

## ALTEO bilan intermédiaire 2017 : Avis synthétique du CSIRM

Le CSIRM, réuni en plénier le 29 juin 2018, fournit un premier avis après analyse critique des documents remis par ALTEO (Tomes 1 à 8), constituant le Bilan Intermédiaire 2017, issu du programme d'études et de suivi de l'impact des rejets de l'usine de Gardanne sur le milieu marin (Suivi 2016-2017).

Pour mémoire, le bilan intermédiaire devait porter sur quatre catégories de préoccupations découlant de l'arrêté préfectoral du 28 décembre 2015.

- **1- Étudier le devenir de l'effluent liquide résiduel dans le milieu marin ;**
- **2- Évaluer l'impact du rejet liquide résiduel sur la qualité de la colonne d'eau ;**
- **3 - Suivre l'évolution de la contamination métallique des poissons pêchés dans la zone d'influence du rejet et réaliser une évaluation du risque sanitaire lié à leur consommation ;**
- **4- Apprécier l'évolution spatiale et temporelle de l'emprise du dépôt de résidus de bauxite et de ses impacts.**

Après examen des documents remis par Alteo, détaillé dans l'avis développé qui suit, le CSIRM émet l'avis synthétique suivant :

- Le CSIRM constate la mise en œuvre d'un important programme de deux années visant à répondre aux exigences posées et qui a abouti à la réalisation satisfaisante de certains des objectifs fixés par l'arrêté. Il reconnaît les efforts réalisés par l'entreprise Alteo pour dérouler ce programme et conduisant au déploiement de moyens et d'équipements sans précédent pour un industriel dans ce secteur. Les tâches et protocoles prescrits, notamment dans les avis précédents du CSIRM, ont été dans leur ensemble correctement réalisés et ont produit une très grande quantité de données, qui apportent des connaissances nouvelles sur les compartiments suivis.
- **Les experts du CSIRM apprécient donc unanimement l'effort d'ALTEO et reconnaissent l'ampleur et, globalement, la qualité du suivi réalisé en accord avec les objectifs qui lui ont été fixés. Il reconnaît aussi par ailleurs l'effort de recherche considérable et l'avancée rapide de l'entreprise dans la mise au point d'un nouveau procédé dont le rejet liquide soit complètement conforme aux normes environnementales.**
- Le CSIRM estime cependant que la masse substantielle de données produites n'a pas encore donné lieu à une intégration suffisante pour que les experts puissent exprimer avec assurance un avis définitif sur la complète réalisation de tous les objectifs fixés. **Le CSIRM recommande donc de mieux conforter les interprétations fournies et les hypothèses avancées. L'analyse critique des résultats, ainsi que leurs interprétations doivent être approfondies, en particulier par une confrontation des données produites avec les éléments de référence disponibles.**
- **Le CSIRM relève de nombreux points de forme, secondaires, mais qui auraient pu améliorer la qualité des rapports constituant le Bilan :** des méthodes sont parfois mal expliquées et des protocoles insuffisamment détaillés, ne permettant pas toujours aux experts de s'assurer pleinement de la validité de certains résultats.

Le CSIRM est conscient qu'il ne s'agit pas ici de répondre à des questions de recherche scientifique mais seulement d'évaluer le degré d'atteinte d'objectifs et de s'assurer que les zones d'incertitude qui subsistent n'engendrent pas des risques inacceptables pour la qualité des eaux, résultant du rejet de l'effluent. La complexité, le nombre, et la spécificité des opérations nécessaires pour satisfaire les conditions fixées par l'arrêté préfectoral appellent une approche pragmatique animée par le souci de déployer des moyens équilibrés avec l'objectif, et de tirer le plus d'informations possibles des données recueillies avant d'en aller chercher d'autres. **Le CSIRM ne recommande donc pas l'acquisition de données supplémentaires sur l'année 2018, mais invite le maître d'ouvrage à effectuer un effort d'intégration des résultats et à procéder à leur présentation synoptique sur l'ensemble des tâches, montrant comment on progresse vers les objectifs découlant de l'arrêté préfectoral du 28 décembre 2015.**

De façon plus précise, le CSIRM considère que, globalement, les volets Caging (immersion de cages à moules, Tome 4), Campagnes de pêche (Tome 5), Sédiments (Tome 6) et Communautés benthiques (Tome 7 et Tome 8) ont été réalisés de manière satisfaisante. Les résultats qui en découlent montrent que la contamination métallique des poissons pêchés dans le canyon de Cassidaigne n'entraîne pas de risque sanitaire plus élevé que celui estimé dans les études de l'alimentation totale (EAT 2) et la population de grands consommateurs de produits de la mer (CALIPSO)) pour l'ensemble des éléments traces métalliques (ETM) considérés.

Ces résultats font aussi ressortir une évolution positive de la qualité du milieu dans l'environnement proche du dépôt de résidus de bauxite et de l'impact de ceux-ci sur la qualité des fonds et des communautés présentes, notamment au niveau des substrats meubles. Les communautés de substrat dur (Tome 8) ont également fait l'objet d'une étude satisfaisante.

Ces travaux répondent donc globalement aux objectifs 1 et 2 ci-dessus de l'arrêté préfectoral du 28 décembre 2015 (suivi de l'évolution de la contamination métallique des poissons pêchés dans la zone d'influence du rejet et la réalisation d'une évaluation du risque sanitaire lié à leur consommation ; appréciation de l'évolution spatiale et temporelle de l'emprise du dépôt de résidus de bauxite et de ses impacts.)

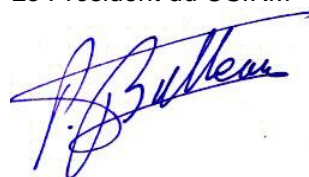
En revanche le suivi de la qualité des eaux (Tome 1 et Tome 2) et la modélisation associée (Tome 3) laissent encore ouvertes à ce stade des incertitudes qu'il faut arriver lever afin de répondre plus clairement aux objectifs de l'arrêté concernant les exigences 3 et 4 ci-dessus (étude du devenir de l'effluent liquide résiduel dans le milieu marin ; évaluation de l'impact du rejet liquide résiduel sur la qualité de la colonne d'eau). Cela requiert un effort de structuration, d'interprétation, et de comparaison des résultats entre eux, et de leur mise en parallèle avec des données de référence ou complémentaires. Le CSIRM tiendra une réunion technique d'échange en septembre 2018 en présence d'ALTEO, de son bureau d'étude prestataire et des chercheurs associés, pour approfondir la discussion technique et scientifique sur ce volet très complexe du Bilan. A l'issue de cet examen, le CSIRM se réserve la possibilité de demander certains relevés complémentaires, qui seraient inclus dans le programme de suivi 2019.

Par ailleurs, en prolongement de l'avis synthétique ici exprimé par le CSIRM et de l'avis détaillé qui suit, les experts ont émis un ensemble de **préconisations** tirées des observations, remarques et souhaits formulés dans leurs rapports ou au fil de la discussion collective de la réunion du 29 juin 2018. Ces préconisations, de contenu très technique, seront transmises à l'industriel dans leur forme originelle pour faciliter et accélérer la confection de la version aboutie et stabilisée du Bilan 2017. Elles ne sont pas détaillées dans cet avis et leur mise en œuvre sera discutée au cours d'une autre réunion technique du CSIRM avec l'entreprise et ses conseils. **Ces préconisations seront rendues publiques ultérieurement après mise en forme. Le présent avis n'en donne qu'un aperçu général à la suite de l'avis détaillé.**

Le CSIRM attendra donc, pour formuler son avis général définitif, la livraison du « **Bilan intermédiaire abouti et stabilisé** » dont chaque tome intégrera les réponses aux questionnements de l'avis détaillé qui suit. Ce bilan devra être accompagné d'un tome présentant de façon synoptique le degré de réalisation de chacun des quatre objectifs de l'arrêté, rappelés ci-dessus, et d'une synthèse s'efforçant d'intégrer l'ensemble des données pour permettre une appréciation **globale** des impacts du rejet sur la qualité des eaux, la faune et la flore marine, et la santé humaine.

À Marseille, le 3 août 2018

Le Président du CSIRM



Pierre BATTEAU

## ALTEO bilan intermédiaire 2017 : *Avis détaillé du CSIRM*

### 1- Éléments de contexte et déroulement de la mission du CSIRM

L'arrêté préfectoral du 28 décembre 2015 accordait à ALTEO l'autorisation de rejeter à la mer l'effluent résiduel du traitement de la bauxite, sous réserve de mettre en œuvre un programme d'études et de suivi de l'impact des rejets sur le milieu marin, dont les protocoles devaient être soumis au CSIRM pour évaluation et validation.<sup>1</sup>

Après avoir procédé aux campagnes de recueil de données, ALTEO était tenu de remettre (article 9.4.6 de l'arrêté préfectoral), au plus tard le 31 décembre 2017, un premier bilan comprenant à minima les résultats relatifs aux suivis de la qualité des eaux, des sédiments, des communautés benthiques (substrats meubles et durs) et des hydrotalcites.

ALTEO a ainsi transmis aux services de l'État, en décembre 2017, un premier ensemble de documents constituant ce bilan, à l'exception des parties concernant :

- la dernière période d'enregistrement des données issues de l'instrumentation fixée aux deux lignes de mouillage déployées, du fait que ces données étaient encore en cours de traitement ;
- les campagnes de pêche, suite à un retard dans l'analyse des éléments traces métalliques (ETMs) dans la chair des poissons capturés, résultant d'un incident technique du laboratoire traitant ;
- le compartiment « hydrotalcites » (HTC), dans la mesure où les expérimentations de laboratoire exigeaient encore plusieurs mois de travail.

Ces parties, à l'exception de l'étude sur les hydrotalcites en phase de finalisation, ont été complétées et transmises en mars 2018 ; elles constituent le « **Bilan intermédiaire 2017** » (Bilan intermédiaire 2017), comprenant neuf tomes (un pour chaque tâche de suivi) et un tome de synthèse.

---

#### « Bilan intermédiaire 2017 » (BI-2017), Tomes reçus en décembre 2017 et mars 2018

---

<b>T1_EauContinu</b>	Sur le suivi de la qualité des eaux – mesures « en continu », issues de l'instrumentation fixée aux deux lignes de mouillage (LMIs) déployées et des deux campagnes « <i>glider</i> »
<b>T2_EauPonctuel</b>	Sur le suivi de la qualité des Eaux – prélèvements ponctuels
<b>T3_EauModel</b>	Sur le suivi de la qualité des Eaux – Modélisation
<b>T4_Caging</b>	Sur l'immersion de cages à moules (bioaccumulation d'éléments-traces métalliques ETMs par les moules)
<b>T5_AvPêche</b>	Sur les campagnes de pêche (concentrations ETMs dans poissons)

---

<sup>1</sup> cf. avis du CSIRM du :

4 juillet 2016	(avis global sur le protocole V2) ;
10 janvier 2017	(avis sur le protocole V4, notamment sur (1) l'évaluation de la contamination chimique du compartiment biotique et (2) sur l'emploi d'un dispositif d'acquisition de données à haute fréquence et haute résolution spatiale de type planeur sous-marin ( <i>glider</i> ), en vue de redéfinir les étendues des champs proche et moyen de dispersion du rejet ;
14 avril 2017	(avis sur les points à enjeu, suite à la présentation des mesures réalisées au premier trimestre 2017 : lignes de mouillage instrumentées et mission <i>glider</i> ) ;
30 octobre 2017	(avis relatif à la relève des lignes instrumentées).

<b>T6_Sédiments</b>	Sur la caractérisation physico-chimique et l'activité écotoxique des sédiments
<b>T7_BenthosSubMeubles</b>	Sur le benthos des substrats meubles
<b>T8_SubstratsDurs</b>	Sur le benthos des substrats durs
<b>T9_Hydrotalcites</b>	Sur le compartiment « hydrotalcites » (HTCs)

Le tome 9 sur les hydrotalcites a été complété en juillet 2018, après la réunion du CSIRM et cette nouvelle livraison n'a donc pas fait l'objet d'un examen. Celui-ci aura lieu lors d'une réunion du CSIRM en septembre 2018. Le retard est attribuable à une cause totalement indépendante de la volonté d'ALTEO

Ces tomes ont fait l'objet d'une analyse approfondie de la part des membres du CSIRM conduite selon les étapes suivantes :

- A. consultation des experts du CSIRM sur des points spécifiques par le biais des *Tableaux-guides* élaborés par le Parc des Calanques, reportant l'historique de toutes les recommandations émises par le CSIRM et des dispositions particulières du Préfet depuis l'arrêté préfectoral du 28 décembre 2015 ;
- B. évaluation globale de chaque tome par un expert-référent ;
- C. échanges (mail et téléphoniques) entre experts, recueil et synthèse des avis des experts-référents par le Parc des Calanques ;
- D. réunion plénière du CSIRM du 29 juin 2018 : mise en commun des avis des experts-référents et débat général en vue de la production d'un avis global sur le Bilan intermédiaire 2017 ; temps d'échange avec l'exploitant industriel ALTEO (à l'issue de la réunion) ;
- E. suite à la réunion du 29 juin 2018 : émission d'un Premier avis sur le Bilan intermédiaire 2017. Cet avis est accompagné d'un ensemble de préconisations, adressé à l'entreprise pour préparer une version aboutie et stabilisée du Bilan intermédiaire 2017 », et dont la mise en œuvre sera discutée lors d'une réunion technique d'échange avec ALTEO en septembre 2018.
- F. L'avis définitif du CSIRM sur le Bilan intermédiaire 2017 portera sur la version aboutie et stabilisée du *Bilan intermédiaire 2017*, suite à la prise en compte par ALTEO des préconisations évoquées ci-dessus.

## 2 - Remarques générales sur le Bilan intermédiaire 2017

Les remarques générales du CSIRM sur le Bilan Intermédiaire 2017 portent sur les points suivants : la qualité de la réalisation et des méthodes mises en œuvre, la qualité de la présentation des résultats et la pertinence de leur interprétation, une évaluation, là où possible, de l'éventuel impact du rejet.

-Le CSIRM salue unanimement l'effort produit par ALTEO pour la réalisation de ce Bilan Intermédiaire, à mi-parcours, résultant des suivis réalisés en 2016 et 2017 dans le cadre du Programme d'études et de suivi de l'impact des rejets sur le milieu marin établi par l'arrête préfectoral du 28 décembre 2015. Le travail réalisé est globalement d'une bonne qualité et satisfait pleinement à certains des objectifs fixés par l'arrête préfectoral du 28 décembre 2015.

-L'interprétation des résultats est jugée cependant insuffisante dans certains cas et le CSIRM demande à ALTEO un effort supplémentaire afin de valoriser de façon adéquate l'importante quantité de données recueillies, notamment en approfondissant leur interprétation, en les remettant en perspective en opérant des croisements de données issues des différents suivis. On doit pouvoir utilement par exemple comparer des paramètres dans les tomes « SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX » ; et des concentrations d'ETMs dans les SUIVIS QUALITE DES EAUX » et « CAGING », et les confronter avec les données existantes de référence (exemple : données historiques, bibliographies existantes) ou complémentaires (exemple : données sur le rejet issu de l'usine de Gardanne).

-Il est souhaitable de disposer d'une présentation globale et d'une analyse intégrée des résultats acquis dans les différentes tâches décrites. Un synoptique des mesures réalisées (dans le temps et dans l'espace) et des résultats acquis permettrait de donner une vision globale des données acquises et de leur interprétation.

-Les incertitudes qui demeurent, notamment celles concernant la caractérisation et le devenir du panache de particules néoformées d'hydrotalcites (T1-T2-T3) doivent être levées (une meilleure exploitation de la littérature existante pourrait y contribuer).

### **3 - Suivi : qualité des eaux, mesures en continu, mesures ponctuelles, et modélisation (Tomes 1, 2, et 3)**

#### **3.1 Forme**

Le bilan intermédiaire du suivi de la qualité des eaux intègre les Tomes T1, T2 et T3. Il représente un effort conséquent qui va globalement dans le sens des demandes du CSIRM.

Il reste toutefois des questions qui n'ont pas été suffisamment éclaircies, des aspects méthodologiques à préciser, des analyses à affiner et des interprétations à mieux argumenter sur la base des résultats obtenus et de la bibliographie existante.

Globalement les résultats de cette partie nécessitent une exploitation et une interprétation approfondies, basées sur le croisement des paramètres mesurés, sur les nombreuses données antérieures et sur les études disponibles en littérature, notamment au regard de ce qui est connu dans la zone.

L'objectif premier était de rechercher la trace du panache dans les observations et de bâtir des scénarios à partir des constats issus de l'analyse conjointe de l'ensemble des paramètres mesurés (synthèse globale du jeu de données).

Les trois Tomes présentent de manière exhaustive l'important jeu de données et d'informations qui ont été acquis. Néanmoins ils se caractérisent par une part trop large faite au descriptif des résultats, au détriment de leur analyse et interprétation, ce qui nuit à la mise en évidence des principaux résultats acquis et des points qui restent à approfondir (ceci est particulièrement vrai pour les deux premiers Tomes)

#### **3.1 Situation vis-à-vis des exigences de suivi de l'arrêté préfectoral du 28 décembre 2015**

**Concernant les objectifs du suivi de la qualité des eaux, tels qu'indiqués par l'arrêté préfectoral, le CSIRM considère qu'ils sont atteints pour ce qui est de l'évaluation de l'impact des concentrations en ETMs (et contaminants organiques) sur la qualité des eaux marines (protocoles d'échantillonnage et analyses adéquates). Par contre, concernant le comportement du panache de l'effluent et celui des particules d'hydrotalcites associées), il reste de trop nombreuses questions regardant l'interprétation des résultats du suivi en continu (T1, Lignes de mouillage instrumentées et *glider*) en regard des Mesures ponctuelles (T2) et de la Modélisation (T3).**

Les observations et mesures du suivi de la qualité des eaux, malgré leur réalisation sur des périodes plus courtes qu'une année complète<sup>2</sup> ont permis d'éprouver la validité des techniques déployées par rapport à la problématique de l'évaluation de l'impact (identification et dispersion du rejet).

En situant les résultats dans le contexte général du fonctionnement des marges continentales et du Golfe du Lion, les données de turbidité réalisées par les « *Glider* », les stations fixes et les mesures ponctuelles ont permis de reconnaître la structuration des eaux et la distribution du matériel particulaire en suspension selon trois structures :

- une structure néphéloïde de surface, qu'il sera nécessaire de mieux caractériser,
- une structure néphéloïde intermédiaire, de faible extension, vraisemblablement créée artificiellement par le rejet industriel ;

---

<sup>2</sup> Dans un précédent avis relatif au relevé des lignes le CSIRM s'est réservé la possibilité de demander une extension de durée si l'analyse des données en fait ressortir la nécessité.

- un néphéloïde benthique, structure permanente qui peut comporter une forte charge particulaire par effet de « *rebound fluxes* »<sup>3</sup> et remise en suspension de sédiments peu consolidés : cet effet peut concerner les dépôts de boues rouges et doit être analysé.

Ces résultats suggèrent une relativement faible dispersion du panache dans les conditions de l'expérience, latéralement sous forme de néphéloïdes et en partie vers les couches d'eau supérieures, compte tenu de la densité de l'effluent. Ils montrent également des turbidités fortes sans commune mesure avec la charge théorique du rejet (35 mg/L de matière particulaire). En revanche, les **prélèvements ponctuels** ont permis de montrer que l'impact sur la qualité des eaux en termes d'ETMs (dissous comme particulaire) est très faible, les concentrations mesurées étant toujours inférieures aux seuils maximaux autorisés.

Un point faible de cette partie du bilan est que l'analyse conjointe des données hydrologiques (T, S), de turbidité, de pH et de courants n'est pas suffisamment aboutie. Même si quelques bons exemples de corrélations entre la turbidité et les courants sont fournis, il existe de nombreuses incertitudes sur des épisodes de forte **turbidité** détectés par les sondes des LMI. L'interprétation de ces anomalies en référence aux conditions océano-météorologiques reste à faire (cf. 3. Préconisations).

Ensuite, la sédimentation de particules à des profondeurs supérieures à celle du point de rejet n'est pas traitée spécifiquement à partir des observations, ce qui représente un second point faible : le flux vertical de particules, sa variabilité, ainsi que la contribution des précipités d'hydrotalcites à la turbidité des néphéloïdes mériteraient d'être approfondies (préconisations à venir).

Restent ainsi ouvertes plusieurs questions cruciales, concernant la possibilité de forte remise en suspension des fonds dans les conditions observées, ou la remise en suspension du dépôt issu du rejet industriel, ou la contribution des particules d'hydrotalcites néoformées à la charge sédimentaire, ou le décalage entre la concentration de particules en suspension (plus élevée) et la charge théorique dans le rejet lui-même.

Pour répondre à ces questions plusieurs pistes doivent être poursuivies :

- confronter les résultats des mesures en continu et des prélèvements ponctuels avec l'historique des débits de l'effluent en sortie d'usine tout au long des opérations de suivi ;
- évaluer la contribution au panache et le devenir des particules d'hydrotalcites, néoformées par suite de la réaction chimique du rejet avec l'eau de mer.

Une exploitation des connaissances disponibles dans le domaine de la dynamique particulaire devrait aider à une meilleure interprétation des résultats, ainsi qu'à la mise en œuvre d'une stratégie simplifiée et cohérente pour la suite des suivis.

Ces observations et les questions qu'elles engendrent montrent que pour les suivis futurs, il sera nécessaire de réaliser de **façon synchrone** les opérations de mesures, indépendamment de leur type, dans le cadre d'une **campagne exhaustive** (*préconisations à venir*)

### 3.2 Modélisation

Le T3 présente la modélisation réalisée pour les courants et le panache issu du rejet et, en fonction des parties abordées, en examine différents degrés de performance.

Concernant la **modélisation des courants** le modèle est plutôt performant en surface, c'est à dire pour les niveaux de 50 et 100 m de profondeur, sur lesquels on voit bien le courant de retour de l'upwelling vers le nord. Le modèle fonctionne donc bien en conditions de mistral. Ses performances sont nettement moins bonnes dans les situations sans vent (scenarios 1 et 4) pour lesquelles le courant est plus variable.

En revanche en dessous de 200 m de profondeur, le modèle ne reproduit pas la variabilité temporelle des courants, tout particulièrement concernant leur direction, ni plus généralement leur caractère « haute fréquence ». Il apparaît bien que les **courants profonds** ne peuvent pas être classés par

régimes météo océaniques. Ce sont ces courants qui sont principalement responsables de la dispersion et de la remobilisation éventuelle des fonds (remise en suspension des dépôts peu consolidés). Cela veut dire que la dispersion n'est pas vraiment prévisible au sens où le modèle ne peut pas représenter au jour le jour où va le panache (*préconisations à venir*). Ces disparités voire incohérences entre les courants mesurés et les simulations ne permettent pas de considérer la représentation de la dynamique des couches de fond comme suffisamment aboutie (*préconisations à venir*).

Un autre point faible de la modélisation demeure l'absence de recherche d'une représentation réaliste du devenir du rejet sur plus d'événements. L'aspect dynamique et sa variabilité demeurent accrochés à l'analyse statistique de 2014, qui n'est pas pertinente pour les courants de fond. Malgré les critiques déjà faites, le rapport T1 commence non pas par les résultats objectifs mais par rappeler les *hypothèses* de l'étude de 2014 et les 7 scénarios moyens déduits de l'analyse statistique et se termine en réaffirmant que les hypothèses formulées étaient bonnes et que les conditions rencontrées au cours des expériences sont bien représentatives d'un cycle annuel. Dans le rapport sur la modélisation (T3), seules quelques périodes représentant les différents régimes météo-océaniques précédemment identifiés ont été modélisées (une période par régime). Pour répondre à la question de la description de la **dynamique du panache** (T3 § 5, p 53) comme **représentative de l'ensemble des conditions météo-océaniques annuelles** il faudrait considérer les séries de courant dans leur ensemble (*préconisations à venir*).

Concernant la dispersion du panache de **matière en suspension** lui-même, le modèle ne semble pas non plus suffisamment performant dans la mesure où il ne rend pas compte des concentrations très fortes (jusqu'à 500 mg/l) observées dans le néphéloïde benthique. Aux autres niveaux (moins profonds) le modèle est nettement plus proche des observations même s'il tend quand même à une sous-estimation systématique. Il faut cependant considérer ici que les incertitudes sur les épisodes de forte turbidité mentionnés précédemment dans les observations handicapent fortement l'interprétation des performances du modèle.

Ces résultats reposent sur les vitesses de chute, les courants horizontaux et les concentrations spécifiées par les expériences de laboratoire. La modélisation proposée a un premier défaut en ce sens que les particules qui contribuent le plus à la concentration sont celles qui chutent le plus vite et les auteurs de l'étude n'ont pas été capables de les modéliser. Donc au final c'est un ordre de grandeur issu de 3 multiplications qui est donné pour la distance horizontale parcourue avant que le dépôt principal se fasse. Cette distance caractéristique est de 1 à 2 km (voir page 32, T3).

La sédimentation des particules dans l'Océan est en soi un domaine très complexe sur lequel les modélisateurs butent encore. Il n'est pas surprenant que dans le cas présent (population de particules à large spectre de taille et d'origine artificielle), le modèle ne soit pas très performant. Cela étant, l'une des pistes à creuser pour en améliorer les performances est la dynamique des couches de fond, qui n'est pas bien représentée dans les simulations.

Dans ce contexte, la **modélisation de la dispersion des particules d'hydrotalcites** (80% des particules qui se déposent dans l'axe du canyon sous l'isobathe 200 m et 17% qui se déposent à une distance beaucoup plus grande mais qui ne produisent qu'un dépôt anecdotique) ne peut être considérée comme fiable dans l'état actuel de l'analyse des résultats, qui n'est pas assez solide.

En conclusion, la modélisation répond au moins en partie aux obligations de l'AP, le travail réalisé pour les courants paraît acceptable et il est difficile de faire mieux avec le modèle utilisé. Mais il est évident que le modèle apparaît plus performant pour les courants de surface que de fond, ainsi que pour représenter la diffusion de la phase dissoute, alors que de nombreuses incohérences concernent la phase particulaire.

#### 4- Suivi : immersion des cages à moules (Tome 4)

Dans cette tâche, exposée dans le Tome 4, le suivi de la qualité des eaux est effectué à l'aide de mollusques filtreurs capables d'accumuler la forme dissoute et particulaire des métaux présents dans la colonne d'eau. Après un séjour de 2,5 mois dans l'eau, et après normalisation avec l'indice de condition, les niveaux mesurés dans les organismes sont le reflet de la qualité du milieu sur cette période.

Les moules sont donc utilisées comme des intégrateurs biologiques de la qualité de la masse d'eau : il ne s'agit en aucun cas d'une analyse des risques sanitaires basée sur les mollusques bivalves. Les organismes ont été placés autour du rejet sur des zones où naturellement ils ne pourraient pas être présents.

**Le protocole mis en place et le travail réalisé dans le cadre du Suivi caging de moules sont satisfaisants et les comparaisons avec d'autres jeux de données ont été correctement effectuées (malgré quelques inexactitudes).** Un plus grand effort pourrait être accompli pour une **interprétation plus fine et une inter-comparaison des paramètres mesurés** (croisement avec les données issues du « Suivi des eaux » par exemple).

La vérification des hypothèses sur la qualité des eaux émises lors de l'étude d'impact n'a pas été effectuée. Cet exercice aurait nécessité la conversion des concentrations en ETMs dans les moules en concentrations moyennes dans l'eau, ce qui n'a pas été réalisé en raison des difficultés méthodologiques et de l'impossibilité de trouver un facteur de conversion (= facteur de bioconcentration) pour l'ensemble des métaux analysés (*préconisations à venir*).

La réflexion aurait pu être poussée plus loin et prendre en compte les résultats des autres suivis du projet. En particulier les concentrations d'ETMs dans l'eau, obtenues à partir des concentrations dans les moules, auraient permis de procéder à d'autres approches intéressantes du point de vue scientifique et opérationnel (*préconisations à venir*).

Concernant la méthodologie, le décalage temporel entre les expérimentations de 2015 (période de déploiement de cages : mi-juin à fin août) et de 2017 (période de déploiement de cages : fin mai à début juillet) n'est pas de nature à biaiser la comparaison entre jeux de données, car les deux périodes rentrent dans l'intervalle de variabilité naturelle, qui dépend de multiples facteurs environnementaux (par exemple : température de l'eau, maturité sexuelle des moules, etc.)

#### 4.1 Forme

Au niveau de la forme, malgré quelques inexactitudes (ex. légendes...), le rapport est d'un très bon niveau, les graphes qui présentent l'ensemble des résultats sont bien faits et très utiles pour l'interprétation.

#### 4.2 Situation vis-à-vis des exigences de suivi de l'arrêté préfectoral du 28 décembre 2015

Les suivis mis en place par le biais du *caging* de moules répondent aux exigences de l'arrêté et aux demandes du CSIRM, tant en termes de moyens que de protocoles.

Les « points faibles » du tome T4 sont :

- Le manque de comparaison avec les résultats obtenus et les hypothèses émises dans le cadre de l'étude d'impact (DDAE) (*cf.* plus haut **avis sur tomes 1-3**).
- L'absence de lien univoque entre la contamination en ETMs des moules immergées dans le cadre de l'expérience de *caging* et la contribution apportée à cette contamination par le rejet de l'usine de Gardanne.

En l'absence d'un **traceur isotopique** il est en effet impossible de différencier l'impact du rejet ALTEO des autres impacts (STEPs, Rhône), compte tenu de la synergie de pressions et contaminations dans le secteur.

En revanche, comme recommandé par le CSIRM, les conclusions de l'expertise IFREMER « Projet de rapport d'expertise de l'Ifremer relative à l'état de contamination chimique des produits de la mer en Méditerranée en lien avec les activités de transformation de minerai de bauxite de l'usine d'ALTEO » (Bouchoucha & Fabri, 2015), qui portait (entre autres), sur l'immersion de stations artificielles de moules, ont été prises en compte de manière adéquate.

Une limite importante est néanmoins à souligner : pour l'Aluminium et le Titane, deux éléments traceurs du rejet, il n'y a pas de référence à grande échelle, ces métaux n'étant pas dosés par le réseau RINBIO.

### 4.3 – Avis et points d'amélioration

Après avoir étudié la « normalisation » des résultats par l'indice de condition tel qu'indiqué dans le protocole de l'Ifremer, ALTEO a procédé à l'analyse des résultats en fonction de la profondeur d'immersion des cages et de la distance à la source, en les comparant ensuite aux normes de qualité environnementales (là où possible) et aux résultats produits par d'autres campagnes.

Une interprétation plus poussée est extrêmement difficile à faire, en raison du fait que les résultats dépendent de multiples facteurs : les apports et leur variabilité, la spéciation chimique, la forme dissoute ou particulaire, la stratification haline et/ou thermique du milieu et sa variabilité pendant la période d'immersion des cages à moules, les processus chimiques à l'interface effluent/eau marine, (en particulier la floculation des particules d'hydrotalcites), l'état physiologique des moules et leur capacité à s'alimenter (taux de filtration), etc.

L'effet du rejet apparaît comme significatif sur les concentrations en Aluminium, Chrome, et Titane. Il est toutefois limité : comme en 2015, la zone d'incidence reste restreinte puisque l'effet de l'effluent, maximal au niveau du rejet, ne dépasse pas un rayon de 500 m autour de celui-ci.

Cet effet est visible dans des proportions bien moindres dans une direction préférentielle de dispersion allant vers le nord-ouest. Par rapport aux résultats de 2015 (*cf.* l'étude IFREMER citée ci-dessus), les concentrations en Aluminium, Chrome et Titane sont en augmentation, principalement à 100 m de profondeur.

Les concentrations en Fer et Manganèse présentent des effets significatifs sur les poches immergées à 100 m de profondeur (toujours dans un rayon de 500 m autour du rejet). Ces métaux sont pourtant absents ou présents à de très faibles concentrations dans l'effluent liquide en sortie d'usine (le Fer était l'un des marqueurs des rejets solides). Même si l'effluent liquide n'est pas chargé en fer à sa sortie, le rejet semble avoir un effet sur les teneurs en fer dans la colonne d'eau. Le fer étant présent dans les résidus de bauxite du rejet historique, sa concentration dans les moules pourrait être liée à des remobilisations. Sans données de comparaison historique ou de référence, il n'est pas possible d'identifier la source de ce marquage. Dans les suivis à venir, une attention particulière sera portée à cet aspect, de manière à voir l'évolution dans le temps du signal enregistré par les moules.

**En conclusion l'expérience du *caging* a permis de constater la présence et d'évaluer l'extension du panache, sans néanmoins expliquer ou caractériser précisément le niveau d'impact.**

### 5- Suivi : campagne de pêche (Tome 5)

Le bilan intermédiaire sur le suivi par campagne de pêche (T5) a pour objet de préciser l'impact du rejet sur les produits de consommation (poissons) dans la zone d'influence du rejet, de caractériser l'évolution temporelle des concentrations en ETMs dans la chair des poissons entre 2015 et 2017, et d'évaluer dans quelle mesure ils pourraient représenter un risque sanitaire pour la santé humaine.

Le T5 constitue un rapport de très bon niveau, qui explicite de façon remarquable les hypothèses utilisées, notamment pour ce qui concerne le volet sur les risques pour les populations de consommateurs. Le tome peut être considéré comme valide en l'état, il est autoportant, mais ses conclusions doivent être intégrées pour l'interprétation des résultats produits par les autres suivis.

Au niveau de la **méthodologie**, le protocole proposé par l'ANSES et l'Ifremer a été parfaitement suivi, aussi bien que pour la période préconisée, les techniques de pêche et l'analyse des contaminants, en cohérence avec les recommandations du CSIRM.

Les **espèces** prélevées sont considérées comme adéquates pour l'évaluation en objet et bien que le **nombre d'individus** capturés ne puisse pas toujours être considéré comme suffisant au regard de la préparation des échantillons pour les analyses, le travail effectué reste de très bonne qualité.

La **localisation des stations** échantillonnées, qui diffère significativement de la localisation proposée dans le dernier protocole V5 (*cf.* fig. 11 page 28 du protocole), est adéquate pour rendre compte de la contamination des poissons sous l'influence du rejet et respecte pleinement les préconisations du

CSIRM, qui dans son avis du 10/1/2017 s'est prononcé pour que toutes les stations de prélèvement de poissons se localisent en correspondance du canyon (et non à l'extérieur) et a jugé l'échantillonnage d'une zone de référence comme non nécessaire, compte tenu de la contamination globale de la Méditerranée. Dans le même avis le CSIRM a néanmoins suggéré des pistes pour définir des « valeurs repères » auxquelles comparer les concentrations d'ETMs mesurées dans les tissus des poissons dans la zone d'influence du rejet, ce qui n'a pas été réalisé dans le cadre du présent rapport. Selon le CSIRM ces « valeurs repères » (= concentrations d'éléments traces métalliques minimales et moyennes dans les bases de données de la contamination des poissons), établissant avec une relative certitude les niveaux de contamination en Méditerranée, auraient pu être utilisés pour mettre en exergue, ou non, l'impact propre au rejet ALTEO).

### **5.1 Situation vis-à-vis des exigences de suivi de l'arrêté préfectoral du 28 décembre 2015**

**L'objectif de l'arrêté préfectoral du 28 décembre 2015 peut être considéré comme atteint tant pour ce qui concerne le suivi de l'évolution de la contamination métallique des poissons pêchés dans la zone d'influence du rejet que pour l'évaluation du risque sanitaire lié à leur consommation.**

Les suivis mis en place ont permis de répondre à la plupart des demandes du CSIRM, le protocole a été correctement suivi, le travail réalisé avec sérieux.

La campagne de pêche réalisée en 2017 est la première source d'information acquise sur cette matrice depuis l'arrêt des rejets de résidus de bauxite. La zone de pêche a été en 2017 restreinte à la zone du rejet en tête de Canyon (secteur d'environ 3 km de rayon autour de celui-ci).

Les **concentrations dans les muscles de différentes espèces de poissons présentes dans le canyon de Cassidaigne** sont supérieures à celles mesurées en 2015 sur cette même zone pour l'aluminium, le chrome, le vanadium et, dans une moindre mesure pour le titane. Cette différence est principalement visible sur les espèces démersales et benthiques. Ces métaux ayant par ailleurs été identifiés comme influencés par la présence du rejet : dans un rayon de 1300 m autour de celui-ci pour le titane et l'aluminium et dans un rayon de 500 m pour le vanadium et le chrome (cf. T2 – mesures ponctuelles et T4 – Immersion de cages à moules).

Les teneurs mesurées dans la chair pour le cadmium et le plomb sont en dessous des seuils sanitaires de consommation, tandis que pour le mercure, des dépassements sont observés. Ces dépassements, qui avaient déjà été observés en 2015 sur la zone du canyon ainsi que sur la zone de référence, sont sans doute à associer aux niveaux de contamination globale de la Méditerranée plutôt qu'aux apports minimes de mercure du rejet ALTEO.

Il est important de noter que malgré ces variations, la contamination moyenne trouvée dans la chair des poissons n'engendre pas de préoccupation (pour un nombre important de métaux elle est plus importante dans le foie que dans le muscle). Les métaux trouvés en concentrations dépassant le bruit de fond correspondent à la signature caractéristique du rejet, notamment aluminium, vanadium, et titane (de façon similaire à la signature trouvée dans les moules).

Les expositions calculées pour la seule consommation de poissons pêchés en 2017 sont inférieures aux repères toxicologiques retenus pour chaque ETM. Les résultats qui en découlent montrent que la contamination métallique des poissons pêchés dans le canyon de Cassidaigne n'entraîne pas de risque sanitaire plus élevé que celui estimé dans les études de l'alimentation totale (EAT 2) et la population de grands consommateurs de produits de la mer (CALIPSO) pour l'ensemble des éléments traces métalliques (ETM) considérés. Malgré les augmentations observées sur la concentration dans la chair des poissons pour certains éléments, les expositions calculées via la consommation de poissons et le reste de l'alimentation générale des forts consommateurs de produits de la mer amènent aux mêmes conclusions sur les risques que celles de 2015 (ANSES).

### **5.2 – Avis et points d'amélioration**

Bien que la contamination observée soit en cohérence avec la signature du rejet d'ALTEO, il n'est pas possible de déterminer si elle reflète le nouveau rejet ou le rejet historique, ni si la contamination est due uniquement au rejet d'ALTEO, compte tenu des multiples sources de contaminants dans ce secteur.

Le point faible de l'étude sur la contamination des poissons est l'absence d'un **traceur isotopique** qui permettrait de différencier l'impact du rejet ALTEO des autres impacts présents dans la zone. Dans son avis du 10/01/2017 le CSIRM s'était prononcé sur la nécessité d'employer un ou plusieurs traceurs spécifique(s) du rejet compte tenu des résultats contradictoires ou peu clairs obtenus lors des investigations précédentes.

Les expertises conduites par l'ANSES et l'IFREMER (sur demande de la Ministre en charge de l'environnement) ont montré que les métaux habituellement considérés comme les principaux éléments traceurs du rejet (aluminium, vanadium et titane) ne peuvent pas être considérées comme tels au regard du compartiment biotique, en raison de leur faible biodisponibilité (cf. exemple des oursins, avec des concentrations d'Al, Ti et V supérieures dans la zone de référence que dans la zone sous impact).

Une note technique produite par ALTEO avait statué sur la non-faisabilité de cette démarche dans le contexte du suivi disponible.

Sur la base des résultats présentés dans le T5, il ne paraît pas nécessaire de prévoir une nouvelle campagne dans un futur proche. L'arrêté préfectoral prescrit une campagne tous les 3 ans, le CSIRM considère qu'une fréquence tous les 5 ans serait suffisante. **Par ailleurs, devant l'indisponibilité d'un traceur isotopique spécifique permettant d'identifier la contribution des ETMs du rejet ALTEO à la contamination des poissons et compte tenu des résultats en main, il serait judicieux de réfléchir à la réelle nécessité de mener des campagnes de pêche dans le futur (**

## **6- Suivi : sédiments - géochimie & écotoxicologie) (Tome 6)**

Le bilan intermédiaire sur le suivi des sédiments (Tome 6) a intégré trois volets, portant :

- sur la qualité physico-chimique des sédiments marins et l'analyse des processus diagénétiques sous influence du dépôt des résidus de bauxite ;
- sur le comportement rhéologique des sédiments sous influence du dépôt ;
- sur l'activité écotoxique de ces sédiments.

### **6.1 Forme**

Dans l'ensemble l'étude a été conduite de manière satisfaisante et s'est basée sur une interprétation adéquate des résultats, ce qui a permis d'apporter des éléments de connaissance sur l'ensemble des éléments attendus : qualité chimique et écotoxique des sédiments, évolution spatiale et temporelle de la contamination, comportement des ETMs dans le sédiment en présence de résidus de bauxite, impact de la présence des « boues rouges » sur la diagénèse des sédiments et la qualité de la colonne d'eau.

**Ce suivi souligne dans l'ensemble une évolution temporelle de la qualité physico-chimique et de l'impact des résidus qui va dans le sens d'une diminution, c'est-à-dire d'une amélioration au regard de l'impact de l'ancien rejet.**

### **6.2 Situation vis-à-vis des exigences de suivi de l'arrêté préfectoral du 28 décembre**

**Les résultats issus de ce suivi ont permis globalement de répondre aux obligations et questionnements de l'arrête préfectoral du 28 décembre 2015, notamment concernant l'évolution des caractéristiques chimiques et physiques des sédiments dans la zone d'influence des rejets passés et actuels et concernant l'évolution de l'emprise de la zone de dépôt.**

Néanmoins quelques aspects mériteraient d'être éclaircis (*préconisations à venir*)

Concernant **l'évolution de l'emprise de la zone de dépôt** on dispose maintenant d'informations permettant de préciser l'impact du rejet historique sur la variabilité spatiale des concentrations en ETMs. L'observation de la couleur a été également réalisée et a permis d'une part de localiser les stations non impactées (« référence ») et d'autre part de proposer un traçage de l'évolution spatiale de l'impact du rejet.

Les résultats sont venus confirmer que seules les investigations à l'échelle centimétrique sont pertinentes pour appréhender les processus de diagénèse précoce (dégradation microbienne de la matière organique du sédiment). Les analyses du sédiment et de l'eau interstitielle réalisées sur 5

carottes (dont 3 impactées et 2 considérées comme moins impactées) à l'échelle centimétrique ont permis de répondre partiellement à la question de l'arrête préfectoral portant sur le risque de **transfert des contaminants métalliques du sédiment vers la colonne d'eau**, du fait d'une altération des processus diagénétiques engendrés par le dépôt.

Des **points méthodologiques** restent à éclaircir et modifier pour pouvoir statuer sur la qualité écotoxique des stations échantillonnées (*préconisations à venir*).

Le sédiment ne montre de toxicité que dans 4 stations sur 7, et lorsque celle-ci existe elle reste modérée. Aucun effet n'a été détecté sur les élutriats. Les seules réponses positives ont été obtenues sur sédiment entier et concernent un effet léthal sur des amphipodes marins.

De ce fait, la mise en œuvre de **tests sur sédiments entiers** (préconisés par le CSIRM dans son avis du 4 juillet 2016) et avec des réponses sublétales s'avère nécessaire. Pour s'assurer de l'innocuité des sédiments, des tests de développement d'huîtres ou moules sur sédiment entier seront préférables pour la suite du suivi de l'activité toxique des sédiments, en cohérence avec les essais mis en œuvre dans le cadre de la DCSMM.

### 6.3 Avis et points d'amélioration

Du point de vue spatial, l'influence du dépôt de résidu de bauxite n'est pas détectée dans le canyon de Sicié et n'atteint pas le domaine abyssal profond. En 2016, l'impact du rejet historique est relevé (Tome 6, Figure 92) :

- À l'Ouest, dans le canyon de Planier, jusqu'à son exutoire, mais sans atteindre le bassin profond. Dans la colonne sédimentaire, les signes d'influence sont mis en évidence au moins jusqu'à 10 cm de profondeur dans le canyon et jusqu'à 7 cm de profondeur à son exutoire.
- Dans le canyon de Cassidaigne jusqu'à son exutoire profond notamment, mais n'atteint pas le bassin profond. Dans la colonne sédimentaire, l'impact du dépôt de résidu de bauxite est détecté au moins jusqu'à 10 cm de profondeur dans le canyon et moins profondément (4 cm max) à son exutoire. L'axe du canyon est clairement le plus impacté mais le sédiment ne présente pas d'écotoxicité apparente (ce qui est à prendre avec précaution compte tenu de l'insuffisance des résultats issus du sédiment brut)
- À l'Est, dans l'exutoire profond des systèmes Marseille-Planier-Cassidaigne. Le flanc Est du canyon de Cassidaigne et le bassin profond ne présentent pas de signe d'impact par le rejet historique.

Du point de vue temporel, il existe des signes de diminution de l'influence du dépôt de résidu de bauxite mais sans schéma de distribution géographique distinctif (Figure 92).

Les analyses du sédiment ont notamment montré des **évolutions des processus diagénétiques selon les métaux traces concernés** (traceurs du rejet historique ou non), avec soit un décalage plus en profondeur des processus diagénétiques, soit une modification de la mobilité sédimentaire (Cr et V) dans les zones d'influence du dépôt. Dans les cinq stations on note un pic de concentration à l'interface eau-sédiment.

D'une manière générale on observe une **contamination généralisée des stations en différents métaux qui ne sont pas en lien direct avec le rejet**. Certaines contaminations sont notables, mais pas liées aux résidus de bauxite (As ; apparemment contamination généralisée en Ni (ERL : 21/ERM : 52) ; et Cu (> ERL) ; Pb (niveau ERL ; Hg (ERL)).

Pour la **suite des suivis, une surveillance spécifique et adéquate des niveaux de contamination de la colonne d'eau à l'aide** d'échantillonneurs passifs type DGT, pourrait permettrait de suivre l'évolution temporelle et préciser l'ampleur du phénomène.

### **7 - Suivi : communautés benthiques des substrats meubles (Tome 7) et durs (Tome 8)**

Les rapports T7 et T8 s'intéressent, respectivement, à l'impact spatio-temporel des rejets de l'usine de Gardanne sur les communautés benthiques des substrats meubles et durs.

Pour les **substrats meubles** trois compartiments sont pris en compte (macrofaune, méiofaune et foraminifères), classiquement utilisés pour évaluer l'état écologique du milieu en raison de leur mobilité réduite et de leur capacité à intégrer les variations environnementales, qu'elles soient naturelles ou d'origine anthropique. Dans son avis du 4/07/2016 le CSIRM avait particulièrement insisté sur la nécessité de prendre en compte la méiofaune, capable de répondre de façon beaucoup plus rapide que la macrofaune à ces variations (comme les résultats du rapport l'ont par ailleurs mis en exergue).

Considérant le benthos des **substrats durs**, le Tome 8 représente pratiquement un **état initial après l'arrêt des rejets solides**, considérant l'extrême pauvreté (voire l'absence) de données historiques, avec un premier retour sur sites prévu 5 ans après cette première campagne (en 2021).

La **localisation des stations** des substrats meubles et durs semble adéquate pour répondre aux questionnements de l'arrêté préfectoral. Idéalement, on pourrait souhaiter plus de stations pour ces suivis, car la complexité même du canyon rend les communautés naturelles très hétérogènes et ce milieu est très peu connu. Mais on peut estimer que les présentes stations permettent un suivi correct compte tenu des difficultés techniques.

Le travail effectué pour la réalisation des rapports T7 et T8 est d'une bonne qualité, et **les objectifs de l'arrêté préfectoral concernant le suivi des communautés benthiques sont globalement atteints**. En particulier pour les substrats durs, il semble difficile de faire mieux que ce qui est proposé dans le T8, compte tenu des difficultés techniques et du fait que le canyon lui-même soit très peu connu (il n'y a quasiment pas de références sur lesquelles revenir).

#### **Situation vis-à-vis des exigences de suivi de l'arrêté préfectoral du 28 décembre 2015**

**Les résultats des deux rapports répondent de façon adéquate aux questionnements de l'arrêté préfectoral, bien que, concernant les substrats durs, la pauvreté (voire l'absence) de données historiques de comparaison rend toute évaluation sur la restauration des habitats et des espèces impossible (car difficile de juger de la « signification » des observations). L'évaluation d'une éventuelle restauration ne pourra avoir lieu qu'en 2021.**

#### **7.1 Forme**

Il reste, tant pour les substrats meubles que durs, quelques sources d'imprécision qui doivent être résolues (*cf.* **3. Préconisations**).

#### **7.2 Avis et points d'amélioration**

**Pour les substrats meubles**, les résultats concernant les 3 compartiments montrent la présence d'organismes à toutes les stations investiguées malgré le faible effort d'échantillonnage, alors que les études précédentes rapportaient par endroits des sédiments complètement azoïques (ex. Dauvin et al. 2010). De plus, les communautés de foraminifères, particulièrement sensibles au stress d'origine chimique, ne montrent pas de perturbations. Ces résultats indiquent une **restauration évidente du milieu**.

Au niveau de l'axe d'écoulement du rejet historique, l'influence du dépôt s'exerce sur le macrobenthos, le méiobenthos et les foraminifères et dans une moindre mesure, plus en aval, sur le méiobenthos uniquement. Neuf mois après l'arrêt des rejets solides, les communautés de macrobenthos et de foraminifères présentent des caractéristiques de **peuplements en phase de recolonisation**, laissant supposer que les perturbations hydro-sédimentaires ont diminué ou cessé.

L'appauvrissement des peuplements de méiobenthos, en termes de structure et de composition faunistique, serait corrélé pour partie à des éléments chimiques traceurs du dépôt historique (Cr et V) et à une autre source de pression anthropique (marquage des sédiments en Hg).

Les résidus de bauxite sont omniprésents et recouvrent l'ensemble des substrats durs explorés dans le canyon, et ce quels que soient la pente, le relief ou la rugosité du substrat. Cette présence débute en-dessous de 300 m de profondeur et augmente lorsque l'on se rapproche du point de rejet. Les observations réalisées à l'aide du ROV au niveau de la zone de rejet (plongée P03), mettent en

évidence la plus faible diversité et les plus faibles observations d'individus (ou colonies) de la campagne, ce qui suggère une relation directe entre le niveau d'impact et la diversité et densité d'organismes fixés.

Toutes les stations suivies sont clairement impactées par les résidus, mais elles le sont à différents niveaux, ce qui était souhaitable pour le suivi de la récupération des communautés.

Les autres plongées réalisées dans le canyon ont révélé des zones particulières, avec la présence de nombreux individus d'éponges de verre *Farrea bowerbanki* et *Tretodictyum reisiwigi*, de faciès à gorgones *Acanthogorgia hirsuta* et *Callogorgia verticillata*, et de quelques colonies de corail blanc *Madrepora oculata*. Ces observations et localisations sont totalement nouvelles, car le secteur nord-est du canyon n'avait jamais été exploré auparavant. Ces espèces ont été notamment observées sur le versant situé en face de la zone de rejet (plongée P13).

La **strate encroûtante** d'organismes fixés est quasi absente des stations étudiées, ce qui indique bien un impact significatif des résidus solides, au minimum par effet physique de colmatage et recouvrement. Dès qu'une roche est abritée, cette strate explose en diversité (T8, Fig. 7, p. 18). L'idée de suivre ces deux strates est bonne, on peut suggérer de complexifier à l'avenir cette analyse (*préconisations à venir*).

La **strate dressée** s'en sort logiquement mieux, mais vue la taille de certains individus, leur installation date d'avant la fin du rejet solide, ce qui semble suggérer l'absence de relation directe. Concernant cet aspect il serait intéressant de suivre dans le temps la persistance des dépôts accumulés sur les parois (*préconisations à venir*).

La présence de jeunes recrues de gorgone *Paramuricea clavata*, si avérée, serait clairement un signe positif de récupération.

Marseille le 3 août 2018

Le président du CSIRM



Pierre BATTEAU

**Aperçu des préconisations adressées à Alteo**  
**pour la préparation d'une version aboutie et stabilisée du Bilan intermédiaire 2017**

*Parallèlement à la diffusion de cet avis, un ensemble de préconisations provisoires seront transmises à l'industriel pour faciliter et orienter la confection de la version aboutie et stabilisée du Bilan 2017. Elles ne sont pas détaillées ici à ce stade. Elles résultent des observations, remarques, et souhaits que les experts, ont émis dans leurs rapports ou formulés au fil de la discussion collective de la réunion du 29 juin 2018. Leur formulation précise et leur mise en œuvre seront arrêtés au cours d'une réunion technique du CSIRM avec l'entreprise et ses conseils. Les préconisations finalement retenues seront rendues publiques en annexe à cet avis après cette réunion.*

Ces préconisations concernent chacun des tomes. Elles sont résumées ci-après :

### **Qualité des eaux et modélisation**

- Mieux comprendre le comportement de l'effluent liquide dans le milieu marin et pour raffiner l'évaluation de l'impact du rejet liquide sur la qualité de la colonne d'eau.

### **Mesures en continu**

- Sédimentation des particules à des profondeurs supérieures à celle du point de rejet
- Levée des incertitudes concernant les anomalies de turbidité relevée par les LMI

### **Prélèvements ponctuels**

- Analyse robuste des données hydrologiques, de turbidité et pH, conjointe aux mesures en continu
- Présentation synoptique des mesures (données propres du rejet : déploiement des lignes, prélèvements ponctuels, profils CTD-pH-turbidité, comparatifs avec données extérieures si possible.).

### **Modélisation**

- Modélisation et analyse des courants à 200 m de profondeur et en dessous, modélisation de la matière en suspension
- recours ultérieur possible à un **traceur** (l'uranine)

### **Immersion de cages à moules**

- conversion des concentrations en ETMs mesurées dans les moules en concentrations moyennes dans l'eau
- recours à la littérature relative à la bioconcentration des ETM
- relation entre la turbidité et la contamination des moules profondes (autres sources possible : ex Cortiou)

### **Suivi : campagnes de pêche**

Réflexion sur le futur des campagnes de pêche dans le futur (à quels questionnements pourront-elles répondre ?)

### **Communautés benthiques des substrats meubles (Tome 7) et durs (Tome 8) ; sédiments**

- - Reprise des analyses multivariées et-problèmes avec la standardisation des abondances
- - Calculs de biomasse de la méiofaune
- - Corrections de diverses erreurs de détails dans le rapport sur les substrats durs –
- - Recours à des méthodes colorimétriques pour suivre l'évolution du milieu.
- - Amélioration du suivi de deux d'espèces (**encroûtante et dressée**)
- - Suivi de la **persistance des dépôts accumulés sur les parois.**
- - Évaluation du **niveau de nécroses de certaines espèces**

À Marseille, le 03 août 2018

Le Président du CSIRM



Pierre BATTEAU