être atténué dans les fonds de plus de 2000 m où s'accumulent des vases très fines.

La microgranulométrie constitue donc un moyen d'identification des résidus, à condition, cependant, de connaître avec précision la distribution des fractions les plus fines,

et plus particulièrement de celles inférieures à 20 μm , ou mieux, à 2 μm . Toutefois, il convient de souligner que les mesures ont été effectuées avec des appareils différents au cours des campagnes effectuées depuis 1991 et sur des fractions dont le choix dépendait des caractéristiques techniques de chaque type d'appareil :

- campagne 1991 : microgranulomètre CILAS , mesures sur la fraction < 63 μm
- campagne 1997 : microgranulomètre MALVERN , Mastersizer E, focale lentille 300 mm, mesures sur fraction < 500 μm , algorithme de calcul : Fraunhofer
- campagne 1999 : microgranulomètre MALVERN, MS 2000, focale lentille 300 mm, mesures sur fraction < 1 mm, algorithme de calcul : Mie

Comparaison des résultats en fonction de l'appareillage et de la méthode de calcul

Constatant des différences de distribution relativement importantes entre les résultats de 1999 et de 1997, une comparaison a été faite sur l'ensemble des échantillons de la dernière campagne, en effectuant, d'une part, les calculs en utilisant l'algorithme de calcul Fraunhofer, d'autre part en faisant une nouvelle série de détermination sur le microgranulomètre Mastersizer E, dans les mêmes conditions que celles de 1997 et sur les mêmes suspensions que celles utilisées avec le microgranulomètre MS 2000. Sans entrer dans les détails d'une discussion technique, il apparaît que, dans tous les cas, l'utilisation du microgranulomètre MS 2000 et de l'algorithme de calcul Mie favorise la mise en évidence d'une fraction très fine, inférieure à 1 μm , présente, à des degrés divers, dans tous les échantillons. Cette fraction est partiellement occultée par la méthode de calcul Fraunhofer. Elle l'est complètement dans les conditions d'utilisation du Mastersizer E.

Si les courbes se rapprochent et finissent par se rejoindre pour les plus grosses fractions, après détermination avec le MS 2000, l'écart reste important entre les courbes obtenues avec les deux types d'appareils, le Mastersizer E favorisant systématiquement le comptage de particules supérieures à celles « vues » par le MS 2000. L'individualisation se manifeste surtout avec les échantillons provenant des stations 2, 10 et 12. Cette diversité des résultats pose divers problèmes concernant le choix de l'appareil et des méthodes de mesure, mais surtout, dans le cas présent, elle rend difficile la comparaison entre les échantillons provenant des différentes campagnes et oblige à reconsidérer les possibilités de mobilisation, de dispersion et de transfert des particules apportées par l'effluent industriel.

Distribution granulométrique dans la fraction inférieure à 1 mm

En s'en tenant aux seuls résultats de la dernière campagne obtenus à l'aide du MASTERSIZER MS 2000 et calcul avec l'algorithme de Mie, des différences significatives apparaissent entre les stations. La station 12 située dans le prolongement du canyon de Cassidaigne, est la plus révélatrice de l'impact des résidus inertes, et des modifications qu'elles entraînent sur la distribution granulométrique dans la partie superficielle du dépôt.

Les échantillons de surface et du niveau 0-3 cm possèdent une fraction inférieure à 2 μm très abondante (42,6%), ce qui contraste fortement avec les 5,1% trouvés avec le Mastersizer E. Mais le plus important réside dans le taux de fraction $< 1 \mu\text{m}$ égal à 33,2 % qui avait complètement échappé au Mastersizer E. Or, des particules de si petites tailles, qualifiées de précolloïdes, différencient nettement l'apport des résidus inertes du sédiment sur lequel il se dépose ($F < 1 \mu\text{m} = 17,25 \%$ au niveau 6-9 cm). En outre, il confirme et souligne la capacité de mobilisation et de transfert du matériel provenant du rejet industriel dont la qualité chimique et minéralogique est très différente de celle des vases autochtones. En effet, le rejet contient une proportion très importante (près de 50 %) de minéraux ferreux (Hématite, goethite, limonite) et d'autres oxydes métalliques associés à du silicoaluminat de sodium provenant de la recristallisation de la dissolution alcaline de la kaolinite de la bauxite. Le comportement dans le milieu d'un tel mélange, peu cohérent, très fluide, apporté massivement, s'oppose nécessairement avec les apports sédimentaires traditionnels moins abondants et plus riches en véritables minéraux argileux formant des vases compactes, peu mobilisables que l'on trouve dans les fonds de plus de 2000 m et représentées au niveau 3-6 cm de la carotte 12. Au niveau 6-9 cm, ces particules fines sont associées à un matériel plus grossier (pic à 80-100 μm), abondant, essentiellement constitué de débris de tests d'organismes (ptéropodes).

A l'ouest de la station 12, les stations 2 et 10 se situent dans la zone influencée par le transfert des particules provenant du rejet industriel. Cependant, la présence de résidus inertes perceptibles au simple examen visuel, ne se traduit pas par une augmentation notable des fractions les plus fines, comme cela se produit à la station 12.

Contrairement aux deux autres stations où le matériel le plus grossier, constitués de test de ptéropodes, se trouve dans le niveau inférieur des carottes, la station 2 s'individualise par une augmentation relative des proportions de limons grossiers et de sables plus ou moins fins, entraînant, par compensation, celle des fractions les plus fines, inférieures à 20 μm . Cette différence peut s'expliquer par les situations respectives de ces

stations : les deux premières (stations 12 et 10) se trouvent au pied et dans l'axe de canyons, tandis que la station 2 se situe au pied du talus, mais sur un promontoire séparant les canyons de Cassidaigne et de Planier, où les conditions de sédimentation sont différentes de celles existant dans un sillon. A l'est, les distributions granulométriques sont beaucoup plus homogènes, caractéristiques des vases de grands fonds, surtout à la station 24 relativement protégée des apports continentaux directs par la barrière des îles d'Hyères. En revanche, la station 23 située dans le prolongement du canyon de Toulon est un peu plus riche que la précédente en matériaux de taille supérieure à $20\ \mu\text{m}$.

En résumé, à l'exception de la station 12 où l'impact des résidus est manifeste, il est plus difficile de l'envisager, du point de vue granulométrique, pour les autres.

Distribution dans la fraction inférieure à $20\ \mu\text{m}$

L'incertitude étant due à la présence de fractions supérieures à $20\ \mu\text{m}$, totalement étrangères au rejet industriel, il est préférable de rechercher la distribution relative des particules les plus fines dans la fraction inférieure à $20\ \mu\text{m}$. Celle ci permet de mettre en évidence, en surface, aux stations 12 et 2, la présence d'un pic à $0,4\ \mu\text{m}$ dont le caractère spécifique est souligné par le calcul du rapport entre les pourcentages de fréquence à $0,4$ et $1,6\ \mu\text{m}$ (Figure 4). A la station 10, le seul indice d'un enrichissement en particules très fines réside dans le rapprochement de la courbe représentative de la surface avec celles des niveaux inférieurs. En revanche, les représentations et calculs ne font pas apparaître de différence dans les distributions microgranulométriques aux stations 23 et 24 dont les niveaux superficiels sont plus pauvres en fines que ceux inférieurs à $3\ \text{cm}$.

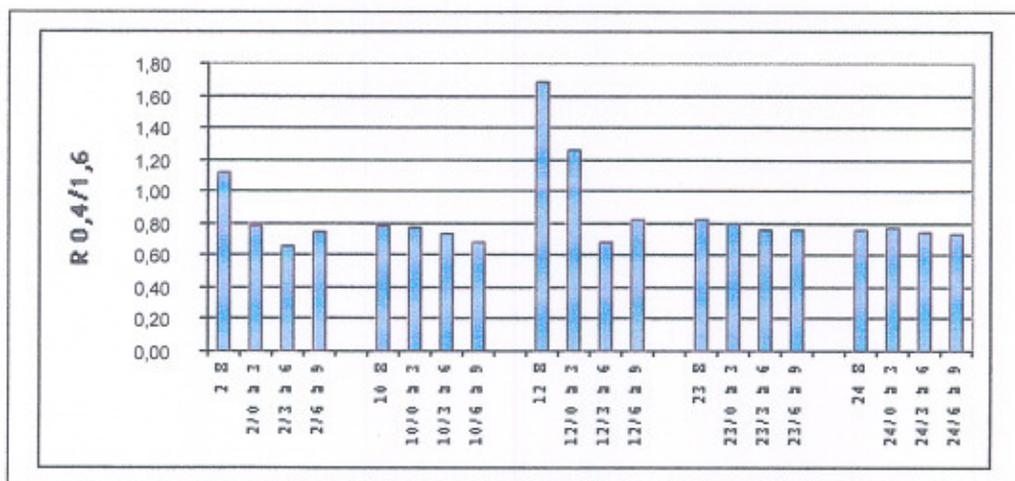


Figure 4 : Rapport entre les pourcentages à $0,4$ et $1,6\ \mu\text{m}$ dans la fraction $< 20\ \mu\text{m}$.

Composition chimique

Les résultats sont représentés sous forme de graphiques en lignes facilitant, par superposition, la comparaison des concentrations, pour chaque métal analysé, aux différents niveaux dans les fractions $< 2 \text{ mm}$ et $< 20 \mu\text{m}$. Les stations sont classées dans l'ordre de répartition d'ouest en est. (St. 10 - 2 - 12 - 23 - 24). Cette représentation permet de mettre en évidence plusieurs faits généraux, significatifs, confirmant les observations et conclusions présentées dans les rapports précédents.

- La station 12, située dans le prolongement du canyon de Cassidaigne, se caractérise par des concentrations très élevées des métaux les plus représentatifs des résidus inertes : Al, Fe, Ti, V, Cr, Pb. Pratiquement, le dépôt superficiel est constitué de résidus de composition identique à celle trouvée en tête de canyon, à proximité immédiate du point de rejet. Dans la carotte étudiée, la partie superficielle (0-3 cm) contraste fortement avec les deux niveaux sous-jacents représentés par des vases compactes peu ou pas influencées par la présence du matériel industriel. Dans la partie inférieure de la carotte, l'abondance d'un matériel détritique biologique grossier, entraîne une chute importante des concentrations de la plupart des métaux dans le sédiment total, mais n'affecte pas celles de la fraction inférieure à $20 \mu\text{m}$.
- Vers l'ouest (stations 2 et 10), l'existence d'un gradient décroissant de ces métaux s'observe, essentiellement, dans l'échantillon de surface.
- Les concentrations de ces métaux sont relativement basses dans les stations orientales (stations 23 et 24), de l'ordre de grandeur de celles trouvées dans les niveaux inférieurs des stations situées à l'ouest.
- Les autres métaux analysés, Mn, Cu, Zn, s'individualisent des précédents. Les taux minimaux se trouvent à la station 12.
- Dans la majorité des cas, le rapport entre les concentrations dans les fractions $< 20 \mu\text{m}$ et $< 1 \text{ mm}$ est assez faible.(généralement inférieur à 1,2), mais augmente assez fortement et logiquement en présence de quantités relativement importantes de limons grossiers ou de sables.

En envisageant plus individuellement les métaux, il est possible de relever certains caractères distinctifs (Figures 5 et 6).

L'aluminium et le fer : l'impact du rejet industriel se manifeste essentiellement à la station 12. Il est atténué, mais encore très perceptible, surtout pour le fer, en surface, à la station 2. Aux autres stations 10, 23 et 24, ainsi que dans les deux niveaux inférieurs des stations 12 et 2, les concentrations dans la fraction fine restent à des taux très voisins ne permettant aucune distinction. Par contre, l'impossibilité de constater de variation des concentrations de ce métal à tous les niveaux des stations orientales 23 et 24 constitue un bon indice de l'absence d'un transfert des résidus dans cette direction.

Le titane : ce métal constitue, une fois de plus, l'élément essentiel de différenciation des résidus inertes. En utilisant une échelle permettant la représentation de tous les points, il est possible de souligner l'importance des apports aux stations 12 et 2 avec des concentrations allant de 14200 à 1360 dans la couche superficielle de 0 à 3 cm. Avec des rapports relativement élevés mettant en évidence la prédominance de ce métal dans la fraction $< 20 \mu\text{m}$.

Le vanadium confirme son rôle de deuxième élément de différenciation des résidus inertes en présentant une distribution très similaire à celle du titane. Toutefois, il s'en distingue par le rapport $<20 \mu\text{m}/<2\text{mm}$ qui est plus élevé aux stations 23 et 24 et inférieur ou voisin de 1 aux autres stations.

En première hypothèse, on peut penser que cette inversion par rapport au titane est due à la différence de nature, et, plus particulièrement, de taille des particules auxquelles sont liées ces deux métaux, dans le rejet. Le titane paraît essentiellement lié à la fraction inférieure à $20 \mu\text{m}$, alors que le vanadium pourrait être majoritairement associé à la fraction supérieure à $20 \mu\text{m}$. Sans attribuer une importance excessive à ce constat, il témoigne de la possibilité d'un classement favorable à une plus large extension ou propagation du titane provenant du rejet dans le canyon de Cassidaigne

Par contre dans les stations 23 et 24 situées à l'est du canyon, le rapport plus élevé (1,04 à 1,61) pourrait être l'indice du transfert de particules fines, relativement pauvres en vanadium, depuis l'est du secteur et venant s'associer avec un matériel autochtone encore moins riche en ce métal.

D'une manière générale, le titane et le vanadium (Figures 5 et 6) permettent d'établir une distinction entre les stations des secteurs occidental et oriental, et d'envisager l'absence d'un impact des résidus inertes dans les fonds de plus de 2000 m, à l'est du canyon.

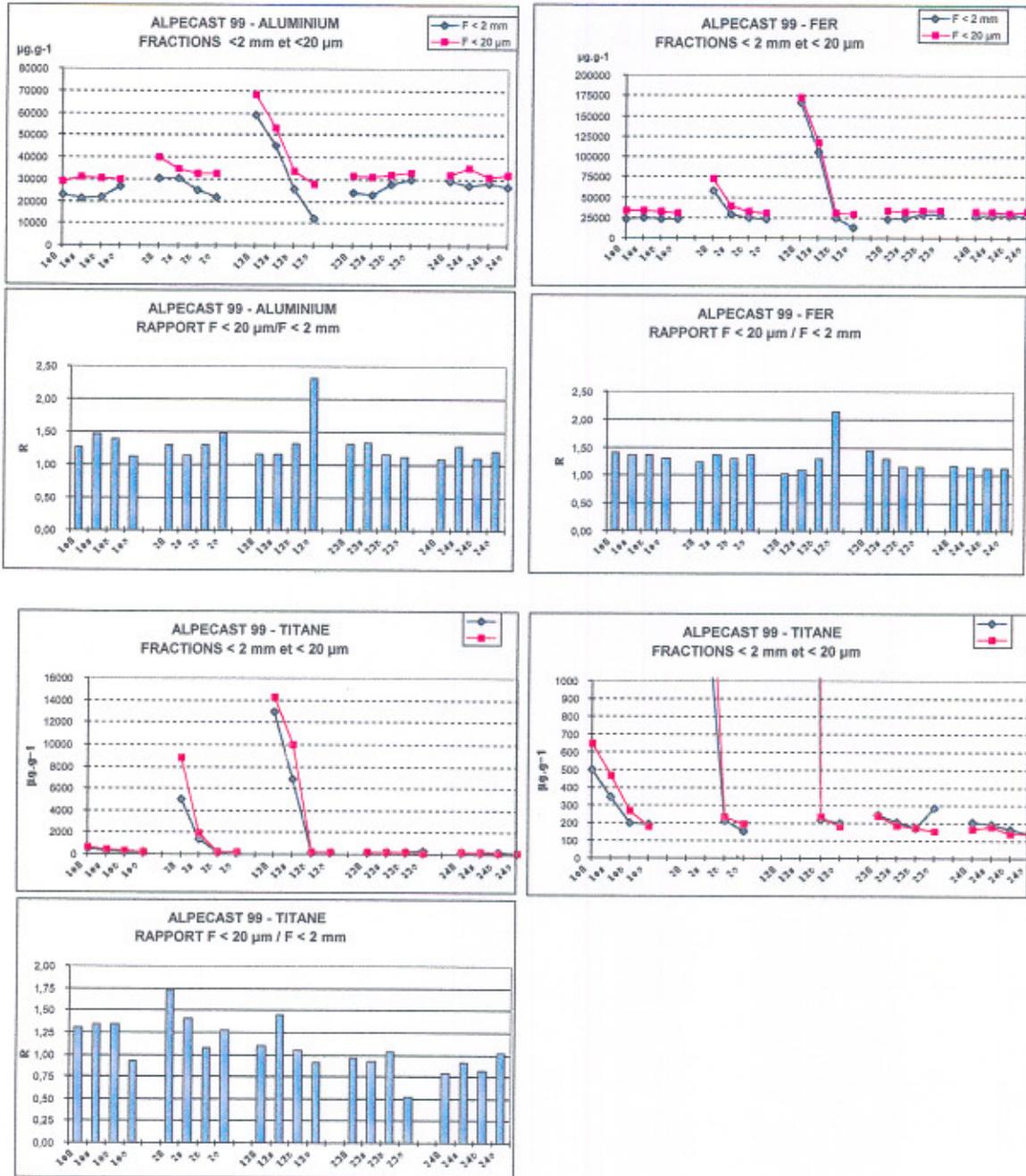


Figure 5 : Aluminium, Fer et Titane : concentrations dans les fractions < 2mm et <20 µm.

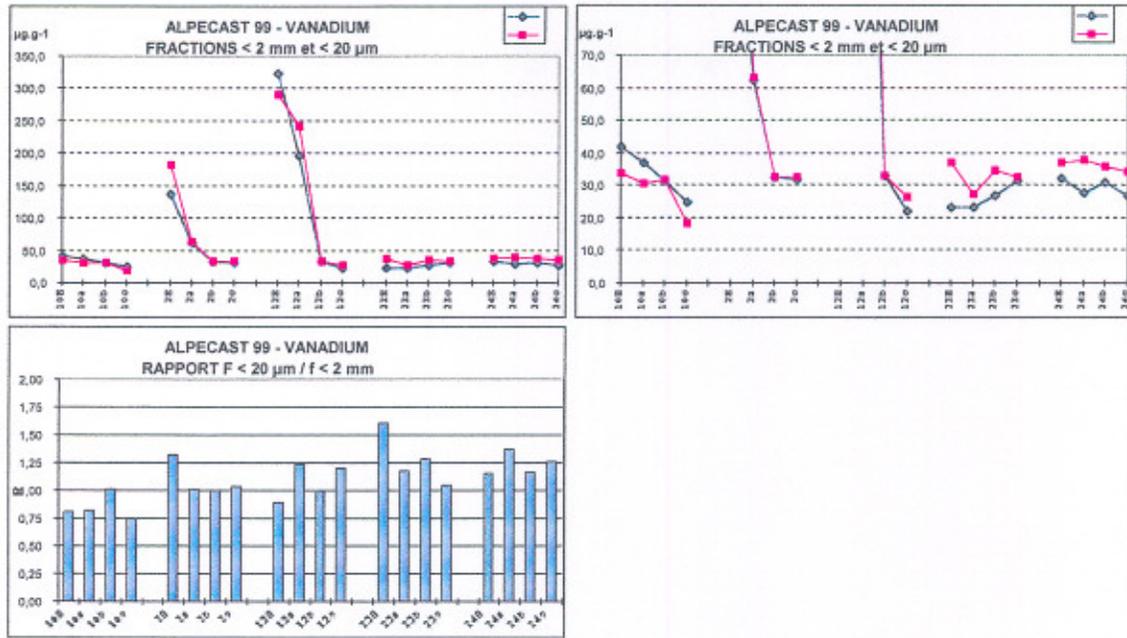


Figure 6. Vanadium : concentrations dans les fractions <2mm et < 20 µm

Le Chrome n'augmente de manière significative que dans les niveaux superficiels de carottes 12 et 2. La station 10 ne présente pas de différence perceptible par rapport aux stations orientales 23 et 24.

Le Plomb est apporté en quantité suffisante par le rejet de Cassidaigne pour provoquer une augmentation sensible des concentrations dans le dépôt superficiel des stations 12 et 2. Toutefois, il se singularise des autres métaux par une élévation des taux dans tous les niveaux superficiels de l'ensemble des carottes analysées, aussi bien dans le secteur oriental qu'occidental. Cette généralisation d'un gradient traduit le caractère global de la pollution qui affecte cette région littorale méditerranéenne depuis plusieurs décennies.

Le zinc, le cuivre et le manganèse s'individualisent nettement des métaux précédents par leurs plus faibles concentrations en surface de la station 12. Le zinc, pour sa part, est plus abondant dans la partie superficielle des sédiments des stations 23 et 24. A l'ouest, la distribution est assez homogène sur toute la hauteur de la carotte, tandis qu'un gradient plus accentué s'observe à l'est où le rapport $F < 20 \mu\text{m} / F < 2 \text{ mm}$ tend à diminuer. Le manganèse présente des taux du même ordre de grandeur aussi bien à l'ouest qu'à l'est, sauf dans les niveaux inférieurs de la carotte 24 où l'augmentation importante est conforme à celle

observée dans de nombreuses carottes précédemment étudiées et traduisant l'accumulation de ce métal à la suite de processus redox.

D'une manière générale, les résultats de l'analyse chimique font apparaître une distinction nette entre deux groupes de métaux, d'une part l'aluminium, le fer, le titane, le vanadium, le chrome et le plomb, constituants majeurs de la bauxaline, et le zinc, le cuivre et le manganèse, pouvant être considérés comme des témoins négatifs du rejet.

Pour compléter ces comparaisons, un calcul des corrélations entre l'ensemble des métaux a été effectué afin d'établir une relation éventuelle entre ces métaux et l'appartenance des stations à chacun des secteurs. Dans le secteur occidental (stations 2-10 et 12), la relation aussi bien dans la fraction inférieure à 2 mm qu'inférieure à 20 μm , entre aluminium, fer, titane, vanadium, chrome et plomb, est évidente et contraste fortement avec l'absence de corrélation avec et entre manganèse, cuivre et zinc. Il est évident que la situation est dominée par l'influence du rejet de bauxaline. En revanche, dans le secteur oriental, les seules relations existantes s'observent entre cuivre, zinc, plomb et chrome dans la fraction inférieure à 20 μm , traduisant l'impact d'une autre source de contamination que celle du rejet de Cassidaigne, vraisemblablement celle du courant liguro-provençal.

Dans les fonds de plus de 2000m, à l'est du canyon de Cassidaigne, le sédiment est essentiellement constitué, sur toute la hauteur des carottes étudiées, par des vases beiges ou grises, fines, compactes, homogènes. Les seules sources de contamination métallique identifiables semblent être en relation, soit avec des apports généraux par le courant liguro-provençal, soit avec des apports locaux par le canyon de Toulon. Mais, il n'est absolument pas possible de déceler un impact de la bauxaline.

Evolution dans le temps aux stations 12, 2 et 10

Parmi les stations de la campagne ALPECAST, seules celles situées à l'ouest du secteur (stations 12, 2 et 10) ont déjà été étudiées au cours de campagnes antérieures. Compte tenu de la précision de la localisation des points de prélèvement, il devrait être possible de suivre l'évolution dans le temps de la qualité des dépôts superficiels. Toutefois, la portée de cette recherche est nécessairement limitée en raison du petit nombre de stations et de la disparité de date des campagnes prises en compte (Tableau 5).

La station 12, représentative de l'axe d'écoulement des résidus dans le canyon de Cassidaigne, ne présente aucune différence significative entre 91 et 99. Elle témoigne ainsi de

la constance de la qualité des résidus et de la direction de leur écoulement en bas de pente, entre ces deux époques.

Tableau V : Résultats des analyses effectuées en 1991, 1997 et 1999 aux stations 12, 2 et 10

REJET		U 1 F < 2 mm 1991		MT 12 F < 2 mm 1991		MT 12 S F < 2 mm 1999		MT 12 S F < 20 µm 1999									
Fe	184 500	155 000	154 000	166 587	171 812												
Al	78 095	66 000	63 584	59 217	68 250												
Ti	32 415	13 229	15 140	12 995	14 245												
V	717	223	257	322	290												
Cr	1815	579	636	549	585												
Mn	351	525	588	389	681												
Pb	94,5	94,8	104	107	119												
Cu	38,3	26,2	25,5	31	29,6												
		U 2 S F < 2 mm 1991		MT 2 / 0-3 F < 2 mm 1991		U 2 S F < 20 µm 1999		U 2 S F < 20 µm 1999		U 2 / 0-3 F < 2 mm 1999		U 2 / 0-3 F < 20 µm 1999					
Fe		25 700	24 300	57 790	71 874	28 780	28 780	39 078	39 078								
Al		19 310	19 520	30 320	39 780	30 200	30 200	34 420	34 420								
Ti		270	310	5081	8772	1368	1368	1917	1917								
V		7	37,6	138	183	62,4	62,4	63,7	63,7								
Cr		66,7	87,1	293	412	113	113	143	143								
Mn		925	811	723	997	840	840	1141	1141								
Pb		28	25	49	70	32	32	47	47								
Cu		43,8	38,5	41,6	48,9	42	42	47,4	47,4								
Zn		102	92,5	81,3	98,7	81	81	93,9	93,9								
		U 10 F < 2 mm 1991		MT 11 F < 2 mm 1991		U 10 S F < 2 mm 1997		U 10 S F < 20 µm 1997		U 10 / 0-3 F < 2 mm 1997		U 10 S F < 2 mm 1999		U 10 S F < 20 µm 1999		U 10 / 0-3 F < 2 mm 1999	
Fe		24 200	25 185	24 121	31 104	27 046	23 840	33 320	24 136								
Al		20 805	19 910	22 258	28 385	22 909	22 800	28389	21 168								
Ti		634	358	129	188	154	499	547	347								
V			41,9	35	51,7	34,7	41,8	33,9	37,1								
Cr		72,2	70,8	54,1	71	56,7	72	94	68								
Mn		775	853	1932	1938	1223	854	1128	903								
Pb		37,1	33,4	38	33,7	24	40	48	32								
Cu		35,7	37,8	31,1	43,5	31,9	38,2	48,5	38,1								
Zn		78,3	94,8	69,7	86	84,8	97,4	103	94,3								

En revanche, la station 2 présente une situation très contrastée entre 1991 et 1999. Malheureusement l'absence de données en 1997 ne permet pas de juger du caractère permanent, progressif ou accidentel des modifications. En 1991, les carottes se caractérisent par l'absence de résidus individualisables en surface, la couleur rougeâtre homogène des 3 centimètres superficiels, la composition chimique pratiquement identique des échantillons de surface et de la couche 0-3 cm et les faibles concentrations en indicateurs de la présence de résidus inertes (Ti,V,Cr). Cet état du sédiment pourrait être considéré comme le résultat durable de l'intégration de bauxaline et de son mélange dans la colonne sédimentaire par intervention de la bioturbation. En 1999, les résidus s'individualisent dans les deux centimètres superficiels et l'analyse chimique met en évidence des valeurs élevées, en particulier pour le titane (Figure 7) qui atteint, dans l'échantillon de surface, des taux supérieurs à 5000 µg.g⁻¹, c'est à dire plus de la moitié de ce que l'on trouve à la station 12.

Cet apport de résidus n'a aucune incidence sur le sédiment au dessous de 3 cm où les valeurs sont du même ordre de grandeurs que celles trouvées en 1991. Tout se passe comme

s'il y avait accumulation de résidus inertes sur un sédiment de composition plus constante et peu affecté par cet apport récent. La station 10, étudiée en 1991, 1997 et 1999, se singularise par une contamination très faible en 1997, les concentrations trouvées pouvant être considérées proches des valeurs de référence du site. On notera la variation inverse du manganèse par rapport à celle du titane (Figure 7) (et des autres indicateurs chimiques des résidus inertes) démontrant la prédominance de facteurs « autochtones » dans la constitution du sédiment superficiel. En revanche, la présence de résidus inertes est mise en évidence, en 1991 et 1999, aussi bien par la présence de tâches de résidus que par l'analyse chimique qui fournit des valeurs significatives de la contamination, du même ordre de grandeur au cours des deux périodes.

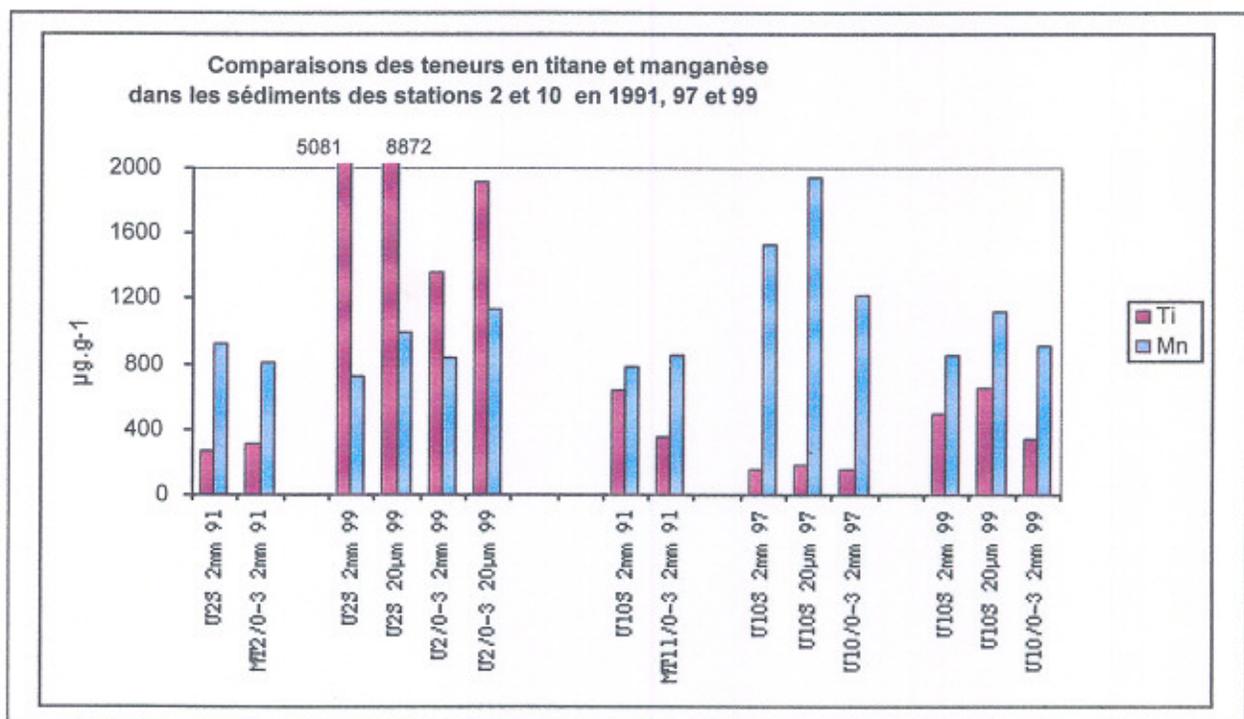


Figure 7. Comparaison des teneurs en titane et manganèse dans les sédiments des stations 2 et 10 en 1991, 1997 et 1999.

Il est bien évident que la rareté des données ne permet pas de fournir une explication formelle à l'irrégularité des résultats obtenus au cours des trois campagnes de prélèvement s'étalant sur une période de huit années. En dehors de la station 12 située dans une zone d'écoulement majeur des résidus, dans le prolongement du canyon de Cassidaigne, les deux autres se situent à l'ouest, à la base du talus où le transfert des résidus les plus fins est assuré par des courants dont la force d'entraînement est variable dans le temps et dans l'espace. Les

fluctuations de composition qui ne sont pas nécessairement synchrones, ne concernent que le dépôt le plus superficiel, c. à d. un matériel très fluide, mobilisable et se mélangeant peu avec un sédiment autochtone beaucoup plus compact et construit. Il est donc envisageable que la persistance des résidus soit très irrégulière et inconstante, ce qui limite la possibilité d'intégration des résidus dans la colonne sédimentaire.

Bien entendu la formation de dépôt dans cette zone dépend de multiples facteurs parmi lesquels on peut retenir l'abondance des apports de l'émissaire industriel, la force et la direction des courants, la distance par rapport au débouché du canyon et la situation topographique des stations. Ainsi la station 2, située en bordure de la partie terminale du canyon de Planier, se trouve sur une faible pente, en légère surélévation par rapport à la station 12 dont elle est relativement proche. En revanche, la station 10 se localise en bas de pente, dans l'axe de ce même canyon. Suivant les circonstances, ces deux situations peuvent être favorables à des phénomènes d'accumulation ou de glissement, donc d'inconstance de la qualité ou de la nature du sédiment superficiel.

On ne peut exclure une autre possibilité liée à une localisation très limitée des dépôts pouvant former, sous l'influence des courants qui les entraînent, des traînées relativement étroites. Il pourrait en découler une variabilité spatiale à l'échelle de l'approximation du point de chute de la benne sur le fond.

En définitive, quelques soient les raisons de l'inconstance de la dispersion et de la persistance des résidus inertes en surface, dans les stations situées à la base du talus, à l'ouest du canyon de Cassidaigne, il convient d'interpréter ces irrégularités de distribution comme un indice de la variabilité de l'aire de dispersion dans cette zone, mais aussi d'un mécanisme de transfert par déplacements successifs des particules de résidus inertes dont une faible partie semble être intégrée de manière durable dans le sédiment autochtone par intervention de la bioturbation.

CONCLUSION

L'ensemble des critères retenues pour identifier le transfert de particules issues du rejet de Bauxaline dans le canyon de Cassidaigne ne permet pas d'envisager leur transfert vers l'est du secteur.

La couleur rouge caractéristique (mais non exclusive), la finesse des particules, la fluidité du dépôt superficiel et la prédominance dans la partie superficielle du sédiment de métaux caractéristiques du rejet sont l'apanage exclusif du secteur occidental.

L'accumulation et la persistance du dépôt dépend bien évidemment de la proximité du couloir d'écoulement des résidus, mais aussi de la situation des stations par rapport à la bathymétrie et la topographie et des conséquences que cela entraîne sur les courants et la possibilité de remobilisation d'un matériel très fluide et ténu dont les limites de propagation vers l'ouest ne sont toujours pas définissables.

Rapport de synthèse sur les études toxicologiques réalisées sur les échantillons de sédiments marins collectés lors des campagnes ALPESUR (1997) et CASTOR II (1999) (Rapport de D. Ribera).

INTRODUCTION

Lors de la réunion du Comité Scientifique de Suivi du 1 février 1999, il a été décidé de compléter les études écotoxicologiques réalisées en 1997 sur des échantillons provenant de la Campagne ALPESUR. Ces compléments devaient porter sur des tests d'Ames, Microtox et développement larvaires à la fois par contact et sur un lixiviat, les échantillons devant être collectés dans l'axe d'écoulement des résidus de l'émissaire jusqu'à la zone maximale d'extension. Huit prélèvements ont été réalisés, au moyen d'une benne USNEL, durant la Campagne CASTOR II qui s'est déroulée en septembre et novembre 1999 (Figure 1 et tableau 4). Afin de comparer ces résultats avec ceux précédemment collectés, nous avons décidé de réaliser les prélèvements dans les mêmes conditions : homogénat des 10 à 15 centimètres supérieurs correspondant à la partie théoriquement biotique du sédiment

TRAVAUX REALISES EN 1997 (RECAPITULATIF)

Huit échantillons collectés au cours de la campagne ALPESUR ont été analysés : U05, U06, U07, U08, U09, U10, U11, U18. Quatre tests différents ont été pratiqués :

- test de létalité sur bactérie ;
- test de létalité sur le loup ;
- test de génotoxicité ;
- test de développement embryonnaire sur l'oursin.

Les principaux résultats sont les suivants :

- Absence d'effet mutagène d'extraits organiques des sédiments marins ;
- Absence d'effet chez le loup ;

- Absence d'effet d'extraits aqueux et organiques chez *Vibrio fisheri* ;
- Effet modéré des surnageants aqueux et effet plus prononcé des sédiments sur le développement larvaire de *Paracentrotus lividus* (oursin).

TRAVAUX REALISES EN 1999 (RECAPITULATIF)

Huit échantillons collectés au cours de la campagne CASTOR II ont été analysés : U02, U10, U23, U24, MT06, MT12, PT02 et PT06. Cinq tests différents ont été pratiqués :

- test de génotoxicité de l'extrait organique ;
- test de la fraction lixiviée sur le développement embryonnaire de la moule ;
- test de létalité de la fraction lixiviée sur bactérie ;
- test de la fraction solide sur le développement embryonnaire de la moule ;
- test de létalité de la fraction solide sur bactérie.

Les principaux résultats sont les suivants :

- Absence d'effet mutagène d'extraits organiques des sédiments marins,
- Absence d'effet des lixiviats sur le développement larvaire de la moule,
- Absence d'effet des lixiviats chez *Vibrio fisheri*,
- Absence d'effet de la fraction solide sur le développement larvaire de la moule,
- Effet toxique de la fraction solide chez *Vibrio fisheri* (selon le protocole Microtox),
- Absence d'effet de la fraction solide chez *Vibrio fisheri* (selon le protocole Environnement Canada).

INTERPRETATION DES RESULTATS

Au bilan, les résultats de 1999 confirment ceux collectés en 1997 : les extraits organiques et aqueux ne présentent pas de toxicité alors que les tests réalisés directement par contact (test de développement larvaire chez l'Oursin en 1997 et test Microtox en 1999) ont mis en évidence de la toxicité. Classiquement, lorsque des doutes apparaissent sur les résultats d'un test, les toxicologues recommandent de réaliser un nouvel essai sur la même cible (end-point) mais pour une autre espèce ou une autre souche. Si la réponse est confirmée, l'effet est donc caractérisé. Par contre lorsque la réponse est différente, l'effet retenu est celui observé le plus fréquemment. Dans notre cas, nous avons choisi de travailler sur le développement larvaire d'invertébrés mais sur des larves de moules. Les résultats obtenus sont clairement négatifs que se soit sur la fraction lixiviée ou sur la fraction solide.

Il est également important de rappeler que de nombreuses études ont montré que :

* les résultats des tests microtox sont concordants avec ceux des tests amphipodes ou des tests sur le développement larvaire de mollusques ;

* les résultats des tests sur le développement larvaire sont comparables quelle que soit l'espèce étudiée (oursin, moules, huîtres). Les critères de sélection de l'espèce sont principalement la disponibilité des géniteurs ou la salinité de l'échantillon.

Une autre méthode de toxicologie consiste à déterminer les relations doses-effets. Un effet ne sera considéré comme néfaste que s'il est proportionnel à la dose administrée. Le Pr Arnoux nous a communiqué les résultats des analyses de métaux dans les échantillons prélevés et indiqué que le titane, le vanadium, le chrome, le plomb et le fer sont de bons traceurs de la présence de résidus. A partir des résultats de 1997 sur l'Oursin, nous avons établi les droites de régression et ainsi pu calculer ainsi des CE10 (concentrations induisant 10% d'anomalies larvaires) afin d'obtenir une valeur chiffrée d'un effet. A partir de ces résultats et avec les résultats de CE50 chez *Vibrio fischeri*, nous avons construit des courbes doses-effets avec les teneurs en éléments « traceurs » de la contamination par les résidus de Péchiney (Titane, Fer, Plomb, chrome ou vanadium), en classant ces teneurs par ordre croissant sans tenir compte de la géographie. Il est constaté qu'il est impossible d'établir des relations doses-effets.

CONCLUSIONS

1- Considérant,

- L'absence d'effet mutagène d'extraits organiques des sédiments marins en 1997 ;
- L'absence d'effet chez le loup en 1997 ;
- L'absence d'effet d'extraits aqueux et organiques chez *Vibrio fischeri* en 1997 ;
- L'absence d'effet mutagène d'extraits organiques des sédiments marins en 1999 ;
- L'absence d'effet d'extraits aqueux et de la phase solide (selon le protocole Environnement Canada) chez *Vibrio fischeri* en 1999 ;
- L'absence d'effet sur le développement larvaire de *Mytilus edulis* (test du lixiviat ou de la phase solide) en 1999.

2- Constatant que les effets (1) de la phase solide (selon le protocole Microtox) chez *Vibrio fischeri*, en 1998, et (2) des surnageants aqueux ou des sédiments sur le développement

larvaire de *Paracentrotus lividus* (oursin) en 1997, ne sont pas dépendant de la dose en traceurs des résidus d'Aluminium Pêchiney.

3- Constatant également que les essais sur développement larvaire sont clairement négatifs lorsque l'on change d'espèce,

Dans les conditions des essais réalisés, nous concluons que les sédiments marins collectés lors des campagnes de 1997 et 1999 ne présentent pas de toxicité et que les rares effets observés ne peuvent être reliés à la présence de résidus d'Aluminium Pêchiney.

Il est recommandé enfin d'étudier les relations entre effets observés et granulométrie des sédiments, ces relations pouvant montrer une proportionnalité et ainsi confirmer des effets physiques.

Utilisation de la Bauxaline (Présentation de Madame Martiment, RD AP).

Trois aspects sont soulignés :

- i) résultats des études en cours : contrats avec trois centres d'études, INSA, Ecole d'Architecture et avec ADEME/Pau ;
- ii) approche marketing ;
- iii) Perspectives ;

Etudes en cours

Le contrat avec l'INSA porte sur les points suivants :

- Application Béton AutoNivelant (B.A.N.) : utilisation de la bauxaline comme agent de viscosité dans les Bétons Auto Nivelants (BAN) ; suite à la demande d'expertise de D. Nectoux (EMA) et R. Cavailles (Lafarge Ciment) la couleur « rouge » de la Bauxaline semble être un frein à cette application ; il conviendrait donc de s'orienter plutôt vers des applications de la bauxaline comme pigment : tuiles ciments, enduits,...

- Application dans les mortiers de rembourrage auto-compactants et facilement excavables : possible mais il faut trouver des partenaires.

- Fabrication de Briques cuites (test labo) : possible mais nécessité d'utiliser un plastifiant et nécessite d'augmenter la température de calcination (intérêt économique?), il conviendrait de faire attention à la coloration, en effet, au delà de 1200°C il y a transformation de l'hématite (Fe_2O_3) rouge en magnétique (Fe_3O_4) noire. L'étude demande à être complétée.

- Emploi de la Bauxaline sèche ou calcinée comme pigment dans les Blocs en béton (parpaing colorés) donne de bons résultats

Le contrat avec l'Ecole d'Architecture de Montpellier (Professeur Acceta) a porté sur les études suivantes :

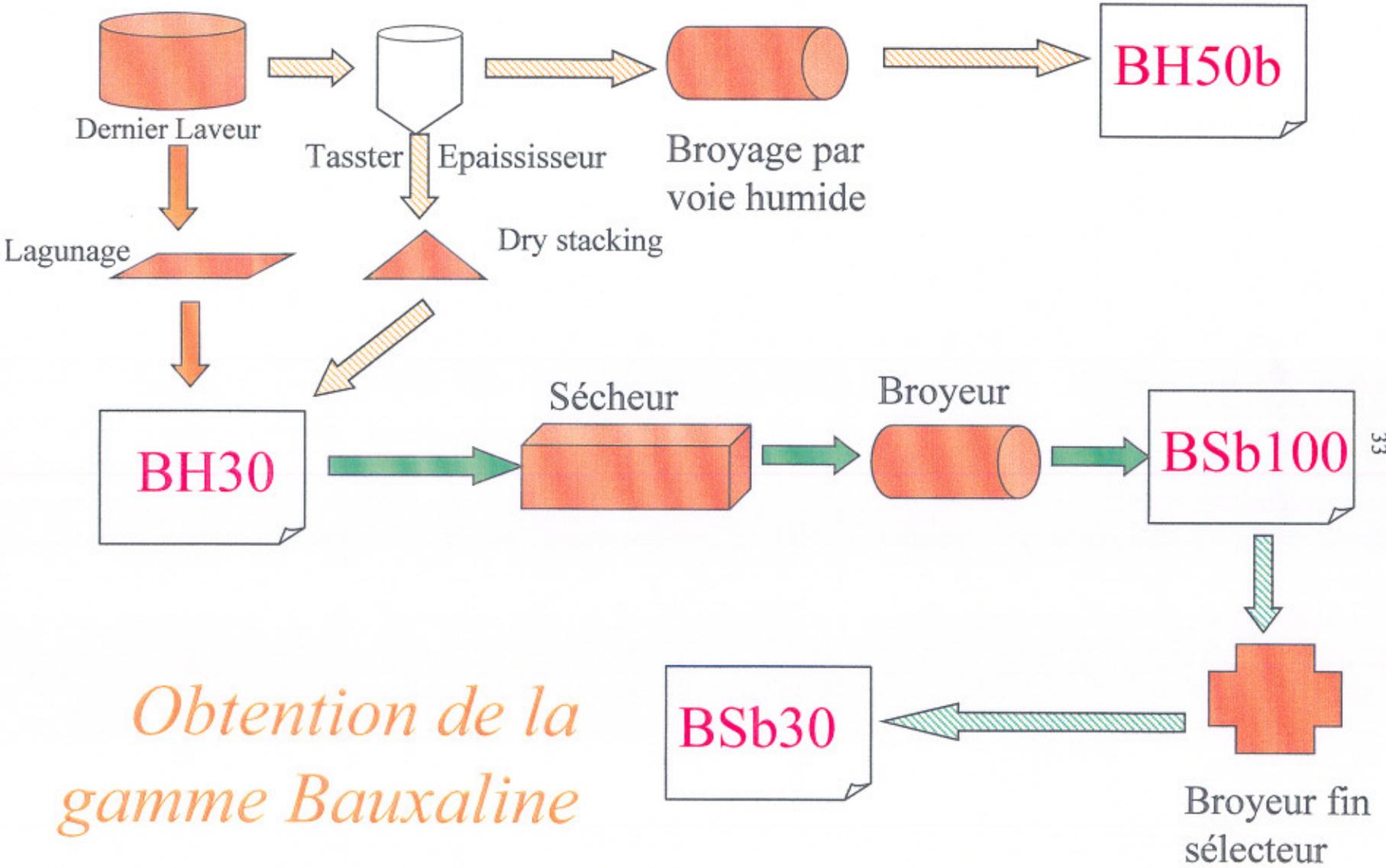
- Fabrication de Bloc en Terre de Bauxaline (BTB) : l'étude de faisabilité a montré que c'était une voie intéressante en ne mettant que de la Bauxaline et du ciment (pas de granulat). La réalisation d'un essai industriel imminent devrait avoir lieu au premier semestre 2001 ; il existe une forte demande de construction en Terre. Possibilité de dépôt d'un brevet.

Les résultats obtenus sur la filière couleur par le CRPMC de Pau sont les suivants :

- La bauxaline présente des propriétés colorante et opacifiante supérieures à celles d'un ocre rouge ; elle peut être introduite dans les matrices PE : soufflage de sacs poubelles chez un fabricant (résultat encourageant), dans les peintures (essai chez un fabricant), dans les sols élastomères (fabrication de dalles souples), dans les céramiques (essais de résistances à chaud), dans les enduits (essais en cours chez Lafarge). Il est recherché de nouvelles applications comme pigment : bétons, enrobé bitumineux,... Une étude de brevetabilité est en cours concernant les propriétés opacifiante et colorante de la Bauxaline.

- Il y a un besoin d'élargir la vision sur cette filière couleur en créant une gamme (Figure 8) : différentes voies de valorisation semblent techniquement possible et l'intérêt des utilisateurs évident. Ces échanges ont permis : de définir 4 produits de base, de réfléchir aux technologies à mettre en œuvre et d'évaluer les prix de revient.

Figure 8. Obtention de la gamme Bauxaline.



*Obtention de la
gamme Bauxaline*

Etudes marketing

L'étude de marketing a été confiée à des élèves de l'EMA pour le catalogue (fiches technique), un positionnement versus concurrence et une prospection des marchés.

La première étude de marketing a été réalisée en décembre 2000. Le démarchage s'est fait par téléphone, fax et courrier électronique à partir d'un questionnaire après que les entreprises qui aient été sélectionnées sur le Kompass. 95 concurrents ont été contactés : 34 ont répondu et 17 sont intéressés par le produit pour un produit contretypé (Ech 130M et Bayferrox de Bayer), conditionné en sac de 25kg ou en Big bag de 1t pour un prix de vente de 6 et 15F/kg et correspond à un marché potentiel de plusieurs milliers de tonnes pour le pigment (couleur).

Trois autres marchés ont été visés (techniquement abordables) mais il ne représentent pas les plus gros volumes. Ce sont : i) les peintures: 229 entreprises contactés, 29 réponses dont 12 positives (le marché potentiel est de 6500t de pigment rouge-brun), ii) les plastiques (sans utilisation de la propriété opacifiante) : 60 fabricants de sacs poubelles, 11 entreprises ont répondu mais une seul est intéressé (couleur peu utilisée) les entreprises utilisant directement des compounds ; 60 compoundeurs ont été contactés, 13 ont répondu et quatre sont intéressés, et iii) les sols : 80 fabricants ont été contactés mais la piste reste à mieux définir.

Actions 2001

- Poursuite de l'action « marketing »: seconde étude marketing (janvier 2001) sur les marchés BTP...gros consommateurs de pigment pour définir une politique de prix (appui marketing).

- Suivi des prospects : réalisation des fiches de sécurité et analyses particulières, rédaction des documents pour Ademe, développement RD pour de nouveaux produits: (Bauxaline calcinée, mélange à partir de Bauxaline) et des mesures de la couleur et de formulation.

Conditionnement de la bauxaline (Présentation de Mr Rousseaux, DR AP)

Quatre aspects ont été soulignés :

- i) Technologies et stratégies de séchage ;
- ii) Savoir-faire RD/RE
- iii) Chiffrage et éléments de comparaison
- iv) Perspectives RD/RE

Technologies et stratégies de séchage

Le lagunage à Mange-Garri permet un séchage naturel de la bauxaline ; cependant pour s'affranchir des variations climatiques surtout en hiver, il convient de définir une stratégie de séchage. Le principe du 'dry-stacking' est d'épaissir la bauxaline avec un décanteur haute-performance puis de réaliser un épandage des résidus en couches minces pour assurer un séchage solaire.

D'un point de vue historique, les étapes suivantes ont été réalisées : Deep Thickener d'Alcan ; Pilotage Taster RD/DV 1993 (750 à 800 g/l laveurs 1, 3 et 8 et débits spécifiques de l'ordre de $15 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$) ; stages RD/RE 1998 et 1999 (rhéologie, éléments d'écoulement sur plan incliné et décanteur Pilote Conique ($28 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$)).

Savoir faire RD/RE

Les développements ont porté sur la technologie de décanteur Haute Performance, les flocculants, la viscosité des boues de pompage et l'épandage : formation du talus, inclinaison (conicité du talus), surface & épaisseur, séchage solaire, la filtration des résidus inertes (alimentation des filtres : boues Dernier Laveur) avec des développements technologiques avec VERNAY Filtres-PHILIPPE, ou à l'usine de NIKOLAYEV avec l'installation de FILTRES PRESSE pour sécher la bauxaline (opérationnel depuis février 2000). L'humidité résiduelle de leurs gâteaux est de 20 à 25 %.

Le séchage des résidus inertes qui est un produit minéral «facile» à sécher, mais le séchage thermique coûte cher : il est donc nécessaire de développer une stratégie industrielle

avec un séchage en deux temps (S2T) et l'implantations des ateliers de séchage selon des critères socio - technico - économiques.

Les problèmes de séchage sont dus à la taille des particules à l'envolement des particules les plus fines, à l'agglomération et la formation de grumeaux et à des contraintes technologiques : dépoussiérage, système d'émottage, transport des boues, du produit séché et stockage / conditionnement

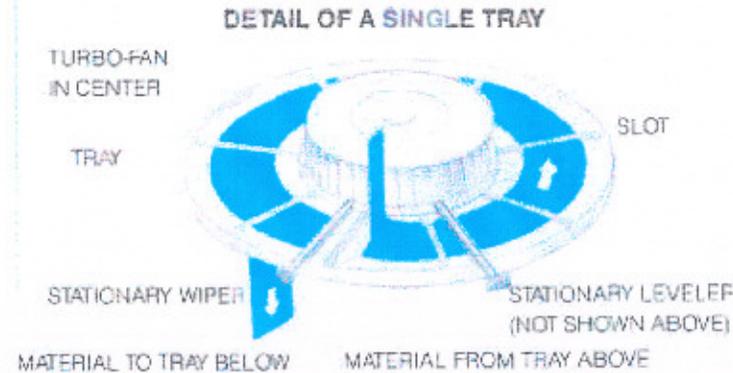
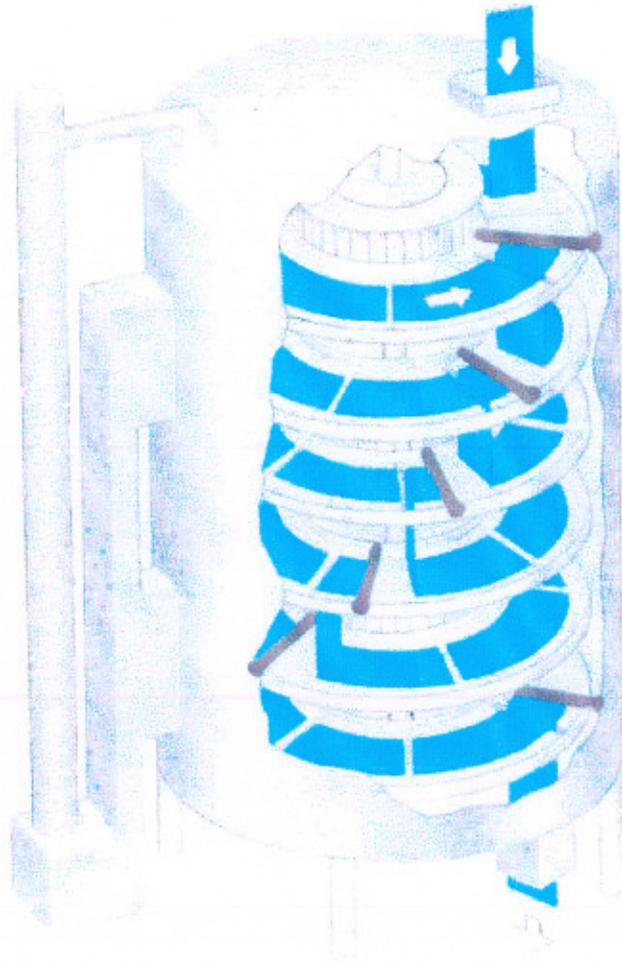
Les modes de transfert thermique sont la conduction ou séchage indirect la convection ou séchage direct. Un sécheur de type conductif a une surface d'échange importante et produit moins d'envolements ; un sécheur de type convectif a un système de dépoussiérage conséquent et enfin un sécheur mixte convection-conduction a une meilleure efficacité thermique et présente une installation plus compacte. Parmi les critères de d'un choix d'un sécheur, il convient de retenir : un coût d'installation faible, une installation compacte (coût génie civil faible), un coût de consommation d'énergie faible, des coûts de maintenance et de main d'œuvre faibles et trouver un appareil adapté au séchage de la Bauxaline. Quatre types de sécheurs pourraient être testés : sécheur de type TURBO-DRYER (Figure 9), APV Spin-Flash Dyer (Figure 10), EKATO Solidmix HST (Figure 11) et ALPHA-VOMM (Figure 12). Le tableau 5 donne un récapitulatif des quatre type de sécheurs ?

Prospectives

Il convient à l'avenir d'arriver à des chiffrages plus fins, à réaliser des essais technologies adaptés et assurer un développement de choix stratégiques et de comparaison technico-économique.

Wyssmont TURBO-DRYER

Figure 9. Sécheur de type Wyssmont Turbo-DRYER.



- Construction verticale
- Peu d'encombrement
- In-door ou out-door

- Faibles coûts de maintenance
- Faibles coûts de main-d'œuvre
- Faibles coûts énergétiques

APV Spin-Flash Dryer

- Produits pâteux / Gâteaux de filtration / ...
- Débits élevés (jusqu'à 15 t/h)
- Coût génie civil assez faible
- Installation compacte
- Filtre à manche conséquent

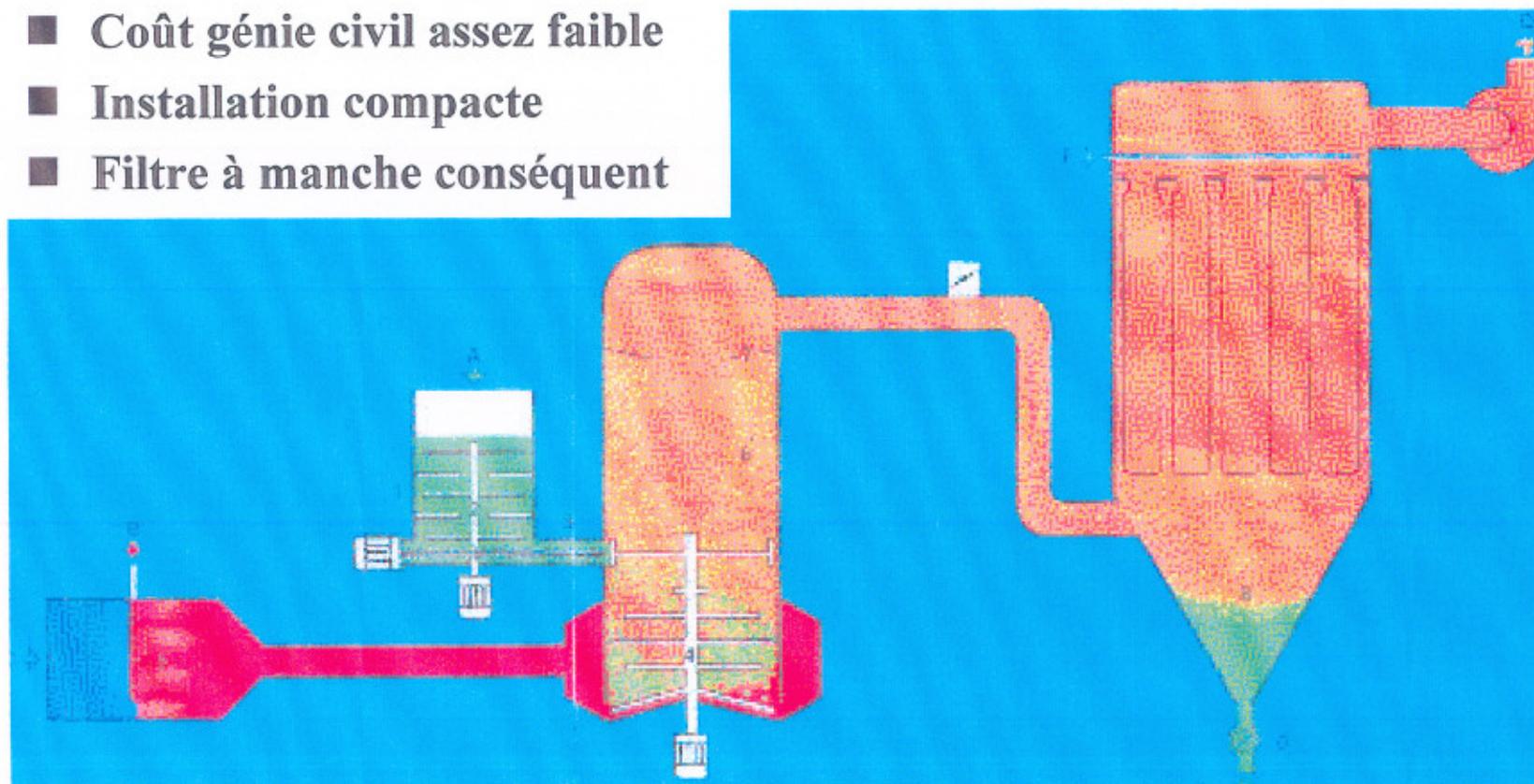
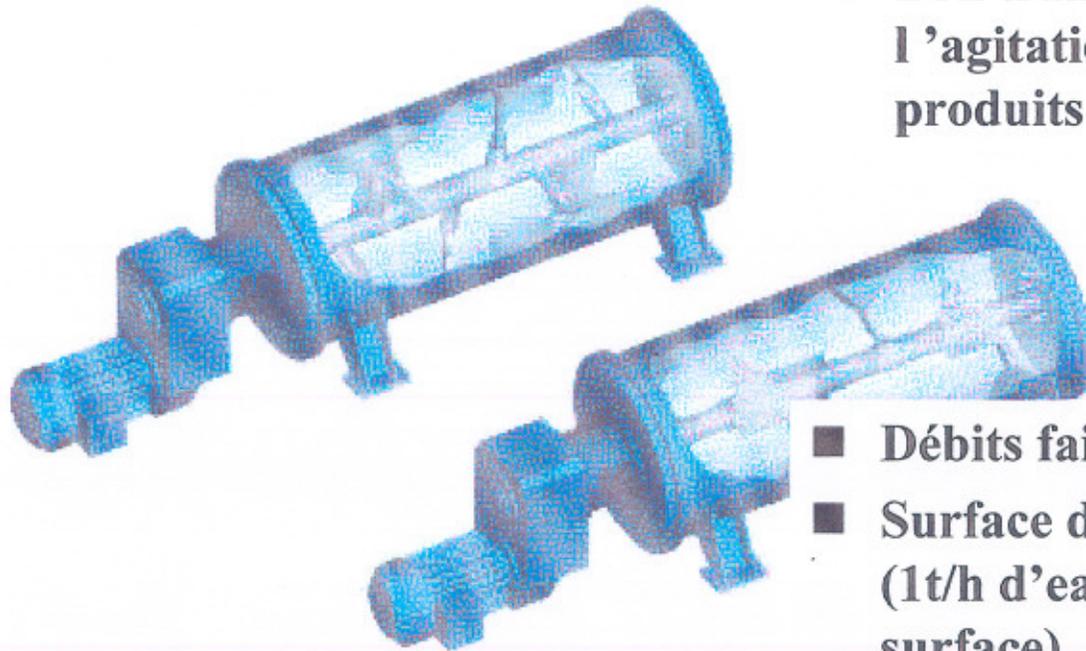


Figure 10. Sécheur de type APV Spin-Flash Dyer.

EKATO Solidmix HST

- Sécheur du type **CONDUCTIF**
- Bon transfert de chaleur (dû à l'agitation), même avec des produits pâteux



- Débits faibles (~ 1.5t/h)
- Surface d'échange importante (1t/h d'eau à évaporer → 100m² de surface)
- Prévoir éventuellement des émotteurs
- Filtre à manchon conséquent

Figure 11. Sécheur de type Solidmix HST.

ALPHA-VOMM

- Sécheur développé pour sécher les boues des stations d'épuration communales et industrielles

- Sécheur mixte :

- par convection du courant d'air chaud
- par contact du manteau chauffé du cylindre



- consommation minimale d'énergie
- installation simple
- construction compacte
- auto-nettoyage mécanique
- particules séchées séparées dans un cyclone

Figure 12. Sécheur ALPHA-VOMM.

TABLEAU COMPARATIF

	APV	EKATO	VOMM	Wyssmont
■ Energie pour évaporer 1 kg d'eau	■ 1.5 à 2 kW/h	■ 1.33 kW/h	■ 0.9 à 1.2 kW/h	■ ?
■ Générateur de chaleur	■ oui	■ oui	■ oui	■ oui
■ t/an	■ 20 000	■ 5 000	■ 20 000	■ 20 000
■ Prix MATERIEL	■ 11 MF	■ 3 MF	■ 9 MF	■ 7 MF
■ FF/t sec	■ 550	■ 600	■ 450	■ 350

Tableau 5. Tableau comparatif.

41

Rapport de Monsieur G. Tilmant sur l'avancement des travaux entrepris en 2000 par Aluminium Pechiney sur l'emploi de la bauxaline et sur les projets d'étude 2001.

Actions 2000 (autres que celles présentées avant)

Plusieurs autres actions ont été menées en 2000 pour utiliser la bauxaline :

- le comblement de cavités souterraines par coulis d'injection avec un mélange de bauxaline et de cendres volantes, cette opération pilote est menée avec le DRIRE-INNERIS-EDF/TEGG pour valider la méthode : choix des cavités souterraines, recherche de sites sur d'anciennes carrières exploitées pour la pierre à chaux dont la surface est de l'ordre de 1 hectare.

Deux sites ont été sélectionnés : Peypin et Peynier, ce dernier a été retenu pour sa facilité d'accès : site peu profond (10-15 m), surface exploitable de l'ordre de 1 hectare. Une demande officielle d'autorisation auprès du propriétaire a été faite.

- l'étude de faisabilité pour combler les anciennes carrières de gypse de Roquevaire pour le compte de la mairie de Roquevaire pour les galeries les Platières : projet présenté par AP/Gardanne-EDF/TEGG-GTS, surface à combler de 6500 m² pour un volume de coulis de 60000 m³. Coût prévisionnel de 12,5 MF.

- couverture de décharges :

SIVOM de Martigues : négociation pour la réhabilitation de la décharge du Ventoulin à Port de Bouc, 12 hectares à couvrir sur 3 ou 4 ans ; accord de la DRIRE pour l'utilisation de la bauxaline et réponse favorable de la direction du SIVOM, début des travaux de réhabilitation prévus en 2001.

HBCM : réhabilitation d'un terril houiller : contacts très avancés avec les responsables des HBMC, enjeu de 60000 à 80000 m³ ; essais sur un lot de 1000 m³ avec des résultats satisfaisants ; appels d'offres lancés fin 2000.

- utilisation de la Bauxaline pour l'inertage de cendres de foyer

Collaboration avec les Charbonnages de France : centrale Sainte Lucy à Montceau les Mines, essais de laboratoire positifs, livraison de 450 t en décembre 2000 pour un essai industriel de pilotage, enjeu de 15000 t (prix de vente de 100 F/t).

- inertage de déchets industriels : mélange de résidus de broyage de voitures et bauxaline pour obtenir un produit équivalent à un remblai, action menée avec le Compagnie Française de Ferrailles, tests de laboratoires favorables, poursuite par une opération de pilotage industriel en 2001, réalisation d'un cahier des charges avec ANTEA pour la validation de la méthode et du produit (action menée avec RD Péchiney).

Des activités de communication ont également été menées :

- réunion à la mairie de Gardanne ;
- réunion avec des représentants du Conseil général des Bouches du Rhône ;
- réunion avec l'association 'Robin des Bois'.

Objectifs 2001

Pour 2001 les actions suivantes sont proposées :

- faire valider la bauxaline comme produit.
- utiliser progressivement la bauxaline à une échelle industrielle avec un objectif de 62000 t en 2005.
- continuer les actions pour l'utilisation de grandes quantités de bauxaline : comblement de cavités souterraines (réussir le pilotage industriel pour homologuer le mélange et la méthode); remblais routiers (construction d'une voie de raccordement au CD6); réhabilitation de décharges (SIVOM de Martigues, 3 hectares en 2001, 3000 t); décharge inerte (réhabilitation de l'alvéole 2, 1 hectare, 10000 t, réalisation d'une nouvelle digue).
- maintenir les recherches avec R/D Péchiney : développement de l'utilisation de la bauxaline dans les domaines à valeur ajoutée : colorants, inertage de déchets industriels

(réalisation d'un pilotage pour inerte des résidus de broyage de l'industrie automobile), matériaux de construction (blocs à bâtir).

- réparation de la bauxaline : étude de détail du projet dry stacking en 2001 et d'un projet par filtre presse.

- renforcer la prospection commerciale et les études de marchés.

Recommandations 2000 du Comité Scientifique de Suivi

Le Comité Scientifique de Suivi souligne la diversité des voies d'études entreprises par A.P. notamment sur l'emploi de la bauxaline. Le C.S.S. approuve Aluminium Pechiney sur le déroulement des études réalisées en 2000 et les nombreux projets d'utilisation de la bauxaline qui ont été présentés lors de la réunion annuelle du CSS du 18 janvier 2001. Les documents et dossiers fournis par AP permettent au CSS de faire une analyse critique des travaux entrepris.

A l'examen des résultats présentés et en fonction des discussions qui ont suivi, le CSS recommande :

- i) que soit réalisée en 2001 une synthèse des différents travaux réalisés sur le devenir en mer des résidus inertes à partir de l'ensemble des campagnes réalisées pendant la dernière décennie, afin de bien mettre en évidence les acquis et les questions qui se posent encore pour mieux finaliser la prochaine campagne d'échantillonnage prévue en 2002 ;
- ii) que les tests d'écotoxicologie qui se sont révélés positifs soient refaits lors de la prochaine campagne d'échantillonnage en 2002 en une dizaine de stations selon un gradient bathymétrique. Le CSS reste en veille sur les progrès des études en écotoxicologie, science récente, et se donne la possibilité lors du prochain CSS lorsque les résultats des campagnes de mesures IFREMER seront connues de recommander de réaliser d'autres tests d'écotoxicologiques complémentaires ;
- iii) que soit entrepris une réflexion et une recherche sur une méthode d'ageage des résidus en mer ;

- iv) que lors de la campagne 2002 soit étudiée l'extension des résidus inertes vers l'ouest et le sud ;
- v) que Aluminium Pechiney poursuive sa recherche de voies de valorisation de la bauxaline afin d'établir des schémas de procédure. Le CSS reconnaît l'effort entrepris par AP Gardanne dans ce domaine et prend acte que ce sont des opérations de longue durée et approuve la nouvelle démarche d'étude de marché et recommande que soient notamment poursuivies les investigations sur le séchage (rapprochement avec des industriels ayant les mêmes défis technologiques) y compris celles sur les matériaux résistant à l'abrasion ;
- vi) que soit valorisés les études scientifiques (récifs, chimie, biologie, courantologie) et techniques (utilisation de la bauxaline) dans des revues à large audience ou lors de conférences ou séminaires ;
- vii) que soit organisé une manifestation grand public pour faire le point sur les travaux entrepris par AP Gardanne sur le devenir des résidus en mer et les actions de valorisation de la bauxaline ;
- viii) que soit élargi les capacités d'analyse du Comité Scientifique de Suivi dans le domaine de la valorisation industrielle de la bauxaline ;
- ix) qu'Aluminium Pechiney réalise un Résumé Technique du Rapport Annuel 2000, le CSS se chargeant de la relecture de ce « Digest ».

Wimereux le 31 mars 2001
Jean-Claude DAUVIN
Professeur de l'Université des Sciences et Technologies de Lille 1
Président du Comité Scientifique de Suivi