

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 02 février 2015

NOTE
d'appui scientifique et technique
de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation,
de l'environnement et du travail

relatif à l'impact potentiel sur la santé humaine du rejet en Méditerranée d'effluents issus des activités de transformation de minerai de bauxite

L'Anses a été saisie le 15 octobre 2014 par la Ministre de l'Environnement, du Développement Durable et de l'Énergie pour la réalisation d'une expertise relative à l'impact possible sur la santé humaine du rejet en Méditerranée d'effluents issus des activités de transformation de minerai de bauxite.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA DEMANDE

Le 19 mai 2014, la société Alteo a déposé un dossier de demande d'autorisation au titre de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) pour la modification des conditions d'exploitation de son usine d'alumine de Gardanne. Cette modification consiste en l'arrêt, à la date du 31 décembre 2015, des rejets d'effluents qualifiés de « boues rouges » pour les remplacer par des rejets d'effluents liquides. Le point de rejet en mer restera inchangé et se situe au large de Cassis, dans le Parc national des Calanques créé en 2012.

Parmi les informations présentées dans le dossier de l'exploitant figurent une interprétation de l'état des milieux (visant à évaluer la compatibilité des milieux potentiellement impactés par le rejet vis-à-vis de leurs usages) et une évaluation quantitative des risques sanitaires associés au futur rejet. Ces deux travaux ont été mis en œuvre selon le guide méthodologique de l'INERIS (2013)¹.

L'interprétation de l'état des milieux a été réalisée sur le poisson (espèce bio-intégratrice), l'évaluation directe sur l'eau étant présentée comme non adaptée (dilution, profondeur, courants,...). Elle conclut à une vulnérabilité du milieu pour l'arsenic et le mercure (sur la base d'une évaluation quantitative) et à une incompatibilité pour le mercure (sur la base des valeurs de gestion applicables). Pour les autres composés métalliques et pour les composés organiques, elle conclut à une compatibilité du rejet avec les usages du milieu.

Le dossier de l'exploitant indique que la présence de mercure et d'arsenic dans les poissons de Méditerranée est connue et résulte de l'historique de pollution industrielle dans les rades de Marseille et Toulon.

Concernant le mercure, le dossier de l'exploitant s'appuie sur une masse de rejet actuel estimée à 80 g par jour (flux maximum) et avance l'hypothèse qu'aucun rejet de mercure n'est attendu avec le futur procédé puisqu'un taux d'abattement de 99,95 % a été simulé en laboratoire. L'exploitant indique que l'évaluation quantitative de la part de la dégradation du milieu marin directement attribuable à ses propres rejets n'est pas réalisable à ce jour.

L'évaluation des risques sanitaires associés au futur rejet a été réalisée pour la consommation de poissons et pour l'ingestion d'eau au cours de la baignade. Elle n'a pas montré de dépassement des références sanitaires, selon les référentiels applicables pour réaliser ces calculs dans le cadre des dossiers ICPE.

Dans la perspective de la décision quant à la demande d'autorisation des nouvelles modalités du rejet, la Ministre de l'Environnement, du Développement Durable et de l'Énergie a souhaité que soit menée une analyse critique indépendante des conclusions de l'interprétation de l'état des milieux et de l'évaluation des risques sanitaires réalisées par l'exploitant.

¹ INERIS, 2013. Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées (Rapport INERIS DRC 12 125929 13162B).

Conformément aux termes de la saisine adressée à l'Anses, l'Agence a limité le champ de son expertise aux risques sanitaires associés au milieu marin et plus précisément aux risques liés à la consommation de poissons et aux autres produits de la mer provenant de la zone concernée, ainsi qu'à l'ingestion d'eau au cours de la baignade et d'autres activités aquatiques.

Ainsi, l'Anses a engagé des travaux afin de réaliser, dans un délai de trois mois :

- une analyse statistique afin de comparer les données de contamination des poissons déjà disponibles à l'Anses avec celles produites par l'exploitant dans le cadre de deux études réalisées en 2004 et 2013 ; cette analyse visera également à mettre en évidence si les données de cette zone géographique (Bouches-du-Rhône, Méditerranée) sont statistiquement différentes de celles issues des autres régions de France ;
- un calcul de l'exposition par l'alimentation représentatif de celle de la population de la zone géographique concernée, prenant en compte non seulement les apports par la consommation de poissons mais également des autres produits de la mer et des autres aliments ;
- un examen critique du calcul d'exposition proposé par l'exploitant pour l'ingestion d'eau au cours de la baignade et d'autres activités aquatiques ;
- un examen de la liste des contaminants issus de l'exploitation de la bauxite, recherchés par l'exploitant.

Les risques sanitaires liés aux radionucléides et les aspects relatifs au milieu terrestre et notamment les poussières n'ont pas été intégrés à la présente expertise réalisée par l'Anses.

2. ORGANISATION DES TRAVAUX

2.1 Organisation de l'expertise

Les travaux relèvent du domaine de compétences du Comité d'experts spécialisé « Évaluation des risques physico-chimiques dans les aliments » (CES ERCA) et du Comité d'experts spécialisé « Eaux » (CES EAUX).

La saisine a été présentée au CES EAUX et au CES ERCA lors de leur séance du 2 décembre et du 17 décembre 2014, respectivement. Un expert du CES ERCA, un expert du CES EAUX et trois experts extérieurs (en hydrogéologie, courantologie et chimie de l'eau de mer) ont été nommés rapporteurs en appui à l'examen du dossier qui a été réalisé en interne par l'Anses, au sein de la Direction de l'Évaluation des Risques.

L'expertise a été réalisée sous forme d'un appui scientifique et technique, présenté pour consultation au CES ERCA et au CES EAUX lors de leur séance du 14/15 janvier 2015 et du 20 janvier 2015, respectivement.

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin de prévenir les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise. Les déclarations d'intérêts des experts sont rendues publiques via le site internet de l'Anses (www.anses.fr).

L'Anses a rencontré l'exploitant et les administrations déconcentrées concernées à l'occasion d'une réunion qui s'est tenue à Marseille le 10 décembre 2014.

Le dossier de demande d'autorisation a été transmis à l'Anses le 27 octobre 2014 puis une version mise à jour a été transmise le 8 décembre 2014. Au regard du contexte réglementaire et des référentiels, l'Anses s'est appuyée sur les documents suivants :

- Guide INERIS : Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires. Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées. Impact des activités humaines sur les milieux et la santé, première édition, août 2013.
- Circulaire du 9 août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation.
- Circulaire DGS/SD. 7B n° 2006-234 du 30/05/06 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact (abrogée).
- Note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.

2.2 Sources de données

Afin de réaliser ses travaux d'analyse, l'Anses s'est appuyée d'une part, sur les données de concentrations en métaux dans les poissons fournies par l'exploitant et, d'autre part, sur les données issues :

- de l'étude CALIPSO (Consommations ALimentaires de poissons et produits de la mer et Imprégnation aux éléments traces, PolluantS et Oméga 3) ;
- de l'étude EAT2 (seconde Étude de l'Alimentation Totale aux substances chimiques) ;
- des résultats de plans de surveillance et de contrôle de la DGAL (Direction Générale de l'Alimentation) ;
- du réseau ROCCH de l'Ifremer (Réseau d'Observation de la Contamination Chimique de l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer) ;
- du programme RETROMED sur la contamination chimique de la chaîne trophique en Méditerranée.

2.2.1 CALIPSO

Réalisée de 2003 à 2006 par l'Agence, le ministère en charge de l'agriculture et l'INRA dans 4 régions côtières françaises, l'étude CALIPSO (Consommations Alimentaires de poissons et produits de la mer et Imprégnation aux éléments traces, polluants et oméga 3) visait à acquérir des données sur le comportement des gros consommateurs de produits de la mer (habitudes alimentaires et modes d'approvisionnement) et sur les teneurs en acides gras essentiels, en éléments traces métalliques et en polluants organiques persistants dans les aliments consommés.

Les quatre sites côtiers sélectionnés pour l'enquête de consommation des produits de la mer ont été la Méditerranée-Var, la Normandie-Baie de Seine, la Bretagne sud, la Gironde-Charente Maritime sud. La population de ces régions correspond aux plus forts consommateurs de poissons et produits de la mer selon une étude de l'Observatoire des consommations alimentaires de 1996. Sur chacun des quatre sites a été sélectionné un port permettant un approvisionnement direct à proximité de zones autorisant la pêche à pied. Le recrutement des individus a été réalisé dans un périmètre de rayon de 20 à 25 km autour de ce point. Entre 20 et 27 communes ont été visitées par site et le nombre de personnes interrogées par commune a été calculé en fonction du nombre d'habitants déclaré dans l'enquête INSEE 1999. Les quatre grandes villes sélectionnées sont : Le Havre sur le site Normandie-Baie de Seine, Lorient sur le site Bretagne sud, La Rochelle sur le site Gironde-Charente-Maritime sud, Toulon et Hyères pour le site Méditerranée-Var.

La liste des échantillons alimentaires prélevés comportait 138 produits frais et surgelés (32 pour Le Havre, 38 pour Lorient, 35 pour La Rochelle, 33 pour Toulon), ainsi que 21 produits en conserve, produits fumés ou plats préparés à base de produits de la mer présents dans le questionnaire de fréquence alimentaire, soit 159 produits en tout. L'échantillonnage représentait 88 à 100 % des poissons et des produits de la mer consommés. Plus spécifiquement pour Toulon, les poissons étaient représentés à 93 %, les mollusques/crustacés à 88 % et les autres produits à 100 %.

Chaque échantillon de produit frais analysé était composé d'une masse d'environ 1 kg, soit 5 sous-échantillons de 200 g. L'origine et la répartition de ces 5 sous-échantillons ont été déterminées en fonction des lieux d'achats, sélectionnés à partir des données de fréquences d'achat de l'enquête de consommation, pondérées par les fréquences de consommation et les quantités consommées. Les espèces prélevées selon le site d'étude sont présentées en annexe 1.

Les données de contamination des produits de la pêche et de leur consommation pour la région de Toulon sont présentées plus loin dans cette note.

2.2.2 EAT 2

Réalisée de 2006 à 2011 par l'Agence, l'étude de l'alimentation totale (EAT2) avait pour objectif la description des expositions alimentaires de la population à des substances d'intérêt en termes de santé publique, et la caractérisation des risques sanitaires. Financée par les ministères en charge de l'alimentation, de la santé et de la consommation, avec une contribution de l'observatoire des résidus de pesticides, cette étude a inclus 445 substances parmi lesquelles des contaminants inorganiques, des minéraux, des contaminants organiques dont des résidus de pesticides, des mycotoxines, des composés néoformés, des additifs alimentaires et des phytoestrogènes.

Les EAT reposent sur une méthode standardisée et recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) depuis de nombreuses années, et également plus récemment par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA). Elles consistent en une collecte d'échantillons alimentaires représentatifs de la consommation de la population, la préparation de ces aliments « tels que consommés », l'analyse de ces échantillons, l'évaluation de

l'exposition de la population aux substances ciblées et enfin l'évaluation du risque pour les substances pour lesquelles des valeurs de référence existent. Dans le cadre de l'EAT2, près de 20 000 produits alimentaires ont ainsi été collectés sur l'ensemble du territoire métropolitain, divisé en 8 inter-régions et préparés pour former 1319 échantillons. Ces produits correspondaient à 212 types d'aliments représentant près de 90% du régime alimentaire des adultes et des enfants en France, mais aussi pour chaque inter-région. Pour les poissons, la part de couverture, par l'échantillonnage, de la consommation de la population était de 52,3 %.

Chaque échantillon était composé de 15 produits permettant de représenter les différentes marques commerciales et de tenir compte des préférences alimentaires des consommateurs (origine des produits, variétés, marques, modes de préparation, lieux d'achats...). Certains aliments ont été considérés comme « nationaux » ; il s'agit des aliments principalement transformés et distribués largement sur le territoire, pour lesquels il a été considéré que la composition et les teneurs en contaminants étaient les mêmes, quelle que soit la région d'achat (céréales prêtes à consommer, boissons, plats préparés, biscuits, fruits exotiques importés, etc.). À l'inverse, les aliments dits « régionaux » regroupent des aliments susceptibles de présenter des niveaux de composition et/ou de contamination hétérogènes en fonction de la région d'où ils proviennent et dans laquelle ils sont achetés. Les poissons figurent parmi ce groupe.

Les échantillons ont été achetés entre juin 2007 et janvier 2009 par des préleveurs professionnels. Plus spécifiquement pour l'inter-région Sud-Est, les échantillons ont été achetés entre juin et août 2007 à Marseille et Perpignan puis entre février et avril 2008 à Nice et Montpellier.

Le groupe des poissons comportait 46 échantillons, chacun composé de 15 sous-échantillons.

À l'issue des analyses, l'exposition de la population a été calculée en combinant les données de composition et de contamination des aliments, avec des données de consommation individuelles issues de l'enquête nationale de consommation réalisée par l'Agence en 2007-2009 (INCA2). Cette étude avait pour objectif principal de disposer d'une base de données la plus précise possible de la consommation alimentaire au moyen d'un échantillon représentatif de la population vivant en France. Les consommations de plus de 3 300 adultes (18-79 ans) et enfants (3-17 ans) ont été collectées.

L'étude INCA2 ayant enregistré le lieu de résidence des sujets enquêtés, il a été possible d'analyser les expositions au niveau de 8 inter-régions définies de façon à avoir des effectifs équilibrés entre inter-régions, et en tenant compte des habitudes alimentaires régionales selon les résultats de l'enquête INCA1. Une analyse régionale a été conduite sur les substances pour lesquelles l'EAT2 a montré que le risque sanitaire ne pouvait pas être exclu pour certains groupes particuliers de consommateurs au sein de la population générale. Il s'agit du plomb, du cadmium, de l'arsenic inorganique, de l'aluminium, du méthylmercure, du sodium, des dioxines et PCB, d'une mycotoxine (le deoxynivalénol ou DON), de l'acrylamide, des sulfites.

Les données de consommation de la population pour la région Sud-Est sont présentées plus loin dans cette note.

2.2.3 Plans de surveillance et de contrôle de la DGAL

Chaque année, la direction générale de l'alimentation (DGAL) pilote la mise en œuvre de plans de surveillance et de contrôle (PS/PC) de la contamination des productions primaires animale et végétale, des denrées alimentaires d'origine animale et de l'alimentation animale. Plus de 60 000 prélèvements sont réalisés, donnant lieu à des centaines de milliers de résultats d'analyses effectuées par des laboratoires de référence et des laboratoires agréés. Les dangers recherchés sont de nature chimique (éléments traces métalliques, radionucléides, médicaments vétérinaires, substances interdites, polluants organiques persistants tels que les dioxines, produits phytosanitaires, ...) ou biologique (bactéries, virus, parasites).

Un plan de surveillance a pour objectif principal d'évaluer la prévalence d'un contaminant. L'échantillon est représentatif et les prélèvements sont réalisés de façon aléatoire.

Un plan de contrôle a pour objectif principal de détecter des anomalies, des non-conformités, voire des fraudes. L'échantillonnage est ciblé et les prélèvements sont réalisés sur la base de critères prédéterminés.

2.2.4 ROCCH

En 2008, le ROCCH (Réseau d'Observation de la Contamination Chimique du littoral), a pris la suite du RNO (Réseau National d'Observation), qui existait depuis 1974. Ce réseau a pour objectif de répondre aux obligations nationales, communautaires et internationales de surveillance chimique : application de la Directive cadre sur l'Eau (DCE) et des conventions OSPAR (OSlow PARis) et de Barcelone. De plus, pour le compte de la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL), le ROCCH effectue le suivi de la qualité chimique des zones de productions conchyliques.

Les contaminants analysés dans le cadre du RNO incluaient des métaux (Ag, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn), des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des polychlorobiphényles (PCB), le lindane et le DDT.

Dans le cadre du ROCCH, la surveillance sanitaire porte sur les 3 métaux réglementés (plomb, cadmium, mercure), le benzo(a)pyrène (BaP), les dioxines et les PCB de type dioxine (PCB-DL). La surveillance DCE, OSPAR et Barcelone porte sur les 41 substances prioritaires de la DCE et les substances obligatoires des conventions internationales.

Cette surveillance s'effectue annuellement sur plusieurs matrices, dont les coquillages, mais ne couvre pas les poissons. Dans ce cas, les prélèvements se font chaque année :

- en février sur toutes les zones classées « surveillance sanitaire » et sur les espèces réellement exploitées. Les teneurs en contaminants sont en effet proches du maximum annuel en fin d'hiver ;
- en novembre sur les points DCE et OSPAR, conformément aux lignes directrices de cette convention internationale.

2.2.5 RETROMED

Le programme RETROMED vise à apporter des connaissances sur les niveaux de contamination de plusieurs maillons de réseaux trophiques méditerranéens typiques. Différentes études ont été menées par Ifremer et publiées en 2014 dans le cadre d'un partenariat avec l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse (RMC) sur les concentrations :

- en mercure, PCB et PBDE, de merlus capturés dans le golfe du Lion et en Corse,
- en métaux traces d'espèces démersales capturées au niveau de la pente continentale du Golfe du Lion lors de la campagne MEDITS 2012,
- en mercure dans deux espèces de rougets, capturés dans 5 sites de Méditerranée française,
- en PCB, HAP, pesticides et métaux dans 8 espèces de cétacés (résultats Agence de l'Eau).

3. ANALYSE

3.1 Informations générales concernant l'usine de Gardanne et les rejets en mer²

L'usine de Gardanne a été fondée en 1894 et produit de l'alumine (oxyde d'aluminium) à partir de minerai de bauxite grâce au procédé « Bayer ». Si, à l'origine, la bauxite provenait de mines de la région, depuis les années 1980 de la bauxite de Guinée a été progressivement traitée et depuis 1998, l'usine ne consomme plus que de la bauxite de Guinée (mine de Boké).

Le procédé « Bayer » génère des résidus solides et des effluents liquides qui depuis 1966, sont rejetés en mer à 7,7 km de la côte au large de Cassis et à 320 m de profondeur, dans le canyon de Cassidaigne, par une canalisation. Aucune évaluation de l'état initial de la qualité des eaux marines dans l'environnement du point de rejet n'a été réalisée à l'origine.

En 1996, dans le cadre du respect de la convention de Barcelone³ pour la protection de la mer Méditerranée, l'exploitant du site de Gardanne a pris l'engagement de diminuer progressivement les quantités de rejets solides en mer pour y mettre un terme le 31 décembre 2015. Cet engagement a été transcrit dans un arrêté préfectoral du 1^{er} juillet 1996.

Par ailleurs, le 18 avril 2012 le décret n°2012-507 a autorisé la création du parc national des Calanques. Le rejet s'effectue au niveau du « cœur du parc ».

La masse d'eau marine « Cap Croisette – Bec de l'Aigle », dans laquelle se situe le point de rejet, est considérée selon le référentiel de la Directive cadre Eau (Directive 2000/60/CE) en « état écologique moyen » et en « bon état chimique ». Les masses d'eaux adjacentes situées plus à l'Ouest présentent des états plus dégradés (masses d'eaux du sud de la Rade de Marseille), tandis qu'à l'Est les masses d'eaux sont classées en « bon état ».

Concernant les activités humaines, la zone marine est le lieu d'activités de loisirs (baignade, plongée sous-marine, plaisance, loisirs nautiques), de pêche artisanale côtière et de pêche professionnelle détaillées dans l'annexe 2. Au niveau du canyon de la Cassidaigne, la pêche est pratiquée à l'aide de palangres et de filets maillants, les zones de pêche étant situées sur la tête et le flanc du canyon, entre 130 et 350 m de profondeur. Le site de plongée sous-marine le plus proche du point de rejet est le sec de la Cassidaigne qui se situe à 3,6 km du point de rejet.

² source : dossier ICPE de l'exploitant du 19 juin 2014, rapport BRGM du 23 décembre 2014.

³ du 16 février 1976 modifiée le 10 juin 1995, ratifiée par la France en 1978 et en 2004.

L'émission de l'effluent futur se fera avec un débit identique à celui de l'effluent actuel (270 m³/h), condition jugée indispensable, par l'exploitant, à la préservation de la canalisation. Un pompage d'eau brute dans le canal de Provence sera effectué si nécessaire pour compléter le débit des eaux excédentaires de l'usine. Sa charge en matières en suspension (MES) sera beaucoup plus faible que celle de l'effluent actuel (35 mg/L contre 120 000 mg/L actuellement), impliquant une baisse de sa densité (1008 kg/m³ au lieu de 1080 kg/m³) qui sera inférieure à celle de l'eau de mer (1027 kg/m³). Le flux maximum journalier de MES passerait de 777 tonnes à 227 kg.

Les caractéristiques physico-chimiques du rejet actuel, telles que présentées dans le dossier de l'exploitant (et en particulier la composition en contaminants) correspondent à des concentrations maximales constatées dans des prélèvements réalisés lors de 3 campagnes. Pour l'effluent futur, ces concentrations ont été estimées sur la base d'analyses d'échantillons reconstitués. En effet, les installations de traitement n'étant pas construites, les échantillons ont été reconstitués avec des prélèvements de différents effluents actuels dans l'usine qui constitueront l'effluent futur. Ainsi, trois échantillons composites ont fait l'objet d'analyses.

À sa sortie de la canalisation, l'effluent réagit avec l'eau de mer et génère des précipités d'hydrotalcite qui sont considérés comme pouvant piéger les métaux dissous. La quantité annuelle d'hydrotalcites formée est estimée par l'exploitant à 27 000 tonnes dont 18 000 t provenant de la phase liquide du rejet et 9 000 t apportées par l'eau de mer. Selon l'exploitant, le futur rejet n'entraînerait pas de changement quant à la formation de ces hydrotalcites.

Après près de 50 ans de rejets, le dépôt s'étend jusqu'à 2 300 m de profondeur au niveau du canyon de la Cassidaigne et jusqu'à 65 km environ des côtes au droit du rejet. À l'Ouest, au niveau du talus continental, le dépôt s'étend jusqu'au niveau de Fos-sur-Mer. À l'Est, il s'étend de la plaine abyssale jusqu'à la hauteur de la rade de Toulon. L'épaisseur du dépôt est d'environ 50 cm à 25 km au droit du rejet et de 10 cm à 60 km. Selon les estimations de l'exploitant, 20 millions de tonnes de résidus de bauxite ont été rejetés en mer par l'usine de Gardanne depuis 1966.

3.2 Liste des contaminants issus de la bauxite recherchés par l'exploitant

La liste des contaminants recherchés par l'exploitant dans l'effluent actuel comporte, entre autres, 26 éléments traces métalliques, 16 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), 7 polychlorobiphényles (PCB), 7 dioxines et 10 furannes, 1 composé phénolique, 6 composés benzéniques, 1 phtalate, 4 alkylphénols, 2 polybromodiphényléthers (PBDE), 3 organoétains (annexe 8 du dossier, Caractérisation des effluents de l'usine de Gardanne – Synthèse des données physico-chimiques et écotoxicologiques, Bio-Tox, 2013)).

Cette liste a été transmise aux membres du CES ERCA pour consultation ainsi qu'aux rapporteurs auprès du CES EAUX pour commentaires. Les experts n'ont pas identifié de manque majeur.

3.3 PARTIE 1 : contamination des poissons

L'objectif de cette partie est d'étudier :

- les données de contamination des poissons prélevés au point de rejet dans le cadre de deux études produites par l'exploitant en 2004 et 2013 avec d'autres données de contamination pour la zone méditerranéenne afin de mettre en évidence un éventuel impact ;
- les niveaux de contamination des produits de la mer de Méditerranée par rapport aux autres régions marines de France métropolitaine (Manche, Atlantique) afin de mettre en évidence une éventuelle vulnérabilité de cette zone ;
- l'exposition alimentaire de la population de la zone géographique concernée, prenant en compte non seulement les apports par la consommation de poissons mais également des autres produits de la mer et les autres aliments.

3.3.1 État des lieux des connaissances sur la contamination des poissons en Méditerranée

Différences de contamination régionale étudiées dans l'étude CALIPSO

Concernant les éléments trace métalliques, une différence significative entre les niveaux moyens de contamination des filets de poissons entre les différents sites de l'étude n'est observée que pour l'arsenic inorganique. En effet, pour les espèces communes aux deux sites, **les poissons prélevés à Lorient sont significativement plus contaminés en arsenic inorganique que les poissons de Toulon**. Ils sont également plus contaminés que les poissons prélevés au Havre et à La Rochelle, mais la différence n'est pas significative. Aucune différence significative n'apparaît pour les autres contaminants (plomb, cadmium, mercure total, organoétains) entre les 4 sites.

Concernant les dioxines et PCB, un gradient nord-sud de contamination des poissons et produits de la mer a été observé. Les échantillons prélevés au Havre étaient les plus contaminés, quels que soient les polluants considérés, et les échantillons de Toulon les moins contaminés, sans toutefois que ces différences ne soient statistiquement significatives sur l'ensemble des produits comme sur les 19 poissons communs échantillonnés sur les 4 sites.

3.3.2 Analyse statistique des données de contamination des poissons

L'objectif de cette analyse est de comparer les données de contamination dans les poissons produites par l'exploitant dans le cadre du dossier ICPE avec celles disponibles au sein de l'Anses à savoir les données issues de l'étude CALIPSO, des plans de surveillance et de contrôle de la DGAL, du réseau ROCCH et du programme RETROMED⁴. Cette analyse se présente en 2 étapes :

- 1) comparaison des niveaux de contamination dans les poissons de la zone de rejet avec ceux de la zone Méditerranée dans sa globalité ;
- 2) comparaison des données de contamination dans les poissons et produits de la mer de la zone Méditerranée avec ceux des autres zones françaises pour lesquelles l'Anses dispose de données.

3.3.2.1 Présentation de l'ensemble données de contamination des poissons

L'exploitant a réalisé 2 campagnes de prélèvements de poissons, la première en 2004 et la seconde en 2013.

En 2004, 9 contaminants ont été analysés (aluminium, chrome VI, chrome III, cuivre, fer, manganèse, plomb, vanadium, zinc) dans 28 échantillons prélevés dans le muscle (tableau 1).

En 2013, 27 contaminants ont été analysés (aluminium, antimoine, argent, arsenic, baryum, béryllium, bore, cadmium, chrome total, chrome VI, cobalt, cuivre, étain, fer total, lithium, manganèse, mercure total, molybdène, nickel, plomb, sélénium, tellure, thallium, titane, uranium, vanadium, zinc) dans 11 échantillons prélevés dans le muscle (tableau 2).

Tableau 1 : Données de contamination dans les poissons produites par Alteo en 2004 (en mg/kg de filet frais) – les cases grisées correspondent aux analyses < au seuil de détection

Espèce	Aluminium	Chrome VI	Chrome III	Cuivre	Fer	Manganèse	Plomb	Vanadium	Zinc
Capellan	0,002	0,020	0,029	0,221	2,291	0,150	0,012	0,012	3,711
Congre	0,003	0,021	0,037	0,205	2,151	0,160	0,003	0,013	7,927
Grondin	0,987	0,018	0,070	0,919	4,875	0,148	0,060	0,025	3,578
Grondin	0,290	0,022	0,061	0,356	2,638	0,201	0,002	0,012	4,140
Helicolenus	1,784	0,017	0,065	0,295	6,406	0,105	0,032	0,024	4,192
maquereau	0,003	0,018	0,050	0,528	8,004	0,088	0,003	0,018	7,250
maquereau	0,002	0,017	0,045	0,559	8,064	0,087	0,037	0,017	6,887
merlu	0,002	0,022	0,024	0,189	1,884	0,086	0,046	0,011	2,886
merlu	0,461	0,017	0,039	0,200	2,237	0,089	0,033	0,013	3,292
merlu	0,002	0,008	0,040	0,185	1,362	0,067	0,027	0,013	2,827
merlu	0,785	0,014	0,033	0,122	1,405	0,108	0,002	0,010	3,593
merlu	0,339	0,017	0,022	0,190	5,800	0,129	0,002	0,012	3,401
merlu	0,762	0,016	0,013	0,155	1,547	0,103	0,002	0,007	3,284
merlu	0,354	0,023	0,013	0,180	1,621	0,082	0,004	0,006	2,919
merlu	0,169	0,017	0,013	0,157	1,280	0,115	0,002	0,004	3,174
merlu	0,972	0,017	0,023	0,155	1,723	0,087	0,002	0,006	2,965
pageot	0,677	0,016	0,036	0,233	4,259	0,083	0,002	0,013	3,156
pageot	0,002	0,015	0,035	0,239	3,239	0,086	0,013	0,013	2,987
pageot	0,002	0,014	0,032	0,289	4,080	0,109	0,027	0,025	3,378
pageot	0,636	0,021	0,053	0,306	4,617	0,096	0,112	0,332	4,300
rascasse	3,660	0,016	0,051	0,170	3,325	0,140	0,035	0,021	3,549

⁴ La comparaison aux données issues de l'étude EAT2 n'est pas réalisable en raison du trop faible nombre d'échantillons référencés pour l'inter-région Sud-Est (2 échantillons composites de saumons et 2 de colins).

Espèce	Aluminium	Chrome VI	Chrome III	Cuivre	Fer	Manganèse	Plomb	Vanadium	Zinc
rascasse	4,091	0,057	0,077	0,178	3,692	0,138	0,027	0,064	3,407
roussette	0,003	0,028	0,064	0,271	2,824	0,148	0,015	0,018	3,886
sarzeaux	2,428	0,031	0,045	0,302	11,545	0,268	0,154	0,057	5,603
severos	0,003	0,018	0,047	1,362	11,354	0,123	0,060	0,018	3,680
severos	0,002	0,018	0,039	0,634	10,640	0,101	0,060	0,018	4,331
severos	0,068	0,020	0,043	0,418	7,592	0,106	0,078	0,018	5,220
vive	3,665	0,021	0,055	0,240	3,745	0,102	0,002	0,021	3,793

Tableau 2 : Données de contamination dans les poissons produites par Alteo en 2013 (en mg/kg de filet frais) – les cases grisées correspondent aux analyses < au seuil de détection

Contaminant	mérou	pageot	pageot	congre	grondin	sébaste	chinchard	merlu	merlu	merlu	chien esp
Aluminium	0,48	0,44	0,45	0,42	0,97	0,70	0,40	0,43	0,42	0,44	0,41
Antimoine	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004	0,005	0,004
Argent	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09
Arsenic	3,83	7,10	6,54	59,52	9,35	6,42	4,73	5,18	6,68	9,42	36,57
Baryum	0,10	0,09	0,09	0,09	0,23	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09
Béryllium	0,102	0,094	0,095	0,093	0,085	0,088	0,086	0,092	0,089	0,098	0,088
Bore	0,51	0,56	0,57	0,46	0,93	0,66	0,64	0,69	0,53	0,59	0,53
Cadmium	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004	0,005	0,004
Chrome total	0,05	0,02	0,02	0,05	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Chrome VI	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Cobalt	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004	0,005	0,004
Cuivre	0,15	0,19	0,19	0,14	0,08	0,13	0,56	0,09	0,09	0,10	0,18
Etain	0,051	0,094	0,118	1,857	0,072	0,704	0,026	0,037	0,036	0,684	0,035
Fer total	2,86	4,05	2,89	2,32	2,67	2,73	15,78	2,77	1,69	1,27	3,51
Lithium	0,013	0,012	0,009	0,014	0,034	0,031	0,017	0,014	0,009	0,007	0,01
Manganèse	0,05	0,09	0,05	0,09	0,13	0,09	0,09	0,05	0,04	0,10	0,09
Mercure total	0,46	0,47	0,38	2,04	0,72	0,75	1,38	0,28	0,54	0,24	0,75
Molybdène	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,011	0,01
Nickel	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Plomb	0,005	0,01	0,005	0,005	0,01	0,01	0,01	0,005	0,004	0,005	0,004
Sélénium	0,66	0,71	0,85	0,51	0,76	0,70	0,82	0,46	0,58	0,49	0,40
Tellure	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004	0,005	0,004
Thallium	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09
Titane	0,10	0,09	0,10	0,09	0,17	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09
Uranium	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04
Vanadium	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Zinc	3,83	3,81	3,32	7,66	3,98	3,87	4,51	3,33	3,43	2,49	3,25

Les experts du CES ERCA ont exprimé des réserves quant à la fiabilité des résultats d'analyse produites par l'exploitant pour le chrome III et le chrome VI dans les filets de poissons, compte tenu des difficultés pour conserver la spéciation du chrome lors de la préparation de l'échantillon et de l'absence de matériau de référence. Par ailleurs, pour l'ensemble des contaminants recherchés, les experts constatent que les limites de quantification pour l'étude de 2013 étaient élevées et ne permettaient pas de mettre en évidence d'éventuelles variations dans les niveaux de contamination des poissons, en particulier concernant l'aluminium. Ils recommandent de s'intéresser plus particulièrement à des espèces de poissons (ou d'invertébrés) présentant une fidélité à la zone rapprochée du rejet afin de servir d'espèces sentinelles visant à évaluer un éventuel impact sur les niveaux de contamination. Les 3 métaux caractéristiques du rejet que sont l'aluminium, le titane et le vanadium présentent une faible biodisponibilité pour les poissons. Ces 3 métaux ne sont donc pas de bons candidats pour servir de traceur pour la contamination des poissons associée au rejet.

Concernant l'étude CALIPSO, les données utilisées dans cette analyse portent sur les contaminants suivants : arsenic, plomb, cadmium, mercure total, PCB et dioxines.

Concernant les plans de surveillance et de contrôle de la DGAL, les données utilisées correspondent à des prélèvements effectués entre 2000 et 2012 en Méditerranée et en Manche-Atlantique sur des poissons, mollusques, crustacés et céphalopodes et portent sur les contaminants suivants : plomb, cadmium, mercure total, PCB et dioxines, HAP.

Concernant le réseau ROCCH, les données issues de la banque Quadrige et utilisées dans cette analyse portent sur les contaminants suivants : argent, cadmium, zinc, plomb, nickel, mercure total, cuivre, chrome total, vanadium, PCB et dioxines, HAP. Elles correspondent à des échantillons prélevés entre 2000 et 2012 en Méditerranée et en Manche-Atlantique sur des mollusques bivalves (huîtres, moules, coques, palourdes et tellines).

Concernant RETROMED, les données utilisées proviennent de prélèvements réalisés en 2012 et 2013 dans le golfe du Lion ainsi que sur d'autres points de la Méditerranée (Nice et en Corse) et portent sur les contaminants suivants : mercure, plomb, cadmium, argent, nickel, cuivre et zinc. Les données fournies à l'Anses, exprimées en poids sec, ont dû être converties en poids frais grâce à un jeu de données issues de la DGAL portant sur le taux d'humidité de plusieurs espèces de poissons.

Un récapitulatif des données recueillies par l'Anses est présenté en annexe 3.

3.3.2.2 Contaminants sélectionnés pour l'analyse par l'Anses

Les contaminants sélectionnés pour l'analyse sont ceux présents dans au moins 2 sources de données : arsenic, cadmium, chrome total, cuivre, mercure total, plomb, vanadium, zinc, HAP, PCB et dioxines.

Concernant les HAP, ont été pris en compte le benzo(a)pyrène, la somme non pondérée des 4 HAP (HAP4 = benzo(a)pyrène + benzo(a)anthracène + benzo(a)fluoranthène + chrysène) et la somme pondérée des 11 HAP (HAP11 = HAP4 + anthracène + benzo(g,h,i)perylène + benzo(j)fluoranthène + benzo(k)fluoranthène + dibenzo(a,h)anthracène + fluoranthène + indeno(1,2,3-cd)pyrène), comme cela a été proposé dans la seconde étude de l'alimentation totale française (EAT2).

Les dioxines (dioxines + furannes) et les PCB de type dioxine (PCB-DL) sont pondérés par les TEF (*Toxic Equivalent Factor*) définis en 1998 (PCDD/F TEQ98, PCB-DL TEQ98) et ceux définis en 2005 par l'OMS (PCDD/F TEQ05, PCB-DL TEQ05).

Les PCB indicateurs (PCBi) sont définis par la somme des PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB153, PCB180.

Le tableau en annexe 3 présente les effectifs disponibles par contaminant, par espèce et par source de données. Il met en évidence les disparités entre les groupes.

Certains contaminants ont été retenus pour la comparaison des zones en termes de niveau moyen de contamination et d'autres ont été pris en compte pour les calculs d'exposition alimentaire (c'est le cas des contaminants organiques, puisqu'ils n'ont pas été recherchés par l'exploitant, c'est-à-dire les HAP, les dioxines et PCB)

Les contaminants éligibles pour l'analyse de comparaison dans les poissons sont le **cadmium, le mercure, l'arsenic, le plomb et le cuivre**. Il n'a pas été possible d'inclure les métaux identifiés comme traceurs du rejet d'Alteo que sont l'aluminium, le vanadium et le titane, pourtant analysés par l'exploitant, car ces éléments ne figurent pas dans la liste des substances recherchées par la DGAL, l'étude RETROMED ni dans l'étude CALIPSO. Les données pour le vanadium disponibles auprès du réseau ROCCH ne portent que sur des mollusques bivalves alors que seuls des poissons ont été analysés par l'exploitant.

3.3.2.3 Espèces sélectionnées

Parmi les espèces pour lesquelles des données sont disponibles pour chaque source de données pour la région Méditerranée, il a été décidé de ne retenir que les espèces communes aux différentes sources de données et pour lesquelles l'Anses dispose de données de consommation issues de CALIPSO (forts consommateurs) ou de INCA2 (population générale), le but étant d'évaluer, dans un second temps, les expositions associées à la consommation de ces poissons. Le tableau 3 présente les espèces sélectionnées.

Tableau 3 : Liste des espèces de produits de la mer disponibles en Méditerranée pour les différentes sources de données

Source	Poissons	Mollusques, Crustacés
Alteo	dorade grondin maquereau merlu	mérou rascasse roussette sébasté
CALIPSO	bar baudroie dorade empereur espadon flétan grenadier julienne lieu limande maquereau merlan	merlu morue raie rascasse rouget roussette saint pierre sardine saumon sole thon
DGAL	anchois anguille bar baudroie brochet carpe dorade églefin espadon grondin maquereau merlan merlu	morue mulet plie raie rouget saint pierre sardine sole tacaud thon truite
ROCCH		araignée buccin calmar coque coquille Saint Jacques crabe huitre langoustine moule palourde pétoncle poulpe seiche
RETROMED	baudroie grondin merlan merlu	rouget roussette sébasté

3.3.2.4 Traitement de la censure

Sont appelées « données censurées » les valeurs inférieures aux limites de détection (LD) ou de quantification (LQ). Les données censurées ont été traitées suivant 3 hypothèses :

- hypothèse basse ou *lowerbound* (LB) : les concentrations inférieures à la LD sont estimées égales à zéro et les concentrations inférieures à la LQ mais supérieures à la LD sont estimées égales à la LD ;
- hypothèse moyenne ou *middlebound* (MB) : les concentrations inférieures à la LD ont été remplacées par la moitié de la LD, et les concentrations inférieures à la LQ mais supérieures à la LD (dites « traces ») ont été remplacées par la moitié de la LQ ;
- hypothèse haute ou *upperbound* (UB) : les concentrations inférieures à la LD sont estimées égales à la LD et les concentrations inférieures à la LQ mais supérieures à la LD sont estimées égales à la LQ.

Pour chaque couple contaminant/échantillon analysé, les 3 hypothèses (LB, MB, UB) sont disponibles à l'exception des données de contamination de l'étude CALIPSO disponibles seulement pour l'hypothèse moyenne (MB).

3.3.2.5 Analyse statistique

Des tests de **comparaison de moyennes** ont été réalisés pour comparer les niveaux moyens de contamination :

- des poissons prélevés dans la zone de rejet (Alteo) avec ceux prélevés dans le golfe du Lion (données RETROMED hors points de prélèvement à Nice et en Corse, annexe 4) ;
- des poissons prélevés dans la zone de rejet (Alteo) avec ceux prélevés dans la Méditerranée en globalité (CALIPSO, DGAL, RETROMED) ;
- des poissons/crustacés/mollusques prélevés dans la Méditerranée avec ceux prélevés dans la Manche-Atlantique (CALIPSO, DGAL, RETROMED, ROCCH).

Les distributions des concentrations ne suivant pas une loi normale, les effectifs étant parfois restreints et très hétérogènes entre les différentes espèces et sources de données, des tests non paramétriques (Wilcoxon) ont été appliqués pour les 2 premiers points. Pour le 3^{ème} point, et compte tenu de la disponibilité de nombreuses données, des tests de Student ont été réalisés.

Les données de contamination des poissons produites par l'exploitant dans les études de 2004 et 2013 ont été regroupées. Pour l'arsenic, le mercure total et le cadmium, il n'y a pas eu d'analyse en 2004. Les comparaisons ont été effectuées selon les considérations suivantes :

- 1) L'hypothèse moyenne (MB) a été retenue pour les données censurées afin de permettre la prise en compte des données CALIPSO qui ne sont exprimées qu'en MB.
- 2) Pour le calcul des moyennes, **seules ont été prises en compte les espèces communes dans au moins 2 sources de données, avec des résultats pour au moins 1 des 5 contaminants et pour lesquelles l'Anses dispose de données de consommation (INCA2, CALIPSO). La moyenne est ensuite calculée toutes espèces confondues et non espèce par espèce.** Une autre moyenne a été calculée en ne prenant en compte que les espèces communes aux 2 sources de données comparées (par exemple Ateo et CALIPSO).
Ainsi, les valeurs correspondant au congre, au chinchard et au chien espagnol produites par Alteo n'ont pas été retenues dans cette analyse puisque l'Anses ne dispose pas de données de consommation spécifiques pour ces espèces. De plus, le chien espagnol ne figure ni dans CALIPSO ni dans les PS/PC de la DGAL.
- 3) Une comparaison entre les données de CALIPSO et de la DGAL a été réalisée par contaminant afin de s'assurer de la possibilité de les grouper. En cas de différence significative, la source disposant du plus grand nombre de données a été comparée à celle d'Alteo. C'est le cas de la DGAL pour le plomb.

3.3.2.6 Résultats

Comparaison des concentrations moyennes en contaminants des poissons prélevés dans la zone de rejet (Alteo) avec ceux prélevés dans la Méditerranée

Seul un nombre très restreint de données répond à l'ensemble des critères fixés par les statisticiens, avec de nombreux groupes pour lesquels l'effectif était inférieur à 10 résultats. Dans ces conditions, l'analyse statistique réalisée a une faible puissance (voir annexe 5).

De façon générale, un échantillonnage minimal de 30 spécimens par espèce est considéré suffisant pour mener une analyse statistique et pourrait être recommandé.

Les résultats de l'analyse statistique réalisée sur le nombre restreint de données produites par Alteo sont présentés dans les tableaux 4 et 5, pour la comparaison des concentrations moyennes en contaminants dans les poissons prélevés dans la zone de rejet (Alteo) avec ceux prélevés dans le golfe du Lion (RETROMED) et plus largement en Méditerranée (CALIPSO, DGAL).

Tableau 4 : Comparaison des concentrations moyennes en contaminants dans les poissons prélevés dans la zone de rejet par Alteo avec ceux prélevés en Méditerranée (golfe du Lion) dans le cadre du programme RETROMED (mg/kg de poids frais)

Contaminant	Alteo				RETROMED				p
	N	Moy	ET	% censure	N	Moy	ET	% censure	
Cadmium toutes espèces confondues	8	0,002	0,001	100	50	0,002	0,0003	0	NS
1 espèce commune**	1	0,002	-	100	27	0,002	0,001	0	-
Mercure toutes espèces confondues	8	0,48	0,19	0	832	0,28	0,56	0	0,0004*
3 espèces communes**	5	0,51	0,24	0	226	0,51	0,74	0	NS
Plomb toutes espèces confondues	28	0,02	0,02	46	52	0,02	0,1	0	NS
2 espèces communes**	2	0,01	0,004	0	38	0,01	0,007	0	NS
Cuivre toutes espèces confondues	28	0,24	0,18	0	52	0,66	1,86	0	0,0003*
2 espèces communes**	2	0,2	0,1	0	38	0,32	0,18	0	NS
Zinc toutes espèces confondues	28	3,68	1,05	0	52	5,42	2,61	0	<0,0001*
2 espèces communes**	2	3,88	0,01	0	38	5,11	2,44	0	NS

Légende : * significatif ; NS : Non Significatif ; ** cf tableau 6 pour la liste des espèces communes ; N : nombre de résultats (dans certain cas un résultat correspond à un échantillon composite) ; Moy : moyenne ; ET : écart-type ; % censure : pourcentage de données censurées c'est-à-dire < à la LQ ou la LD.

Tableau 5 : Comparaison des concentrations moyennes en contaminants dans les poissons prélevés dans la zone de rejet par Alteo avec ceux prélevés en Méditerranée en globalité (mg/kg de poids frais)

	Source de données												
Contaminant	Alteo				CALIPSO				DGAL/CALIPSO/RETROMED				p
	N	Moy	ET	% censure	N	Moy	ET	% censure	N	Moy	ET	% censure	
Arsenic toutes espèces confondues	8	6,8	1,9	0	23	8,3	13,3	0					NS
2 espèces communes**	5	6,9	1,5	0	2	3	1,6	0					NS
Cadmium toutes espèces confondues	8	0,002	0,0003	100					139	0,01	0,03	39	NS
3 espèces communes**	6	0,002	0,0003	100					37	0,002	0,001	22	NS
Mercure toutes espèces confondues	8	0,48	0,19	0					1382	0,27	0,56	0,1	0,0005*
4 espèces communes**	7	0,48	0,2	0					329	0,52	0,65	0,3	NS
Plomb toutes espèces confondues	28	0,02	0,02	46					141	0,05	0,15	23	NS
6 espèces communes**	24	0,02	0,02	46					56	0,01	0,01	16	NS

Tableau 6 : Liste des espèces communes par contaminant

	Alteo vs RETROMED	Alteo vs CALIPSO	Alteo vs DGAL+CALIPSO+RETROMED
Arsenic		dorade, merlu	
Cadmium	sébaste		dorade, merlu, sébaste
Mercure	merlu, sébaste, grondin		dorade, merlu, sébaste, grondin
Plomb	sébaste, roussette		dorade, merlu, maquereau, sébaste, rascasse, roussette
Cuivre	roussette, sébaste		
Zinc	roussette, sébaste		

L'analyse réalisée sur un nombre restreint de données révèle néanmoins **une différence statistiquement significative** pour le **mercure** entre le niveau moyen de contamination des poissons prélevés dans la zone de rejet (Alteo) et les autres données, que ce soit les poissons prélevés dans le golfe du Lion (données RETROMED) et ceux de la zone Méditerranée au sens large (CALIPSO, DGAL). Dans les deux cas, les concentrations moyennes en mercure issues des données Alteo sont significativement plus élevées.

En revanche, l'analyse ne révèle **pas de différence statistiquement significative** entre la concentration moyenne des contaminants dans les poissons prélevés dans la zone de rejet (Alteo) et les autres données (golfe du Lion et zone Méditerranée) pour l'**arsenic**, le **cadmium** et le **plomb** (toutes espèces et espèces communes aux 2 sources de données). Cependant, compte tenu de la faible puissance statistique du test, on ne peut pas exclure de sous-estimer certaines différences notamment pour l'arsenic qui présente un écart de moyennes élevé (6,9 mg/kg pour Alteo et 3 mg/kg pour CALIPSO) sans pour autant être statistiquement significatif. Pour information, le tableau 7 présente les résultats individuels.

Tableau 7 : Résultats individuels de concentrations en arsenic total dans les poissons (mg/kg de poids frais)

Espèce	Concentration en arsenic	Source de données	Année
merlu	1,89	CALIPSO	2004
dorade	4,19	CALIPSO	2004
dorade	7,10	Alteo	2013
dorade	6,54	Alteo	2013
merlu	5,18	Alteo	2013
merlu	6,68	Alteo	2013
merlu	9,42	Alteo	2013

Il est important de noter que le jeu de données d'Alteo présente deux fortes concentrations en arsenic total, pour le congre (**59,65 mg/kg de poids frais** pour un seul individu) et le chien espagnol (**36,57 mg/kg de poids frais** pour un échantillon composite de 3 individus). Ces données n'ont pas pu être traitées dans le cadre de la comparaison Alteo vs golfe du Lion ou Alteo vs Méditerranée car l'Anses ne dispose pas de résultat de contamination en arsenic pour ces 2 espèces dans ses autres sources de données (CALIPSO, DGAL).

La figure 1 présente, à titre de comparaison, les valeurs de contamination observées dans les poissons de l'étude CALIPSO provenant de la Méditerranée (différents des congres et chiens espagnols) et celles obtenues dans les poissons de l'étude d'Alteo.

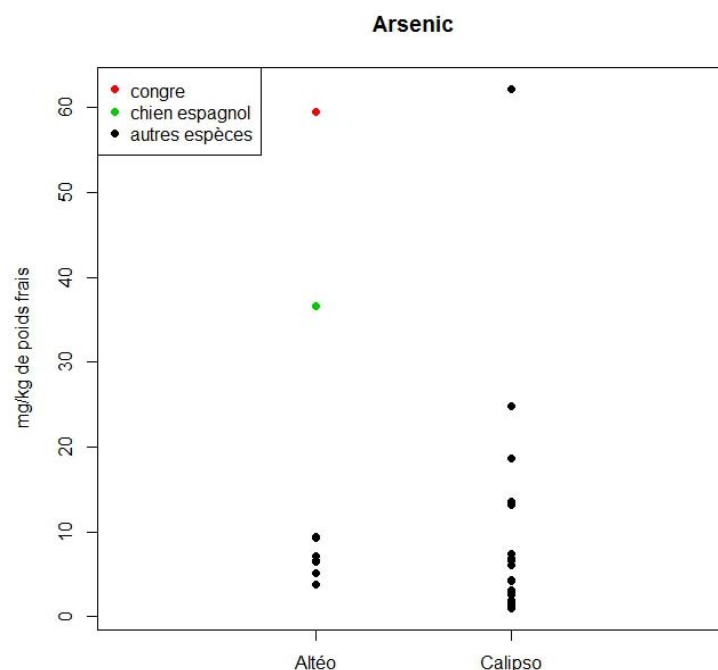


Figure 1 : Valeurs de contamination en arsenic total dans les poissons (mg/kg de poids frais) - études Alteo et CALIPSO

Ces données mettent en évidence les valeurs élevées de contamination du congre et du chien espagnol, mais des valeurs similaires sont également observées pour d'autres espèces de l'étude CALIPSO (une limande à 24,8 mg/kg de poids frais et une roussette à 62,2 mg/kg de poids frais).

Comparaison des concentrations moyennes en contaminants dans les poissons/crustacés/mollusques prélevés en Méditerranée avec ceux prélevés en Manche-Atlantique

La comparaison a été réalisée sur la base des données DGAL, ROCCH, RETROMED et CALIPSO pour lesquelles les zones de pêche sont identifiées. Les mollusques et crustacés ont été pris en compte.

Une **différence statistiquement significative** est observée pour le **plomb** et le **mercure** entre les 2 zones (Méditerranée vs Manche-Atlantique), avec, dans les 2 cas, une contamination plus élevée dans les produits pêchés en Méditerranée (tableau 8).

Tableau 8 : Comparaison des concentrations moyennes des poissons prélevés en Méditerranée et ceux prélevés en Manche-Atlantique (mg/kg de poids frais)

	Zone géographique						p
	Méditerranée			Manche + Atlantique			
	N	Moy	% censure	N	Moy	% censure	
Cadmium	763	0,11	12	3631	0,68	24	NS
Plomb	765	0,3	8	3659	0,18	29	<0,0001*
Mercure	2015	0,2	0,3	3659	0,08	8	<0,0001*

Légende : * significatif ; NS : Non Significatif ; Moy : moyenne ; % censure = pourcentage de données censurées, c'est-à-dire < à la LQ ou la LD ; N : nombre de résultats, qui peut correspondre selon les études/les espèces soit à 1 échantillon de poisson soit à un échantillon composite, comme dans le cas de CALIPSO, où 1 échantillon est composé de 5 sous-échantillons.

3.3.2.7 Conclusions

L'Anses, à l'issue de ce travail approfondi de collecte et de traitement de données, n'est pas en mesure de conclure avec précision sur l'impact du rejet en termes de contamination des poissons en raison :

- de la robustesse limitée du plan d'échantillonnage de poissons mis en œuvre par Alteo, du fait d'une part de lacunes potentielles dans la définition de la zone d'impact et, d'autre part, du fait du faible nombre de poissons prélevés pour chaque espèce dans les études de l'exploitant, ce qui limite la puissance de l'analyse statistique réalisée
- de l'absence de données dans les bases de l'Anses pour les métaux caractéristiques du rejet d'Alteo, à savoir l'aluminium, le vanadium et le titane. En effet, ces métaux ne sont pas réglementés et ne figurent pas parmi les contaminants recherchés dans les PS/PC de la DGAL. Ils n'étaient pas non plus inclus dans l'étude CALIPSO.
- du faible nombre d'espèce de poisson en commun entre celles prélevées dans les études de l'exploitant et celles figurant dans les bases de données de l'Anses. Ainsi, le congre, le chinchard et le chien espagnol n'ont pas pu être pris en compte dans l'analyse exploratoire.
- du faible nombre d'espèces prélevées dans les études de l'exploitant. En effet, les céphalopodes et les oursins n'ont pas été recherchés par l'exploitant alors que ce sont des espèces couramment pêchées en Méditerranée et débarquées dans les ports autour de Marseille (annexe 2)

Selon la méthode d'interprétation de l'état des milieux (IEM), et pour les substances ne disposant pas de seuils réglementaires, l'exploitant aurait dû échantillonner et analyser des espèces de poissons prélevées dans une zone non impactée par ses rejets. Une démarche exhaustive d'IEM aurait alors consisté à comparer ces concentrations avec celles mesurées dans la zone d'influence du rejet de l'exploitant.

L'analyse statistique réalisée sur un effectif très faible a mis en évidence une concentration moyenne en **mercure** plus élevée pour les poissons prélevés dans la zone de rejet (Alteo) que ceux prélevés dans le golfe du Lion (RETROMED) et dans la zone Méditerranée au sens large (CALIPSO, DGAL). Cette conclusion doit néanmoins être relativisée selon les espèces de poissons prises en compte.

Par ailleurs, les niveaux moyens de contamination en **mercure** et en **plomb** des poissons prélevés en Méditerranée sont significativement supérieurs à ceux prélevés en Manche-Atlantique.

Concernant le cuivre et le zinc, les niveaux moyens de contamination des poissons prélevés dans la zone de rejet (Alteo) sont significativement inférieurs à ceux prélevés dans le golfe du Lion (RETROMED).

3.3.3 Exposition alimentaire liée à la consommation de poissons

3.3.3.1 Données de consommation alimentaire

Pour la population générale

Les données de consommation proviennent d'une étude individuelle et nationale sur les consommations alimentaires INCA2 (Afssa, 2009). Cette étude s'est déroulée en trois vagues entre fin 2005 et avril 2007 afin de tenir compte des variations saisonnières. Pour la région Méditerranée (départements 06, 13, 83, 34, 11, 66, 30), elle inclut 231 adultes et 139 enfants.

Deux populations distinctes ont été incluses dans l'étude : les enfants de 3 à 17 ans et les adultes de 18 à 79 ans. Le recueil des consommations alimentaires a été réalisé avec un carnet de consommation de 7 jours consécutifs. Cette méthodologie était nécessaire pour réaliser des évaluations de risque, chronique sur longue période et aiguë sur courte période. Chaque journée était décomposée en 3 repas et 3 prises inter-repas.

Pour chaque prise ou repas, le participant devait décrire le détail de tous les aliments et boissons consommés, estimer la quantité consommée à l'aide d'un manuel de photographies de portions, ou de mesures ménagères ou encore de grammages ou volumes unitaires, et indiquer les informations sur le type de produit (industriel/fait maison, frais/boîtes de conserve/surgelé, enrichi/allégé/ou non).

Les informations recueillies sur les carnets de consommation alimentaire et de compléments ont été vérifiées et harmonisées par des diététiciennes. La codification des aliments a reposé sur la nomenclature INCA2 en 43 groupes créée spécifiquement pour l'étude et enrichie par rapport à la version précédente utilisée dans l'étude INCA1. Cette nomenclature est compatible avec celle de la composition nutritionnelle des aliments du Centre d'information sur la qualité des aliments (CIQUAL) de l'Afssa.

Les consommations des produits de la pêche par la population générale vivant en Méditerranée sont présentées en annexe 6.

Pour la population des forts consommateurs de produits de la mer

L'étude CALIPSO (2006) a été réalisée auprès de 1011 individus de plus de 18 ans forts consommateurs de produits de la mer (au moins 2 fois par semaine) et résidant sur l'un des 4 sites côtiers et ses environs (sur un rayon de 20-25 km) sélectionnés pour l'enquête : Le Havre, Toulon-Hyères, La Rochelle et Lorient.

Cette étude est basée sur un questionnaire de fréquence de consommation validé lors de l'enquête pilote par un carnet de consommation de 7 jours. Les tailles de portion habituellement consommées ont été estimées par un cahier photographique actuellement disponible (Manuel photos de l'Etude SU.VI.MAX). Les consommations sont décrites uniquement pour 996 individus (exclusion de 15 sujets pour données aberrantes concernant les consommations).

Dans le cadre de ce travail, seuls les individus enquêtés sur le site de Toulon et ses environs ont été sélectionnés, soit 252 individus. L'exposition a été calculée pour 251 d'entre eux en raison de l'absence d'information concernant le poids d'un individu (à l'exception du cuivre et du zinc exprimés en µg/j).

Les consommations des produits de la pêche par les forts consommateurs pour la région de Toulon sont présentées en annexe 7.

3.3.3.2 Données de contamination

Les données de contamination décrites dans la section « 3.3.2 Analyse statistique des données de contamination des poissons » ont été utilisées dans le cadre de ce travail auxquelles s'ajoutent les données de contamination de la 2^{ème} Etude de l'Alimentation Totale (EAT2) pour le calcul du bruit de fond (alimentation courante hors produits de la mer).

Les substances étudiées sont les suivantes : Arsenic (As), Cadmium (Cd), Chrome total (Cr), Mercure total (Hg), Plomb (Pb), Vanadium (V), Cuivre (Cu), Zinc (Zn), les PCB de type non-dioxine (PCB-NDL = somme des 6 congénères PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB153, PCB180) les dioxines/furanes et les PCB de type dioxine (DIOX-PCBDL05 = somme des dioxines/furanes et des PCB-DL avec les TEQ2005). Concernant les HAP, la somme HAP4 (Benzo(a)Anthracène + Benzo(a)Pyrène + Benzo(b)Fluoranthène + Chrysène) a été étudiée.

3.3.3.3 Calcul de l'exposition aux contaminants étudiés

A partir des données de consommation individuelle et des données de contamination, l'exposition a été calculée selon l'équation suivante :

$$E_i = \sum_{k=1}^n \frac{C_{i,k} \times L_k}{PC_i}$$

où E_i est l'exposition journalière totale de l'individu i ($\mu\text{g/kg}$ de Poids Corporel/j), $C_{i,k}$ est la consommation moyenne journalière de l'aliment k par l'individu i (g/j), L_k est la teneur pour le contaminant étudié estimée dans l'aliment k (mg/kg de Poids Frais), PC_i est le poids corporel de l'individu i (kg) et n est le nombre total d'aliments consommés par l'individu i .

Seule l'hypothèse moyenne de traitement de la censure (MB) a été prise en compte pour les calculs.

3.3.3.4 Scénarios d'exposition

L'exposition a été calculée selon les 4 scénarios de calcul décrits dans le tableau 9.

Tableau 9 : Scénarios de calcul pris en compte pour l'évaluation de l'exposition

Contamination	Consommation			
	Population générale (Adultes/Enfants) <u>INCA2</u>		Forts consommateurs de produits de la mer <u>CALIPSO</u>	
	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 1bis	Scénario 2bis
Alimentation courante (hors produits de la mer) : Données EAT 2	x	x	x	x
Poissons : Données Alteo*	x		x	
Poissons : DGAL/CALIPSO/RETROMED		x		x
Crustacés/Mollusques : DGAL/CALIPSO/ROCCH/RETROMED	x	x	x	x

*Les données Alteo portant sur très peu d'espèces de poissons consommés, la contamination des autres poissons a dû être complétée par les données provenant des autres sources (DGAL/CALIPSO/RETROMED) et ce, pour les scénarios 1 et 1bis.

Pour chaque scénario, les données de consommation sont combinées aux données de contamination EAT2 pour estimer la part du bruit de fond et les données DGAL/CALIPSO/ROCCH/RETROMED pour les crustacés et mollusques. La contamination des poissons est à chaque fois prise en compte d'une part en utilisant les données Alteo et d'autre part en utilisant les données provenant d'autres sources (DGAL/CALIPSO/RETROMED) et ce, pour la population générale et pour les forts consommateurs de produits de la mer.

A noter que pour les forts consommateurs de produits de la mer, seules les données de consommation de produits de la mer sont disponibles. Il est donc fait l'hypothèse que ces consommateurs sont exposés au même bruit de fond que la population générale adulte. Le bruit de fond calculé à partir des données INCA2 est donc combiné à l'exposition aux produits de la mer calculé à partir des données CALIPSO. L'exposition totale aux contaminants chez les forts consommateurs de produits de la mer est donc à interpréter avec prudence car ne portant pas sur les mêmes individus et n'est donnée qu'à titre indicatif afin d'avoir un ordre d'idée et ne servira pas de base pour les comparaisons avec les études existantes.

3.3.3.5 Valeurs toxicologiques de référence (VTR)

Les VTR retenues dans le cadre de ce travail sont présentées dans le tableau 10 (l'annexe 8 présente un comparatif des VTR retenues par l'Anses et par l'exploitant dans son dossier ICPE).

Tableau 10 : VTR retenues pour l'évaluation des risques liés à la consommation de produits de la mer pêchés en Méditerranée

Substance	VTR	Unité	Référence
Arsenic	0,3	µg/kg pc/j	EFSA 2009a
Cadmium	0,357	µg/kg pc/j	EFSA 2009b
Chrome (effets sans seuil)	1000	µg/kg pc/j	EFSA 2014
Chrome (effets à seuil)	1	µg/kg pc/j	Anses 2012
Méthylmercure	0,186	µg/kg pc/j	EFSA2012
Plomb	0.5	µg/kg pc/j	EFSA 2010
HAP4	340	µg/kg pc/j	EFSA 2008
PCDD/F+PCB-DL	0,7	pg/kg pc/j	US-EPA 2012
PCB-NDL	10000	pg/kg pc/j	Afssa 2007

3.3.3.6 Doses journalières d'exposition par ingestion de poisson estimées par Alteo

Les Doses journalières d'exposition (DJE) par ingestion de poisson présentées dans le dossier de l'exploitant sont rappelées dans le tableau 11.

Tableau 11 : Doses journalières d'exposition (DJE) par ingestion de poisson estimées par Alteo

Paramètre	DJE mg/kg p.c./j	
	adultes	enfants
Aluminium	3.17E-05	1.03E-04
Arsenic	8.79E-06	2.85E-05
Baryum	6.22E-06	2.02E-05
Bore	3.80E-05	1.23E-04
Chrome total	1.87E-06	6.05E-06
Cuivre	1.06E-05	3.43E-05
Etain	2.12E-05	6.86E-05
Mercure total	4.54E-05	1.47E-04
Manganèse	4.98E-06	1.61E-05
Plomb	6.22E-07	2.02E-06
Sélénium	3.92E-05	1.27E-04
Zinc	2.46E-04	7.96E-04

3.3.3.7 Résultats des calculs d'exposition alimentaire réalisés par l'Anses

Les résultats sont présentés par contaminant. Pour chaque contaminant, les expositions moyennes estimées par les 4 scénarios (1, 1bis, 2, 2 bis) sont présentées pour les adultes et les enfants vivant en Méditerranée.

A titre de comparaison, les expositions liées à la consommation de poissons calculées par Alteo pour l'arsenic, chrome total, mercure total et plomb sont également présentées dans les tableaux. Les expositions pour le cuivre et le zinc, exprimées dans le rapport d'Alteo en kg de poids corporel ne sont pas reportées car dans notre cas, et pour pouvoir comparer nos résultats avec ceux de l'EAT2, les expositions en cuivre et zinc sont exprimées en µg/jour.

Pour rappel, il n'a pas été possible d'inclure les métaux identifiés comme traceurs du rejet d'Alteo que sont l'aluminium, le vanadium et le titane, pourtant analysés par l'exploitant, car ces éléments ne figurent pas dans la liste des substances recherchées par la DGAL ou dans l'étude CALIPSO. D'autre part, 8 des 11 échantillons de poissons analysés par Alteo en 2013 avaient une concentration en aluminium inférieure à la limite de quantification (de 0,4 mg/kg de poids frais) et les 11 échantillons avaient une concentration en vanadium et en titane inférieure à la limite de quantification (respectivement de 0,02 et 0,1 mg/kg de poids frais), ce qui représente des taux de censure allant de 73 à 100 %.

Les statiques descriptives pour la population générale et pour les forts consommateurs de produits de la mer figurent en annexe 9, 10, 11 et 12 ainsi que les résultats pour les seuls consommateurs de la population générale.

Arsenic

Les résultats des calculs d'exposition alimentaire sont présentés dans le tableau 12. Les expositions estimées par Alteo sont inférieures aux estimations de l'Anses (adultes et enfants). Pour la population générale adulte (scénario 1 et 2), les estimations de l'Anses sont 76 et 94 fois plus élevées que celles d'Alteo en considérant le seul apport lié à la consommation de poissons. Ce rapport est de 145 et 163 si l'on considère l'exposition alimentaire totale (poissons et autres aliments). Pour les enfants, les estimations de l'Anses sont 29 à 57 fois plus élevées que celles d'Alteo. Enfin, pour les forts consommateurs de produits de la mer (scénario 1bis et 2bis), les estimations de l'Anses sont 689 et 1113 fois plus élevées que celles d'Alteo.

Les expositions calculées avec les données de contamination des poissons d'Alteo (scénario 1, 1bis) sont très proches de celles calculées avec les autres données de contamination des poissons (scénario 2, 2bis) et ne mettent pas en évidence de sur-exposition, que ce soit pour la population générale ou les forts consommateurs de produits de la mer. Toutefois, il est important de noter que ces calculs ne prennent pas en compte les deux fortes concentrations en arsenic figurant dans le jeu de données d'Alteo à savoir pour le congre (59,65 mg/kg de poids frais pour un seul individu) et le chien espagnol (36,57 mg/kg de poids frais pour un échantillon composite de 3 individus). En effet, l'Anses ne dispose pas de données de consommation pour ces 2 espèces.

L'exposition totale chez les adultes de la population générale est plus élevée que l'estimation apportée dans l'étude EAT2 (0,784 µg/kg pc/j), mais elle est du même ordre chez les enfants. Ceci s'explique par une part plus élevée de l'exposition liée à la consommation de produits de la mer. Par ailleurs, des données de contamination sont disponibles pour plus d'espèces par rapport à EAT2.

L'exposition des forts consommateurs de produits de la mer liée à la consommation de poissons et crustacés/mollusques est du même ordre que celle estimée dans l'étude CALIPSO à Toulon (10,5 µg/kg pc/j).

Tableau 12 : Résultats d'exposition à l'Arsenic dans la population générale (scénario 1 et 2), chez les forts consommateurs de produits de la mer (scénario 1bis et 2bis) et comparaison aux DJE estimées par Alteo

	As (µg/kg pc/j)							
	Adultes					Enfants		
	moy scénario 1	moy scénario 2	moy scénario 1bis	moy scénario 2bis	moy rapport Alteo	moy scénario 1	moy scénario 2	moy rapport Alteo
Alimentation courante (bruit de fond)	0,422	0,422	0,422	0,422		0,649	0,649	
Total produits de la mer dont :	0,887	1,047	8,954	9,592		1,017	0,997	
Poissons	0,681	0,842	6,199	6,836	0,009	0,836	0,815	0,029
Crustacés/Mollusques	0,205	0,205	2,756	2,756		0,182	0,182	
Total	1,309	1,470	9,377	10,014		1,666	1,646	

Cadmium

Les résultats des calculs d'exposition alimentaire sont présentés dans le tableau 13. Le cadmium n'a pas été retenu par Alteo dans ses calculs d'exposition alimentaire car les 11 échantillons de chair de poissons analysés en 2013 avait une concentration inférieure à la limite de quantification (de 0,005 mg/kg de poids frais).

Les expositions calculées avec les données de contamination des poissons d'Alteo (scénario 1, 1bis) sont identiques à celles calculées avec les autres données de contamination des poissons (scénario 2, 2bis).

L'exposition totale chez les adultes et les enfants de la population générale est égale à l'estimation apportée dans l'étude EAT2. Les produits de la mer contribuent très peu à l'exposition totale.

L'exposition des forts consommateurs de produits de la mer liée à la consommation de poissons et crustacés/mollusques est inférieure à celle estimée dans l'étude CALIPSO à Toulon (0,11 µg/kg pc/j). Ceci peut s'expliquer par la disponibilité d'un plus grand nombre de données en cadmium et donc de la dilution des niveaux de contamination dans les poissons.

Tableau 13 : Résultats d'exposition au Cadmium dans la population générale (scénario 1 et 2) et chez les forts consommateurs de produits de la mer (scénario 1bis et 2bis)

	Cd (µg/kg pc/j)					
	Adultes				Enfants	
	moy scénario 1	moy scénario 2	moy scénario 1bis	moy scénario 2bis	moy scénario 1	moy scénario 2
Alimentation courante (bruit de fond)	0,149	0,149	0,149	0,149	0,252	0,252
Total produits de la mer dont :	0,008	0,008	0,058	0,058	0,010	0,010
Poissons	0,003	0,003	0,026	0,026	0,004	0,004
Crustacés/Mollusques	0,005	0,005	0,031	0,031	0,006	0,006
Total	0,157	0,157	0,206	0,206	0,262	0,262

Chrome total

Les résultats des calculs d'exposition alimentaire sont présentés dans le tableau 14. L'exposition estimée par Alteo est supérieure à celle estimée par l'Anses pour la population générale (21 fois plus élevée pour les adultes et 114 fois plus élevée pour les enfants) mais elle est équivalente à celle estimée pour les forts consommateurs de produits de la mer.

Les expositions totales calculées avec les données de contamination des poissons d'Alteo (scénario 1, 1bis) sont identiques à celles calculées avec les autres données de contamination des poissons (scénario 2, 2bis).

L'exposition totale chez les adultes et enfants de la population générale est équivalente à l'estimation apportée dans l'étude EAT2. Pour le chrome, les données de contamination d'Alteo sont disponibles pour très peu d'espèces de poissons.

Le chrome n'a pas été analysé dans l'étude CALIPSO.

Tableau 14 : Résultats d'exposition au Chrome dans la population générale (scénario 1 et 2), chez les forts consommateurs de produits de la mer (scénario 1bis et 2bis) et comparaison aux DJE estimées par Alteo

	Cr (µg/kg pc/j)							
	Adultes					Enfants		
	moy scénario 1	moy scénario 2	moy scénario 1bis	moy scénario 2bis	moy rapport Alteo	moy scénario 1	moy scénario 2	moy rapport Alteo
Alimentation courante (bruit de fond)	4,011	4,011	4,011	4,011		6,820	6,820	
Total produits de la mer dont :	0,005	0,005	0,019	0,016		0,002	0,002	
Poissons	9,36E-05	-	0,002	.	0,002	5,26E-05	-	0,006
Crustacés/Mollusques	0,005	0,005	0,016	0,016		0,002	0,002	
Total	4,016	4,016	4,030	4,028		6,823	6,823	

Mercure total

Les résultats des calculs d'exposition alimentaire sont présentés dans le tableau 15. L'exposition estimée par Alteo est équivalente ou très proche de celle estimée par l'Anses pour la population générale (adultes, enfants). En revanche, elle est inférieure à celle estimée par l'Anses pour les forts consommateurs de produits de la mer. Dans ce cas, les estimations de l'Anses sont 7 fois plus élevées que celles d'Alteo en considérant le seul apport lié à la consommation de poissons. Ce rapport est de 9 si l'on considère l'exposition alimentaire totale (poissons et autres aliments).

Les expositions calculées avec les données de contamination des poissons d'Alteo (scénario 1, 1bis) sont très proches de celles calculées avec les autres données de contamination des poissons (scénario 2, 2bis).

L'exposition totale chez les adultes et enfants de la population générale se situe dans la fourchette (LB-UB) apportée dans l'étude EAT2. La contribution des produits de la mer est toutefois plus élevée dans notre estimation.

L'exposition des forts consommateurs de produits de la mer liée à la consommation de poissons et crustacés/mollusques est supérieure à celle estimée dans l'étude CALIPSO à Toulon (0,24 µg/kg pc/j).

Tableau 15 : Résultats d'exposition au Mercure dans la population générale (scénario 1 et 2), chez les forts consommateurs de produits de la mer (scénario 1bis et 2bis) et comparaison aux DJE estimées par Alteo

	Hg (µg/kg pc/j)							
	Adultes					Enfants		
	moy scénario 1	moy scénario 2	moy scénario 1bis	moy scénario 2bis	moy rapport Alteo	moy scénario 1	moy scénario 2	moy rapport Alteo
Alimentation courante (bruit de fond)	0,092	0,092	0,092	0,092		0,127	0,127	
Total produits de la mer dont :	0,045	0,050	0,328	0,325		0,084	0,084	
Poissons	0,041	0,045	0,304	0,301	0,045	0,080	0,080	0,147
Crustacés/Mollusques	0,004	0,004	0,024	0,024		0,004	0,004	
Total	0,137	0,142	0,421	0,417		0,211	0,211	

Plomb

Les résultats des calculs d'exposition alimentaire sont présentés dans le tableau 16. L'exposition estimée par Alteo est inférieure à celle estimée pour la population générale et pour les forts consommateurs de produits de la mer. Pour la population générale adulte (scénario 1 et 2), les estimations de l'Anses sont 15 fois plus élevées que celles d'Alteo en considérant le seul apport lié à la consommation de poissons. Ce rapport est de 244 si l'on considère l'exposition alimentaire totale (poissons et autres aliments). Pour les enfants, les estimations de l'Anses sont 9 à 174 fois plus élevées que celles d'Alteo. Enfin, pour les forts consommateurs de produits de la mer (scénario 1bis et 2bis), les estimations de l'Anses sont 135 à 416 fois plus élevées que celles d'Alteo.

Les expositions calculées avec les données de contamination des poissons d'Alteo (scénario 1, 1bis) sont identiques à celles calculées avec les autres données de contamination des poissons (scénario 2, 2bis).

L'exposition totale chez les adultes et enfants de la population générale est équivalente à l'estimation apportée dans l'étude EAT2. La contribution des produits de la mer est toutefois plus élevée dans notre estimation.

L'exposition des forts consommateurs de produits de la mer liée à la consommation de poissons et crustacés/mollusques est supérieure à celle estimée dans l'étude CALIPSO à Toulon (0,06 µg/kg pc/j).

Tableau 16 : Résultats d'exposition au Plomb dans la population générale (scénario 1 et 2), chez les forts consommateurs de produits de la mer (scénario 1bis et 2bis) et comparaison aux DJE estimées par Alteo

	Pb (µg/kg pc/j)							
	Adultes					Enfants		
	moy scénario 1	moy scénario 2	moy scénario 1bis	moy scénario 2bis	moy rapport Alteo	moy scénario 1	moy scénario 2	moy rapport Alteo
Alimentation courante (bruit de fond)	0,213	0,213	0,213	0,213		0,309	0,309	
Total produits de la mer dont :	0,031	0,031	0,203	0,202		0,038	0,038	
Poissons	0,015	0,015	0,136	0,135	0,001	0,018	0,018	0,002
Crustacés/Mollusques	0,017	0,017	0,067	0,067		0,020	0,020	
Total	0,244	0,244	0,416	0,415		0,348	0,348	

Vanadium

Les résultats des calculs d'exposition alimentaire sont présentés dans le tableau 17. Le vanadium n'a pas été retenu par Alteo dans ses calculs d'exposition alimentaire car les 11 échantillons de chair de poissons analysés en 2013 avait une concentration inférieure à la limite de quantification (de 0,02 mg/kg de poids frais).

Les expositions calculées avec les données de contamination des poissons d'Alteo (scénario 1, 1bis) sont identiques à celles calculées avec les autres données de contamination des poissons (scénario 2, 2bis).

L'exposition totale chez les adultes et enfants de la population générale est équivalente à l'estimation apportée dans l'étude EAT2.

Le vanadium n'a pas été analysé dans l'étude CALIPSO.

Tableau 17 : Résultats d'exposition au Vanadium dans la population générale (scénario 1 et 2) et chez les forts consommateurs de produits de la mer (scénario 1bis et 2bis)

	V (µg/kg pc/j)					
	Adultes				Enfants	
	moy scénario 1	moy scénario 2	moy scénario 1bis	moy scénario 2bis	moy scénario 1	moy scénario 2
Alimentation courante (bruit de fond)	0,816	0,816	0,816	0,816	1,015	1,015
Total produits de la mer dont :	0,005	0,005	0,023	0,015	0,004	0,004
Poissons	0,001	-	0,008	.	0,000	-
Crustacés/Mollusques	0,005	0,005	0,015	0,015	0,004	0,004
Total	0,821	0,821	0,839	0,831	1,019	1,019

HAP (somme de 4)

Les résultats des calculs d'exposition alimentaire sont présentés dans le tableau 18. Alteo n'ayant pas réalisé d'analyses sur ces substances, les scénarios 1 et 1bis ne sont pas présentés.

L'exposition totale chez les adultes et enfants de la population générale est équivalente à l'estimation apportée dans l'étude EAT2.

Les HAP n'ont pas été analysés dans l'étude CALIPSO.

Tableau 18 : Résultats d'exposition aux HAP4 dans la population générale (scénario 2) et chez les forts consommateurs de produits de la mer (scénario 2bis)

	HAP4 (µg/kg pc/j)					
	Adultes				Enfants	
	moy scénario 1	moy scénario 2	moy scénario 1bis	moy scénario 2bis	moy scénario 1	moy scénario 2
Alimentation courante (bruit de fond)	-	0,001	-	0,001	-	0,002
Total produits de la mer dont :	-	0,0001	-	0,0005	-	8,20E-05
Poissons	-	5,21E-07	-	0,0000	-	1,62E-07
Crustacés/Mollusques	-	0,0001	-	0,0005	-	8,18E-05
Total	-	0,002	-	0,002	-	0,002

PCB-NDL

Les résultats des calculs d'exposition alimentaire sont présentés dans le tableau 19. Alteo n'ayant pas réalisé d'analyses sur ces substances, les scénarios 1 et 1bis ne sont pas présentés.

L'exposition totale chez les adultes et enfants de la population générale est supérieure à l'estimation apportée dans l'étude EAT2. Ceci peut s'expliquer par la disponibilité d'un plus grand nombre de données et de la contribution connue des produits de la mer à l'exposition en PCB.

L'exposition des forts consommateurs de produits de la mer liée à la consommation de poissons et crustacés/mollusques est inférieure à celle estimée dans l'étude CALIPSO (analyse de la somme des PCB_i= PCB-NDL + PCB118) à Toulon.

Tableau 19 : Résultats d'exposition aux PCB-NDL dans la population générale (scénario 2) et chez les forts consommateurs de produits de la mer (scénario 2bis)

	PCB-NDL (pg/kg pc/j)					
	Adultes				Enfants	
	moy scénario 1	moy scénario 2	moy scénario 1bis	moy scénario 2bis	moy scénario 1	moy scénario 2
Alimentation courante (bruit de fond)	-	1100	-	1100	-	1959
Total produits de la mer dont :	-	1537	-	8598	-	1420
<i>Poissons</i>	-	1345	-	7679	-	1276
<i>Crustacés/Mollusques</i>	-	192	-	919	-	144
Total	-	2637	-	9698	-	3378

Dioxines/furanes + PCB-DL (TEQ2005)

Les résultats des calculs d'exposition alimentaire sont présentés dans le tableau 20. Alteo n'ayant pas réalisé d'analyses sur ces substances, les scénarios 1 et 1bis ne sont pas présentés.

L'exposition totale chez les adultes et enfants de la population générale est équivalente à l'estimation apportée dans l'étude EAT2.

L'exposition des forts consommateurs des produits de la mer liée à la consommation de poissons et crustacés/mollusques est également équivalente à celle estimée dans l'étude CALIPSO.

Tableau 20 : Résultats d'exposition aux Dioxines/Furanes+PCB-DL dans la population générale (scénario 2) et chez les forts consommateurs de produits de la mer (scénario 2bis)

	Dioxines/furanes + PCB-DL (TEQ2005) (pg/kg pc/j)					
	Adultes				Enfants	
	moy scénario 1	moy scénario 2	moy scénario 1bis	moy scénario 2bis	moy scénario 1	moy scénario 2
Alimentation courante (bruit de fond)	-	0,319	-	0,319	-	0,577
Total produits de la mer dont :	-	0,189	-	1,322	-	0,198
<i>Poissons</i>	-	0,152	-	1,139	-	0,165
<i>Crustacés/Mollusques</i>	-	0,036	-	0,182	-	0,033
Total	-	0,508	-	1,641	-	0,775

Cuivre

Les résultats calculs d'exposition alimentaire sont présentés dans le tableau 21. Pour la population générale adulte (scénario 1 et 2), les estimations de l'Anses sont 3 fois plus élevées que celles d'Alteo en considérant le seul apport lié à la consommation de poissons. Pour les enfants, les estimations de l'Anses et d'Alteo sont très proches.

Enfin, pour les forts consommateurs de produits de la mer (scénario 1bis et 2bis), les estimations de l'Anses sont 11 et 15 fois plus élevées que celles d'Alteo

Les expositions calculées avec les données de contamination des poissons d'Alteo (scénario 1, 1bis) sont identiques ou très proches de celles calculées avec les autres données de contamination des poissons (scénario 2, 2bis).

L'exposition totale chez les adultes de la population générale est inférieure à l'estimation apportée dans l'étude EAT2. Elle est équivalente chez les enfants.

Le cuivre n'a pas été analysé dans l'étude CALIPSO.

Tableau 21 : Résultats d'exposition au Cuivre dans la population générale (scénario 1 et 2), chez les forts consommateurs de produits de la mer (scénario 1bis et 2bis) et DJE estimées par Alteo

	Cu (µg/j)							
	Adultes					Enfants		
	moy scénario 1	moy scénario 2	moy scénario 1bis	moy scénario 2bis	moy rapport Alteo	moy scénario 1	moy scénario 2	moy rapport Alteo
Alimentation courante (bruit de fond)	1595	1595	1595	1595		973	973	
Total produits de la mer dont :	6,5	6,3	27	24		1,6	1,6	
Poissons	2,4	2,2	11	8	0,742	0,8	0,8	0,515
Crustacés/Mollusques	4,1	4,1	16	16		0,8	0,8	
Total	1601	1601	1622	1619		975	975	

Zinc

Les résultats des calculs d'exposition alimentaire sont présentés dans le tableau 22. Pour la population générale adulte (scénario 1 et 2), les estimations d'Alteo sont 1,3 et 1,8 fois plus élevées que celles de l'Anses en considérant le seul apport lié à la consommation de poissons. Pour les enfants, les rapports sont de 3,1 et 3,5. Enfin, pour les forts consommateurs de produits de la mer (scénario 1bis et 2bis), les estimations de l'Anses sont 2,4 et 4,6 fois plus élevées que celles d'Alteo.

Les expositions calculées avec les données de contamination des poissons d'Alteo (scénario 1, 1bis) sont très proches de celles calculées avec les autres données de contamination des poissons (scénario 2, 2bis).

L'exposition totale chez les adultes et les enfants de la population générale est équivalente à l'estimation apportée dans l'étude EAT2.

Le zinc n'a pas été analysé dans l'étude CALIPSO.

Tableau 22 : Résultats d'exposition au Zinc dans la population générale (scénario 1 et 2),chez les forts consommateurs de produits de la mer (scénario 1bis et 2bis) et DJE estimées par Alteo

	Zn (µg/j)							
	Adultes					Enfants		
	moy scénario 1	moy scénario 2	moy scénario 1bis	moy scénario 2bis	moy rapport Alteo	moy scénario 1	moy scénario 2	moy rapport Alteo
Alimentation courante (bruit de fond)	7997	7997	7997	7997		6399	6399	
Total produits de la mer dont :	86,1	82,1	366	329		18,5	18,2	
Poissons	13,7	9,6	79	41	17,2	3,8	3,4	11,9
Crustacés/Mollusques	72,4	72,4	287	287		14,8	14,8	
Total	8083	8079	8363	8325		6417	6417	

3.3.4 Conclusion de la partie relative à la contamination des poissons et à l'estimation de l'exposition alimentaire

Les estimations de l'exposition alimentaire réalisées par l'Anses pour l'arsenic, le mercure et le plomb sont plus élevées que celles présentées dans le rapport d'Alteo, dans des rapports allant de 10 à 1000. Ces écarts trouvent leur origine dans des différences méthodologiques. Ainsi, Alteo a proposé un scénario basé sur une consommation moyenne de poisson générique issue des données INCA2, un poids corporel par défaut de 70 kg pour les adultes et 15 kg pour les enfants et il a limité la période d'exposition (c'est-à-dire de consommation de poissons provenant de la zone impactée de rejet) à 60 jours pour une durée d'exposition de 30 ans pour les adultes et 6 ans pour les enfants. De son côté, l'Anses a basé ses calculs sur les consommations individuelles (pour la région de Toulon), le poids corporel déclaré de chaque individu, sans limiter la durée d'exposition. De plus, l'Anses a pris en compte l'apport en contaminant par les autres aliments (bruit de fond) afin de produire une estimation de l'exposition alimentaire totale.

Selon la méthodologie employée par Alteo (référentiel ICPE, guide INERIS), aucun dépassement de valeur toxicologique de référence n'est observé pour l'arsenic, le chrome, le mercure, le plomb. Le cadmium n'a pas été retenu par Alteo du fait des faibles concentrations mesurées dans la chair de poisson (inférieures à la limite de quantification).

Selon la méthodologie employée par l'Anses, des dépassements de valeur toxicologique de référence sont constatés pour les expositions moyennes à l'arsenic⁵ (en comparaison à la valeur repère pour l'arsenic inorganique), au chrome⁵ (en comparaison à la dose journalière tolérable pour le chrome hexavalent), au mercure (en comparaison à la dose hebdomadaire tolérable pour le méthylmercure), et aux dioxines/furanes/PCB-DL (en comparaison à la dose journalière tolérable pour les dioxines).

Ces observations sont en cohérence avec les résultats de l'étude EAT2, comme rappelé dans le tableau en annexe 13. Concernant CALIPSO, pour 30% des enquêtés, l'estimation de l'exposition au méthylmercure était supérieure à la valeur toxicologique de référence. Peu de dépassements étaient observés pour le plomb, le cadmium, l'arsenic inorganique mais il convient de préciser que depuis la publication de cette étude (2006) les valeurs toxicologiques pour ces contaminants ont été revues par l'Efsa et ont été abaissées d'un facteur 3 (cadmium) à 7 (arsenic, plomb).

Par ailleurs, concernant la contamination des poissons, l'Anses n'a pas été en mesure de réaliser l'analyse statistique pour les concentrations en aluminium, titane, vanadium (métaux caractéristiques du rejet) dans des poissons prélevés dans la zone de rejet (Alteo) faute de donnée dans les autres sources accessibles à l'Agence (CALIPSO, DGAL, RETROMED) et faute de données produites par l'exploitant pour des zones non impactées.

Pour le plomb, le cadmium, le mercure, le cuivre et le zinc, l'analyse statistique menée sur un nombre limité de données a mis en évidence pour le **mercure** une concentration moyenne plus élevée pour les poissons prélevés dans la zone de rejet (Alteo) que ceux prélevés dans le golfe du Lion (RETROMED) et dans la zone Méditerranée au sens large (CALIPSO, DGAL). Toutefois, la puissance statistique est faible et il aurait été souhaitable de disposer d'un nombre plus important de données pour chaque espèce (30 spécimens).

L'exploitant conclut dans son dossier à une vulnérabilité du milieu pour l'arsenic et à une incompatibilité pour le mercure du fait de dépassements de la limite maximale fixée par le règlement CE n°1881/2006.

L'Anses, dans le cadre de cette expertise, constate :

- que les niveaux moyens de contamination en **mercure** et en **plomb** des poissons prélevés en Méditerranée sont significativement supérieurs à ceux prélevés en Manche-Atlantique ;
- des dépassements de valeurs toxicologiques de référence pour l'arsenic⁵, le chrome⁵, le mercure et les dioxines/furanes/PCB-DL pour les estimations de l'exposition alimentaire moyenne avec les données de consommation représentatives de la zone méditerranéenne. Ces dépassements résultent de l'apport cumulé des poissons et des autres aliments, les poissons pouvant être les plus forts contributeurs pour le mercure, l'arsenic et les dioxines/furanes/PCB-DL.

L'Anses rappelle les niveaux de contamination notables pour le mercure et le plomb en Méditerranée au regard d'autres zones marines métropolitaines (Manche, Atlantique). L'analyse n'a pas pu être menée pour l'arsenic.

Dans ce contexte, on notera que le futur rejet constituera toujours une source de contamination pour certaines de ces substances (quantités rejetées par an de 4 tonnes d'arsenic, 700 kg de chrome, 30 kg de plomb, 8 kg de cadmium, auxquels s'ajoutent 2880 tonnes d'aluminium, 26 tonnes de vanadium, 9 tonnes de titane et 4 tonnes de molybdène).

⁵ les expositions ont été calculées en arsenic total et en chrome total et ont été comparées aux valeurs toxicologiques de référence des formes chimiques les plus toxiques, que sont l'arsenic inorganique et le chrome hexavalent, ce qui représente des hypothèses très maximalistes.

3.4 PARTIE 2 : ingestion d'eau au cours de la baignade

Afin de répondre aux objectifs de réduire autant que possible les rejets solides dans les effluents industriels, l'exploitant prévoit d'utiliser trois filtres-presses afin de déshydrater les résidus de bauxite. Plusieurs solutions de prétraitement des effluents aqueux ont été envisagées. La solution de rejet en mer sans prétraitement hormis le passage par un filtre sous pression a été retenue par l'exploitant. L'évaluation des risques menée par l'exploitant porte uniquement sur l'impact sanitaire lié à l'option qu'il a retenue et les hypothèses y afférentes.

3.4.1 Analyse de la démarche d'évaluation des risques liés à la baignade

L'évaluation des risques a été menée selon une démarche classique en 4 étapes :

- identification des dangers ;
- recherche des relations doses-réponses (VTR) ;
- évaluation de l'exposition ;
- caractérisation du risque.

Les paramètres et données d'entrée retenus par l'exploitant pour élaborer le scénario d'exposition ont été analysés. L'examen de l'Anses porte sur les hypothèses considérées par l'exploitant pour établir les scénarios d'exposition lié à l'ingestion d'eau lors d'activités de baignade, en fonction d'un contaminant à effet à seuil ou sans seuil.

3.4.1.1 Identification des dangers

La liste des dangers identifiés par l'exploitant est présentée au paragraphe 3.2.

3.4.1.2 Relations doses-réponses

La liste des valeurs toxicologiques de référence (VTR) utilisées par l'exploitant pour mener son calcul de risque figure à l'annexe 7.

3.4.1.3 Evaluation de l'exposition

L'exposition est évaluée à partir du calcul de la dose journalière d'exposition (DJE). L'exploitant a déterminé cette dernière en se basant sur le calcul des concentrations en polluants dans la colonne d'eau à une distance de 1 km du point de rejet ajouté à la concentration calculée des contaminants chimiques situés en surface à 500 m du point de rejet ainsi que sur les différents paramètres qui décrivent les scénarios d'exposition (tableau 23).

Tableau 23 : Formules proposées par l'Anses pour le calcul des doses journalières d'exposition (voie orale)

Risque	Voie	DJE
Chronique à seuil de dose	Orale	$\frac{C_i \times V \times F}{P} \times \frac{T_j}{365}$
Chronique sans seuil de dose	Orale	$\frac{C_i \times V \times F}{P} \times \frac{T_j}{365} \times \frac{T_a}{T_p}$

C_i (mg/L) : concentration en contaminant dans l'eau

P (kg) : masse corporelle

V (L/h) : volume d'eau ingéré par heure

F (h/j) : nombre d'heures d'exposition par jour

T_j (j) : nombre de jours d'exposition dans une année. La chronicité est estimée pour une année d'exposition.

T_a (année) : nombre d'années d'exposition

T_p (année) : temps de pondération correspond à une vie entière de 85 ans

365 (j) : nombre de jours dans une année

3.4.1.4 Description du scénario d'exposition

Le scénario d'exposition retenu par l'exploitant pour évaluer les risques sanitaires liés à la baignade est basé, pour partie, sur l'étude menée par l'Institut national de veille sanitaire (InVS) concernant les risques sanitaires encourus par les adultes ou les enfants fréquentant les plages du littoral atlantique affectées par les hydrocarbures déversés à partir du pétrolier « Erika » après les travaux de dépollution (InVS/INERIS, 2003).

Tableau 24 : Paramètres d'exposition retenus par l'exploitant

Paramètre	Adultes	Enfants	Références bibliographiques/justifications
Quantité d'eau ingérée (L/j)	0,1	0,05	Étude InVS/INERIS (2003)
Nombre de jour d'exposition (J)	182,5	182,5	Quotidiennement pendant 6 mois
Nombres d'années d'exposition	30	6	Valeurs usuelles
Masse corporelle (kg)	70	15	Valeurs usuelles (INERIS, 2001)

a) Examen des données d'entrée du scénario d'exposition

Populations cibles

Les populations d'enfants et d'adultes ont été retenues comme populations cibles sans que ne soient précisées leurs activités en lien avec l'eau ni leur statut de résidents ou de vacanciers.

Le scénario aurait du être plus détaillé et élargi à la population des professionnels. L'exploitant aurait du préciser des classes d'âge dans la catégorie « enfant ».

Volume d'eau ingéré

L'ingestion d'eau par les baigneurs a lieu accidentellement à l'exception des jeunes enfants qui ingèrent de l'eau par jeu. Le volume estimé d'eau ingéré lors d'une baignade varie en fonction de l'âge et de l'activité pratiquée (natation, plongée, activité nautique, etc.).

Schijven et de Roda Husman (2006), aux Pays-Bas, ont estimé les volumes d'eau ingérés durant les activités de baignades et autres activités aquatiques (plongée, kayak, pêche, etc.). Ils montrent que pour une activité de plongée le volume d'eau ingéré moyen est de l'ordre de 10 mL. Schets et al. (2011) montrent que les volumes d'eau moyens ingérés pour un bain en eau de mer « froide » sont de 27 mL pour les hommes, 18 mL pour les femmes et 31 mL pour les enfants de moins de 15 ans. Dorevitch et al. (2011) ont également déterminé les volumes d'eau ingérés en fonction de l'activité nautique pratiquée (aviron, canoé, kayak, etc.) dans la région de Chicago. Les volumes ingérés, même en cas de chavirage de l'embarcation, sont tous inférieurs à 10 mL.

Durée et fréquence d'exposition

Le scénario d'exposition élaboré par l'exploitant considère un nombre de jours d'exposition égal à 182,5 jours par an pour une durée d'exposition de 30 ans pour les adultes et de 6 ans pour les enfants.

Le nombre de jours d'exposition proposé, bien que maximaliste pour un individu en vacances, est réaliste pour un résident sur le littoral méditerranéen (adulte ou enfant). Le nombre de jours d'exposition devrait être étendu pour les professionnels.

Le nombre de bains par jour ainsi que leur durée ou celle de l'activité aquatique pratiquée auraient dû être précisés. Les données fournies par l'étude menée par l'InVS/INERIS (2003) sur les rejets de l'Erika auraient pu, par exemple, compléter le scénario d'exposition proposé : 2 bains par jour pour les enfants et les adultes (vacanciers ou professionnels). Les durées de bain variant de 1 à 3 h en fonction de la population et de l'activité. Une autre étude montre également que la durée d'un bain en eau de mer au Pays-Bas en moyenne est de 45 min pour les hommes, 41 minutes pour les femmes et 65 pour les enfants de moins 15 ans (Schets et al., 2011).

L'exploitant, dans son scénario, intègre les volumes d'eau ingérés proposés par l'InVS/INERIS (2003) : 100 mL pour les adultes et 50 mL pour les enfants. Au regard des résultats des études citées ci-dessus, ces volumes sont maximalistes pour les adultes. Pour les enfants, ces volumes sont insuffisants si l'on considère que les enfants se baignent plusieurs fois par jour. Par ailleurs, des durées d'exposition différentes entre les adultes résidents et les adultes professionnels auraient permis d'élaborer des scénarios plus réalistes.

Masse corporelle

L'exploitant reprend les caractéristiques physiques définies par l'INERIS (2001) :

- un enfant de moins de 6 ans est estimé peser 15 kg ;
- un adulte est caractérisé par une masse de 70 kg.

Afin d'affiner l'évaluation de l'exposition, les valeurs moyennes de la population générale résidant dans les départements qui bordent la Méditerranée (06,13, 83, 34, 11, 66, 30), définis dans l'étude INCA2 (Anses, 2014) auraient pu être pris en considération :

- enfants et adolescents de 3 à 17 ans : 43 kg
- adultes de 18 ans et plus : 72 kg.

Les poids retenus par l'exploitant et principalement ceux pour les enfants sont une donnée d'entrée majorant l'exposition.

b) Détermination de la concentration en polluants

b1) Constitution des effluents

Les compositions de l'effluent actuel, de l'effluent futur et de l'effluent en situation accidentelle sont décrites dans le dossier d'étude d'impact.

La caractérisation de l'effluent actuel est basée sur trois échantillons prélevés les 25 avril, 10 et 22 mai 2012. Les échantillons ont été conditionnés selon les prescriptions du laboratoire prestataire et n'ont pas fait l'objet de traitement *in situ* avant leur envoi. Des réserves à réception au laboratoire ont été émises pour certains échantillons, le délai d'acheminement fixé à 24 h n'ayant pas été respecté pour l'ensemble des échantillons.

La caractérisation de l'effluent futur est basée sur trois échantillons composites moyens réalisés les 22 novembre, 3 et 11 décembre 2012. L'effluent futur a été reconstitué à partir des quatre composants principaux du flux liquide actuel d'accompagnement des résidus vers la mer, filtré, puis additionné de matières en suspension :

- l'eau de lavage des résidus (110 m³/h) ;
- la purge de l'impureté « oxalate » (8 m³/h) ;
- l'eau de retour du surnageant du bassin n°7 (22 m³/h) ;
- l'eau dite « utilitaire », mélangée aux eaux pluviales récupérées sur le site de Gardanne et à l'eau brute pompée dans le canal de Provence (130 m³/h).

Les prélèvements ont été réalisés par l'exploitant et acheminés pour analyse vers un laboratoire accrédité dont la portée d'accréditation ne couvre pas l'ensemble des paramètres analysés. En effet, ces échantillons constituent des matrices particulières. Par ailleurs, il convient de noter également, la difficulté signalée de récupération du floculat, même après une décantation pendant une nuit, en raison d'une rapide remise en suspension. Ainsi, l'étude spécifique relative aux hydrotalcites a été confiée à un autre prestataire (§ 3.4.2.1).

Par ailleurs, sur la base des échanges de l'Anses avec l'exploitant (audition du 10 décembre 2014 – Marseille), il est confirmé qu'outre la concentration en MES visée, l'échantillon composite doit également présenter une concentration en soude à la valeur maximum autorisée de 4 g Na₂O/L (moyenne 2,6 g/L en exploitation).

Les métaux contenus dans les effluents ont été dosés par ICP-MS⁶, ICP-OES⁷ ou SAA⁸ (technique hydrures) après minéralisation.

D'après l'exploitant, les conditions de préparation étant différentes d'un échantillon à l'autre, il n'est pas possible de comparer les différentes fractions.

Par ailleurs, aucune information n'est donnée sur l'efficacité des minéralisations sur ces échantillons atypiques. La spéciation de certains métaux (As et Sn) prévue n'a pu être réalisée sur tous les types d'échantillons ou fractions (pH et effet matrice).

S'agissant des HAP, et des alkylphénols, les extraits obtenus après extraction Liquide-Liquide sont analysés respectivement par des couplages de chromatographies gazeuse et liquide avec la spectrométrie de masse (CG/SM⁹ et CL/SM/SM¹⁰). Les dioxines et furanes sont analysées par un couplage CG/HRSM¹¹ en dilution isotopique les résultats sont émis sous accréditation.

De fortes incertitudes demeurent tant sur :

- le plan de l'échantillonnage ;
- la représentativité des échantillons ;
- les aspects analytiques au regard de la complexité des matrices soumises à analyse (minéralisation, variabilité des résultats *versus* incertitudes annoncées).

Pour le suivi analytique de la qualité de l'effluent futur, prévu en phase opérationnelle, les paramètres de l'échantillonnage, du prétraitement, de la minéralisation et des méthodes d'analyse devront être optimisés et formalisés au préalable.

⁶ spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif

⁷ spectroscopie d'émission optique avec plasma induit par hautes fréquences

⁸ spectrométrie d'absorption atomique (kit hydrures)

⁹ chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse

¹⁰ chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem

¹¹ chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse haute résolution

b2) Caractérisation de l'effluent futur

Sa charge en MES est estimée beaucoup plus faible que celle de l'effluent actuel (35 mg/L en situation normale et 250 mg/L en situation accidentelle), impliquant une baisse considérable de sa densité qui serait inférieure à celle de l'eau de mer ($1\,008\text{ kg/m}^3$).

Compte tenu de la forte diminution de la charge en MES de l'effluent futur, d'après l'exploitant, le comportement du panache sera modifié par rapport à celui de l'effluent actuel. Le contenu de l'effluent actuel « lourd » qui tombe au fond de la mer sera remplacé par un effluent « léger » qui monte vers la surface (figure 2).

Les simulations de dispersion du rejet futur, réalisées par l'exploitant, indiquent sa tendance à stabiliser ses composants à une profondeur de 220 m. Pour rappel, le point de rejet actuel se situe à 320 m de profondeur (figure 2).

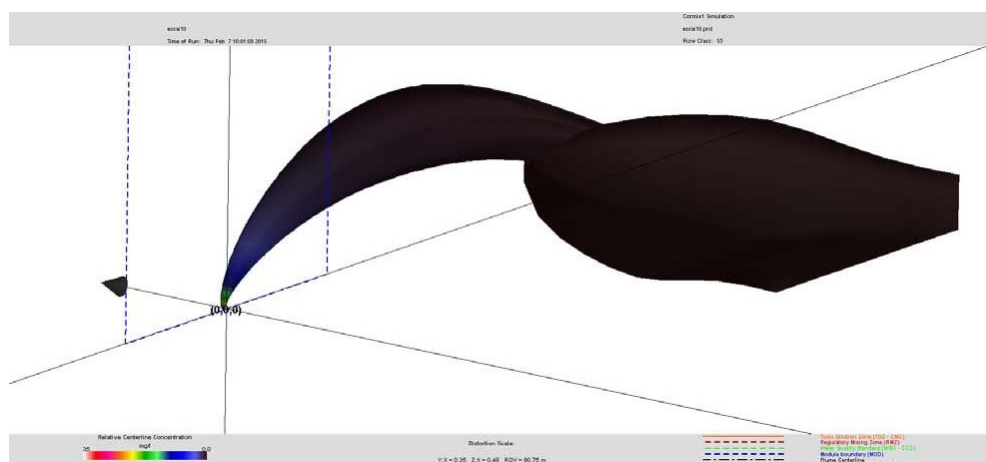


Figure 2 : Vue d'ensemble du champ proche en situation future : le panache s'élève au-dessus du fond¹² (Source Actimar, annexe 12 du dossier de l'exploitant, p130)

Ainsi, l'exploitant indique :

« Le panache issu de l'émissaire est pris dans des courants et de la turbulence plus forts qu'en situation actuelle. La dispersion du panache sera donc plus importante, et il n'est donc pas anormal de constater des emprises de dispersion plus étendues qu'en situation actuelle. Cependant les gammes de dilution sont comparables avec la situation actuelle, les parties du panache atteignant le littoral sont à des dilutions toujours supérieures à 10 000. »

c) Diffusion des rejets : validation des modèles de dispersion

Afin de décrire le devenir des rejets actuel et futur et de déterminer leur zone d'influence, une modélisation de l'hydrodynamisme du site a été mise en œuvre. Les résultats de ces simulations permettent d'estimer les concentrations des contaminants chimiques auxquels les baigneurs sont susceptibles d'être exposés lors des activités nautiques. Les experts auprès de l'Anses ont porté une attention particulière lors de l'examen du dossier sur la zone d'influence du rejet futur vis-à-vis des sites de baignade et autres activités nautiques.

La dispersion du panache est influencée par des conditions très locales à la sortie de l'émissaire ainsi que par la circulation à grande échelle. C'est pourquoi la modélisation est réalisée à des échelles spatiales différentes (champ proche, champ lointain).

c1) Champ proche

Le champ proche est défini, dans le dossier de l'exploitant, comme « le comportement hydrodynamique du panache immédiatement après la sortie de l'émissaire pour prendre en compte les effets de turbulence et de flottabilité notamment. Il couvre au maximum quelques centaines de mètres de part et d'autre du rejet ».

La dispersion des effluents dans le champ proche du point de rejet a été étudiée par Actimar (2013 ; annexe 12) à l'aide d'un outil spécifique de modélisation (CORMIX) tenant compte de paramètres tels que :

- le diamètre et l'orientation de la canalisation ;
- le débit de rejet ;
- les caractéristiques de la nature du constituant rejeté (flottabilité de l'effluent...) ;
- la stratification ambiante et le cisaillement de courant (fourni par la modélisation du champ moyen).

¹² l'échelle des profondeurs n'est pas indiquée dans le document d'origine.

La construction d'un modèle mathématique permet de comprendre et de visualiser la fonction de dispersion et de mélange du rejet avec les eaux de mer.

Le champ proche pour l'effluent futur s'étend sur 100 à 150 m selon les scénarios. Le panache atteint sa côte d'équilibre à environ 220m de fond ; son épaisseur est de l'ordre de 15 m en sortie de champ proche. »

Le modèle de champ proche CORMIX, utilisé par la société ACTIMAR dans l'étude de dispersion des rejets en mer, est bien choisi et son utilisation semble correcte et adaptée aux conditions futures de rejets. Cependant, dans cette même étude, un autre modèle de dispersion (Mars3D) a été utilisé pour évaluer la dilution du rejet dans le champ proche (<20 m). Ce modèle n'est pas basé sur une modélisation hydrodynamique globale et ne fournit qu'une information « sous-maille » qui ne permet pas de quantifier le comportement du panache du rejet à proximité immédiate de l'émissaire tout comme la résolution verticale trop peu fine et la bathymétrie trop imprécise pour bien simuler les échanges avec le canyon de Cassidaigne.

L'utilisation d'un modèle hydrodynamique avec une très fine résolution, adapté à ce type de dispositif affinerait les résultats en fournissant une condition d'entrée dans la grille du modèle de champ lointain (Mars3D) sous la forme d'une concentration de « source équivalente ».

c2) Champ lointain

Le champ lointain représente la circulation générale en Méditerranée Nord Occidentale et couvre plusieurs centaines de kilomètres de part et d'autre du point de rejet. La modélisation du champ lointain a été réalisée par la société ACTIMAR (2013) à l'aide d'une chaîne de trois configurations emboîtées du modèle Mars3D. L'utilisation de Mars3D-Menor (1 200 m) au large ; Mars3D-Rhoma (400 m) à la côte entre le Rhône et le Cap Sicié ; et une configuration à fine résolution (100 m) qui a été construite spécifiquement pour cette étude dans la région de l'émissaire est une très bonne approche.

Deux points dans la mise en place du modèle peuvent cependant être regrettés :

- la limitation de la grille à fine résolution (100 m) à une latitude passant au sud du Frioul et au milieu de la baie du Prado, ce qui est dommageable pour la précision de l'information dans toutes les nombreuses zones de baignade de la baie Sud de Marseille et du Frioul ;
- le forçage des modèles Mars3D par des modèles atmosphériques différents : le modèle WRF (6,5 km et 2 km) pour Mars3D-400 m et 100 m et le modèle MM5 (3 km) pour Mars3D-Menor.

Cependant il est à noter que la société ACTIMAR n'ayant pas accès au modèle MM5, elle ne pouvait opérer autrement.

Par ailleurs, les images AVHRR (SST), les résultats courantologiques de la campagne TURBIN (TURBulence et INteract10n5, avril 1995-mai 1996) et les mesures récentes effectuées spécifiquement par iXSurvey¹³ (3 mois) n'ont pas été utilisées de façon appropriée (cf. Tome 2, Parties 3-4, Annexe 12). La région méditerranéenne présente de fortes variabilités saisonnières qui doivent être prises en compte dans les modèles. **Un jeu de données doit couvrir deux années au minimum** afin de tenir compte des variabilités interannuelles. Seule la campagne TURBIN tient compte de ces éléments dans le dossier (Albérola et Millot, 2003). Or, les données de cette étude n'ont pas été utilisées de façon optimale car il manque notamment le mouillage T1 qui était à proximité de la tête de canyon et du point de rejet. De plus un mode de recirculation (circulation fermée) à l'échelle de la baie a été mis en évidence dans cette étude et n'a pas été discuté dans le dossier d'Alteo. L'étude réalisée par iXSurvey a été menée uniquement l'hiver. Les résultats montrent des coups de mistral mais pas de coup de vent d'autre direction (Est notamment). Les données du turbidimètre situé à 180 m de profondeur montrent une corrélation entre des valeurs plus élevées de turbidité et les coups de vent de mistral.

c3) Choix des scénarios environnementaux

La société ACTIMAR a défini 7 scénarios moyens ainsi qu'un régime de brise saisonnière de secteur Sud-Ouest (été), et deux régimes exceptionnels d'un mistral prolongé (1981) et d'une tempête d'Est (1997) (voir dossier de l'exploitant Tome 2, Parties 3-4, Annexe 12, p.32) pour décrire des situations météo-océaniques typique ou intéressantes pour l'étude de dispersion du rejet (tableau 25).

La typologie des situations environnementales, formant le cadre d'utilisation des modèles Mars3D, a été effectuée à partir de l'analyse statistique (clusters X-means) de résultats de modélisation (Mars-Menor et WRF).

Il aurait été intéressant de les compléter par des séries d'observations disponibles aux stations météorologiques locales telles que les stations MétéoFrance de Pomègues et de Marignane.

¹³ IXSURVEY, 2012. Campagne de mesures 2011- 2012 dans le canyon de la Cassidaigne, Rio Tinto Cassis, rapport final, 50 p + annexes.

Par ailleurs, l'analyse statistique présentée par ACTIMAR se limite à la période 2010-2011 sans que le nombre de mois soit précisé alors que des statistiques interannuelles sont disponibles pour la période 1976-1998 à la station de Pomègues et 2000-2014 à la station de Marignane. (Dossier de l'exploitant Tome 2, Parties 3-4, Annexe 12, pp. 19-29).

Tableau 25 : Liste des régimes météo-océaniques retenus par la société Actimar

Identifiant	Description	Occurrence annuelle	Dates
1	Vent faible, pas de stratification	27%	17→21/04/11
2	Mistral faible	22%	10→15/01/11
3	Vent d'E-SE moyen.	19%	20→24/03/11
4	Mer très stratifiée, vent faible	12%	9→12/07/11
5	Mer très stratifiée, brise côtière	8%	13→16/07/11
6	Mistral fort	8%	27/09/10→ 01/10/10
7	Mistral très fort	6%	17→22/12/11
8	Vent d'E-SE fort	6%	10→16/11/11
9	Mistral prolongé		05→19/11/07
10	Tempête d'Est		15→21/12/97

L'analyse des conditions météorologiques locales à partir des données CFSR (Climate Forecast System Reanalysis), présentée au début du rapport ACTIMAR, semble pertinente et conduit à des valeurs de fréquence d'occurrence des différents régimes de vent très proches des statistiques obtenues aux stations météorologiques (dossier de l'exploitant Tome 2, Parties 3-4, Annexe 12, pp. 8-15). Cependant il est à noter que ces résultats CFSR n'ont pas été utilisés dans la suite de l'étude. Cette approche statistique est dépendante du comportement numérique de modèles différents et des particularités climatiques de la très courte période considérée. La méthode suivie reste très rigide et ne laisse que très peu de place à l'interprétation personnelle et à l'ensemble des connaissances acquises ces dernières années par les observateurs et modélisateurs quant au fonctionnement hydrodynamique de la zone. La typologie retenue risque de ne pas tenir compte de scénarios déterminants quant à la circulation des masses d'eau et de la qualité des eaux littorales.

La typologie considérée par la société Actimar amène les commentaires suivants (Fig. 2-26 p.32) :

L'information sur les directions des vents pour chacune des périodes qui ont été « sélectionnées » au cours des années 2010 ou 2011 pour illustrer les situations typologiques préalablement définies par l'analyse des clusters est manquante. Cette lacune est particulièrement gênante pour le secteur des vents de Sud-Est et pour juger de la pertinence des scénarios 3 et 8. En effet, l'accent est mis sur les différences d'intensité des vents entre ces 2 scénarios qui sont d'ailleurs caractérisés de « secteur Est-Sud Est ». Or, les résultats de l'utilisation dans cette même zone de plusieurs modèles (POM 100 m ; Mars3D-Rhoma 400 m et Mars3D-Rhoma 200 m) montrent que chaque secteur de vents Est-Sud Est ou Sud-Sud-Est induisent des champs de courant très différents dans cette région de l'archipel de Riou, du cap Croisette, de la baie du Prado et du sud Frioul. Un forçage Sud-Sud Est renforce l'entrée des masses d'eau dans la baie du Prado alors qu'un vent de secteur Est-Sud Est renforce une circulation vers le sud-Frioul et l'ouest de la Côte Bleue. La confusion entre ces deux secteurs risque de négliger une situation de courant pertinente quant à la qualité des eaux dans la baie du Prado et le long de la côte Sud-Est du Frioul.

- Les vitesses de vent choisies pour les scénarios 1 à 6 inclus sont trop faibles. En effet, il est connu que des vents inférieurs à 4 m/s n'ont qu'un impact négligeable sur la circulation des masses d'eau et les scénarios 2 (Nord-Ouest faible) et 3 (Est-Sud Est moyen) semblent mal décrits par des vents de 3 m/s ou < 5 m/s. De plus, un vent de 7m/s ne semble pas représentatif d'un vent de Nord-Ouest fort pour le scénario 6. Enfin, des vents nuls < 1 m/s annoncés pour les scénarios 1 et 4 ne paraissent pas pertinents, si ce n'est pour vérifier l'impact du courant nord (circulation générale en provenance du large), des intrusions des eaux du Rhône ou des oscillations d'inertie, qui se manifestent d'autant mieux après la chute du vent. Or, le dossier ne contient pas d'informations sur les conditions d'écoulement et de forçage qui ont précédé immédiatement chacune des périodes choisies pour les scénarios 1 et 4. Les fréquences

d'occurrence « annuelle » des scénarios choisis sont erronées, au vu des statistiques interannuelles calculées à partir d'observations météorologiques locales. Les fréquences des scénarios 1, 2, 3 et 5 (27 %, 22 %, 19 % et 8 %, respectivement) paraissent trop élevées vis-à-vis des fréquences interannuelles (1976-1998) obtenues pour des régimes de vent similaires à la station de Pomègues (14 %, 10 %, 7 % et 2 %, respectivement). À l'inverse, une fréquence d'occurrence de 6 % pour un « très fort mistral » (scénario 7) paraît trop faible devant la valeur de 18 % obtenue d'après les statistiques interannuelles de la station de Pomègues. En revanche, les valeurs obtenues pour les scénarios 6 (Nord-Ouest fort) et 8 (Est-Sud Est fort) sont cohérentes.

- Le scénario 9 d'un « mistral prolongé », observé en novembre 1981, et « illustré » dans l'étude par l'évènement du 5 au 19 novembre 2007, n'est pas pertinent pour simuler la circulation des masses d'eau et la qualité des eaux littorales, devant l'impact, dominant dans toute la région, des épisodes de courtes durée et d'intensité variable, et qui caractérisent d'ailleurs les 9 autres scénarios identifiés par l'analyse.

- Le scénario 10 d'une forte tempête d'Est est intéressant, au regard de la déstratification de la colonne d'eau, de la remontée vers la baie nord de Marseille des masses d'eau en provenance de la côte des Calanques et de l'érosion de fond sur le site de l'émissaire. Ici encore, le secteur de vent de la période choisie (15-21 décembre 1997) n'est pas connu et on ne peut savoir si cette période est bien représentative de l'évènement exceptionnel de décembre 1997 qu'elle est censée illustrer. - Le régime de brises thermiques de secteur Ouest-Sud-Ouest (scénario 5), connues pour caractériser le début de la période estivale de mai à juillet, avec des intensités non négligeables jusqu'à 5 m/s mais de courtes durée limitée à une dizaine d'heures par jour, n'est pas suffisamment développé dans cette étude. Il semblerait plus pertinent d'illustrer ce phénomène transitoire par un scénario de succession de vents : un vent de secteur Sud-Est par exemple, qui s'inverse très rapidement vers un vent de secteur Sud-Ouest. Ce genre d'inversion de vent existe fréquemment en début d'été chaque année et conduit à des retournements spectaculaires vers la côte (et les plages) de masses d'eau dans la baie sud de Marseille. **Ces situations devraient être étudiées plus en détail dans une étude ultérieure plus nettement ciblée sur la problématique de la qualité des eaux littorales.**

- Les incursions dans la baie de Marseille du Courant Nord (du Sud-Est vers le Nord-Ouest) et des eaux de crue du Rhône (du Nord-Ouest vers le Sud-Est) ne sont pas intégrées dans les scénarios proposés alors qu'il s'agit de deux situations typiques de la circulation dans la baie de Marseille. Il n'est pas précisé si les scénarios 1 et 4 (vent inexistant) coïncident avec une incursion sur le plateau du courant Nord ; mais il est certain qu'une prospection sur la période de mai à juillet 2008 pourrait mettre en évidence l'impact d'intrusions majeures des eaux du Rhône jusque dans le sud de la baie de Marseille, accompagnées ici encore de retournements de masses d'eau vers les plages.

c4) Résultats de la modélisation

Les résultats des simulations numériques présentés dans l'étude de dispersion des rejets en mer (Actimar, 2013), et en particulier les résultats issus du modèle Mars3D-400 m, ne permettent pas une analyse en termes de problématique de qualité des eaux de baignade :

- les informations concernant les champs de courant, surtout dans la baie de Marseille par le modèle Mars3D-400 m sont insuffisantes. D'une part, les cartes présentées dans le dossier de l'exploitant Tome 2, Parties 3-4, Annexe 12, figures 2-11 à 2-17, pp.21-25 et figures 5-1 à 5-3, pp.83-85, ne sont pas d'une très bonne qualité graphique et surtout restent limitées à la grille du modèle Mars3D-100 m au voisinage du littoral des Calanques. D'autre part, les figures 6-16 à 6-31, pp.107-122 ainsi que les figures 7-15 à 7-32 pp.144-161 ne sont pas accompagnées par des champs vectoriels de courant, surtout les courants de surface. L'appréciation de la pertinence des scénarios choisis et de la vulnérabilité du littoral de la baie sud de Marseille en termes de qualité des eaux n'est pas possible en l'absence de ces informations.

- la représentation graphique choisie pour les figures 6-16 à 6-31, pp.107-122 ainsi que les figures 7-15 à 7-32 pp.144-161 est limitée aux valeurs minimales de dilution calculées sur toute la colonne d'eau, en absence de toute information sur les profondeurs atteintes par ces valeurs minimales, ainsi que des valeurs de dilution calculées en surface. Or, ces valeurs de dilution des eaux de surface auraient été déterminantes pour interpréter l'impact sanitaire sur les eaux de loisirs. L'interprétation de ces résultats pour chaque site de baignade se limite donc à une 'extrapolation' vers la surface de la valeur minimale de dilution calculée par le modèle dans la zone voisine, sans indication de profondeur. Ainsi, les lignes d'isovaleurs minimales de dilution 'contournent' très régulièrement la baie sud de Marseille pour longer la côte nord-ouest du Frioul sans pénétrer dans la baie du Prado, en suivant l'isobathe 60 m. Des incohérences semblent exister entre les dilutions mentionnées dans la partie 3 du dossier de l'exploitant et la dilution calculée par le modèle CORMIX (cham proche) mentionnée dans l'annexe 12 du dossier (2500 pour l'effluent futur). Le temps nécessaire pour parcourir le champ proche et atteindre le taux de

dilution de 2500 n'est pas mentionné. Ce manque d'information est problématique pour évaluer la pertinence des résultats de composition de l'effluent futur.

- l'état de stratification de la masse d'eau qui apparaît aligné le long de l'isobathe 100 m sur les figures 6-16 p.107 et 7-15 p.144 du scénario 1 pouvant correspondre classiquement à la profondeur de la couche de mélange hivernale, ne peut pas être totalement représentative d'une situation de colonne d'eau réputée « déstratifiée ». Cette situation a vraisemblablement été précédée d'une situation climatique de faible intensité. De plus, la comparaison avec les résultats du scénario 4 (Figures 6-22 p.113 et 7-21 p.150), dans lequel la colonne d'eau est réputée « stratifiée », n'est pas convaincante.

- l'absence de carte présentant les résultats du modèle Mars3D-400 m sur les figures 6-31 p.122 et 7-32 p.161 est très regrettable (scénario 10), car elle prive la seule simulation effectuée sous un régime de vent de secteur Est-Sud-Est de forte énergie de toute interprétation intéressante à l'échelle de la baie de Marseille.

En conclusion, les résultats de la modélisation de la dispersion des constituants dissous à plus grande échelle (champ lointain) nécessitent d'être interprétés avec prudence pour évaluer l'exposition liée à l'ingestion d'eau lors de la pratique de la baignade ou d'autres activités aquatiques, avec les réserves suivantes :

- les fréquences d'occurrence des scénarios proposés ne sont pas à retenir, sauf en ce qui concerne les scénarios 6 et 8, relatifs aux vents forts Est-Sud-Est et Nord-Ouest.
- les cartes de dilution obtenues avec les scénarios de vent de Nord-Ouest (scénarios 2, 6 et 7), malgré l'absence de précision sur les directions et les faibles intensités des vents, sont à retenir. Ces cartes apportent déjà de bons éléments de connaissance quant aux répartitions spatiales et ordres de grandeurs des taux de dilution susceptibles d'être atteints au sein des masses d'eau sous ces régimes de vent. Ces résultats sont surtout valables en ce qui concerne la qualité des eaux du littoral du massif des Calanques en raison des remontées d'eau profondes induites par ces régimes « de mistral ».
- les valeurs de dilution obtenues avec les scénarios de vent de secteur Est-Sud-Est, bien qu'insuffisamment détaillés en ce qui concerne les directions des vents (Est-Sud Est # Sud-Sud Est), sont également à retenir. Ces résultats sont surtout valables en ce qui concerne la qualité des eaux du littoral de la baie sud de Marseille et de l'archipel du Frioul. **Par contre, il faut noter l'éventualité d'une progression encore plus éloignée vers la baie Nord, et vers l'Est plus proche des plages, des masses d'eau marquées par des valeurs de dilutions du rejet égales (ou inférieures) à 10^5 .** Cette hypothèse devra être vérifiée ultérieurement par de nouveaux résultats de modélisation plus adaptés à des scénarios spécifiques de la circulation complexe de la baie sud de Marseille, à savoir : résolution de grille à 100 m ; intrusion du Courant Nord ; intrusion des eaux du Rhône ; circulation d'inertie après relaxation de forts coups de vent ; brises thermiques Sud-Ouest couplées à des vents de Nord-Ouest et de Sud-Est.
- les résultats obtenus avec les scénarios de vent très faibles (<1 m/s) sont insuffisants pour apprécier l'impact de la stratification verticale saisonnière des masses d'eau sur la remontée du panache vers la surface. De plus, les résultats présentés ne permettent pas d'apprécier les impacts sur la circulation des autres forçages qui deviennent dominants en absence de vent, tels que le Courant Nord, les crues du Rhône et les oscillations d'inertie (tourbillons), en raison du fait que le contexte environnemental, qui a précédé immédiatement chacune de ces périodes de relaxation de vent, reste inconnu. Ces faiblesses sont d'autant plus regrettables que ces périodes, dites « sans vent », représentent pas moins de 14 % du temps en statistique interannuelle.

d) Calcul des concentrations

Les concentrations considérées par l'exploitant dans le calcul de risques sont « virtuelles », extrapolées à partir d'expériences menées en laboratoire. À notre connaissance, il n'existe pas de données définissant la composition chimique de l'eau dans le secteur du canyon de Cassidaigne hormis les valeurs parcellaires sur 10 métaux issues d'une campagne de mesure d'Ifremer menée avec des échantillonneurs passifs à proximité du canyon de Cassidaigne (campagne de mesure Métroc, 2004 (Ifremer, 2007)).

L'exploitant a considéré que les MES issues du rejet sont réparties de façon homogène dans la phase liquide. Pour simplifier les calculs, la quantité totale de chaque contaminant a été considérée exister sous forme dissoute. Par ailleurs, l'exploitant, de façon sécuritaire et majorante, ne fait pas intervenir dans son calcul la réaction du rejet futur au contact de l'eau de mer (formation d'hydrotalcites) susceptible de piéger certains métaux présents sous forme dissoute dans le rejet (aluminium).

Comme précité dans cette note, les taux de dilution considéré par l'exploitant dans le calcul des concentrations, sont issus des résultats de la modélisation de dispersion des rejets (Actimar, 2013). L'exploitant a retenu comme

taux de dilution minimal $4,6 \cdot 10^7$ pour les eaux de surface et $4,6 \cdot 10^3$ pour la colonne d'eau. Ces taux de dilution sont définis pour des zones susceptibles d'être très fortement impactées par le rejet. Au vu des commentaires relatifs aux résultats de la modélisation de la dispersion du rejet futur, l'Agence s'interroge sur l'existence d'autres zones qui pourraient présenter des taux de dilution semblables ou inférieurs en surface, notamment près du littoral et qui auraient dû être prise en compte pour évaluer le risque lié aux baignades.

Molécules organiques

L'exploitant a considéré que la masse totale de chaque molécule organique se trouve sous forme dissoute, qu'elle soit présente en surface ou dans la colonne d'eau. La même formule a été utilisée pour définir les concentrations de chaque composé organique à la surface et dans la colonne d'eau (figure 3). Seuls les taux de dilutions varient entre les eaux de surface et la colonne d'eau.

$$PEC_{\text{eau-surf}} = [C]_{\text{Eff}} / [Cd]$$

PEC eau-surf = concentration prévisible de la substance organique dans les eaux de surface

[C] Eff = concentration totale en substance organique dans l'effluent

[Cd] = coefficient de dilution (minimum)

Figure 3 : Formule de calcul des concentrations en contaminants organiques dans l'eau, proposée par l'exploitant

Métaux

Afin de déterminer les concentrations maximales en métaux contenus dans les eaux de surface ou dans la colonne d'eau, l'exploitant a différencié la contribution des métaux issus de la phase particulaire et ceux présents sous forme dissoute dans l'effluent. Pour cela, le passage de la phase particulaire à la phase dissoute a été évalué à l'aide de coefficients de distribution définissant la répartition d'un élément entre la phase particulaire et la phase dissoute en situation d'équilibre (cf extrait du dossier de l'exploitant annexe 2).

Cette méthodologie d'estimation des concentrations en éléments traces dans les eaux interstitielles des sédiments est discutable car :

- dans la littérature scientifique, il n'est pas démontré la possibilité d'utiliser des K_d pour estimer correctement la partition d'éléments traces dans les eaux interstitielles d'un sédiment, compte tenu de la complexité des processus qui contrôlent leur dynamique dans le milieu ;
- pour un sédiment « naturel », il est démontré que la partition des éléments traces évolue très fortement en fonction de la profondeur, en lien avec les processus diagénétiques¹⁴ affectant notamment le potentiel redox, et bien d'autres caractéristiques physico-chimiques influençant le devenir des éléments traces. L'estimation d'une concentration dans l'eau interstitielle, sans précision sur la profondeur et l'état redox/diagénétique correspondant, ne possède que peu de sens.

L'utilisation de K_d issus de la littérature est en conclusion peu réaliste pour un sédiment « naturel ». Il en sera d'autant plus irréaliste dans le cas d'un sédiment contenant un résidu industriel contaminé et dont les caractéristiques chimiques sont très particulières. Le comportement des éléments traces, et probablement celui des processus diagénétiques, seront modifiés sans qu'il soit possible à l'état actuel des connaissances de savoir dans quelle direction.

En l'absence de mesures réelles (i.e. prélèvements de carottes sédimentaires sur un transect canalisation-large, découpe sous conditions anoxiques, extraction puis analyse des eaux interstitielles à différentes profondeurs) sur des sédiments issus du site, il est donc très peu réaliste de prédire le comportement sédimentaire des éléments traces, et leur remobilisation et/ou impact potentiel sur le milieu.

e) Conclusion concernant le calcul de l'exposition

A l'issue de cette analyse, l'Anses constate que :

- certains scénarios météo-océaniques élaborés pour décrire la dispersion éventuelle du rejet futur dans la zone d'émission de ce dernier sont manquants ;
- les modèles de simulation des conditions météo-océaniques n'ont pas été utilisés de façon adéquate et optimale ;

¹⁴ Diagénèse : ensemble des processus physico-chimiques et biochimiques par lesquels les sédiments sont transformés en roches sédimentaires.

- de façon générale, aucun rapprochement de données issues des résultats de simulation avec des données issues de mesures réelles dans les eaux marines sur l'ensemble de la zone d'impact n'a été réalisée permettant une validation qualitative globale de la caractérisation de la dispersion ;
- les facteurs de dilution retenus ne sont pas pertinents ;
- la détermination de la composition de l'effluent futur est basée sur une expérimentation réalisée en laboratoire dans des conditions qui ne peuvent pas garantir sa représentativité.

En conséquence, la composition de l'effluent futur proposé par l'exploitant apparaît être théorique et hypothétique. Elle doit être confirmée par des mesures de terrain, une fois les traitements des rejets mis en œuvre, et la modélisation doit être optimisée afin de déterminer les plus faibles dilutions susceptibles d'être observées notamment au niveau des plages où se pratiquent la baignade et les autres activités en lien avec l'eau durant la période estivale.

3.4.1. 5 Conclusion concernant le calcul des risques

Après examen des éléments disponibles et au regard des fortes incertitudes qui demeurent l'Agence ne juge pas pertinent de procéder aux calculs de risques d'ingestion d'eau lors de la pratique de la baignade même en introduisant des données qui permettraient d'affiner les scénarios d'exposition. En effet, en l'état actuel des connaissances et des données à disposition de l'Agence, et au regard de la contribution du risque lié aux activités nautiques par rapport aux risques liés à la consommation de poisson, les conclusions de l'exploitant vis-à-vis des risques sanitaires liées aux baignades demeureront inchangées.

Les taux de dilution appliqués dans le calcul de risque sont une des données d'entrée les plus déterminantes. Bien que l'exploitant utilise des taux de dilution sécurisants (taux de dilution calculé dans la colonne d'eau à proximité du rejet), il doit démontrer qu'il n'existe pas des taux de dilution plus faibles ni de remontée et/ou de diffusion en surface du rejet dans des zones de baignade proches du littoral et de façon plus générale, démontrer au travers d'un rapprochement avec des données réelles le bon calage des données issues du modèle de dispersion.

3.4.2 Devenir des rejets solides de « boues rouges » et des hydrotalcites dans le milieu marin

En complément de la question relative à l'évaluation des risques sanitaires liés à l'ingestion d'eau lors de la pratique de la baignade et/ou d'autres activités aquatiques, l'Agence a également porté son attention sur l'impact historique et le devenir des rejets solides de « boues rouges » et des hydrotalcites. En effet, au-delà de l'amélioration notable sur le milieu que doit apporter la modification du rejet il est nécessaire de s'interroger sur l'état actuel du milieu marin aux alentours de l'émissaire et son évolution dans le temps.

Les rejets de « boues rouges » composés principalement de fer, d'alumine, de silice et de titane représentent plus de 20 millions de tonnes cumulées épandues dans, et autour, du canyon de Cassidaigne. Certains des métaux présents dans ces résidus sont capables de s'accumuler dans les organismes et de présenter à plus ou moins long terme une toxicité pour le biotope. Les « boues rouges » recouvrent la totalité du sol à proximité de l'émissaire dans le canyon de Cassidaigne. Les concentrations en contaminants chimiques, et notamment en chrome et en titane, sont très élevées dans les sédiments. L'exploitant estime la masse d'hydrotalcites formée à 27 000 tonnes par an. L'arrêt des rejets solides en mer au 31 décembre 2015 n'interrompra pas la formation des précipités blancs (hydrotalcites).

3.4.2.1 Formation d'hydrotalcites

La formation des précipités d'hydrotalcite entraîne une forte diminution du pH et un piégeage sous forme solide de certains métaux (aluminium, arsenic, vanadium et cadmium notamment) ; certains par adsorption en surface et d'autres au sein de la structure solide. Dans l'annexe 9 de son étude d'impact, l'exploitant indique que d'après la littérature, les hydrotalcites seraient formés instantanément et seraient très stables en mer, sans toutefois citer les références de ces études pouvant justifier ces affirmations.

Des expériences menées en laboratoire par l'exploitant ont été réalisées pour estimer la composition des hydrotalcites qui seraient formés à partir de l'effluent futur.

Plusieurs remarques concernant ces expériences peuvent être listées. Il est ainsi indiqué, dans l'annexe 12 du dossier de l'exploitant (p.90-91) :

« La solution Cormix est obtenue en mettant bout à bout plusieurs modules, chacun n'étant valide que pour une phase particulière de l'écoulement ; en l'occurrence dans l'exemple présenté ici se succèdent :

- Un calcul de jet panache : $X < 3,5 \text{ m}$, $TT < 31 \text{ s}$
- Un module « d'approche terminale » : $X < 7,1 \text{ m}$, $TT < 102 \text{ s}$
- Le courant de densité : $TT > 3 \text{ h}$ pour $X = 1000 \text{ m}$ »

D'après ces informations, il semblerait donc que le temps de transfert dans les 7 premiers mètres serait de l'ordre de 2 minutes. Sachant que la fin du champ proche est estimée à 10 m, distance à laquelle le facteur de dilution atteint serait de 250, et en extrapolant la durée de parcours des 7 premiers mètres à une distance de 10 m, le calcul estime une durée de 3 minutes pour atteindre une dilution d'un facteur 250.

Ce faisant, en consultant le mode opératoire mis en place présenté dans l'annexe 9 pour évaluer le « Piégeage d'éléments traces lors de la formation d'hydrotalcite », il apparaît que :

- (p. 6) « Il est à noter que pendant la période d'échantillonnage, la conduite vers mer n'envoyait pas de résidu solide les 16 et 17, et transition le 18. Il n'y a donc que très peu de solide dans les 2 premiers échantillons, et une relativement faible concentration dans le 3ème. Ces échantillons restent cependant une base représentative de l'Effluent Futur, puisque le projet en cours consiste principalement à épurer ce flux de ses matières en suspension. »

Comme l'indique l'exploitant dans son dossier, l'expérimentation ne peut donc servir pour évaluer le processus de formation d'hydrotalcites, et de piégeage potentiel des « éléments traces », pour l'effluent actuel. La situation actuelle n'est donc pas connue.

Il reste également totalement à démontrer qu'une filtration à un seuil de 0,45 µm de l'échantillon suffirait à le rendre similaire à celui de l'effluent futur, en termes de composition chimique, concentrations en éléments traces, etc. Le dosage par ICP-MS est utilisé pour le dosage des métaux, la spéciation du chrome n'a pu être réalisée pour les échantillons ayant subi une digestion acide. Les limites de quantification annoncées pour ces échantillons tiennent compte des dilutions pratiquées.

- (p. 6) « La composition de l'eau de mer synthétique (préparée dans de la verrerie borosilicatée) utilisée pour traiter les effluents est donnée dans le tableau 1 »

Il aurait été nettement préférable d'utiliser une eau de mer « naturelle », prélevée au large quitte à la filtrer et à l'irradier aux rayonnements ultra-violets. Ceci aurait permis de travailler avec des concentrations en éléments traces plus réalistes que les blancs mesurés dans cette eau artificielle.

Par ailleurs, concernant le pouvoir tampon de l'eau de mer de l'effluent futur, une comparaison entre l'eau de mer synthétique et l'eau de mer « naturelle », il a été observé un pH plus faible de l'eau de mer, des cinétiques de formation d'hydrotalcites comparables et des différences portant sur 0,1-0,2 unités pH.

S'il n'est probablement pas possible expérimentalement de reproduire simplement le mélange subtil par l'effluent avec l'eau de mer en conditions naturelles, compte tenu des informations mentionnées dans l'annexe 12 du dossier de l'exploitant, le protocole utilisé pour évaluer le piégeage des éléments traces lors de la formation d'hydrotalcite présente des limites :

- la dilution du rejet en sortie d'émissaire d'un facteur 20 pour l'effluent actuel n'est pas réaliste par rapport à la dilution d'un facteur 250 évaluée par le modèle CORMIX et utilisée comme valeur d'entrée du modèle MARS ;
- le temps de mélange de 2 heures est inapproprié par rapport au temps réel de mélange pour arriver à une dilution d'un facteur 250, estimé à 3 minutes ;
- en l'absence d'information, il peut être considéré que l'expérience a été réalisée à température ambiante, alors que la température de l'eau de la zone n'excède pas 13°C ;
- la représentativité au regard des valeurs mises en jeu est discutable (40 mL de filtrat, échantillon moyen initial de 2 L, 3 échantillons moyens).

Il est connu que les processus de précipitation sont :

- concentrations-dépendant vs. limite de solubilité du processus : si la limite de solubilité est toujours atteinte, la quantité d'hydrotalcite formée sera au minimum 12,5 fois plus faible
- cinétique dépendant : il est très peu probable que la même quantité d'hydrotalcite soit formée en 3 minutes par rapport à 2 heures, et la taille/forme/réactivité des particules d'hydrotalcite formées pourrait également être significativement modifiée, ce qui changerait d'une part leur devenir dans le milieu (ex. vitesse de chute) mais aussi potentiellement leur affinité pour les éléments traces (quantité d'éléments traces piégée, et réversibilité de l'équilibre de sorption/co-précipitation/...)
- température dépendant : le processus de précipitation pouvant être amplifié ou au contraire diminué entre 25 et 13°C, suivant les caractéristiques thermodynamiques de l'hydrotalcite.

Par ailleurs, l'Agence s'interroge sur la stabilité des hydrotalcites dans le milieu. En effet une étude menée dans le canyon de Cassidaigne a montré que les hydrotalcites sont présents sous forme de colonnes blanches de 1 à 2 m de haut, présentant une grande fragilité (Bourcier et Zibrowius, 1973).

Toutes ces remarques rendent discutables les résultats de cette étude en laboratoire et les conclusions qui en sont tirées sur le potentiel de piégeage des « éléments traces » liés à la formation d'hydrotalcite dans les conditions réelles du mélange de l'effluent avec l'eau de mer. Par ailleurs, il n'a pas été discuté dans cette étude, de l'effet probable des animaux foreurs qui pourraient modifier la composition de l'eau interstitielle, et probablement affecter aussi la compacité des dépôts d'hydrotalcites.

3.4.2.2 Remise en suspensions des dépôts

L'étude expérimentale conduite par la société Ipso-Facto dans le canal à courant de la station marine d'Endoume (MIO) présente des résultats qui ne semblent pas crédibles quant à la remise en suspension des dépôts solides prélevés à proximité de l'émissaire (dossier de l'exploitant Tome 2, Parties 3-4, Annexe 11) :

- d'une part, les résultats indiquent une valeur de turbidité voisine de 4 NTU au démarrage de l'expérience à vitesse de courant nulle, ce qui révèle une contamination du dispositif expérimental par l'eau de mer pompée ou un mauvais lessivage de la fraction la plus fine du sédiment (fluff) en tout début d'expérience.
- d'autre part, les résultats indiquent un début d'érosion significative à des vitesses de courant de 20 à 30 cm.s^{-1} à 4 cm du fond, correspondant à des tensions critiques d'érosion de 5 à 7 cN.m^{-2} . Ces dernières valeurs sont très élevées et correspondent à un sédiment particulièrement induré, ce qui n'est pas forcément le cas des dépôts à la sortie de l'émissaire. Il est probable que les expériences aient été effectuées avec un sédiment déjà dégradé lors du prélèvement à la benne qui a précédé les carottages, et que la fraction particulaire la plus fine ait ainsi été perdue.

Ces résultats expérimentaux ne semblent pas représentatifs du comportement du sédiment actuellement rejeté par l'émissaire, or ils ont été utilisés dans l'étude de modélisation conduite par ACTIMAR (cf. Tome 2, Partie 3-4, Annexe 12, p.88). La conclusion du rapport de modélisation ACTIMAR précisant que « *La modélisation a montré qu'aucun des scénarios moyens considérés ne provoque de remise en suspension des résidus déposés sur le fond* » ne semble pas validée (cf. Tome 2, Parties 3-4, Annexe 12, p.125).

Dans les futures conditions de rejet, la fraction solide de l'effluent, considérablement diminuée, mais à laquelle il conviendrait d'ajouter la fraction liée à la formation d'hydrotalcites, continuera à se déposer sans que l'érodabilité de ce dépôt de « boues rouges » vis-à-vis des masses d'eau soit connue. De meilleures études expérimentales s'imposent à l'avenir.

3.4.3 Conclusion concernant le risque sanitaire lié à l'ingestion d'eau au cours de la baignade et/ou la pratique d'autres activités aquatiques

Compte tenu de l'ensemble des remarques précitées, l'Anses n'a pas jugé pertinent de procéder aux calculs de risques.

L'Anses constate la quantité d'études menées pour réaliser l'étude d'impact des rejets et bien que certains résultats apparaissent discutables ou insuffisants, nombre d'entre eux sont néanmoins interprétables.

Les différents paramètres (population, volume d'eau ingéré, temps d'exposition, exclusion du piégeage des métaux par les hydrotalcites, etc.) choisis par l'exploitant pour établir le scénario d'exposition lié à l'ingestion d'eau de baignade sont basés sur des hypothèses majorantes. Cependant des données plus réalistes sont disponibles et devraient être utilisées pour affiner le scénario d'exposition.

Le choix des modèles de simulation de la dispersion du rejet futur semble adapté. Les résultats de la modélisation du panache des rejets en champ proche semblent pertinents. En revanche les résultats de la modélisation de la dispersion à plus grande échelle des constituants dissous (champ lointain) nécessitent d'être interprétés avec prudence pour répondre à la question d'un éventuel risque sanitaire lié à l'ingestion d'eau lors de la pratique de la baignade ou d'autres activités aquatiques. En effet, la modélisation est basée sur les situations météorologiques les plus défavorables pour la dispersion d'un rejet solide « lourd ». De plus, ces conditions météorologiques n'apparaissent pas durant la période estivale qui est la période sensible pour les activités aquatiques au regard des effectifs des populations concernées et de la fréquence des expositions. Il est regrettable, notamment, que les simulations d'accumulation des rejets dans des zones restreintes durant la période estivale n'aient pas été prises en compte.

L'exploitant aurait du définir des scénarios météo-océaniques plus appropriés afin de vérifier si le futur rejet serait susceptible d'impacter les eaux de faibles profondeurs, près du littoral en :

- période stratifiée pour les oscillations d'inertie ;
- période prolongée de vent faible (+ oscillations d'inertie) ;
- période prolongée de brise thermique (+ oscillations d'inertie) ;
- période correspondant au mode de recirculation dans la baie ;
- épisode d' « upwelling » estival.

Il serait également important que l'exploitant fournisse des « temps de résidence » du rejet dans la baie de Cassis.

De façon plus générale, le rapprochement des données issues de la modélisation de la dispersion avec des données réelles mesurées dans le milieu marin devrait être réalisé.

Les taux de dilution retenus par l'exploitant pour le calcul de risque sont sécuritaires. Ils doivent être cependant confirmés pour les sites de baignade se situant dans les zones proches et lointaines du rejet notamment dans les eaux peu profondes.

Par ailleurs, l'Anses note que la composition de l'effluent futur est basée sur l'analyse d'échantillons reconstitués à partir de différents composants liquides de l'effluent actuel. L'examen de ces prélèvements a posé, d'après les informations contenues dans le dossier de l'exploitant, de nombreuses difficultés analytiques. De fait l'Anses estime que la composition estimée dans le dossier est théorique, hypothétique et d'une fiabilité insuffisante.

En conséquence, l'Anses recommande :

- d'affiner la modélisation de la diffusion de l'effluent futur ;
- de calculer le plus précisément possible les facteurs de dilutions en surface au niveau des zones de baignade ;
- de déterminer la réelle composition de l'effluent futur (phase dissoute et phase particulaire) après la mise en œuvre des traitements par filtration ;
- d'évaluer les méthodes analytiques.

Après examen approfondi des données fournis par l'exploitant, l'Anses ne peut pas interpréter les résultats de l'étude d'érodabilité des dépôts de boues rouges au voisinage de l'émissaire ni les résultats de cinétique de formation des hydrotalcites et de piégeage des éléments métalliques dans ces précipités. Il en est de même pour les résultats des études d'inertie des hydrotalcites et de leur possible remise en suspension au cours du temps. L'Anses demande que soient confirmés certains éléments notamment ceux évoqués par le parc des calanques dans son avis du 7 juillet 2014 et l'Autorité Environnementale dans son avis du 15 juillet 2014, à savoir :

- la formation et le comportement des hydrotalcites en mer (stabilité, piégeage, relargage de composés métalliques) ;
- le devenir des rejets de boues rouges en termes d'érodabilité et de recolonisation du milieu notamment ;
- l'état écologique du milieu dans la zone proche du rejet (moins de 100m) ;
- l'absence d'écotoxicité dans le milieu au vu de la composition réelle de l'effluent futur.

L'Anses insiste cependant sur la nécessité de réaliser un suivi analytique renforcé de la qualité des eaux de baignade dans la zone de dispersion de l'effluent futur. Les cartes de dilution montrant que le rejet peut se disperser jusqu'à Porquerolles, il est indispensable d'inclure les zones côtières et littorales de Fos à Porquerolles dans les futures études et les suivis analytiques qui seront réalisés.

À la suite de l'autorisation administrative, un groupe de travail composé d'experts indépendants notamment en courantologie, chimie de l'eau de mer, contaminations de poissons et produits de la mer ainsi que des experts en évaluation des risques sanitaires, devra être rendu opérationnel afin d'élaborer un cahier des charges permettant la validation des modèles de dispersion des rejets ainsi que le suivi des concentrations des contaminants dans les zones de pêche et de loisirs et activités nautiques.

4. CONCLUSIONS GENERALES DE L'ANSES

L'Anses a focalisé son expertise sur le milieu marin et plus précisément sur l'exposition aux contaminants liés à la consommation de poissons et aux autres produits de la mer provenant de la zone concernée, ainsi qu'à l'ingestion d'eau au cours de la baignade et d'autres activités aquatiques. Les risques liés aux radionucléides ainsi que la question de la gestion des déchets solides à terre et de leur impact éventuel sur les écosystèmes et pour les riverains n'ont pas été abordés dans cet appui scientifique et technique.

En termes de contamination du milieu marin, l'Anses regrette une lacune générale de description des concentrations en contaminants associés au rejet d'effluents issus de l'activité de transformation de minerai de bauxite par l'exploitant au travers de mesures *in situ* permettant d'apprécier ainsi l'impact global du rejet dans l'environnement et son emprise. Au vu de cette lacune, l'Anses ne peut garantir ni la pertinence ni l'exhaustivité de la zone investiguée pour la mise en œuvre du plan d'échantillonnage par Alteo pour la pêche de poissons impactées par son rejet.

En termes de contamination des poissons, l'Anses rappelle les niveaux de contamination notables pour le mercure et le plomb de la zone méditerranéenne par rapport à d'autres zones marines métropolitaines (Manche, Atlantique). Même si, au regard des éléments produits par l'exploitant dans le dossier, il n'est pas possible de caractériser l'impact spécifique du rejet de l'usine d'alumine de Gardanne, l'Anses constate que l'exploitant n'a produit qu'un nombre très limité de données de contamination des poissons, notamment benthiques. L'interprétation des différences de contamination de poissons prélevés dans la zone de rejet par rapport aux poissons méditerranéens dans leur ensemble est ainsi rendue très difficile.

L'Anses regrette les lacunes de caractérisation des niveaux de contamination des poissons en aluminium, traceur principal du rejet au regard de zones non impactées. Selon la méthode d'interprétation de l'état des milieux (IEM), et pour les substances ne disposant pas de seuils réglementaires, l'exploitant aurait dû échantillonner et analyser des espèces de poissons prélevées dans une zone non impactée par ses rejets. Une démarche exhaustive d'IEM aurait alors consisté à comparer ces concentrations avec celles mesurées dans la zone d'influence du rejet de l'exploitant.

En termes d'exposition alimentaire, l'Anses souligne tout d'abord certaines différences d'approches méthodologiques dans le travail global d'évaluation des risques sanitaires par rapport à celles mises en œuvre par l'exploitant dans le cadre du dossier ICPE. Les résultats de ces estimations présentent des écarts notables pour l'arsenic, le mercure et le plomb (les estimations de l'Anses étant plus élevées que celles présentées par l'exploitant dans des rapports allant de 10 à 1000) pouvant influencer fortement sur les conclusions en termes d'impact sanitaire. En effet, l'Anses met en évidence des dépassements de la valeur toxicologique de référence¹⁵ pour l'exposition alimentaire moyenne de plusieurs contaminants (arsenic, mercure, chrome, dioxines/furanes/PCB-DL), en cohérence avec les conclusions de la seconde étude de l'alimentation totale (EAT2) et de l'étude dédiée aux forts consommateurs de produits de la mer (CALIPSO). On notera que ces dépassements proviennent principalement de l'exposition alimentaire générale à laquelle se superpose l'exposition des poissons prélevés dans la zone (les poissons pouvant être les contributeurs majoritaires pour le mercure, l'arsenic et les dioxines/furanes/PCB-DL).

Concernant l'exposition liée à l'ingestion d'eau de baignade, celle-ci a été calculée par l'exploitant en s'appuyant sur des hypothèses multiples notamment concernant la composition de l'effluent et le taux de dilution appliqué. L'Anses, après une analyse approfondie, estime quant à elle que les incertitudes sont trop nombreuses et ne permettent pas de mener une évaluation quantitative de l'exposition liée à cet usage sur la base des données fournies par l'exploitant.

De manière générale, l'Anses considère que plusieurs paramètres devraient être mieux investigués comme la modélisation du panache, la caractérisation de la zone d'impact, le piégeage des métaux par les hydrotalcites. A ce titre, l'Anses émet plus particulièrement des réserves sur la composition du futur rejet telle que présentée dans le dossier. En effet, la détermination de ce paramètre essentiel ne repose que sur un faible nombre d'échantillons reconstitués dans des conditions artificielles.

¹⁵ les expositions ont été calculées en arsenic total et en chrome total et ont été comparées aux valeurs toxicologiques de référence des formes chimiques les plus toxiques, que sont l'arsenic inorganique et le chrome hexavalent, ce qui représente des hypothèses très maximalistes.

A l'issue de son expertise, l'Anses recommande :

- de caractériser, par le biais de mesures dans les eaux marines, les concentrations en contaminants associés aux activités de transformation de minerai de bauxite par l'exploitant afin de déterminer, en association avec les travaux de modélisation, l'étendue et l'ampleur de l'impact du rejet en mer de ces effluents ;
- de réaliser de **nouvelles campagnes de pêche** :
 - o afin de mieux objectiver le niveau de contamination du milieu : il convient de s'intéresser plus particulièrement à des espèces de poissons (ou d'invertébrés) présentant une fidélité à la zone rapprochée du rejet afin de servir d'espèces sentinelles visant à évaluer un éventuel impact sur les niveaux de contamination. Il convient également d'identifier des traceurs de contamination du rejet pour les espèces vivant dans la zone, sachant que les 3 métaux caractéristiques du rejet que sont l'aluminium, le titane et le vanadium présentent une faible biodisponibilité et ne sont donc pas de bons candidats. Enfin, les points de prélèvements ne doivent pas se limiter à la zone de rejet et d'impact mais inclure d'autres sites en Méditerranée, certains proches, d'autres éloignés, afin de produire des données qui pourront être exploitées à des fins de comparaison.
 - o afin de mieux objectiver les risques sanitaires pour l'Homme : il convient de s'intéresser à l'ensemble des espèces susceptibles d'être consommées, non seulement des poissons (sentinelles ou non) mais aussi d'autres espèces marines (céphalopodes, oursins) au niveau de la zone d'étude rapprochée, de la zone d'étude élargie et plus largement au niveau de la zone de pêche méditerranéenne afin d'être en mesure de réaliser une évaluation des risques sanitaires pour le consommateur plus précise et plus réaliste et de proposer, le cas échéant, des recommandations de consommation. Les espèces prélevées doivent correspondre aux espèces débarquées dans les ports autour de Marseille (annexe 2). L'estimation de l'exposition doit prendre en compte le bruit de fond alimentaire et s'intéresser à la contribution de l'apport par les poissons pêchés dans une zone impactée par le rejet. Il convient d'analyser les mêmes contaminants que ceux pris en compte dans la campagne de 2013 (à minima aluminium, arsenic, cadmium, chrome, cobalt, mercure, nickel, plomb, titane, vanadium) avec des limites de quantification aussi basses que possible.
 - o dans les deux cas, ces prélèvements doivent être réalisés avec un effectif suffisant pour permettre une analyse statistique par espèce avec une puissance satisfaisante. À cette fin, un échantillonnage de 30 spécimens par espèce est recommandé.
 - o de telles campagnes doivent être réalisées à intervalle de temps régulier afin de rechercher une éventuelle évolution temporelle.
- d'affiner les modélisations du panache du rejet ce qui pourrait conduire à une modification de la définition de la zone d'impact et en particulier de s'assurer de la représentativité des concentrations modélisées en les rapprochant de données effectivement mesurées dans les eaux marines.
- de déterminer la réelle composition de l'effluent futur (phase dissoute et phase particulaire) après la mise en œuvre des traitements par filtration.
- de confirmer la formation et le comportement des hydrotalcites en mer (stabilité, piégeage, relargage de composés métalliques).
- d'étudier le devenir des rejets de boues rouges en termes d'érodabilité et de recolonisation du milieu, en tenant compte notamment de l'évolution à venir de la nature du rejet.

Enfin, l'Anses souhaite souligner que si les nouvelles caractéristiques du rejet conduiront à diminuer les émissions polluantes dans la zone, elle invite, au regard des concentrations de différents contaminants chimiques observées ou estimées, à la poursuite des actions et recherches dans le cadre d'une réflexion globale pour la réduction de l'ensemble des sources de pollutions industrielles et urbaines en Méditerranée.

Le directeur général

Marc Mortureux

MOTS-CLES

Boues rouges ; Méditerranée ; Alumine, Bauxite.

ANNEXES

Annexe 1 : Echantillons prélevés selon les sites d'étude (CALIPSO)

Annexe 2 : Bilan des activités de pêche professionnelle embarquée (SIPA-SIH). Zone : Calanques - Parc national. Année 2013

Annexe 3 : Effectifs disponibles par contaminant, par espèce et par source de données pour l'analyse statistique de la contamination des poissons

Annexe 4 : Points de prélèvement des poissons dans la campagne RETROMED

Annexe 5 : Puissance statistique

Annexe 6 : Consommation des produits de la mer par la population générale vivant en méditerranée (g/j) – Etude INCA2

Annexe 7 : Consommation des produits de la mer par les forts consommateurs de produits de la mer vivant en Méditerranée (g/j) – Etude CALIPSO

Annexe 8 : Valeurs toxicologiques de référence (VTR)

Annexe 9 : Statistiques descriptives des niveaux d'exposition (Scénario 1 – utilisation des données d'Alteo) chez la population générale

Annexe 10 : Statistiques descriptives des niveaux d'exposition (Scénario 2 – utilisation des données autres qu'Alteo) chez la population générale

Annexe 11 : Statistiques descriptives des niveaux d'exposition (Scénario 1bis – utilisation des données d'Alteo) chez les forts consommateurs de produits de la mer

Annexe 12 : Statistiques descriptives des niveaux d'exposition (Scénario 2bis – utilisation des données autres qu'Alteo) chez les forts consommateurs de produits de la mer

Annexe 13 : Informations complémentaires concernant les études CALIPSO et EAT2

REFERENCES

Albérola C. et Millot C., (2003). Circulation in the French Mediterranean coastal zone near Marseille: the influence of wind and the Northern Current. *Continental Shelf Research* 23 : 587-610.

Alteo, 19 mai 2014 et mise à jour de 19 juin 2014, Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter (DDAE) visant à supprimer les rejets de boues rouges en maintenant un rejet d'effluent liquide résiduel.

Afssa, 2009 – Etude individuelle nationale des consommations alimentaires (INCA 2) 2006-2007. Coordinateur Lionel Lafay, 228p. <https://www.anses.fr/sites/default/files/documents/PASER-Ra-INCA2.pdf> et <https://www.anses.fr/sites/default/files/documents/PASER-Ra-INCA2.pdf>

Anses, 2012 - Rapport final sur la définition du Bon Etat Ecologique (BEE) – questions sanitaires (descripteur 9) – Directive Cadre Stratégie du Milieu Marin (DCSMM), 120p

<http://sextant.ifremer.fr/documents/156255/265068/Rapport+final+D9.pdf/c48ddb1f-2ac7-4b6c-b579-e7659bc792e2>

Bourcier M., Zibrowius H. (1973). - Les « boues rouges » déversées dans le canyon de la Cassidaigne (région de Marseille). Observations en soucoupe plongeante SP 350 (juin 1971) et résultats de dragages. *Téthys* 4 : 811-841.

BRGM, 23 décembre 2014, Usine d'alumine de spécialités d'ALTEO Gardanne (13), Tierce expertise sur le Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter (DDAE) visant à supprimer les rejets de boues rouges en maintenant un rejet d'effluent liquide résiduel, Rapport final, BRGM/RP-64161-FR, 174p.

CALIPSO - Etude des consommations alimentaires de produits de la mer et Imprégnation aux éléments traces, polluants et oméga 3, AFSSA-DGAI-INRA, août 2006, Leblanc J.Ch. (Coordinateur), 161p. <https://www.anses.fr/sites/default/files/documents/PASER-Ra-Calipso.pdf>

DGAL - Dispositif de surveillance et de contrôle de la sécurité sanitaire des aliments, <http://agriculture.gouv.fr/dispositif-surveillance-contrôle-sécurité-sanitaire-aliments-564>

- Dorevitch S., Panthi S., Huang Y., Michalek A.M., Pratap P., Wroblewski M., Liu L., Scheff P.A., Li A. (2011). Water ingestion during water recreation. *Water Res.* 45 : 2020-2028.
- EAT2 - Étude de l'alimentation totale française, Tome 1 : Contaminants inorganiques, minéraux, polluants organiques persistants, mycotoxines, phyto-estrogènes, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise, juin 2011, 346p, ISBN 978-2-11-128112-7. <https://www.anses.fr/fr/documents/PASER2006sa0361Ra1.pdf>
- IFREMER (2007). Synthèse de l'état de la contamination chimique du golfe de Marseille, volume 1 : 123.
- INERIS, 2001 - Méthode de calcul des Valeurs de Constat d'Impact dans les sols. INERIS DRC-01-25587/DESP-R01, Novembre 2001, 54p. <http://www.ineris.fr/centredoc/vci.pdf>
- InVS/INERIS, 2003 - Evaluation du risque sanitaire résiduel pour les populations fréquentant les plages polluées par le fioul rejeté par l'ERIKA, après dépollution, 61p. <http://www.ineris.fr/centredoc/erikajuill.pdf>.
- INERIS, 2013 - Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées (Rapport INERIS DRC 12 125929 13162B), 104p. <http://www.ineris.fr/centredoc/drc-guide-ers-2013-v4d-complet-lienscompact-1378197912.pdf>
- RETROMED - Programme sur la contamination chimique de la chaîne trophique en Méditerranée, rapports de synthèse et données brutes transmises à l'Anses par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse et l'Ifremer le 08 décembre 2014 et le 07 janvier 2015.
- ROCCH - Réseau d'Observation de la Contamination Chimique, <http://www.ifremer.fr/lerpc/Activites-et-Missions/Surveillance/ROCCH>
- Schijven J., de Roda Husman A.M. (2006). A survey of diving behavior and accidental water ingestion among Dutch occupational and sport divers to assess the risk of infection with waterborne pathogenic microorganisms. *Environ Health Perspect* 114: 712-717.
- Schets F.M., Schijven J.F., de Roda Husman A.M. (2011) Exposure assessment for swimmers in bathing waters and swimming pools. *Water Res* 45 : 2392-2400.

Annexe 1 : Echantillons prélevés selon les sites d'étude (CALIPSO)

	Poissons		Mollusques, crustacés
Le Havre	Anguille*	Lieu jaune	Bigorneau ou vigneau
	Bar ou loup*	Limande	Calmar, encornet ou chipiron
	Baudroie ou lotte	Maquereau	Crevette, bouquet, gambas
	Cabillaud ou morue	Merlan	Moule
	Carrelet ou plie	Merlu	Bulot ou buccin
	Colin ou lieu noir	Raie *	Coquille st jacques
	Dorade*	Roussette ou saumonette*	Crabe, tourteau
	Espadon*	Sardine	Etrille
	Flétan*	Saumon	Huître
	Grenadier ou hoki*	Sole	Langoustine
	Julienne ou lingue	Thon *	
Lorient	Bar ou loup*	Limande	Bigorneau ou vigneau
	Baudroie ou lotte*	Maquereau	Calmar, encornet ou chipiron
	Cabillaud ou morue	Merlan	Coque, rigadeau
	Carrelet ou plie	Merlu	Crevette, bouquet, gambas
	Colin ou lieu noir	Raie *	Moule
	Dorade*	Rouget	Araignée de mer
	Eglefin	Roussette ou saumonette*	Coquille st jacques
	Empereur*	Saint pierre	Crabe, tourteau
	Espadon*	Sardine	Etrille
	Flétan*	Saumon	Huître
	Grenadier ou hoki*	Sole	Langoustine
	Grondin	Tacaud ou gade	
	Julienne ou lingue	Thon*	
	Lieu jaune		
La Rochelle	Bar ou loup*	Limande	Bigorneau ou vigneau
	Baudroie ou lotte*	Maquereau	Calmar, encornet ou chipiron
	Cabillaud ou morue	Merlan	Coque, rigadeau
	Colin ou lieu noir	Merlu	Crevette, bouquet, gambas
	Dorade*	Raie*	Moule
	Eglefin	Rouget	Seiche
	Empereur*	Roussette ou saumonette*	Bulot ou buccin
	Espadon*	Sardine	Coquille st jacques
	Flétan*	Saumon	Crabe, tourteau
	Grenadier ou hoki*	Sole	Huître
	Julienne ou lingue	Thon*	Langoustine
	Lieu jaune		Pétoncle
Toulon	Bar ou loup*	Merlan	Calmar, encornet ou chipiron
	Baudroie ou lotte*	Merlu	Crevette, bouquet, gambas
	Cabillaud ou morue	Raie*	Moule
	Colin ou lieu noir	Rascasse	Poulpe
	Dorade*	Rouget	Seiche
	Empereur*	Roussette ou saumonette*	Bulot ou buccin
	Espadon*	Saint pierre	Coquille st jacques
	Flétan*	Sardine	Homard
	Grenadier ou hoki*	Saumon	Huître
	Julienne ou lingue	Sole	Oursin
	Limande	Thon*	
	Maquereau		

* Poissons "prédateurs" tels que définis par le règlement CE du 19 janvier 2005 No 78/2005

**Annexe 2 :
Bilan des activités de pêche professionnelle embarquée (SIPA-SIH). Zone : Calanques - Parc national. Année 2013**

Source : rapport provisoire DPMA-AAMP-Ifremer, 09 et 19 décembre 2014

NB : Dans les deux documents mentionnés ci-après, les résultats ont été acquis sur la base des navires inscrits au FFPC (Fichier Flotte de Pêche Communautaire). Ces deux documents sont à ce jour en **version provisoire**, car toujours en discussion pour validation auprès de la DPMA et de l'A-AMP

- Document 1 : Navires géolocalisés (38 p.), la source des données étant le VMS (système de surveillance des navires de pêche par satellites, (i) fournissant à intervalles réguliers des données sur la position, la route et la vitesse des navires aux autorités de pêche, (ii) obligatoire pour les navires de pêche professionnelle de plus de 12 mètres depuis le 1er janvier 2012)

La zone d'étude halieutique "géolocalisée" est comprise entre la rade de Marseille (à l'Ouest) et Bandol (à l'Est).

En 2013, 11 navires y sont géolocalisés, pour un total de 78 mois d'activités. 1 seul navire est dépendant de cette zone pour plus de 80 % de son activité. Deux autres entre 20 % et 60 %.

Le tonnage pêché en 2013 par ces 11 navires avoisine 99 tonnes pour une valeur commerciale de 344 milliers d'euros. Par groupe d'espèces, les petits pélagiques représentent 49 % du tonnage et 14 % de la valeur, suivis par les poissons démersaux et benthiques (43 % du tonnage, mais 67 % de la valeur). Viennent ensuite les céphalopodes, avec respectivement 6 % et 17 %. Les six autres groupes d'espèces sont toutes en dessous de 1 % pour les deux paramètres.

Le tableau ci-après donne des informations au niveau des principales espèces :

Espèce	% des 99 tonnes		Espèce	% des 344 Keuros
Chinchards	37		Merlu européen	11
Merlu européen	10		Pageots	11
Grondins	06		Calmars, Encornets	11
Sardine commune	06		Rougets	09
Calmars, Encornets	04		Chinchards	08
Pageots	04		Saint-Pierre	07
Dorade royale	04		Dorade royale	06

- Document 2 : Navires non géolocalisés (38 p.), la source de données n'est pas le VMS, les navires ayant moins de 12 mètres, mais les calendriers d'activités

La zone d'étude halieutique "non géolocalisée" est ici plus étendue, au-delà de l'embouchure du Rhône (à l'Ouest) à Toulon (à l'Est), dénommée "secteur statistique". Certains navires non géolocalisés ont ainsi pu être sélectionnés car étant actifs dans les secteurs statistiques, sans l'être forcément dans le stricte périmètre de la zone d'étude.

En 2013, 138 navires non géolocalisés sont recensés, pour un total de 1285 mois d'activités. Leur taille moyenne est 8,6 mètres. 80 navires (58 %) seraient dépendants de cette zone pour plus de 80 % de leur activité.

Le tonnage pêché en 2013 par ces 138 navires est de 203 tonnes pour une valeur commerciale de 1 033 milliers d'euros.

Le tableau ci-après donne des informations au niveau des principales espèces pêchées :

Espèce	% des 203 tonnes		Espèce	% des 1 033 Keuros
Sardine commune	17		Thon rouge	18
Dorade royale	10		Dorade royale	15
Thon rouge	07		Sole commune	09
Merlu européen	07		Merlu européen	08
Dorade rose	06		Espadon	08
Bonites	06		Sardine commune	06
Merlan	05		Bonites	05

Les résultats acquis auprès des navires non géolocalisés mènent à une sur-estimation de la réalité, donc de la production de pêche, mais donnent toutefois une bonne indication des deux espèces les plus pêchées : la sardine et la dorade royale.

Les informations ainsi obtenues auprès de ces navires (géolocalisés ou non) peuvent nous orienter vers les habitudes de consommation des produits de la pêche, et le risque sanitaire associé s'il était avéré.

Estimation des productions 2013 issues des données SACROIS de la DPMA

Production 2013 sur l'ensemble Méditerranée occidentale

Code FAO	Espèce	Quantité (kg)	%
ANE	Anchois	2 424 174	17%
HKE	Merlu européen	1 370 504	10%
OCT	Pieuvres, poulpes nca	1 019 930	7%
MAC	Maquereau commun	833 951	6%
PIL	Sardine commune	795 579	6%
OCC	Pieuvre	783 105	6%
POD	Capelan de Méditerranée	694 858	5%
BFT	Thon rouge de l'Atlantique	620 169	4%
MNZ	Baudroies nca	419 885	3%
HOM	Chinchard d'Europe	365 572	3%
ELE	Anguille d'Europe	336 453	2%
GUR	Grondin rouge	320 407	2%
SBG	Dorade royale	298 041	2%
MUR	Rouget de roche	288 410	2%
ILL	Encornets rouges nca	249 907	2%
GUX	Grondins, cavillones nca	187 625	1%
MLR	Mulet lippu	174 203	1%
BOG	Bogue	171 904	1%
SQZ	Calmars côtiers nca	164 578	1%
NSQ	Nasse ceinturée	157 825	1%
PAC	Pageot commun	135 276	1%
SOL	Sole commune	123 920	1%
BSS	Bar européen	109 571	1%
MYV	Moules Mytilus nca	104 471	1%
COE	Congre d'Europe	99 774	1%
CTC	Seiche commune	98 260	1%
SWA	Sar commun	87 317	1%
MUF	Mulet à grosse tête	84 819	1%
BOY	Murex-droite épine	78 036	1%
ZZ9	Espèce hors domaine	75 311	1%
	Autres	1 590 317	11%
	Total	14 188 843	

Estimation des productions par espèce débarquée en 2013
dans les points de débarquements de Méditerranée occidentale.

Production débarquée dans les points de débarquement autour de Marseille

Les données SACROIS issues des ports suivants sont présentées dans cette section.

Code	Port de retour	Production (kg)
AMA	Sausset-les-Pins	5 565
BMA	Carry-le-Rouet	5 190
CMA	Cassis	422
DMA	La Ciotat	24 184
EMA	La Redonne, Méjean	377
FMA	L'Estaque	289
GMA	Saumaty	99 256
HMA	Vieux Port de Marseille	1 224
JMA	La Madrague de Montredon	1 709
MMA	Port de Morgiou	2 639
XMA	Marseille	376 766
	Total	517 620

Liste des points de débarquements sélectionnés

Code FAO	Espèce	Quantité (kg)	%
PIL	Sardine commune	128 034	25%
HOM	Chinchard d'Europe	80 968	16%
HKE	Merlu européen	54 043	10%
SAA	Allache	33 392	6%
SBG	Dorade royale	27 436	5%
POD	Capelan de Méditerranée	13 609	3%
BON	Bonite à dos rayé	12 033	2%
MNZ	Baudroies nca	11 859	2%
PAC	Pageot commun	10 542	2%
ZZ9	Espèce hors domaine	9 310	2%
OCT	Pieuvres, poulpes nca	9 166	2%
GUR	Grondin rouge	9 145	2%
BOG	Bogue	8 020	2%
MAC	Maquereau commun	6 823	1%
MUR	Rouget de roche	6 436	1%
SQZ	Calmars côtiers nca	6 420	1%
ILL	Encornets rouges nca	5 682	1%
MAS	Maquereau espagnol	5 189	1%
URX	Oursins, etc. nca	4 620	1%
BFT	Thon rouge de l'Atlantique	4 593	1%
SBR	Dorade rose	4 583	1%
WHB	Merlan bleu	4 555	1%
SLM	Saupe	4 311	1%
SWA	Sar commun	4 064	1%
RJM	Raie douce	3 466	1%
SBP	Dorades nca	2 741	1%
GUX	Grondins, cavillones nca	2 647	1%
SOL	Sole commune	2 447	0%
MZZ	Poissons marins nca	2 421	0%
SWO	Espadon	2 421	0%
	Autres	36 647	7%
	Total	517 620	

Estimation des productions par espèce débarquée en 2013 dans les points de débarquements autour de Marseille.

Appui scientifique et technique de l'Anses
Saisine n° 2014-SA-0223

Annexe 3 : Effectifs disponibles par contaminant, par espèce et par source de données pour l'analyse statistique de la contamination des poissons

Source	Espèce	As	Hg	MeHg	Cd	Pb	Cu	Zn	Cr	Ag	Ni	V	PCDD/F TEQ98	PCBDL TEQ98	PCDD/F TEQ05	PCB-DL TEQ05	PCBi	BaP	HAP4	HAP11
Alteo	dorade	2	2		2	6	6	6	2			6								
	grondin	1	1		1	3	3	3	1			3								
	maquereau					2	2	2				2								
	merlu	3	3		3	12	12	12	3			12								
	mérou	1	1		1	1	1	1	1			1								
	rascasse					2	2	2				2								
	roussette					1	1	1				1								
CALIPSO	bar	1	1	1	1	1							1	1			1			
	baudroie	1	1	1	1	1							1	1			1			
	buccin	1	1	1	1	1							1	1			1			
	calmar	1	1	1	1	1							1	1			1			
	coquille saint jacques	1	1	1	1	1							1	1			1			
	crevette	1	1	1	1	1							1	1			1			
	dorade	1	1	1	1	1							1	1			1			
	empereur	1	1	1	1	1							1	1			1			
	espadon	1	1	1	1	1							1	1			1			
	flétan	1	1	1	1	1							1	1			1			
	grenadier	1	1	1	1	1							1	1			1			
	homard	1	1	1	1	1							1	1			1			
	huitre	1	1	1	1	1							1	1			1			
	julienne	1	1	1	1	1							1	1			1			
	lieu	1	1	1	1	1							1	1			1			
	limande	1	1	1	1	1							1	1			1			
	maquereau	1	1	1	1	1							1	1			1			
	merlan	1	1	1	1	1							1	1			1			
	merlu	1	1	1	1	1							1	1			1			
	morue	1	1	1	1	1							1	1			1			
	moule	1	1	1	1	1							1	1			1			
	oursin	1	1	1	1	1							1	1			1			
	poulpe	1	1	1	1	1							1	1			1			
	raie	1	1	1	1	1							1	1			1			
	rascasse	1	1	1	1	1							1	1			1			
	rouget	1	1	1	1	1							1	1			1			
	roussette	1	1	1	1	1							1	1			1			
	saint pierre	1	1	1	1	1							1	1			1			
	sardine	1	1	1	1	1							1	1			1			
	saumon	1	1	1	1	1							1	1			1			
	seiche	1	1	1	1	1							1	1			1			
	sole	1	1	1	1	1							1	1			1			

Appui scientifique et technique de l'Anses
Saisine n° 2014-SA-0223

Source	Espèce	As	Hg	MeHg	Cd	Pb	Cu	Zn	Cr	Ag	Ni	V	PCDD/F TEQ98	PCBDL TEQ98	PCDD/F TEQ05	PCB-DL TEQ05	PCBi	BaP	HAP4	HAP11
DGAL	thon	1	1	1	1	1							1	1			1			
	anchois		3		4	3							2	2	2	2		2		
	anguille		5		4	5												3	1	
	araignée		1		1	1														
	bar		2		2	2							1	1	1	1	1			
	baudroie		2		2	2							3	3	3	3				
	brochet		1																	
	buccin		1		1	1														
	calmar		3		3	3							1	1	1	1				
	carpe		1		1	1														
	coque		2		2	2														
	coquille saint jacques		9		9	9														
	crabe		3		3	3														
	dorade		4		4	4							2	2	2	2	1	3	1	
	églefin		1		1	1														
	espadon		4		4	4														
	grondin												1	1	1	1				
	huitre		22		22	22							5	5	5	5	5	6	6	
	langoustine												2	2	2	2	1			
	maquereau		5		5	5							1	1	1	1		1		
	merlan		1		1	1														
	merlu		4		4	4							1	1	1	1		2	1	
	morue		1		1	1														
	moule		16		16	16							4	4	4	4	4	8		
	mulet												2	2	2	2				
	palourde		1		1	1							1	1	1	1	1			
	pétoncle		1		1	1														
	plie		1		1	1														
	poulpe		12		11	11							8	8	8	8		6		
	raie		4		4	4														
	rouget		3		3	3							2	2	2	2	2	1		
	saint pierre		2		2	2														
	sardine		10		10	10							21	21	21	21	4	6		
	seiche		1		1	1														
	sole		2		2	2							4	4	4	4	2			
	tacaud		3		3	3														
	thon		8		8	8							4	4	4	4		1		
	truite												1	1	1	1				
ROCCH	huitre		2		2	2	1	1	1		1									
	moule		478		478	478	442	442	333	213	227	173	3	3	3	3	183	5	5	5

Appui scientifique et technique de l'Anses
Saisine n° 2014-SA-0223

Source	Espèce	As	Hg	MeHg	Cd	Pb	Cu	Zn	Cr	Ag	Ni	V	PCDD/F TEQ98	PCBDL TEQ98	PCDD/F TEQ05	PCB-DL TEQ05	PCBi	BaP	HAP4	HAP11
	palourde		33		33	33	24	24	9	15	24									
	telline		17		17	17	13	13	5	8	13									
RETROMED	baudroie		1		1	1	1	1		1	1									
	grondin		6																	
	langoustine		19		11	11	11	11		11	11									
	merlan		30		11	13	13	13		13	13									
	merlu		242																	
	rouget		917																	
	roussette		25		11	11	11	11		11	11									
	sébaste		71		27	27	27	27		27	27									

Légende : As = Arsenic, Hg = Mercure total, MeHg = Méthylmercure, Cd = Cadmium, Pb = Plomb, Cu = Cuivre, Zn = Zinc, Cr = Chrome total, Ag = Argent, Ni = Nickel, V = Vanadium, BaP = Benzo(a)pyrène,

Annexe 4 :
Points de prélèvement des poissons dans la campagne RETROMED

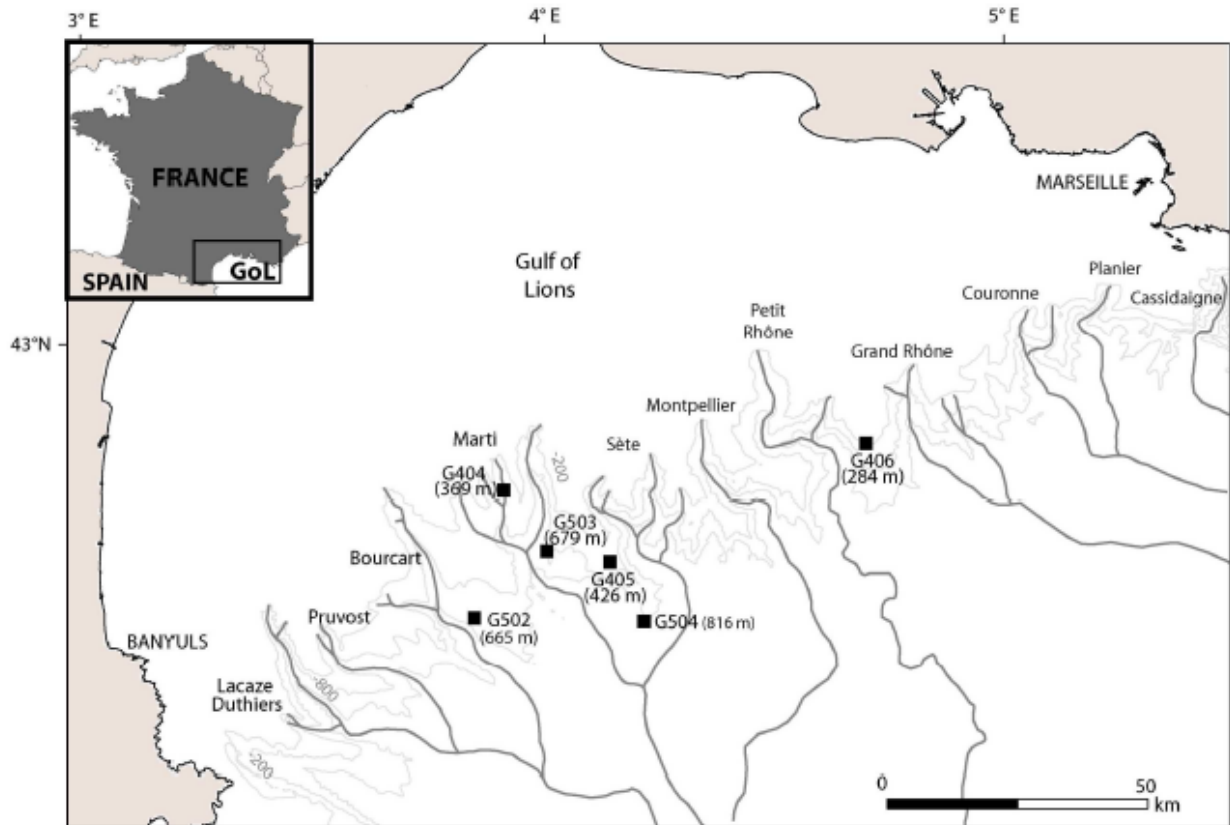


Figure 1 Sites échantillonnés à proximité des têtes de canyon lors de la campagne MEDITS 2012

Tab. 1 : Effectif des espèces cibles capturées lors des campagnes MEDITS en 2012 et analysées dans ce travail.

Numéro du trait		G404	G405	G406	G502	G503	G504	Total
Profondeur (m)		369	426	284	665	679	816	
<i>Galeus melastomus</i> Rafinesque, 1810	Chien espagnol	7	12	6		5	6	36
<i>Helicolenus dactylopterus</i> Delaroche, 1809	Sébaste chèvre	6	10	6		6		28
<i>Lepidorhombus boscii</i> Risso, 1810	Cardine à 4 taches		6	5				11
<i>Lophius piscatorius</i> Linnaeus, 1758	Baudroie blanche		1					1
<i>Micromesistius poutassou</i> (Risso, 1827)	Merlan bleu		10	6				16
<i>Nephrops norvegicus</i> (Linnaeus 1758)	Langoustine		13					13
<i>Phycis blennoides</i> (Brünnich 1768)	Mostelle de fond		13	5	6	6	2	32
<i>Scyliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	Petite roussette	5		6	6			17
								154

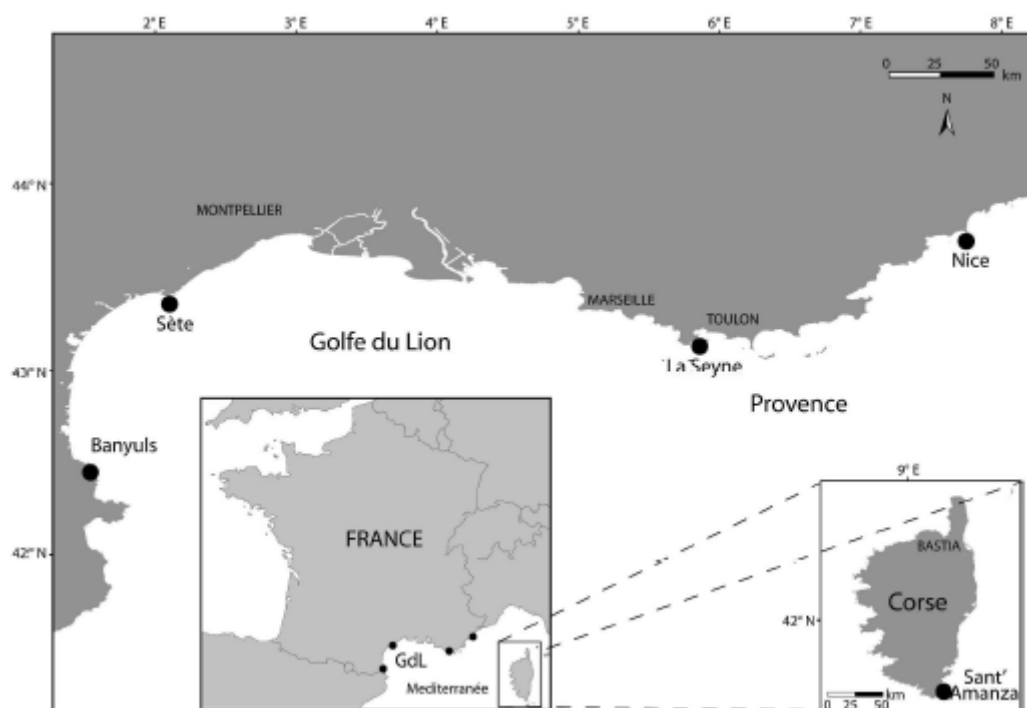


Figure 2 : Carte des points de prélèvements des rougets

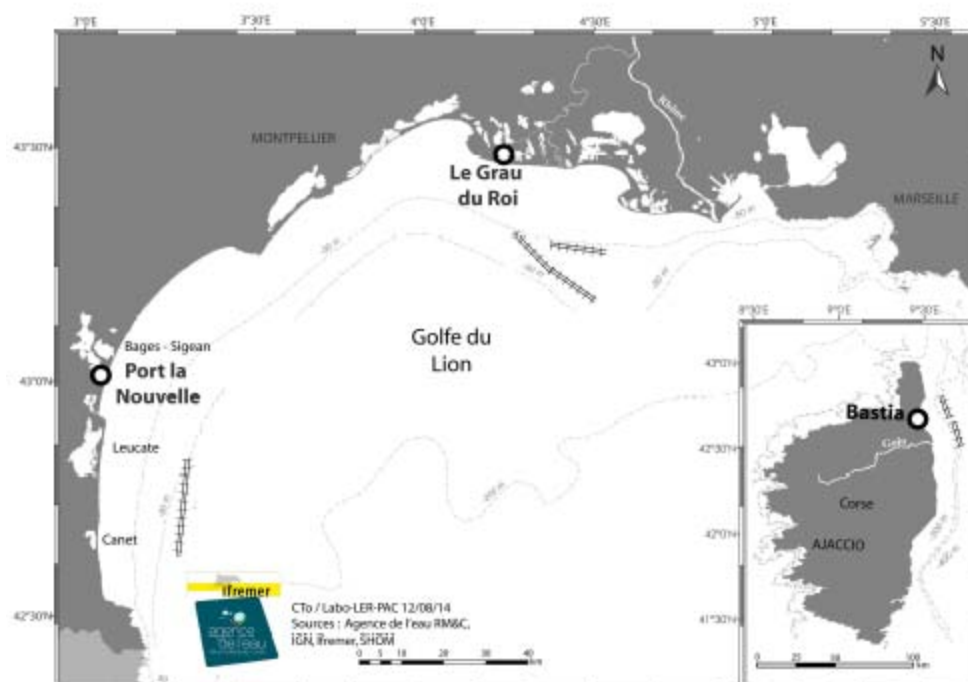


Figure 3 : Carte des points de prélèvements de merlus dans le golfe du Lion et en Corse. Les traits hachurés représentent les trajets chalutés par les pêcheurs pour obtenir les poissons, et basés sur les coordonnées GPS des points de mise à l'eau et de relevage du chalut fournis par le pêcheur. Seules les isobathes proches des traits de chaluts apparaissent sur cette carte.

Annexe 5 : Puissance statistique

Un test statistique est un outil d'aide à la décision permettant de rejeter ou de valider une hypothèse à partir d'observations. Classiquement, les tests statistiques dits de différence fonctionnent sur le rejet ou l'acceptation de l'hypothèse nulle qui correspond à l'absence de différence entre 2 (ou plus) jeux de données.

Les conclusions des tests sont assorties de risque d'erreur. Le risque d'erreur appelé « risque de première espèce » (ou risque α) est le risque de conclure à tort à une différence entre les jeux de données.

Le « risque de seconde espèce » (ou risque β) est le risque de ne pas détecter une différence entre les jeux de données. Il est intéressant de maîtriser le niveau de risque β pour réduire le risque de conclure à tort à un résultat négatif. Les risques α et β évoluent en sens contraire, or si le risque de 1ère espèce est contrôlé (le plus souvent, il est fixé à 5 %), le risque de 2nde espèce est généralement subi car il dépend, notamment, de l'importance de l'effet testé. La puissance, égale à $1 - \beta$, mesure la probabilité de conclure correctement à l'existence d'un effet donné.

Lorsque la puissance est insuffisante (< 80 %), les tests de différence peuvent conduire à conclure de manière erronée à une absence de différence entre les jeux de données. Une puissance faible peut résulter de la variabilité de la mesure ou d'une taille trop faible des échantillons. La puissance peut varier aussi en fonction de la valeur fixée pour le risque α de 1ère espèce.

Il est habituellement recommandé de calculer la puissance du test a priori en fonction de la taille d'effet souhaitée, ce qui permet de déterminer la taille de l'échantillon nécessaire pour une puissance jugée suffisante. Cependant, la puissance peut également être calculée a posteriori de façon à quantifier le risque de conclure à tort à l'absence d'effet du traitement. Il est alors nécessaire d'estimer avec une certaine probabilité, la taille d'effet minimum détectable entre les groupes.

**Annexe 6 :
Consommation des produits de la mer par la population générale vivant en
méditerranée (g/j) – Etude INCA2**

Adultes:

Aliments	Population Générale			Seuls Consommateurs			
	n	moy	p95	n	moy	p95	% consommateurs
Total Mollusques & Crustacés dont :	231	5	24	59	18	50	26
<i>buccin</i>	231	0,01	0	2	1,02	1,43	0,9
<i>calmar</i>	231	1,12	2,86	12	22,29	31,43	5,2
<i>Coquilles saint jacques</i>	231	0,93	12,86	10	16,72	25,71	4,3
<i>crabe</i>	231	0,01	0	1	2,14	2,14	0,4
<i>crevette</i>	231	1,13	10	30	8,17	17,14	13,0
<i>huître</i>	231	0,45	0	7	10,44	18,00	3,0
<i>langouste</i>	231	0,01	0	2	1,60	5,14	0,9
<i>moule</i>	231	0,72	4,29	22	8,21	20,43	9,5
<i>palourde</i>	231	0,00	0	1	0,69	0,69	0,4
<i>seiche</i>	231	0,23	0	3	18,23	22,86	1,3
Total Poissons dont :	231	14	48	115	28	65	50
<i>anchois</i>	231	0,03	0	4	2,78	6,00	1,7
<i>anguille</i>	231	0,24	0	1	20,00	20,00	0,4
<i>bar</i>	231	0,26	0	3	15,33	18,19	1,3
<i>baudroie</i>	231	0,19	0	5	10,36	16,00	2,2
<i>dorade</i>	231	0,18	0	5	14,01	27,14	2,2
<i>églefin</i>	231	0,29	0	2	21,24	27,14	0,9
<i>espadon</i>	231	0,26	0	3	21,18	25,14	1,3
<i>hareng</i>	231	0,04	0	2	4,58	5,79	0,9
<i>julienne</i>	231	0,19	0	1	27,14	27,14	0,4
<i>lieu</i>	231	1,51	13,57	15	24,21	50,89	6,5
<i>limande</i>	231	0,15	0	2	17,60	27,14	0,9
<i>maquereau</i>	231	0,33	0	3	23,57	32,57	1,3
<i>merlan</i>	231	1,24	0	9	33,40	92,96	3,9
<i>merlu</i>	231	0,21	0	3	15,58	16,96	1,3
<i>morue</i>	231	1,83	19,29	21	21,74	55,36	9,1
<i>perche</i>	231	1,40	0	7	30,94	40,71	3,0
<i>plie</i>	231	0,18	0	1	26,50	26,50	0,4
<i>raie</i>	231	0,38	0	4	27,69	34,29	1,7
<i>rascasse</i>	231	0,28	0	1	27,14	27,14	0,4
<i>rouget</i>	231	0,22	0	4	16,66	33,93	1,7
<i>roussette</i>	231	0,14	0	2	22,96	27,43	0,9
<i>sardine</i>	231	0,26	0	4	23,84	51,43	1,7
<i>saumon</i>	231	2,70	25,14	35	21,65	41,14	15,2
<i>sole</i>	231	0,39	0	5	16,70	34,29	2,2
<i>thon</i>	231	0,80	0	6	25,27	32,00	2,6
<i>truite</i>	231	0,35	0	8	11,33	27,14	3,5
Total Produits de la Mer	231	18,68	63,29	140	29,76	68,29	60,6

Enfants:

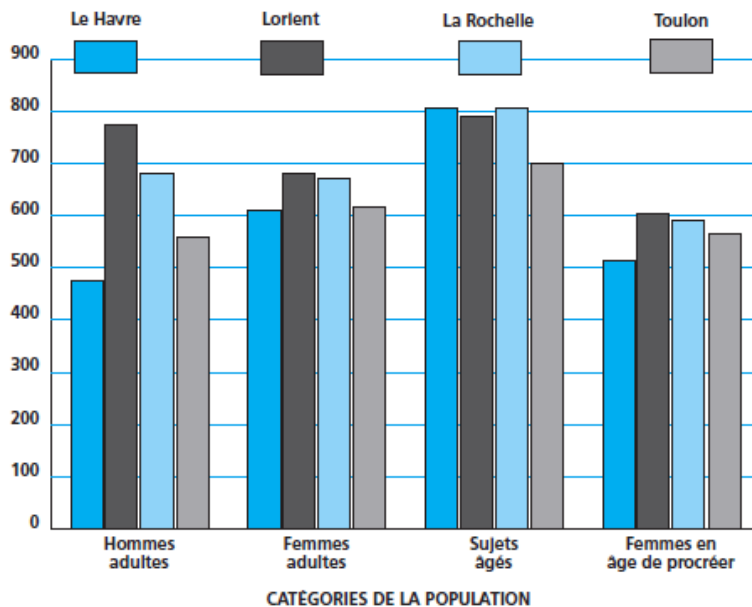
Aliments	Population Générale			Seuls Consommateurs			
	n	moy	p95	n	moy	p95	% consommateurs
Total Mollusques & Crustacés dont :	139	2	14	25	10	37	18
calmar	139	0,84	5,71	8	11,66	18,57	5,8
Coquilles saint jacques	139	0,54	0	5	13,65	21,43	3,6
crevette	139	0,43	4,29	8	4,88	17,14	5,8
huitre	139	0,04	0	1	15,43	15,43	0,7
moule	139	0,35	4,29	6	6,02	10,00	4,3
seiche	139	0,08	0	1	9,14	9,14	0,7
Total Poissons dont :	139	7	29	46	19	57	33
anchois	139	0,06	0	1	30,00	30,00	0,7
bar	139	0,13	0	2	24,66	36,37	1,4
baudroie	139	0,10	0	2	14,54	16,00	1,4
églefin	139	0,09	0	1	6,79	6,79	0,7
espadon	139	0,39	0	1	16,00	16,00	0,7
flétan	139	0,12	0	2	13,57	13,57	1,4
lieu	139	1,34	13,57	11	15,40	27,14	7,9
maquereau	139	0,02	0	1	2,14	2,14	0,7
merlan	139	0,48	0	5	14,77	25,79	3,6
merlu	139	0,07	0	1	8,57	8,57	0,7
morue	139	0,66	6,79	6	11,20	40,71	4,3
perche	139	0,22	0	1	27,14	27,14	0,7
plie	139	0,06	0	1	28,57	28,57	0,7
raie	139	0,26	0	1	54,29	54,29	0,7
rouget	139	0,16	0	1	51,43	51,43	0,7
sardine	139	0,06	0	1	8,57	8,57	0,7
saumon	139	1,40	16	14	15,08	27,14	10,1
sole	139	0,58	0	2	22,31	23,57	1,4
thon	139	0,47	0	2	19,35	20,57	1,4
truite	139	0,26	0	2	16,68	19,68	1,4
Total Produits de la Mer	139	9,21	40,66	62	18,38	57,44	44,6

Annexe 7 :
Consommation des produits de la mer par les forts consommateurs de produits de la mer vivant en Méditerranée (g/j) – Etude CALIPSO

	Ensemble de la population			Seuls consommateurs		
	n	Moy g/j	P95 g/j	Taux %	Moy g/j	P95 g/j
Total poissons dont :	252	70.2	161.6	99.6	70.5	161.6
<i>anguille</i>	252	0.2	0	4.4	36.4	140
<i>bar</i>	252	5	16.1	61.9	56	125
<i>baudroie</i>	252	2.3	7.1	42.5	37.7	93.8
<i>morue</i>	252	11.5	28.6	76.6	105	250
<i>lieu</i>	252	8.9	28.6	65.9	94.7	250
<i>dorade</i>	252	6.5	25.7	59.9	75.7	237.5
<i>empereur</i>	252	0.5	3.6	7.5	46.2	200
<i>espadon</i>	252	1.5	7	21.8	46.6	190
<i>flétan</i>	252	1.6	7.1	23.8	47.9	195
<i>grenadier</i>	252	0.3	3.2	7.1	31.8	100
<i>julienne</i>	252	1.6	13.4	21.4	51.6	150
<i>limande</i>	252	2.5	14.3	25.8	68.7	237.5
<i>maquereau</i>	252	1.3	7.1	19.4	47.3	112.5
<i>merlan</i>	252	4.3	17.9	48	62.4	180
<i>merlu</i>	252	1.3	10.7	14.7	62.8	200
<i>raie</i>	252	1.9	7.1	25	52.3	125
<i>rascasse</i>	252	1.3	7.1	29	30.6	93.8
<i>rouget</i>	252	1.9	8.9	41.7	32.6	100
<i>roussette</i>	252	1	5	18.3	36.9	125
<i>saint pierre</i>	252	0.9	5.4	21.8	29.2	68.8
<i>sardine</i>	252	3.1	14.3	45.6	47	150
<i>sole</i>	252	6.1	35.7	52.4	81.9	275
<i>thon</i>	252	4.3	19.6	48.4	61.7	137.5
<i>anchois</i>	252	0.5	4.3	11.1	30.9	75
Total crustacés et mollusques dont :	252	26.8	70.9	99.6	70.5	161.6
<i>calmar</i>	252	2.7	11.6	56.3	33.2	81.3
<i>crevette</i>	252	4.6	14.3	90.9	35.7	100
<i>moule</i>	252	2.6	7.1	88.1	20.5	50
<i>poulpe</i>	252	2	7.1	41.3	33.9	81.3
<i>seiche</i>	252	1.1	4.6	25.4	29.8	65.6
<i>buccin</i>	252	0.8	3.6	17.9	33.1	75
<i>coquille saint jacques</i>	252	4.1	17.9	57.9	50.1	156.3
<i>homard</i>	252	0.9	6.4	19	32.3	45
<i>huitre</i>	252	1.8	6.4	56.3	22.9	72
<i>oursin</i>	252	6.2	18.8	37.7	114.2	420
Total produits de la mer	252	97.0	230.2	100	97.0	230.2

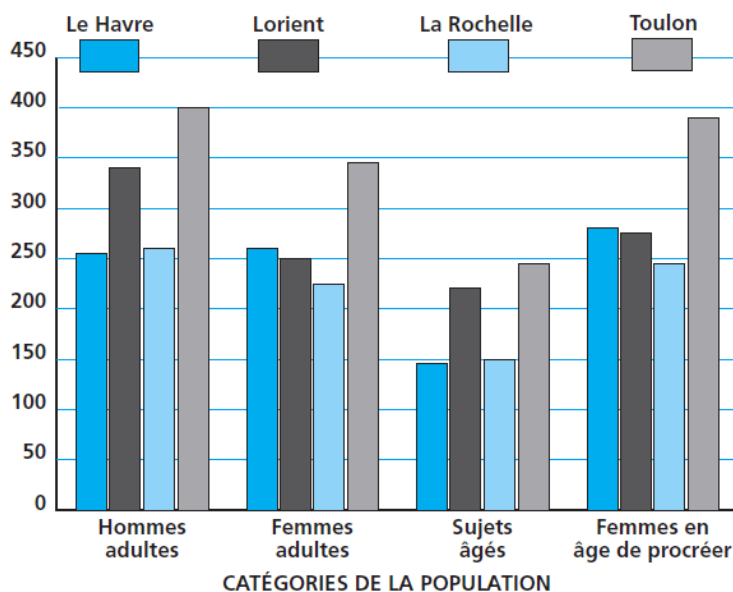
Des différences régionales de consommation ont été observées. D'une manière générale, c'est au Havre que la consommation de poissons frais et surgelé est la plus faible et c'est à Lorient qu'elle est la plus élevée. **Concernant Toulon, la consommation de poissons frais et surgelé est plus élevée que celle constatée au Havre mais plus faible que celle de Lorient et La Rochelle.**

C'est à Toulon que se trouve la consommation la plus importante de conserves, de produits fumés et de plats préparés à base de produits de la mer, en comparaison aux autres sites d'étude.



Catégorie	Le Havre	Lorient	La Rochelle	Toulon
Hommes adultes (18-64 ans)	483,0	766,5	684,1	553,4
Femmes adultes (18-64 ans)	612,1	663,3	654,4	624,4
dont femmes en âge de procréer (18-44 ans)	525,9	608,9	588,2	567,2
Sujets âgés (65 ans et plus)	807,7	793,3	819,6	694,7

Figure 1 : Consommations moyennes de poissons frais et surgelés par site, groupe d'âge et sexe (g/sem)



Catégorie	Le Havre	Lorient	La Rochelle	Toulon
Hommes adultes (18-64 ans)	256,6	331,2	268,1	401,0
Femmes adultes (18-64 ans)	259,4	251,3	224,1	339,4
dont femmes en âge de procréer (18-44 ans)	280,4	273,9	245,6	391,6
Sujets âgés (65 ans et plus)	145,9	219,2	154,8	244,9

Figure 2 : Consommations moyennes de conserves, produits fumés et plats préparés à base de produits de la mer par site, groupe d'âge et sexe (g/sem)

Appui scientifique et technique de l'Anses
Saisine n° 2014-SA-0223

Annexe 8 : Valeurs toxicologiques de référence (VTR)

Tableau 1 : VTR des éléments traces retenus pour l'ERS par l'exploitant (évaluation des risques sanitaires)

Paramètre	Exploitant					Anses (ETA2 + ETai)		
	VTR effets à seuil (mg/kg/j)	VTR effets sans seuil (mg/kg/j) ⁻¹	Retenu pour ERS à seuil	Retenu pour ERS sans seuil	Source A seuil/sans seuil	VTR ou dose repère retenue (mg/kg/j)	Type	source
Aluminium	1	-	x	-	ATDSR(2006)/-	0,14	DHTP	EFSA 2008a
Antimoine	0,0004	-	x	-	USEPA(1991)/-	0,006	DJT	OMS 2003
Argent	0,005	-	x	-	USEPA(1991)/-	pas de VTR robuste identifiée par l'Anses		
Arsenic	0,0003	1,5	x	x	USEPA(1993)/USEPA(1998)	0,0003-0,008	BMDL₀₁	EFSA 2009a
Baryum	0,2	-	x	-	USEPA(2005)/-	0,2	RfD	US-EPA 2005
Béryllium	0,002	-	x	-	USEPA(1998)/-	L'Anses n'a pas réalisé d'ERS pour ce composé		
Bore	0,2	-	x	-	USEPA(1998)/-	L'Anses n'a pas réalisé d'ERS pour ce composé		
Cadmium	0,001	-	x	-	USEPA(1994)/-	0,000357	DHT	EFSA 2009b
Chrome III	1,5	-	x	-	USEPA(1998)/-	0,3	DJT	EFSA 2014
Chrome VI	0,003	-	x	-	USEPA(1998)/-	1 (effets sans seuil) 0,001 (effets à seuil)	BMDL₁₀ DJT	EFSA 2014 Anses 2012
Cobalt	0,0014	-	x	-	RIVM(2000)/-	0,0016	DJT	Afssa 2010
Cuivre	0,5	-	x	-	OMS(1996)/-	pas de VTR robuste identifiée par l'Anses		
Etain	2	-	x	-	OMS(2000)	pas de VTR robuste identifiée par l'Anses pour l'étain inorganique		
						0,0001 (organoétains)	DJT	EFSA 2004
Fer total	-	-	-	-	-	pas de VTR robuste identifiée par l'Anses		
Lithium	-	-	-	-	-	pas de VTR robuste identifiée par l'Anses		
Manganèse	0,14	-	x	-	USEPA(1996)/-	pas de VTR robuste identifiée par l'Anses		
Mercure total	0,0003	-	x	-	USEPA(1995)/-	0,000571 (inorganique)	DHT	EFSA 2012
Méthylmercure	-	-	-	-	-	0,000186	DHT	EFSA 2012
Molybdène	0,005	-	x	-	USEPA(1993)/-	pas de VTR robuste identifiée par l'Anses		
Nickel	0,02	-	x	-	USEPA(1995)/-	0,022	DJT	OMS 2005
Plomb	0,00357	0,0085	x	x	OMS(2004)/-	0,0005 0,00063 0,0015	BMDL₀₁ BMDL₁₀ BMDL₀₁	EFSA 2010
Sélénium	0,005		x		USEPA(1991)/-	pas de VTR robuste identifiée par l'Anses		
Tellure	-	-	-	-	-	L'Anses n'a pas réalisé d'ERS pour ce composé		
Thallium	-	-	-	-	-	0,000013	exploratoire	Anses 2013
Titane	-	-	-	-	-	L'Anses n'a pas réalisé d'ERS pour ce composé		
Uranium	0,003	-	x	-	USEPA(1989)/-	0,0006	DJT	Afssa 2010, OMS 2005
Vanadium	0,009	-	x	-	USEPA(1996)/-	pas de VTR robuste identifiée par l'Anses		
Zinc	0,3	-	x	-	USEPA(1992)	pas de VTR robuste identifiée par l'Anses		

En gras : prioritaire pour ERS Anses

Appui scientifique et technique de l'Anses
Saisine n° 2014-SA-0223

Tableau 2 : VTR des composés organiques retenus pour l'ERS par l'exploitant

	Exploitant					Anses (ETA2 + ETai)		
Paramètre	VTR effets à seuil (mg/kg/j)	VTR effets sans seuil (mg/kg/j) ⁻¹	Retenu pour ERS à seuil	Retenu pour ERS sans seuil	Source A seuil/sans seuil	VTR ou dose repère retenue (mg/kg/j)	Type	source
HYDROCARBURES								
Fluoranthène	0,04	0,0002	x	x	USEPA(1993)/RIVM (2000)	0,34 pour ∑4HAP : Benzo(a)anthracène Benzo(a)pyrène Benzo(b)fluoranthène Chrysène 5 ng TEQ kg pc ⁻¹ j ⁻¹ pour ∑6 ou 11 HAP	BMDL ₁₀	EFSA 2008b
Flurorène	0,04	0,0002	x	x	USEPA(1993)/INERIS (2003)			
Benzo (a) antracène	-	1,2	-	x	-/OEHHA(2009)			
Dibenzo(ah)anthracène	-	0,02	-	x	-/RIVM(2000)			
Benzo(b) fluoranthène	-	0,002	-	x	-/RIVM(2000)			
Benzo(k) fluoranthène	-	0,002	-	x	-/RIVM(2000)			
Benzo(ghi) perylène	0,03	0,002	x	x	-/ INERIS (2003)			
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	-	0,002	-	x	-/RIVM(2000)			
Anthracene	0,3	0,002	x	x	USEPA(1993)/INERIS (2003)			
Chrysène	-	0,0002	-	x	-/RIVM(2000)			
Naphtalène	0,02	0,12	x	x	USEPA(1998)/OEHHA(2005)	DVS	Afsa 2003	
Phénanthrène	0,04	0,0002	x	x	USEPA(1998)/USEPA(2003)			
Pyrène	0,03	0,00002	x	x	USEPA(1993)/RIVM(2000)			
DIOXINES ET FURANES								
DIOXINES ET FURANES (TEQ OMS 1998 avec LQ)	1.00E-09	1.00E+06	x	x	ATDSR(1998)/USEPA(-)	7 × 10 ⁻¹⁰ TEQ OMS 2005 ∑ dioxines, furanes, PCB-DL	RfD	US-EPA 2012
PCB-NDL								
						1 × 10 ⁻⁵ ∑6PCB-NDL: 28, 52, 101, 138, 153, 180	DJT	Afsa 2007

Tableau 2 : Composés organiques non retenus par l'exploitant pour l'ERS

Para-Nonylphenols (isomeres)	Non retenu	30 µg/kg pc/j pour les nonyphénols (linéaire et non linéaire)	VTR reprotoxique (subchronique)	Afsset 2010, retenue pour EATi
4-ter-octylphenol	Non retenu	DJT de 0,005 mg/kg pc/j non retenue		EATi

BIBLIOGRAPHIE (VTR ANSES)

- Afssa (2003). Avis relatif à l'évaluation des risques présentés par le Benzo(a)pyrène (B(a)P) et par d'autres hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), présents dans diverses denrées ou dans certaines huiles végétales, ainsi que sur les niveaux de concentration en HAP dans les denrées au-delà desquels des problèmes de santé risquent de se poser, du 29 juillet 2003. Saisine n°2000-SA-0005, 59p. 6 HAP : benzo(a)anthracène, benzo(b+j)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, dibenz(a,h)anthracène, benzo(g,h,i) pérylène
- Afssa (2007). Avis relatif à l'établissement de teneurs maximales pertinentes en polychlorobiphényles qui ne sont pas de type dioxine (PCB "non dioxin-like", PCB-NDL) dans divers aliments, du 23 octobre 2007, 28p.
- Afssa (2010). Avis relatif à la détermination d'une exigence de qualité en uranium pondéral dans les eaux destinées à la consommation humaine, du 11 mai 2010, Saisine n° 2008-SA-0380, 23 p.
- Afssa (2010). Avis relatif à une demande d'appui scientifique et technique sur la migration de cobalt de plats à gratin en porcelaine destinés à entrer en contact avec des aliments, du 11 mai 2010, Saisine n° 2010-SA-0095, 7 p.
- Afsset (2010). Avis relatif à l'élaboration de VTR fondées sur des effets reprotoxiques, du 8 avril 2010, Saisine Afsset n°2003/AS03, 150 p.
- Anses (2012). Avis relatif à l'évaluation des risques sanitaires liés aux dépassement de la limite de qualité du chrome dans les eaux destinées à la consommation humaine, du 02 juillet 2012. Saisine n°2011-SA-0127, 33 p.
- Anses (2013). Avis relatif à l'évaluation des risques sanitaires liés à la présence de thallium dans les eaux destinées à la consommation humaine, du 27 septembre 2013. Saisine n°2012-SA-0100, 28 p.
- EFSA (2004). Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission to assess the health risks to consumers associated with exposure to organotins in foodstuffs. EFSA Journal 2004; 102: 1-119.
- EFSA (2008a). Safety of aluminium from dietary intake. Scientific Opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Food Contact Materials (AFC). EFSA Journal 2008; 754, 1-34.
- EFSA (2008b). Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. EFSA Journal 2008; 724: 1-114.
- EFSA (2009a). Scientific Opinion on arsenic in Food. Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). EFSA Journal 2009; 7(10):1351 [199 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2009.1351. Revised on 1 February 2010.
- EFSA (2009b). Scientific Opinion on cadmium in food. Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). EFSA Journal 2009; 980: 1-139.
- EFSA (2010). Scientific Opinion on lead in Food. Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). EFSA Journal 2010; 8(4):1570 [151 pp.].
- EFSA (2012). Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). EFSA Journal 2012; 10(12):2985 [241 pp.].
- EFSA (2014). Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of chromium in food and drinking water. Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). EFSA Journal 2014; 12(3): 3595, 261 pp.
- OMS (2003). Antimony in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking water quality (WHO/SDE/WSH/03.04/74). WHO, Geneva, Switzerland.
- OMS (2005). Nickel in Drinking-water, Background document for development of WHO Guidelines for drinking water quality (WHO/SDE/WSH/05.08/55). WHO, Geneva, Switzerland.
- OMS (2005). Uranium in Drinking Water. Background Document for development of WHO guidelines for drinking water quality (WHO/SDE/03.04/118), WHO, Geneva, Switzerland.
- US-EPA (2005). Toxicological review of baryum and compounds (CAS No. 7440-39-3). In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS). March 1998, Minor revisions January 1999, Reference dose revised June 2005. EPA/635/R-05/001, 87 pp.
- US-EPA (2012). EPA's Reanalysis of Key Issues Related to Dioxin Toxicity and Response to NAS Comments, Volume 1 (CAS No. 1746-01-6), In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS), February 2012, EPA/600/R-10/038F, 344 p.

Annexe 9 : Statistiques descriptives des niveaux d'exposition (Scénario 1 – utilisation des données d'Alteo) chez la population générale

Tableau 1 : Exposition à l'Arsenic et au Cadmium chez les adultes de la population générale (µg/kg pc/j)-Scénario 1

	As					Cd				
	Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	231	0.422	0.147	0.738	32	231	0.422	0.147	0.738	100
Total produits de la mer dont :	231	0.887	1.835	3.991	68	127	1.630	2.245	6.841	55
Poissons	231	0.681	1.639	3.673	52	99	1.681	2.200	6.696	43
Crustacés/Mollusques	231	0.205	0.475	1.417	16	59	0.800	0.670	2.336	26
Total	231	1.309	1.848	4.257	100	231	1.309	1.848	4.257	100

Tableau 2: Exposition à l'Arsenic et au Cadmium chez les enfants de la population générale (µg/kg pc/j) -Scénario 1

	As					Cd				
	Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	139	0.649	0.359	1.292	39	139	0.649	0.359	1.292	100
Total produits de la mer dont :	139	1.017	2.517	5.492	61	58	2.197	3.538	11.498	42
Poissons	139	0.836	2.417	5.358	50	41	2.579	3.907	11.498	29
Crustacés/Mollusques	139	0.182	0.579	0.900	11	25	0.824	1.130	3.798	18
Total	139	1.666	2.589	6.265	100	139	1.666	2.589	6.265	100

Tableau 3: Exposition au Chrome et au Mercure chez les adultes de la population générale (µg/kg pc/j) -Scénario 1

	Cr										Hg									
	Population Générale					Seuls consommateurs					Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	231	4.011	0.980	6.001	100	231	4.011	0.980	6.001	100	231	0.092	0.027	0.144	67	231	0.092	0.027	0.144	100
Total produits de la mer dont :	231	0.005	0.015	0.048	0	34	0.032	0.029	0.090	15	231	0.045	0.114	0.263	33	131	0.079	0.143	0.474	57
<i>Poissons</i>	231	0.000	0.001	0.000	0	8	0.004	0.002	0.007	3	231	0.041	0.111	0.261	30	103	0.095	0.153	0.463	45
<i>Crustacés/Mollusques</i>	231	0.005	0.015	0.048	0	28	0.036	0.029	0.090	12	231	0.004	0.011	0.037	3	59	0.017	0.016	0.053	26
Total	231	4.016	0.980	6.001	100	231	4.016	0.980	6.001	100	231	0.137	0.117	0.384	100	231	0.137	0.117	0.384	100

Tableau 4: Exposition au Chrome et au Mercure chez les enfants de la population générale (µg/kg pc/j) -Scénario 1

	Cr										Hg									
	Population Générale					Seuls consommateurs					Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	139	6.820	3.200	12.726	100	139	6.820	3.200	12.726	100	139	0.127	0.062	0.230	60	139	0.127	0.062	0.230	100
Total produits de la mer dont :	139	0.002	0.010	0.026	0	8	0.034	0.021	0.053	6	139	0.084	0.263	0.528	40	59	0.176	0.383	1.235	42
<i>Poissons</i>	139	0.000	0.001	0.000	0	1	0.007		0.007	1	139	0.080	0.262	0.502	38	43	0.237	0.430	1.611	31
<i>Crustacés/Mollusques</i>	139	0.002	0.010	0.026	0	7	0.038	0.018	0.053	5	139	0.004	0.011	0.016	2	25	0.016	0.021	0.070	18
Total	139	6.823	3.201	12.726	100	139	6.823	3.201	12.726	100	139	0.211	0.303	0.608	100	139	0.211	0.303	0.608	100

Tableau 5: Exposition au Plomb et au Vanadium chez les adultes de la population générale (µg/kg pc/j) -Scénario 1

	Pb					V				
	Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	231	0.213	0.061	0.330	87	231	0.213	0.061	0.330	100
Total produits de la mer dont :	231	0.031	0.074	0.151	13	133	0.055	0.092	0.173	58
Poissons	231	0.015	0.040	0.090	6	107	0.033	0.055	0.139	46
Crustacés/Mollusques	231	0.017	0.055	0.137	7	59	0.065	0.095	0.193	26
Total	231	0.244	0.101	0.412	100	231	0.244	0.101	0.412	100

Tableau 6: Exposition au Plomb et au Vanadium chez les enfants de la population générale (µg/kg pc/j) -Scénario 1

	Pb					V				
	Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	139	0.309	0.159	0.579	89	139	0.309	0.159	0.579	100
Total produits de la mer dont :	139	0.038	0.080	0.208	11	60	0.079	0.107	0.307	43
Poissons	139	0.018	0.049	0.091	5	44	0.053	0.076	0.194	32
Crustacés/Mollusques	139	0.020	0.061	0.122	6	25	0.090	0.116	0.377	18
Total	139	0.348	0.200	0.781	100	139	0.348	0.200	0.781	100

Tableau 7: Exposition au Cuivre et au Zinc chez les adultes de la population générale (µg/j) -Scénario 1

	Cu					Zn				
	Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	231	1595	632	2794	100	231	1595	632	2794	100
Total produits de la mer dont :	231	7	21	54	0	47	32	39	127	20
Poissons	231	2	14	8	0	25	25	38	157	11
Crustacés/Mollusques	231	4	16	26	0	28	32	35	127	12
Total	231	1601	632	2794	100	231	1601	632	2794	100

Tableau 8: Exposition au Cuivre et au Zinc chez les enfants de la population générale (µg/j) -Scénario 1

	Cu					Zn				
	Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	139	973	394	1785	100	139	973	394	1785	100
Total produits de la mer dont :	139	2	7	9	0	16	14	18	43	12
Poissons	139	1	5	1	0	9	15	13	43	6
Crustacés/Mollusques	139	1	6	6	0	7	13	25	13	5
Total	139	974	394	1785	100	139	974	394	1785	100

Annexe 10 : Statistiques descriptives des niveaux d'exposition (Scénario 2 – utilisation des données autres qu'Alteo) chez la population générale

Tableau 1: Exposition à l'Arsenic et au Cadmium chez les adultes de la population générale (µg/kg pc/j)-Scénario 2

	As										Cd									
	Population Générale					Seuls consommateurs					Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	231	0.422	0.147	0.738	29	231	0.422	0.147	0.738	100	231	0.149	0.044	0.221	95	231	0.149	0.044	0.221	100
Total produits de la mer dont :	231	1.047	2.688	4.386	71	129	1.901	3.392	6.841	56	231	0.008	0.018	0.035	5	133	0.014	0.022	0.043	58
<i>Poissons</i>	231	0.842	2.567	4.130	57	103	1.991	3.586	6.696	45	231	0.003	0.007	0.021	2	107	0.006	0.010	0.027	46
<i>Crustacés/Mollusques</i>	231	0.205	0.475	1.417	14	59	0.800	0.670	2.336	26	231	0.005	0.015	0.033	3	59	0.021	0.025	0.058	26
Total	231	1.470	2.687	4.970	100	231	1.470	2.687	4.970	100	231	0.157	0.049	0.243	100	231	0.157	0.049	0.243	100

Tableau 2: Exposition à l'Arsenic et au Cadmium chez les enfants de la population générale (µg/kg pc/j)-Scénario 2

	As										Cd									
	Population Générale					Seuls consommateurs					Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	139	0.649	0.359	1.292	39	139	0.649	0.359	1.292	100	139	0.252	0.126	0.526	96	139	0.252	0.126	0.526	100
Total produits de la mer dont :	139	0.997	2.507	5.492	61	59	2.119	3.516	11.498	42	139	0.010	0.020	0.070	4	60	0.020	0.026	0.082	43
<i>Poissons</i>	139	0.815	2.404	5.358	50	42	2.460	3.882	11.498	30	139	0.004	0.011	0.033	2	44	0.012	0.018	0.044	32
<i>Crustacés/Mollusques</i>	139	0.182	0.579	0.900	11	25	0.824	1.130	3.798	18	139	0.006	0.016	0.033	2	25	0.026	0.027	0.085	18
Total	139	1.646	2.578	6.265	100	139	1.646	2.578	6.265	100	139	0.262	0.135	0.532	100	139	0.262	0.135	0.532	100

Tableau 3: Exposition au Chrome et au Mercure chez les adultes de la population générale (µg/kg pc/j) -Scénario 2

	Cr					Hg				
	Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	231	4.011	0.980	6.001	100	231	4.011	0.980	6.001	100
Total produits de la mer dont :	231	0.005	0.015	0.048	0	28	0.036	0.029	0.090	12
Poissons	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crustacés/Mollusques	231	0.005	0.015	0.048	0	28	0.036	0.029	0.090	12
Total	231	4.016	0.980	6.001	100	231	4.016	0.980	6.001	100

Tableau 4: Exposition au Chrome et au Mercure chez les enfants de la population générale (µg/kg pc/j) -Scénario 2

	Cr					Hg				
	Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	139	6.820	3.200	12.726	100	139	6.820	3.200	12.726	100
Total produits de la mer dont :	139	0.002	0.010	0.026	0	7	0.038	0.018	0.053	5
Poissons	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crustacés/Mollusques	139	0.002	0.010	0.026	0	7	0.038	0.018	0.053	5
Total	139	6.823	3.201	12.726	100	139	6.823	3.201	12.726	100

Tableau 5: Exposition au Plomb et au Vanadium chez les adultes de la population générale (µg/kg pc/j) -Scénario 2

	Pb					V				
	Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	231	0.213	0.061	0.330	87	231	0.213	0.061	0.330	100
Total produits de la mer dont :	231	0.031	0.074	0.151	13	133	0.054	0.092	0.172	58
<i>Poissons</i>	231	0.015	0.040	0.090	6	107	0.033	0.055	0.139	46
<i>Crustacés/Mollusques</i>	231	0.017	0.055	0.137	7	59	0.065	0.095	0.193	26
Total	231	0.244	0.101	0.411	100	231	0.244	0.101	0.411	100

Tableau 6: Exposition au Plomb et au Vanadium chez les enfants de la population générale (µg/kg pc/j) -Scénario 2

	Pb					V				
	Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	139	0.309	0.159	0.579	89	139	0.309	0.159	0.579	100
Total produits de la mer dont :	139	0.038	0.080	0.208	11	60	0.079	0.107	0.307	43
<i>Poissons</i>	139	0.018	0.049	0.091	5	44	0.053	0.076	0.194	32
<i>Crustacés/Mollusques</i>	139	0.020	0.061	0.122	6	25	0.090	0.116	0.377	18
Total	139	0.348	0.200	0.781	100	139	0.348	0.200	0.781	100

Tableau 7: Exposition au Cuivre et au Zinc chez les adultes de la population générale (µg/j) -Scénario 2

	Cu					Zn				
	Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	231	1595	632	2794	100	231	1595	632	2794	100
Total produits de la mer dont :	231	6	21	54	0	37	39	41	127	16
<i>Poissons</i>	231	2	14	0	0	13	44	47	157	6
<i>Crustacés/Mollusques</i>	231	4	16	26	0	28	32	35	127	12
Total	231	1601	632	2794	100	231	1601	632	2794	100

Tableau 8: Exposition au Cuivre et au Zinc chez les enfants de la population générale (µg/j) -Scénario 2

	Cu					Zn				
	Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	139	973	394	1785	100	139	973	394	1785	100
Total produits de la mer dont :	139	2	7	9	0	14	16	19	43	10
<i>Poissons</i>	139	1	5	0	0	7	21	11	43	5
<i>Crustacés/Mollusques</i>	139	1	6	6	0	7	13	25	13	5
Total	139	974	394	1785	100	139	974	394	1785	100

Tableau 9: Exposition aux HAP4 chez les adultes de la population générale (µg/kg pc/j) -Scénario 2

	HAP4									
	Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	231	0.0014	0.0006	0.0025	91	231	0.0014	0.0006	0.0025	100
Total produits de la mer dont :	231	0.0001	0.0005	0.0011	9	35	0.0008	0.0009	0.0034	15
Poissons	231	0.0000	0.0000	0.0000	0	9	0.0000	0.0000	0.0000	4
Crustacés/Mollusques	231	0.0001	0.0005	0.0011	9	28	0.0011	0.0009	0.0034	12
Total	231	0.0016	0.0008	0.0030	100	231	0.0016	0.0008	0.0030	100

Tableau 10: Exposition aux HAP4 chez les enfants de la population générale (µg/kg pc/j) -Scénario 2

	HAP4									
	Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	139	0.0021	0.0011	0.0043	96	139	0.0021	0.0011	0.0043	100
Total produits de la mer dont :	139	0.0001	0.0003	0.0010	4	8	0.0012	0.0007	0.0020	6
Poissons	139	0.0000	0.0000	0.0000	0	1	0.0000		0.0000	1
Crustacés/Mollusques	139	0.0001	0.0003	0.0010	4	7	0.0014	0.0005	0.0020	5
Total	139	0.0022	0.0012	0.0048	100	139	0.0022	0.0012	0.0048	100

Appui scientifique et technique de l'Anses
Saisine n° 2014-SA-0223

Tableau 11 : Exposition aux PCB-NDL et aux Dioxines-Furanes+PCB-DL (TEQ05) chez les adultes de la population générale (pg/kg pc/j) -Scénario 2

	PCB-NDL										DIOX_PCBDL05									
	Population Générale					Seuls consommateurs					Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	231	1100	427	2065	42	231	1100	427	2065	100	231	0.319	0.130	0.579	63	231	0.319	0.130	0.579	100
Total produits de la mer dont :	231	1537	3000	7370	58	129	2790	3605	11260	56	231	0.189	0.368	0.843	37	134	0.329	0.439	0.993	58
<i>Poissons</i>	231	1345	2878	6510	51	103	3183	3682	11916	45	231	0.152	0.335	0.735	30	108	0.341	0.429	0.842	47
<i>Crustacés/Mollusques</i>	231	192	653	976	7	59	747	1142	2971	26	231	0.036	0.114	0.223	7	59	0.142	0.194	0.572	26
Total	231	2637	3013	8653	100	231	2637	3013	8653	100	231	0.508	0.391	1.170	100	231	0.508	0.391	1.170	100

Tableau 12 : Exposition aux PCB-NDL et aux Dioxines-Furanes+PCB-DL (TEQ05) chez les enfants de la population générale (pg/kg pc/j) -Scénario 2

	PCB-NDL										DIOX_PCBDL05									
	Population Générale					Seuls consommateurs					Population Générale					Seuls consommateurs				
	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux	n	moy	et	p95	Contrib aliment	n	moy	et	p95	taux
Alimentation courante (Bruit de fond)	139	1959	1019	4115	58	139	1959	1019	4115	100	139	0.577	0.348	1.220	74	139	0.577	0.348	1.220	100
Total produits de la mer dont :	139	1420	2920	8390	42	59	3016	3877	10934	42	139	0.198	0.412	0.880	26	60	0.412	0.548	1.490	43
<i>Poissons</i>	139	1276	2892	8114	38	42	3848	4171	10931	30	139	0.165	0.404	0.861	21	44	0.481	0.600	2.380	32
<i>Crustacés/Mollusques</i>	139	144	504	1333	4	25	652	1026	3041	18	139	0.033	0.091	0.308	4	25	0.150	0.163	0.442	18
Total	139	3378	3234	10170	100	139	3378	3234	10170	100	139	0.775	0.603	2.160	100	139	0.775	0.603	2.160	100

Annexe 11 : Statistiques descriptives des niveaux d'exposition (Scénario 1bis – utilisation des données d'Alteo) chez les forts consommateurs de produits de la mer

Tableau 1: Exposition aux éléments traces (Arsenic, Cadmium, Chrome, Mercure, Plomb, Vanadium) chez les forts consommateurs de produits de la mer (µg/kg pc/j) -Scénario 1bis

	n	As			Cd			Cr			Hg			Pb			V		
		moy	et	p95	moy	et	p95	moy	et	p95	moy	et	p95	moy	et	p95	moy	et	p95
Alimentation courante (Bruit de fond)	231	0,422	0,147	0,738	0,149	0,044	0,221	4,011	0,980	6,001	0,092	0,027	0,144	0,213	0,061	0,330	0,816	0,277	1,382
Total produits de la mer dont :	251	8,954	7,931	23,656	0,058	0,049	0,150	0,019	0,017	0,049	0,328	0,291	1,019	0,203	0,148	0,480	0,023	0,020	0,059
<i>Poissons</i>	251	6,199	5,664	18,101	0,026	0,022	0,063	0,002	0,003	0,008	0,304	0,277	0,943	0,136	0,107	0,323	0,008	0,011	0,030
<i>Crustacés/Mollusques</i>	251	2,756	4,114	7,471	0,031	0,041	0,089	0,016	0,017	0,047	0,024	0,028	0,059	0,067	0,093	0,168	0,015	0,015	0,044
Total		9,377			0,206			4,030			0,421			0,416			0,839		

Tableau 2: Exposition au Cuivre et au Zinc chez les forts consommateurs de produits de la mer (µg/j) -Scénario 1bis

	n	Cu			Zn		
		moy	et	p95	moy	et	p95
Alimentation courante (Bruit de fond)	231	1595	632	2794	7997	2826	14768
Total produits de la mer dont :	252	27	26	83	366	359	1015
<i>Poissons</i>	252	11	15	34	79	92	262
<i>Crustacés/Mollusques</i>	252	16	20	53	287	332	925
Total		1622			8363		

Annexe 12 : Statistiques descriptives des niveaux d'exposition (Scénario 2bis – utilisation des données autres qu'Alteo) chez les forts consommateurs de produits de la mer

Tableau 1 : Exposition aux éléments traces (Arsenic, Cadmium, Chrome, Mercure, Plomb, Vanadium) chez les forts consommateurs de produits de la mer (µg/kg pc/j) -Scénario 2bis

	n	As			Cd			Cr			Hg			Pb			V		
		moy	et	p95	moy	et	p95	moy	et	p95	moy	et	p95	moy	et	p95	moy	et	p95
Alimentation courante (Bruit de fond)	231	0,422	0,147	0,738	0,149	0,044	0,221	4,011	0,980	6,001	0,092	0,027	0,144	0,213	0,061	0,330	0,816	0,277	1,382
Total produits de la mer dont :	251	9,592	8,733	29,198	0,058	0,049	0,151	0,016	0,017	0,047	0,325	0,301	1,036	0,202	0,147	0,480	0,015	0,015	0,044
<i>Poissons</i>	251	6,836	6,552	22,363	0,026	0,022	0,064	.	.	.	0,301	0,287	0,998	0,135	0,106	0,322	.	.	.
<i>Crustacés/Mollusques</i>	251	2,756	4,114	7,471	0,031	0,041	0,089	0,016	0,017	0,047	0,024	0,028	0,059	0,067	0,093	0,168	0,015	0,015	0,044
Total		10,014			0,206			4,028			0,417			0,415			0,831		

Tableau2 : Exposition au Cuivre et au Zinc chez les forts consommateurs de produits de la mer (µg/j) -Scénario 2bis

		Cu			Zn		
		moy	et	p95	moy	et	p95
Alimentation courante (Bruit de fond)	231	1595	632	2794	7997	2826	14768
Total produits de la mer dont :	252	24	24	79	329	342	990
<i>Poissons</i>	252	8	14	30	41	62	149
<i>Crustacés/Mollusques</i>	252	16	20	53	287	332	925
Total		1619			8325		

Tableau 3: Exposition aux HAP4 chez les forts consommateurs de produits de la mer (µg/kg pc/j) -Scénario 2bis

		HAP4		
		moy	et	p95
Alimentation courante (Bruit de fond)	231	0,0014	0,0006	0,0025
Total produits de la mer dont :	251	0,0005	0,0005	0,0013
<i>Poissons</i>	251	0,0000	0,0000	0,0000
<i>Crustacés/Mollusques</i>	251	0,0005	0,0005	0,0013
Total		0,0019		

Tableau 4: Exposition aux PCB-NDL et aux Dioxines-Furanes+PCB-DL (TEQ05) chez les forts consommateurs de produits de la mer (pg/kg pc/j) -Scénario 2bis

		PCB-NDL			DIOX_PCBDL05		
		moy	et	p95	moy	et	p95
Alimentation courante (Bruit de fond)	231	1100	427	2065	0,319	0,130	0,579
Total produits de la mer dont :	251	8598	8133	22137	1,322	1,296	3,880
Poissons	251	7679	7569	21397	1,139	1,187	3,495
Crustacés/Mollusques	251	919	1010	2394	0,182	0,205	0,479
Total		9698			1,641		

Annexe 13 : Informations complémentaires concernant les études CALIPSO et EAT2

1) Exposition régionale dans **CALIPSO**

Arsenic : l'exposition à l'arsenic total à Lorient est significativement plus élevée que celle sur les autres sites. En ce qui concerne l'arsenic inorganique, les sujets de Lorient sont également significativement plus exposés et les sujets de La Rochelle sont significativement moins exposés que ceux des autres sites. Les produits qui contribuent le plus à l'exposition de la population à l'arsenic inorganique sont la coquille St-Jacques (8,6%), l'huître (7,0%), le cabillaud (6,3%) et la raie (5,1%). Quelques différences se dessinent entre régions. Si la raie et le cabillaud apparaissent comme contributeurs majoritaires à l'As et à l'Asinorg sur les 4 sites, la coquille Saint-Jacques n'est contributeur majoritaire à l'exposition à l'Asinorg qu'au Havre (15%) et qu'à **Toulon** (14%). L'oursin n'est également contributeur majoritaire qu'à Toulon (12%). Néanmoins, la consommation de poissons et produits de la mer ne représente que 4,2% de la VTR.

Mercure : l'exposition est significativement plus faible au Havre que sur les autres sites. Les expositions moyennes sont proches voire dépassent la DHTP fixée par le JECFA à 1,6 µg/kg pc/sem. Plus d'un tiers des sujets (35%) ont un apport dépassant la DHTP. Parmi ceux-ci, 29% sont de Lorient, 28% de La Rochelle, 28% de **Toulon** et 14% du Havre. Un tiers sont des femmes en âge de procréer (32%), considérées comme la population la plus sensible vis-à-vis des effets d'une forte exposition sur le fœtus. Les produits les plus forts contributeurs à l'exposition au MeHg, tous sujets confondus, sont le thon (19,2%), le cabillaud (7%), ainsi que la julienne et la sole (6% chacun), avec peu de différences d'un site à l'autre. Les poissons de manière générale contribuent pour 86% de l'exposition au MeHg, les mollusques et crustacés pour 13% et les autres produits de la mer pour moins de 2%.

Plomb : l'exposition est significativement plus faible au Havre que sur les autres sites. Le contributeur majeur à l'exposition au plomb est la sardine (17%). Puis plus particulièrement le colin apparaît à Lorient (28%), la coquille Saint-Jacques au Havre (22%), les moules à La Rochelle (16%) et l'oursin à Toulon (14%). Il convient de rappeler qu'il existe d'autres contributeurs à l'exposition au plomb que les poissons et produits de la mer.

Cadmium : il est observé un gradient significatif d'exposition nord-sud, avec un maximum au Havre et **un minimum à Toulon**. Les contributions ne sont pas les mêmes en fonction des régions considérées. A Toulon les anchois sont les contributeurs majeurs (23%) puis les coquilles Saint-Jacques (20%).

Dioxines et PCB : les sujets de Toulon sont significativement moins exposés que les sujets résidant sur les autres sites.

Tableau 1 : Exposition alimentaire moyenne des forts consommateurs de produits de la mer aux éléments traces, par site, sans distinction d'âge et de sexe (µg/kg pc/sem, Moy ± ET)

	Le Havre n=249	Lorient n=247	La Rochelle n=248	Toulon n=252	Ensemble des sujets n=996
As_T	84,2 ± 65,9 ^a	104 ± 69,7 ^b	74,4 ± 52,9 ^a	73,9 ± 62,8 ^a	84,0 ± 64,2
As_{Inorg}	0,64 ± 0,51 ^a	0,81 ± 0,56 ^b	0,47 ± 0,31 ^c	0,64 ± 0,81 ^a	0,64 ± 0,59
Pb	0,34 ± 0,29 ^a	0,44 ± 0,29 ^b	0,45 ± 0,31 ^b	0,40 ± 0,51 ^{a, b}	0,41 ± 0,37
Cd	4,64 ± 4,63 ^a	2,86 ± 3,01 ^b	1,52 ± 2,27 ^c	0,77 ± 0,74 ^d	2,44 ± 3,34
Hg_T	1,12 ± 1,08 ^a	1,60 ± 1,04 ^b	1,55 ± 1,19 ^b	1,66 ± 1,38 ^b	1,48 ± 1,20
MeHg	1,13 ± 1,11 ^a	1,63 ± 1,05 ^b	1,59 ± 1,21 ^b	1,63 ± 1,35 ^b	1,49 ± 1,20
COS_T	0,13 ± 0,09 ^a	0,07 ± 0,04 ^b	0,08 ± 0,05 ^b	0,11 ± 0,07 ^c	0,10 ± 0,07

As_T : arsenic total, As_{Inorg} : arsenic inorganique, Hg_T : mercure total, COS_T : Ensemble des composés organostanniques.
Sur une même ligne, les valeurs présentant une lettre différente en exposant sont significativement différentes P<0,05 (test de Tukey)

Imprégnation (CALIPSO)

Qu'il s'agisse de l'arsenic, du cadmium ou du plomb, il n'y a pas de différence significative de concentrations dans les urines des sujets des différents sites alors que l'exposition alimentaire à l'arsenic inorganique est significativement plus élevée chez les sujets de Lorient et significativement plus faible chez les sujets de La Rochelle. Dans le sang, les concentrations en plomb et mercure total sont plus élevées à La Rochelle que sur les autres sites.

Tableau 2 : Concentrations en éléments traces dans le sang et les urines, par site, sans distinction d'âge et de sexe (Moy ± ET)

	Le Havre	Lorient	La Rochelle	Toulon	Ensemble des sujets
Concentrations dans le sang	n=83	n=115	n=98	n=95	n=391
Cd (µg/L sang)	0,51 ± 0,41 ^a	0,63 ± 0,59 ^a	0,69 ± 0,66 ^a	0,65 ± 0,63 ^a	0,62 ± 0,58
Pb (µg/L sang)	31,7 ± 16,3 ^a	31,9 ± 19,8 ^a	49,8 ± 28,5 ^b	38,2 ± 24,0 ^a	37,8 ± 23,8
Hg _T (µg/L sang)	2,76 ± 2,16 ^a	3,65 ± 2,33 ^{a,b}	4,59 ± 3,24 ^b	3,13 ± 4,68 ^a	3,57 ± 3,30
MeHg (µg/L sang)	3,37 ± 2,51 ^a	3,68 ± 2,36 ^a	3,82 ± 2,78 ^a	4,01 ± 6,19 ^a	3,73 ± 3,76
Concentrations dans les urines	n=84	n=115	n=97	n=91	n=387
As _T /Créat (µg/g Créat)	53,7 ± 78,4 ^a	77,1 ± 137 ^a	116,1 ± 319 ^a	89,7 ± 251 ^a	84,8 ± 218
Cd/Créat (µg/g Créat)	0,6 ± 0,4 ^a	0,7 ± 0,4 ^a	0,6 ± 0,5 ^a	0,7 ± 0,5 ^a	0,7 ± 0,5
Pb (µg/g Créat)	4,8 ± 2,7 ^a	6,0 ± 4,0 ^a	5,5 ± 4,8 ^a	6,2 ± 5,4 ^a	5,7 ± 4,4
Spéciation dans les urines	n=15	n=33	n=32	n=21	n=101
As _{inorg} (µg/L urine)	24,6 ± 21,5 ^a	19,9 ± 11,2 ^a	31,8 ± 26,7 ^a	38,2 ± 41,6 ^a	28,2 ± 26,8
As _{inorg} / Créat (µg/g Créat)	25,7 ± 24,8 ^a	22,8 ± 12,3 ^a	26,0 ± 24,1 ^a	33,7 ± 28,9 ^a	26,5 ± 22,3

As_T : arsenic total, As_{inorg} : arsenic inorganique (As(III), As(V) et leurs dérivés MMA(V) et DMA(V)), Hg_T : mercure total, Créat : créatinine. Sur une même ligne, les valeurs présentant une lettre différente en exposant sont significativement différentes P<0,05 (test de Tukey)

2) Exposition régionale dans EAT2

Aucune différence significative entre les inter-régions n'a été observée pour l'exposition alimentaire à l'aluminium, au cadmium et au méthylmercure¹⁶ pour les adultes et les enfants.

Concernant le **plomb**, l'exposition est significativement plus élevée chez les adultes et les enfants des inter-régions **Sud-est**, Centre et Centre-est que dans les inter-régions Est, Ile-de-France et Nord-ouest.

L'exposition alimentaire à l'arsenic inorganique est significativement plus basse chez les adultes et les enfants de l'inter-région Ile-de-France par rapport aux autres inter-régions, dont l'inter-région **Sud-Est**. En revanche, dans l'inter-région Centre, les adultes présentent une exposition significativement plus élevée.

Enfin, pour les dioxines et PCB de type dioxines, l'exposition alimentaire en TEQ-98 est significativement plus basse chez les adultes de l'inter-région Est par rapport aux autres inter-régions. Cette tendance ne se retrouve pas chez les enfants, ni lorsque l'exposition est exprimée en TEQ-05.

¹⁶ Pour rappel, l'exposition au méthylmercure a été estimée sur la base de l'exposition calculée pour le mercure total. En effet, la quasi-totalité de l'exposition au méthylmercure par voie alimentaire provient des produits de la mer. Aussi, l'exposition au méthylmercure a été estimée par l'exposition au mercure via les poissons, mollusques et crustacés, comme recommandé par le JECFA (Comité mixte d'experts FAO/OMS sur les additifs alimentaires). L'hypothèse selon laquelle 100% du mercure est sous forme de méthylmercure dans les produits de la mer a par ailleurs été confirmée par les résultats de l'étude CALIPSO.

Tableau 3 : Rappel de quelques substances pour lesquelles le risque sanitaire ne peut pas être écarté dans EAT2

Familles de substances	Substances	Population concernée	Aliments principalement contributeurs
Contaminants inorganiques	Plomb	Adultes et enfants les plus exposés	Adultes : boissons alcoolisées (14%), pain et produits de panification sèche (13%), eau (11%) Enfants : eau (11%), lait (11%), boissons rafraichissantes sans alcool (10%)
	Cadmium	<1% des adultes et 15% des enfants	Adultes : pain et produits de panification sèche (22%), pommes de terre (12%) Enfants : pommes de terre (14%), pain et produits de panification sèche (13%)
	Arsenic inorganique	Adultes et enfants les plus exposés	Adultes : eau (24-27%), café (14-16%) Enfants : eau (19-24%), lait (11-17%), boissons rafraichissantes sans alcool (10-12%)
	Aluminium	<1% des adultes et 2% des enfants	Adultes : Boissons chaudes hors café (13%), légumes hors pommes de terre (11%) Enfants : légumes hors pommes de terre (8%), pâtes (7%), pâtisseries et gâteaux (6%)
	Méthylmercure	Forts consommateurs de thon (<1% des adultes et 1% des enfants)	-
Dioxines et PCB	Dioxines et PCB-DL	<1% des adultes et <1% des enfants	Adultes : poissons (20%), beurre (20%) Enfants: beurre (20%), poissons (14%)
	PCB-NDL	<1% des adultes et 2% des enfants	Adultes : poissons (37%), beurre (11%), fromages (11%), produits ultrafrais laitiers (11%) Enfants : poissons (30%), beurre (12%), viande (11%)