

Document public

Rapport d'expertise :

Expertise des données sur les impacts liés aux poussières

Contribution du BRGM au rapport commun ANSES, BRGM, IRSN

BRGM/RP-65076-FR
septembre 2015

Cadre de l'expertise :

Appuis aux administrations ❑ Appuis à la police de l'eau ❑

Date de réalisation de l'expertise : avril à juin 2015

Localisation géographique du sujet de l'expertise :
Site de stockage de Mange-Garri, Bouc-Bel-Air (13)

Auteurs BRGM : A. Coftier et N. Aubert

Demandeur : MEDDE / B3S / DGPR

Géosciences pour une Terre durable
brgm

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

Ce rapport est le produit d'une expertise institutionnelle qui engage la responsabilité civile du BRGM. Il constitue un tout indissociable et complet ; une exploitation partielle ou sortie du contexte particulier de l'expertise n'engage pas la responsabilité du BRGM.

La diffusion des rapports publics est soumise aux conditions de communicabilité des documents, définie en accord avec le demandeur. Aucune diffusion du présent document vers des tiers identifiés ne sera volontairement engagée par le BRGM sans notification explicite du demandeur.

Ce document a été vérifié et approuvé par :

Approbateur : Nom : N. Dorfliger	Date : 10/09/2015 Directrice de D3E
Vérificateur : Nom : D. Hube	Date : 03/09/2015 Expert

Mots-clés : Expertise - Boues rouges - Stockage à terre - Poussières - Bauxite - Bauxaline - Altéo - Mange-Garri - Bouc-Bel-Air.

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

Coftier A. et Aubert N. (2015) – Site de stockage de Mange-Garri, Bouc-Bel-Air (13) : expertise des données sur les impacts liés aux poussières - ***Contribution du BRGM au rapport commun ANSES, BRGM, IRSN.*** Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-65076-FR. 121 p., 39 tabl., 48 fig., 2 ann.

© BRGM, 2015, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

La société ALTEO qui exploite l'usine de production d'alumine à Gardanne a installé des filtres-presse pour traiter ses rejets solides de boues rouges qui au 31 décembre 2015 ne pourront plus être rejetés en mer. Les résidus des filtres sont entreposés sur le site de stockage de Mange-Garri situé sur la commune de Bouc Bel Air. La poursuite de l'activité de l'usine intégrant des modifications industrielles de son exploitation a fait l'objet d'une nouvelle demande d'autorisation. L'enquête publique portant sur cette demande se tient du 17 août au 25 septembre 2015. Une décision sera donnée au vu de l'ensemble des avis des organismes sollicités, des informations du dossier et des résultats complets des différentes études, après une étroite concertation avec les instances et autorités concernées.

Le 7 mai 2015, le ministère de l'écologie du développement durable et de l'énergie (Direction Générale de la Prévention des Risques) a saisi le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) et l'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire) afin de mener une évaluation indépendante du risque sanitaire actuel lié aux émissions de poussières de bauxaline (résidu de production de l'alumine) qui est stockée sur le site de Mange-Garri, sur la base de données disponibles ou à acquérir, ainsi que du risque sanitaire futur sur la base d'une analyse critique des études de l'exploitant.

Le BRGM dans le cadre de cette contribution a procédé à une revue des données existantes en matière d'émission de poussières et d'exposition des riverains à ces dernières, afin d'identifier les éventuelles lacunes et proposer un programme d'investigation permettant de les combler. Les questions relatives à l'évaluation des risques sanitaires du site d'exploitation ne sont pas traitées par le BRGM mais par l'ANSES ; la caractérisation radiologique des poussières relève de la contribution de l'IRSN.

Dans le cadre de cette saisine, le BRGM a réalisé une analyse (objet de ce présent rapport) des données disponibles et a identifié des influences potentielles des poussières de bauxaline issues du site de Mange-Garri qui pourraient :

- être respirées par les riverains situés à proximité du site ou par des personnes (vététistes, randonneurs, chasseurs) fréquentant les alentours immédiats du site,
- se déposer sur les sols environnants. Les types d'exposition liée à ces dépôts peuvent être :
    - l'ingestion de sols, notamment par des enfants en bas âge fréquentant des sols de jardins ou d'écoles soumis à des dépôts de poussières de bauxaline,
    - l'ingestion de végétaux cultivés par des particuliers ou par des agriculteurs dans des jardins potagers / parcelles agricoles soumis à des dépôts de poussières de bauxaline,
    - l'ingestion de produits d'origine animale (viande, lait, œufs) d'animaux s'alimentant sur des sols soumis à des dépôts de poussières de bauxaline (élevage, gibier).

Les données relatives à l'impact des poussières issues du site de Mange-Garri sont issues de modélisation n'ayant pas fait l'objet d'un calage avec des mesures sur site. Ainsi, il n'existe pas à l'heure actuelle de données issues de mesures renseignant sur la qualité des sols autour du site ou sur les concentrations en particules et agents chimiques associés en aval éolien du site.

Au vu de ces éléments, le BRGM a proposé la réalisation d'une campagne d'investigation de terrain avec un programme d'échantillonnage permettant de :

- quantifier et caractériser les émissions de poussières inhalables et sédimentables issues du site de Mange-Garri, dans des conditions éoliennes différentes. Pour répondre à cet objectif, des prélèvements sont prévus sur 6 points répartis autour du site, avec des prélèvements automatisés de la fraction PM10 des particules toutes les 24h sur une période d'environ 30 jours. Une caractérisation chimique est prévue afin de déterminer la part des poussières mesurée provenant du site de Mange-Garri (par rapport au bruit de fond de l'air ambiant), et permettre à l'ANSES de réaliser une évaluation indépendante du risque sanitaire des riverains les plus proches. Le protocole d'échantillonnage pour la caractérisation radiologique est en cours de définition avec l'IRSN ;
- évaluer l'influence des émissions de poussières issues du site de Mange-Garri sur les sols environnants. Pour répondre à cet objectif, 55 prélèvements de sols sont prévus répartis autour du

site (24 prélèvements de sols de surface dans des jardins, écoles ou espaces publics ; 7 prélèvements de sols de jardins potagers ; 8 prélèvements de sols de champs cultivés ; 10 prélèvements de sols témoins permettant de déterminer le bruit de fonds géochimique local). Ces prélèvements feront l'objet d'une caractérisation physico-chimique permettant de :

- étudier l'influence des poussières issues des activités passées du site de Mange-Garri,
- évaluer le potentiel enrichissement des sols en certains composés issus de ces poussières,
- alimenter en données de terrain l'évaluation indépendante du risque sanitaire de l'ANSES compte tenu des usages associés aux sols ayant subi une influence liées aux poussières de bauxaline.

Le programme d'investigation comprend des points d'échantillonnage de poussières et de sols. Son établissement ne prend pas en considération une hiérarchisation des enjeux par rapport à un seuil de toxicologie, mais uniquement par rapport à la discrimination de la source principale d'émission de poussières par rapport à d'autres, sur la base de la caractérisation géochimique.

Sommaire

1. Contexte et objectifs 11

2. Sources d'information consultées pour la présente étude 12

3. Collecte des informations disponibles et identification des éventuels manques de connaissance 14

3.1. CARACTÉRISATION DES SOURCES : QUANTIFICATION ET ANALYSES CHIMIQUES DES POUSSIÈRES ISSUES DU SITE DE MANGE-GARRI 14
3.1.1 Caractéristiques des matériaux stockés sur le site de Mange-Garri 14
3.1.2 Identification des sources de poussières sur le site de Mange-Garri 26
3.1.3 Mesures de réduction des émissions de poussières mises en œuvre 34
3.1.4 Quantification des émissions de poussières issues du site de Mange-Garri 38
3.1.5 Identification des autres sources émettrices de poussières 41
3.1.6 Collecte d'informations sur le bruit de fond local et les caractéristiques des émissions de chaque source 45

3.2. TRANSFERT HORS SITE DES POUSSIÈRES ISSUES DU SITE DE MANGE-GARRI 52
3.2.1 Envol, transport et dépôt des poussières 52
3.2.2 Transfert vers les végétaux et les animaux 65

3.3. IDENTIFICATION DES ENJEUX AU VOISINAGE DU SITE 67
3.3.1 Occupation et usages des sols au voisinage du site 67
3.3.2 Identification des milieux d'exposition pertinents 70
3.3.3 Analyse des données de caractérisation disponibles sur les milieux d'exposition 70

4. Schéma conceptuel : identification des scénarios d'exposition pertinents aux poussières issues du site de Mange-Garri 73

4.1. SOURCES POTENTIELLES DE POLLUTIONS 73
4.1.1 Identification des matériaux stockés 73
4.1.2 Composition chimique des matériaux 73
4.1.3 Autres caractéristiques physico-chimiques des matériaux 74

4.2. VECTEURS DE TRANSFERTS 74
4.2.1 Envol, transport et dépôt des poussières 74
4.2.2 Transfert vers les végétaux et les animaux 75

4.3. RÉCEPTEURS ET VOIES D'EXPOSITION POTENTIELLE 76
4.3.1 Voies d'expositions directes et récepteurs concernés 76
4.3.2 Voies d'exposition indirectes et récepteurs concernés 77
4.3.3 Synthèse des récepteurs et des voies d'exposition 77

4.4. POINTS D'EXPOSITION PRINCIPAUX 79

4.5. SCHÉMA CONCEPTUEL 80

5. Recommandations d'investigations de terrain 81

5.1. CARACTÉRISATION INITIALE DE LA BAUXALINE ET DE LA BAUXITE 81
5.1.1 Stratégie 81
5.1.2 Localisation des points de prélèvement 82

5.2. INVESTIGATIONS SUR LES SOLS 82
5.2.1 Stratégie d'investigations et méthode de prélèvement retenues 82
5.2.2 Localisation des points de prélèvements 83

5.3. INVESTIGATIONS SUR LES POUSSIÈRES INHALABLES 91
5.3.1 Stratégie 91
5.3.2 Localisation des points de prélèvements 91
5.3.3 Méthodes de prélèvement retenue pour les PM10 92
5.3.4 Méthodes de prélèvement retenues pour la mesure des PM2.5 95

5.4. INVESTIGATIONS SUR LES POUSSIÈRES SÉDIMENTABLES 96
5.4.1 Stratégie 96
5.4.2 Poussières sédimentables sèches 97
5.4.3 Poussières sédimentables totales 100

5.5. PROGRAMME D'ANALYSES RETENU 103
5.5.1 Définition des panels d'analyses 103
5.5.2 Caractéristiques techniques des analyses mises en œuvre 107

NORMES 121

AUTRES DOCUMENTS 121

Liste des illustrations

Figure 1 : Distribution granulométriques des particules de la Bauxaline 15
Figure 2 : Photographie du bassin n°6 vu depuis la digue du bassin n° 5 (28/04/2015) 25
Figure 3 : Plan du site de Mange-Garri 27
Figure 4 : Photographie du bassin n° 7 (28/04/2015) 28
Figure 5 : Photographies du bassin n° 5 (28/04/2015) 29
Figure 6 : Photographies du bassin n° 6 (28/04/2015) 30
Figure 7 : Photographie de la route d'accès à Mange-Garri 31
Figure 8 : Photographies de la route de fraisât le long du bassin n° 6 à l'est 32
Figure 9 : Photographie du chargement et du départ du tombereau du FP2 32
Figure 10 : Photographie s du déchargement du tombereau et des tas de stockage provisoires dans le bassin n° 6 33
Figure 11 : Photographies d'un camion provenant de l'usine sur le bassin n° 6 33
Figure 12 : Chronologie des évolutions liées à l'exploitation du bassin n° 7 et des mesures de réduction des émissions de poussières mises en œuvre 34

Figure 13 : Système d'aspersion fixe du bassin n° 6 et des pistes (photographie du 28/04/2015 ; présentation ALTEO du 28/04/2015) 36
Figure 14 : Chronologie de mise en œuvre des mesures de réduction des émissions de poussières pour l'exploitation du bassin n° 6 37
Figure 15 : Photographie du débourbeur en sortie du site de Mange-Garri (28/04/2015) 38
Figure 16 : Concentrations moyennes en PM10, PM2,5 et PM1 mesurées sur le site de Mange-Garri (BURGEAP, 2013) 39
Figure 17 : Concentrations moyennes en PM10, PM2,5 et PM1 mesurées sur le site de Mange-Garri les 01 et 02/08/2012 (BURGEAP, 2013) 39
Figure 18 : Répartition des flux d'émission des PM10 et PM 2, par source et vecteur d'émission sur le site de Mange-Garri (d'après ANTEA, 2015) 40
Figure 19 : Localisation des principales sources industrielles et de transport potentiellement émettrices de poussières situées autour de Mange-Garri 43
Figure 20 : Photographies du stockage de bauxite de Mange-Garri (28/04/2015) 45
Figure 21 : Photographies des anciens bassins n° 1 et n° 2 (28/04/2015) 46
Figure 22 : Résultats de la surveillance des PM10 et PM2,5 sur la station Air PACA située avenue Mistral à Gardanne (données téléchargeables sur le site Air PACA) 47
Figure 23 : Concentrations en poussières inhalables mesurées sur les 5 sites de l'étude PACTES (Noack *et al.*, 2012) 48
Figure 24 : Flux de poussières sédimentables totales mesurés sur les 5 sites de l'étude PACTES (Noack *et al.*, 2012) 49
Figure 25 : Composition chimique en Na, Mg, Fe, Ca et Al des PM10 mesurées sur les 5 sites de l'étude PACTES (Noack *et al.*, 2012) 50
Figure 26 : Érosion éolienne, envol sous l'influence du gradient de vitesse du vent et processus de transport des poussières (Roose, 1994) 53
Figure 27 : Illustration de l'influence du vent et de la taille des particules sur le transport des poussières (UNICEM 2011) 54
Figure 28 : Illustration de l'influence de la morphologie du site sur l'envol et le transport des poussières (UNICEM 2011) 54
Figure 29 : Moyennes mensuelles des précipitations (en mm) sur la période 2007-2015 56
Figure 30 : Moyennes mensuelles des précipitations (en °C) sur la période 2007-2015 56
Figure 31 : Principaux vents en Provence 57
Figure 32 : Rose de vents (station d'Aix les milles) sur la période 2007-2015 (répartition du nombre d'épisodes de vent en fonction de la direction (en degrés)) 57
Figure 33 : Vitesses moyennes et maximales des vents (station d'Aix les milles) sur la période 2007-2015 en fonction de la direction (en degrés) 58
Figure 34 : Roses de vents (station d'Aix les milles) saisonnières sur la période 2007-2015 (répartition du nombre d'épisodes de vent en fonction de la direction (en degrés)) 58
Figure 35 : Vitesses moyennes et maximales saisonnières des vents (station d'Aix les milles) sur la période 2007-2015 en fonction de la direction (en degrés) 59
Figure 36 : Suivi des poussières sédimentables sèches sur plaquettes et identification des principaux épisodes de dépôt (g/m²/j) 63
Figure 37 : Schéma synthétisant les flux potentiels de polluants au sein de la plante et dans son environnement (extrait de Denys, 2002) 66
Figure 38 : Cartographie de l'occupation du sol et des usages au voisinage du site de Mange-Garri 68
Figure 39 : Schéma conceptuel 80

Figure 40 : Localisation des points de prélèvements des sols de surface (24 échantillons) 83
Figure 41 : Localisation des points de prélèvements des sols des jardins potagers (7 échantillons) .86
Figure 42 : Localisation des points de prélèvements des sols des champs cultivés (8 échantillons) .87
Figure 43 : localisation des points de prélèvements des échantillons témoins de sols (16 échantillons).....89
Figure 44 : Localisation des points de prélèvements de poussières inhalables 92
Figure 45 : Illustration d'un Partisol Plus 2025 (source : ECOMESURE) 92
Figure 46 : Illustration d'un capteur e-PM (source : TERA Environnement).....96
Figure 47 : Illustration de plaquettes de dépôts de retombées atmosphériques sèches (site de Mange-Garri) 97
Figure 48 : Jauge de type Owen (extrait de la norme NF X 43-014) 100

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des documents analysés.....13
Tableau 2 : Phases minérales présentes dans la Bauxaline 15
Tableau 3 : Synthèse des teneurs en cations et anions de la Bauxaline 19
Tableau 4 : Synthèse des teneurs en composés organiques de la Bauxaline 22
Tableau 5 : Synthèse des teneurs en carbone organique total de la Bauxaline 23
Tableau 6 : Masses annuelles de Bauxaline et des autres déchets minéraux mis en stockage à Mange-Garri 24
Tableau 7 : Identification et masse (en tonnes) déchets minéraux autres que la Bauxaline mis en décharge à Mange-Garri en 2013 et 2014 (mail ALTEO du 25/05/2015) 25
Tableau 8 : Sources émettrices de particules dans l'air sur le site de stockage de Bauxaline à Mange-Garri 34
Tableau 9 : Bilan des flux d'émission en PM10 et PM 2,5 relatives aux sources d'émissions de poussières (ANTEA, 2015) 40
Tableau 10 : Identification et localisation des sources de particules situées autour du site de Mange-Garri 42
Tableau 11 : Classement des sous-secteurs d'activité les plus émetteurs de particules en France en 2012 (CITEPA).....44
Tableau 12 : Origine des particules (PM10 et PM 2,5) mesurées au droit de la station de mesure de Air Paca de Gardanne (AIR-PACA, Inventaire des émissions 2012 pour la commune de Gardanne) 45
Tableau 13 : Comparaison de la teneur en quelques éléments majeurs de la bauxite et de la Bauxaline 46
Tableau 14 : Paramètres météorologiques analysés 55
Tableau 15 : Comparaison des résultats de modélisation avec les mesures du suivi (ANTEA, 2013 et 2015).....59
Tableau 16 : Liste des stations de suivi des poussières sédimentables sèches avec localisation par rapport au site de Mange-Garri, moyenne des dépôts et nombre de relevés réalisés depuis le début des suivis.....61
Tableau 17 : Analyse des liens entre les épisodes de dépôt et les conditions météorologiques.....64
Tableau 18 : Distance de l'occurrence la plus proche de chaque usage des sols par rapport à la partie exploitée du stockage 69

Tableau 19 : Éléments traces et majeurs et composés organiques présentant un potentiel de danger pour la santé humaine connu présents dans la Bauxaline 74
Tableau 20 : Sources émettrices de particules dans l'air sur le site de stockage de Bauxaline à Mange-Garri 75
Tableau 21 : Synthèse des voies et récepteurs d'exposition 78
Tableau 22 : Principaux points d'exposition potentielle 79
Tableau 23 : Présentation des points de prélèvements de sols de surface....82
Tableau 24 : Description des points de prélèvements des sols de surface (24 échantillons) 85
Tableau 25 : Description des points de prélèvements des sols des jardins potagers (7 échantillons) 86
Tableau 26 : Description des points de prélèvements des sols des champs cultivés (8 échantillons) 88
Tableau 27 : Description des points de prélèvements des échantillons témoins de sols (16 échantillons) 90
Tableau 28 : Présentation des points de prélèvements de poussières inhalables 91
Tableau 29 : Présentation des points de prélèvements de retombées atmosphériques sèches....98
Tableau 30 : Avantages et inconvénients des prélèvements de retombées atmosphériques sèches sur plaquette (NF X 43-007) 99
Tableau 31 : Présentation des points de prélèvements de retombées atmosphériques totales 101
Tableau 32 : Avantages et inconvénients des prélèvements de retombées atmosphériques sèches sur jauge 102
Tableau 33 : Panel analytique recherché dans les matériaux sources et dans les sols de surface ..104
Tableau 34 : Éléments dont l'analyse dans les poussières a été écartée pour des raisons techniques....106
Tableau 36 : Paramètres, méthodes de minéralisation et d'analyse et limites de quantification pour les matériaux sources et les sols de surface 109
Tableau 37 : Paramètres, type d'attaque, méthodes analytiques et limites de quantification dans les filtres des PARTISOLS 111
Tableau 38 : Paramètres, type d'attaque, méthodes analytiques et limites de quantification sur les plaquettes DIEM 113
Tableau 39 : Paramètres, type d'attaque, méthodes analytiques et limites de quantification sur les jauges 114

Liste des annexes

Annexe 1 : Lettre de saisine du MEDDE/DGPR 115

Annexe 2 : Bibliographie.... 119

1. Contexte et objectifs

Par courrier du 07/05/2015, la Direction Générale de la Prévention de Risques (DGPR) du MEDDE a confié à l'ANSES, au BRGM, et à l'IRSN la mission de mener une « *évaluation indépendante du risque sanitaire actuel lié aux émissions de poussières [issues du site de stockage de Mange-Garri], sur la base de données disponibles ou à acquérir, ainsi que du risque sanitaire futur sur la base d'une analyse critique des études de l'exploitant* ».

Dans ce cadre, les tâches affectées au BRGM sont énoncées de la manière suivante :

- en premier lieu, il s'agit de « *procéder à une revue des données existantes en matière d'émissions de poussières et d'exposition des riverains à ces dernières, afin d'identifier les éventuelles lacunes et proposer un programme d'investigations permettant de les combler* » ;
- en second lieu, suite à « *point d'étape* » programmé avec les autres experts (ANSES et IRSN), il est demandé au BRGM la « *mise en œuvre d'une campagne de mesures » visant à « donner une meilleure appréciation de l'impact du site dû aux poussières* ».

Le présent rapport répond au premier point de la saisine.

En conséquence, le plan suivant est retenu :

- **une première partie** (section 3), présente les informations disponibles collectées et identifie d'éventuels manques de connaissance. Ce travail de collecte et analyse de données s'articule de la manière suivante : (1) informations relatives aux sources d'émission des poussières sur le site de Mange-Garri, (2) informations relatives aux phénomènes de transferts hors site des poussières émises et (3) informations relatives aux enjeux au voisinage du site ;
- **une seconde partie** (section 4) fait la synthèse des informations collectées et propose un schéma conceptuel d'exposition relatif à la problématique des émissions de poussières issues du site de stockage de Mange-Garri ;
- enfin des recommandations d'investigations de terrain sont effectuées dans **une troisième partie** (section 5).

Périmètre de l'étude :

La présente étude porte sur :

- les pollutions chimiques (les aspects radiologiques ne sont pas traités par le BRGM mais par l'IRSN) ;
- les impacts uniquement liés aux émissions de poussières issues du site de Mange-Garri. Les éventuels autres impacts du site, sur les eaux souterraines par exemple, ne sont pas traités dans le présent rapport ;
- les risques actuels : la collecte d'informations menée dans cette étude et les éventuelles propositions d'investigations visent à améliorer la connaissance des impacts, résultant des émissions de poussières actuelles ou passées du site de Mange-Garri, sur la qualité des milieux d'exposition des riverains. Ces données pourront être exploitées dans le cadre de l'analyse indépendante des risques sanitaires actuels dont l'ANSES est chargée. Ces données ne permettront en revanche pas de statuer sur les risques futurs.

2. Sources d'information consultées pour la présente étude

La présente étude s'appuie sur :

- une entrevue avec la DREAL Provence-Alpes-Côte d'Azur le 27/04/2015 ;
- une entrevue avec le directeur de l'usine ALTEO de Gardanne, Jean-Paul Leredde et le personnel d'ALTEO en charge de l'environnement le 28/04/2015 ;
- une visite approfondie du site de Mange-Garri en présence du personnel de l'usine ALTEO de Gardanne le 28/04/2015 ;
- un repérage du voisinage du site de Mange-Garri, les 27 et 28/04/2015 ;
- l'analyse des documents listés dans le Tableau 1.

Site internet AIR PACA – AIRES MÉDITERRANÉE : - AIR PACA : http://www.atmopaca.org/index.php - AIR PACA - inventaire des émissions 2012 pour la commune de Gardanne : http://www.aires-mediterranee.org/html/emiprox_frm.htm
ALTEO – Guillaumont C., Thibault P. et Thomas H. (2014) Descriptif du site de stockage de résidus minéraux de Mange-Garri, Commune de Bouc Bel Air, Janvier 2014. Annexe n°7 du Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter, Tome 2 : étude d'impact, SAFEGE Aix-en-Provence, 11MEN065, 19/05/2014.
ALTEO (2015) Présentation intitulée « Lutte contre les envolements de poussières, site de Mange-Garri » du 28/04/2015, transmise par ALTEO le 03/05/2015.
ALTEO (25/05/2015) Informations transmises par ALTEO à la DREAL par e-mail du 25/05/2015 : - Fichier Excel intitulé « BRGM-Tableau annuel Mise en Décharge 2013-2014 » fournissant la nature et le tonnage des déchets minéraux autres que la Bauxaline mis en décharge sur le site de Mange-Garri en 2013 et 2014 ; - Fichier Excel intitulé « BRGM- Données plaquettes MG 2007-2014 » récapitulant les résultats de la surveillance des poussières sédimentables sèches via un réseau de plaquettes de prélèvement situé au droit et à l'extérieur du site de Mange-Garri.
Site internet d'ALTEO : - ALTEO - Fiche Bauxaline : caractéristiques générales : http://alteo-alumina.com/sites/default/files/Ressources/ALTEO%20Bauxaline%20Caracteristiques%20generales_0.pdf - ALTEO - fiche de données de sécurité de la Bauxaline : http://www.alteo-environnement-gardanne.fr/IMG/pdf/msds_alteo_Bauxaline_reach_fr_20130913.pdf - Etudes dont les résultats sont synthétisés sur le site internet d'ALTEO : données d'analyses de la Bauxaline (Analytika, Hexagones, transmises par Altéo à la DREAL et Insa Lyon) : http://www.alteo-environnement-gardanne.fr/-Info-ou-Intox-
Analytika (2014) Dosage ICP/MS des métaux lourds et dépistage GC/MS systématique des micro-contaminants organiques éventuellement présents dans un échantillon de boues de rejet. Rapport d'analyse 140924_BAUX du 02/12/2014.
ANTEA (2013) Evaluation des risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques du site de Mangegarri, Rapport ANTEA A72432/A de décembre 2013.
ANTEA (2015) Evaluation des risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques du site de Mangegarri (13), Rapport ANTEA A72432/B d'avril 2015.

BURGEAP (2011) Gardanne (13) : évaluation des risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques du site. Rapport BURGEAP RACISE00067-c / A18687 / CACISE110099 du 21/06/2011.
BURGEAP (2013) Gardanne (13) : évaluation des émissions diffuses du site de Gardanne et du centre de stockage de résidus minéraux de Mange-Garri, Rapport BURGEAP RACISE00938-04 de septembre 2014.
BURGEAP (2014) Gardanne (13) : compléments d'information suite au rapport d'étude des poussières diffuses du site, Rapport BURGEAP RACISE01653-01 du 09/10/2014.
BRGM – Hau J.M., Brunet J.F. et Haas H. (1997) Pechiney – étude de la stabilité chimique des boues rouges Xi et Xj, rapport BRGM N2566.
BRGM (2013) Evaluation d'un sujet métaux rares en vue d'une collaboration de recherche, analyses de bauxite et Bauxaline (2 échantillons). Courrier du BRGM à ALTEO du 19/02/2013 référencé EPI/DMP – FB/MNR n°2013-131.
INERIS (2012) Classement en dangerosité de la Bauxaline®. Rapport d'étude INERIS DRC-12-125645-11177A du 15/10/2012.
Leoni C. (2012) Analyse des dépôts des particules atmosphériques sur les feuilles d'arbre. CEREGE, présentation du projet du 28/06/2012.
Météo France : données météorologiques (Hauteur de précipitations, Température moyenne sous abri (24 observations), Vitesse du vent instantané maximal et direction du vent instantané maximal (à 10 mètres)) issues de la station d'Aix les Milles sur la période allant du 01/01/2007 au 31/05/2015.
Noack Y., Robert S., Bley D., Lozano P., Gille G. and Capezza S. (2012) Étude et évaluation multidisciplinaire de la pollution atmosphérique particulaire en milieu périurbain : le projet PACTES-BMP. Méthodologie et premiers résultats. Les Observatoires Hommes-Milieux, vol. 33(2012), pp. 77-88.
Noack Y. (2014) Mangebaux : Le stockage des boues rouges déshydratées sur le site de Mangegarri (commune de Bouc Bal Air) : quel impact sur la pollution atmosphérique particulaire ? Séminaire annuel de l'OHM-BMP, présentation du 03/07/2014, Meyreuil.

Tableau 1 : Liste des documents analysés.

3. Collecte des informations disponibles et identification des éventuels manques de connaissance

Les données collectées portent sur :

- la caractérisation des sources d'émission des poussières sur le site de Mange-Garri ;
- les phénomènes de transferts hors site des poussières émises ;
- l'identification des enjeux au voisinage du site.

3.1. CARACTÉRISATION DES SOURCES : QUANTIFICATION ET ANALYSES CHIMIQUES DES POUSSIÈRES ISSUES DU SITE DE MANGE-GARRI

3.1.1 Caractéristiques des matériaux stockés sur le site de Mange-Garri

a) La Bauxaline

La Bauxaline est un résidu de production de l'alumine par le procédé Bayer. Le procédé Bayer mis en œuvre à l'usine ALTEO de Gardanne consiste à :

- attaquer un minerai de bauxite par une liqueur concentrée en soude à haute température, en présence de chaux et ainsi mettre en solution l'alumine sous forme d'$Al(OH)_4^-$;
- effectuer une séparation solide/liquide permettant de récupérer d'une part la liqueur enrichie en aluminium dissout ($Al(OH)_4^-$) et d'autre part les résidus d'attaque solides, lesquels sont ensuite lavés à l'eau et séchés au filtre presse ;
- refroidir cette liqueur en présence d'amorces pour faire cristalliser l'aluminium solubilisé par l'attaque sous forme d'$Al(OH)_3$;
- laver et calciner les particules d'$Al(OH)_3$ pour obtenir de l'Alumine (Al_2O_3).

Le minerai de bauxite utilisé à Gardanne est importé de Guinée.

Les bassins n° 5 et n° 6 du site de stockage de Mange-Garri, actuellement exploités, sont dédiés au stockage des résidus d'attaque de la bauxite par ce procédé, après lavage à l'eau et séchage au filtre presse. L'exploitant désigne ces matériaux par le terme de Bauxaline.

b) Données collectées relatives à la Bauxaline

Composition minéralogique : Les phases minérales représentées dans la Bauxaline sont présentées dans le tableau suivant (ALTEO - Fiche Bauxaline : caractéristiques générales ; Noack, 2014) mais aucune donnée quantitative sur les proportions relatives de ces phases n'a été identifiée dans les documents consultés.

Hématite	Fe_2O_3
Goethite	FeOOH
Rutile	TiO_2
Pérovskite	$CaTiO_3$
Quartz	SiO_2
Gibbsite	$Al(OH)_3$
Boehmite	AlOOH
Portlandite	$Ca(OH)_2$
Calcite	$CaCO_3$
Cancrinite	$NaAlSiO_4.H_2O$

Tableau 2 : Phases minérales présentes dans la Bauxaline.

Le minerai de bauxite actuellement utilisé par l'usine de Gardanne comporterait également de l'anatase, qui pourrait se retrouver dans la Bauxaline.

Granulométrie : La Bauxaline est un matériau fin. Les informations quantitatives relatives à sa granulométrie disponibles dans les documents consultés sont les suivantes :

- « 50 % des particules ont un diamètre < 5 µm » (ALTEO, 2014) ;
- une analyse granulométrique, établie par tamisage pour les particules supérieures à 80 µm et par diffraction laser pour les particules plus fines (cf. Figure 1 ; ALTEO - Fiche Bauxaline : caractéristiques générales), révèle :
  - une distribution tri-modale : un mode centré à 0,4 µm ; un mode à 5 µm et un mode à 150 µm,
  - une distribution globale fine, telle que 76 % des particules présentent un diamètre inférieur à 10 µm, 67 % inférieur à 5 µm et environ 55 % inférieur à 2,5 µm.

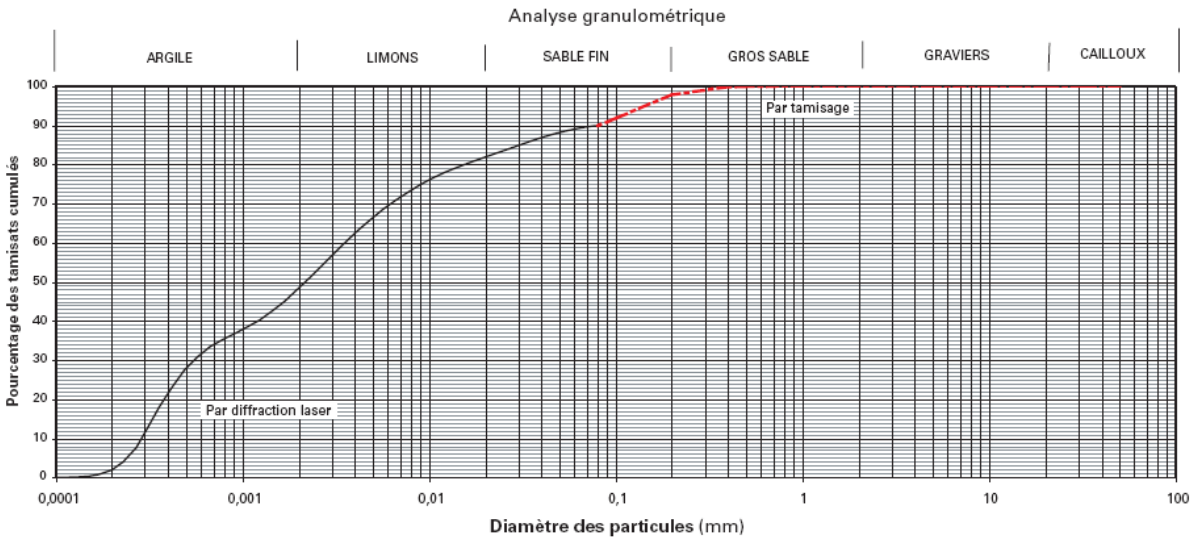


Figure 1 : distribution granulométriques des particules de la Bauxaline

Composition en majeurs et traces :

- **Sources d'information :**

Données générales : Deux documents fournissent des teneurs en cations majeurs :

- ALTEO - Fiche Bauxaline : caractéristiques générales : http://alteo-alumina.com/sites/default/files/Ressources/ALTEO%20Bauxaline%20Caracteristiques%20generales_0.pdf
- fiche de données de sécurité de la Bauxaline : http://www.alteo-environnement-gardanne.fr/IMG/pdf/msds_alteo_Bauxaline_reach_fr_20130913.pdf

Les protocoles de la (ou des) campagne(s) d'échantillonnage et d'analyses qui soutiennent les informations fournies dans ces deux documents ne sont pas présentés. Aussi il est impossible d'évaluer la représentativité des données vis-à-vis des matériaux exposés en au vent en surface des bassins et actuellement manipulés sur le site de Mange-Garri.

> Remarque : ALTEO réalise également un suivi journaliser de la qualité de la Bauxaline issue des filtres presses, pour les cations majeurs (Cr_2O_3, K_2O, MnO, P_2O_5, V_2O_3, ZnO, ZrO_2 et MgO). Ces données n'ont pas été collectées et analysées.

ANTEA (2015) : Les conditions d'échantillonnage sont documentées. Elles sont pertinentes par rapport aux problématiques d'envol de poussières : l'échantillon analysé est un échantillon de résidu de bauxite (Bauxaline) prélevé le 30/01/2015, composite de 9 prises élémentaires prélevées entre 0 et 5 cm et réparties sur les bassins n° 5 et n° 6. Le délai entre échantillonnage et réception par le laboratoire d'analyse est de 4 jours, l'échantillon réceptionné par le laboratoire étant réfrigéré (5,5 °C). La mise en solution des éléments a été réalisée à l'eau régale ; il s'agit donc d'une minéralisation partielle, avant analyse des éléments majeurs et traces.

BRGM (1997) : En 1997, le BRGM a réalisé une étude de la stabilité chimique des boues rouges pour le compte d'ANTEA (Hau *et al.,* 1997). Cette étude comporte des analyses des cations majeurs et traces sur brut, après mise en solution par frittage en milieu Na_2O_2. La mise en solution de l'échantillon est donc totale. La lecture de ce rapport ne clarifie pas explicitement la nature des échantillons ayant fait l'objet de ces analyses. En effet, les échantillons ont été remis au BRGM pour analyses et aucune information sur l'échantillonnage des matériaux n'est présentée dans le rapport. Sont mentionnés des échantillons de « boues rouges » et des échantillons de « mélange d'une part de boues rouges issues du traitement de la bauxite et d'autre part de cendres issues d'une centrale thermique ». La correspondance entre les références des échantillons analysés et cette typologie d'échantillons n'est pas présentée dans le rapport. Néanmoins l'échantillon Xi4 pourrait correspondre aux boues rouges.

BRGM (2013) : Le BRGM a réalisé pour le compte d'ALTEO des analyses sur un échantillon de Bauxaline afin d'étudier ses potentialité en termes de source de métaux rares. L'échantillon analysé est un échantillon de Bauxaline fourni par ALTEO au BRGM issu d'un « *stock commercial* » existant en 2012. Aucune information sur l'échantillonnage des matériaux n'est donc présentée. Les techniques de minéralisation employées sont, selon les éléments, la fusion alcaline ou une attaque quadri-acides ; il s'agit de méthodes de dissolution totale. Ont été analysés les éléments majeurs et les éléments traces (spectre très large), notamment les métaux traces critiques et stratégiques et les terres rares.

Analytika (2014) : Cette étude présente les résultats de la recherche de micro-contaminants inorganiques (éléments traces principalement) et organiques dans un échantillon prélevé sur le côté est du bassin n°7. La date et le mode d'échantillonnage ne sont pas précisés, de même que la date et les conditions de mise en analyse (imprécisions sur les méthodes de préparation et d'analyses employées). Les résultats d'analyses ont été produits le 02/12/2014. Les analyses des éléments traces sont réalisées après attaque tri-acides (HNO_3, HCl et HF), sauf pour le mercure (volatil) qui a été mis en solution par HNO_3 et HCl. Il n'est pas précisé si l'attaque tri-acides est effectuée en milieu ouvert ou fermé (pertes par volatilisation). L'incertitude à 2s associée aux résultats d'analyses, définie comme « *l'intervalle ou se trouve la valeur vraie avec un taux de confiance de 95 %* », est importante pour certains paramètres, notamment le Cr (66 %), l'Al (47 %) et le Pb (67 %).

Études dont les résultats sont synthétisés sur le site internet d'ALTEO : Les résultats d'analyses de quelques éléments majeurs et traces effectuées dans le cadre de 3 études (étude Hexagones, données transmises à la DREAL par ALTEO en 2013 et étude INSA PROVADEMSE pour ALTEO) ont été mis en ligne par ALTEO sur son site internet. Seuls les tableaux de résultats synthétiques sont disponibles. Les méthodes d'échantillonnage, de minéralisation et d'analyse ne sont pas précisées. Ainsi la représentativité des résultats ne peut pas être évaluée.

Données transmises à l'INERIS par ALTEO : Le rapport INERIS (2012) synthétise dans des tableaux des résultats d'analyse de la Bauxaline. Ces données analytiques ont été transmises par ALTEO à l'INERIS pour intégration dans leur étude. De ce fait, le rapport INERIS ne fournit pas d'information sur le mode d'échantillonnage, les dates d'échantillonnage et/ou de mise en analyse, ni les conditions de conservation de l'échantillon. Ainsi la représentativité des résultats ne peut pas être évaluée. Quatre échantillons ont fait l'objet d'analyses des éléments traces (référence des échantillons datée à 2012) et un a fait l'objet d'analyses des composés organiques (échantillon prélevé le 13/04/2011). Pour les inorganiques, les techniques de minéralisation employées ne sont pas clairement explicitées.

- **Résultats :**

Éléments majeurs et traces :

Les résultats disponibles sont relativement abondants (14 données disponibles résultant de l'analyse de 13 échantillons). Le Tableau 3 présente les données disponibles et permet d'établir les ordres de grandeur des teneurs de chaque élément dans la Bauxaline. Ces teneurs sont cependant caractérisés par un étalement des valeurs mesurées parfois important. A titre d'exemple, la teneur en Al s'étale de 37 000 à 85 000 mg/kg, la teneur en Fe de 146 000 à 371 000 mg/kg, la teneur en Na de 11 000 à 37 000 mg/kg, la teneur en Pb de 18 à 280 mg/kg, la teneur en Si de 180[1] à 37 000 mg/kg, la teneur en Ti de 4 500 à 89 000 mg/kg, la teneur en U de 8 à 177 mg/kg.

Au-delà du constat de cet étalement, la documentation associée aux teneurs disponibles est insuffisante pour en comprendre la variabilité. Plusieurs facteurs pourraient contribuer à expliquer cet étalement des teneurs :

- la variabilité réelle de la composition des résidus en sortie de filtre presse, laquelle dépend de :
  - la variabilité des teneurs dans le minerai de bauxite utilisé,
  - des évolutions du procédé mis en œuvre dans le procédé de l'usine de Gardanne,
  - de la composition des réactifs/adjuvants/floculants utilisés ;
- la variabilité induite par une mauvaise connaissance de la réalité (non connaissance des matériaux échantillonnés, biais d'échantillonnage et d'analyse inconnus, etc.). Cette variabilité peut résulter :
  - des modalités d'échantillonnage mises en œuvre, qui ne sont réellement documentées que pour 1 résultat sur les 14 collectés :
    - l'origine de l'échantillon analysé : matériau mis en couche sur le site de Mange-Garri ou matériau en sortie de filtre presse,
    - la technique d'échantillonnage employée : ponctuelle ou composite ;
  - des méthodes de minéralisation avant analyse : sur les 14 résultats d'analyses collectés, les techniques de minéralisation ne sont précisées que pour 5 d'entre eux. Elles peuvent selon les méthodes employées conduire à :
    - une mise en solution partielle ou totale de l'échantillon,
    - des pertes ou non d'éléments par volatilisation,

    et expliquer certains écarts de teneurs.

[1] Un résultat anormal est obtenu dans l'étude ANTEA (2015) pour le Si (teneur mesurée de 180 mg/kg, contre des teneurs attendues de l'ordre de 20 000 à 30 000 mg/kg). Une hypothèse explicative de ce résultat pourrait être la présence de quartz, peu mis en solution par attaque à l'eau régale, dans la Bauxaline.

Référence		ALTEO - Fiche Bauxaline : caractéristiques générales	Wessling pour ANTEA (2015)	BRGM pour ALTEO (2013)		Fiche de données de sécurité de la Bauxaline	Etude Analytika	Etude Hexagones	Données transmises à la DREAL par ALTEO en 2013	INSA PROVADEMSE pour ALTEO	BRGM (1997)	Données transmises par ALTEO à l'INERIS			
Source consultée		site internet d'Altéo	ANTEA (2015)	BRGM (2013)		site internet d'Altéo	Analytika (2014)	site internet d'Altéo	site internet d'Altéo	site internet d'Altéo	BRGM (1997)	INERIS (2012)			
Méthode de minéralisation		Inconnue	Eau régale (HNO3 et HCl)	Fusion alcaline	Attaque par 4 acides	Inconnue	- HNO3, HCl et HF pour tous les éléments sauf Hg - HNO3 et HCl pour Hg	Inconnue	Inconnue	Inconnue	Frittage en milieu Na2O2	Eau régale ou fusion alcaline. Pas clair.	Eau régale ou fusion alcaline. Pas clair.	Inconnue	Inconnue
Cations majeurs et traces															
Aluminium (Al)	mg/kg MS	*74 097*	50 000	*65 364*		*52 926 à 84 682*	37 285	45 816	70 167	60 200	*64 041*				
Argent (Ag)	mg/kg MS		0,8		0,8						< 0,2				
Arsenic (As)	mg/kg MS		12		40,7		14,6		1,87	<2	44	14	16	21,1	22
Baryum (Ba)	mg/kg MS		63	*90*	75,9						71	52	44,4	53,9	50,8
Béryllium (Be)	mg/kg MS		<5		0,74						< 2				
Bismuth (Bi)	mg/kg MS				1,64						< 10				
Bore (B)	mg/kg MS		<50								230				
Cadmium (Cd)	mg/kg MS		<0,5		0,8		<0,5	13	<0,125	<0,6	5	<2	<2	2,39	2,32
Calcium (Ca)	mg/kg MS	*39 314*		*38 170*		*21 444 à 57 184*		20 817		32 000	*177 269*				
Cérium (Ce)	mg/kg MS			224							82				
Césium (Cs)	mg/kg MS			0,31											
Chrome (Cr) total	mg/kg MS		1 600	*2 121*			976,9	1 372	1 795	1 784	1 471	1 280	1 690	1 790	1 790
Chrome (III)	mg/kg MS		1 600												
Chrome (VI)	mg/kg MS		<5												
Cobalt (Co)	mg/kg MS		7		2		2,45			33,6	< 5				
Cuivre (Cu)	mg/kg MS		32		40			85	39	96,4	< 5	46	24,6	21,2	20,6
Dysprosium (Dy)	mg/kg MS			20,9											
Erbium (Er)	mg/kg MS			13,55											
Europium (Eu)	mg/kg MS			2,85											
Fer (Fe)	mg/kg MS	*349 713*	210 000	*341 320*		*314 742 à 370 696*		183 710	272 458	335 036	*146 180*				
Gallium (Ga)	mg/kg MS			77,9											
Gadolinium (Gd)	mg/kg MS			14,9											
Germanium (Ge)	mg/kg MS			<5											
Mercure (Hg)	mg/kg MS		<0,1		0,073		<1,5		<0,125	<1,4		<0,3	<0,3	0,14	0,15
Indium (In)	mg/kg MS				0,811										
Potassium (K)	mg/kg MS			*498*											
Lithium (Li)	mg/kg MS		8,3		10						< 10				
Hafnium (Hf)	mg/kg MS			64,2											
Holmium (Ho)	mg/kg MS			4,57											
Lanthane (La)	mg/kg MS			112							111				
Lutécium (Lu)	mg/kg MS			2,2											
Manganèse (Mn)	mg/kg MS		270	*465*					414	412	*310*				
Magnésium (Mg)	mg/kg MS			*844*				440		694					
Molybdène (Mo)	mg/kg MS		<10		5						<5	<10	<10	4,7	4,89
Niobium (Nb)	mg/kg MS			163							191				
Néodyme (Nd)	mg/kg MS			74,5											
Nickel (Ni)	mg/kg MS		26		2		10,64	32	<25	36,4	14	36,4	22,5	7	6,33

Référence		ALTEO - Fiche Bauxaline : caractéristiques générales	Wessling pour ANTEA (2015)	BRGM pour ALTEO (2013)		Fiche de données de sécurité de la Bauxaline	Etude Analytika	Etude Hexagones	Données transmises à la DREAL par ALTEO en 2013	INSA PROVADEMSE pour ALTEO	BRGM (1997)	Données transmises par ALTEO à l'INERIS			
Phosphore (P)	mg/kg MS			*2 095*							*1 417*				
Plomb (Pb)	mg/kg MS		66		94		37,4	280	73	79,8	86	19,7	18,2	68,1	62,9
Praséodyme (Pr)	mg/kg MS			20											
Rubidium (Rb)	mg/kg MS			2,3											
Antimoine (Sb)	mg/kg MS		<10		4,14						< 10	<20	<20	20,7	21,6
Scandium (Sc)	mg/kg MS				62										
Sélénium (Se)	mg/kg MS		<5		2,3							<2	<2	<10,1	<10
Silicium (Si)	mg/kg MS	*28 053*	180	*26 651*		*23 378 à 37 404*					*25 715*				
Samarium (Sm)	mg/kg MS			13,6											
Etain (Sn)	mg/kg MS		13	21							39				
Sodium (Na)	mg/kg MS	*25 965*	31 000	*24 185*		*22 256 à 37 093*		11 707		23 000					
Strontium (Sr)	mg/kg MS			137							123				
Tantale (Ta)	mg/kg MS			10,7											
Terbium (Tb)	mg/kg MS			2,9											
Tellurium (Te)	mg/kg MS		<5		0,41										
Thallium (Tl)	mg/kg MS		<0,2												
Thorium (Th)	mg/kg MS			105				304		102					
Titane (Ti)	mg/kg MS	*68 942*	22 000	*56 653*		*53 955 à 89 925*	29 954	9 015		4 480	*57 312*				
Thulium (Tm)	mg/kg MS			2,05											
Uranium (U)	mg/kg MS		8,3	15,4				177							
Vanadium (V)	mg/kg MS		1 300	1 490			744			1 064	895	801	939	925	1 210
Tungstène (W)	mg/kg MS			10							< 10				
Yttrium (Y)	mg/kg MS			125,5							117				
Ytterbium (Yb)	mg/kg MS			14,2											
Zinc (Zn)	mg/kg MS		27		68		<20	134	83	108	30	57,9	51,5	28,1	23
Zirconium (Zr)	mg/kg MS			2 220				287			1 833				
Anions															
Chlorures	mg/kg MS		440												
Chlore	mg/kg MS											179	458	679	1 324
Fluorures	mg/kg MS		270												
Fluor	mg/kg MS											51	245	67	74
Sulfates	mg/kg MS		1 700												
S	mg/kg MS			500								379	433	653	662
Sur fond bleu : quantifié															
Sur fond gris : quantifié et converti de teneur de l'oxyde à teneur de l'élément															

Tableau 3 : Synthèse des teneurs en cations et anions de la Bauxaline.

Composés organiques :

Les résultats disponibles, issus de l'analyse de trois échantillons (ANTEA, 2015 ; Analytika, 2014 ; INERIS, 2012), ne sont pas concordants.

Alors que l'étude Analytika indique qu'aucun micro-contaminant organique n'a été détecté (LD=1 ppm) par GC/MS et DTD-GC/MS, les deux autres études mettent en évidence la présence de composés organiques, à des teneurs qui ne sont cependant pas similaires (cf. Tableau 4) :

- présence d'hydrocarbures en C10-C40 (1 100 mg/kg), de HAP (57 mg/kg pour la somme des 16 HAP de l'US-EPA) et de PCB (5,9 mg/kg pour la somme des 7 congénères) sur un échantillon composite prélevé dans les bassins n° 5 et n° 6, les COV, composés du phénol et dioxines et furanes n'étant pas quantifiés (ANTEA, 2015) ;
- traces d'hydrocarbures en C10-C40 (77 mg/kg), les PCB, COV et HAP également recherchés n'étant pas quantifiés (INERIS, 2012).

L'origine de ces composés organiques n'est pas connue. Leur présence dans la Bauxaline pourrait résulter des procédés mis en œuvre dans l'usine de Gardanne, lesquels comportent l'ajout notamment de floculants, de tensio actifs et possiblement d'autres adjuvants organiques.

Les écarts de teneurs constatés peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs :

- la nature des matériaux échantillonnés : la fonction du bassin n° 7 (cf. visite du site 28/04/2015), où l'échantillon de l'étude Analytika a été prélevé, n'est pas analogue à la fonction des bassins n° 5 et n° 6. Si les bassins n° 5 et n° 6 sont dédiés au stockage de la Bauxaline, la fonction du bassin n°7 est de servir de bassin d'orage et de bassin de secours (cf. section 3.1.2-a). Ces éléments pourraient, entre autres, expliquer les écarts constatés entre les résultats des analyses de la Bauxaline et les résultats obtenus dans le cadre de l'étude Analytika ;
- au-delà de cette première explication, et puisque les résultats relatifs aux deux échantillons de Bauxaline (INERIS en ANTEA) sont également contrastés, plusieurs autres hypothèses peuvent contribuer à l'explication des écarts :

  - la variabilité réelle de la composition des résidus en sortie de de filtre presse,
  - l'année d'échantillonnage : l'échantillon dont les résultats d'analyse sont présentés par l'INERIS a été échantillonné en 2011 et l'échantillon de l'étude ANTEA a été échantillonné en 2015. Si les pratiques d'ajout de floculants ou autres adjuvants dans le procédé de l'usine ont évolué au fil du temps, les teneurs des composés organiques dans la Bauxaline ont pu évoluer de la même manière,
  - les modalités d'échantillonnage, qui ne sont pas documentées pour l'échantillon dont les résultats d'analyses sont présentés dans le rapport INERIS (2012) :

    - l'origine de l'échantillon analysé : matériau mis en couche sue le site de Mange-Garri ou matériau en sortie de filtre presse ;
    - la technique d'échantillonnage employée : ponctuelle ou composite ;
    - les modalités de conservation (température et durée) des échantillons avant analyse.

Référence		Wessling pour ANTEA (2015)	Données transmises par ALTEO à l'INERIS
Source consultée		ANTEA (2015)	INERIS (2012)
Hydrocarbures			
Hydrocarbures C10-C40	mg/kg MS	1 100	77,2
Hydrocarbures >C10-C12	mg/kg MS	<20	
Hydrocarbures >C12-C16	mg/kg MS	68	
Hydrocarbures >C16-C21	mg/kg MS	280	
Hydrocarbures >C21-C35	mg/kg MS	680	
Hydrocarbures >C35-C40	mg/kg MS	59	
Hydrocarbures >C10-C16	mg/kg MS		13,1
Hydrocarbures >C16-C22	mg/kg MS		11,1
Hydrocarbures >C22-C30	mg/kg MS		29,2
Hydrocarbures >C30-C40	mg/kg MS		23,8
Polychlorobiphényles (PCB)			
PCB n° 28	mg/kg MS	<0,05	<0,01
PCB n° 52	mg/kg MS	0,28	<0,01
PCB n° 101	mg/kg MS	0,78	<0,01
PCB n° 118	mg/kg MS	0,48	<0,01
PCB n° 138	mg/kg MS	1,6	<0,01
PCB n° 153	mg/kg MS	1,6	<0,01
PCB n° 180	mg/kg MS	1,1	<0,01
Somme des 7 PCB	mg/kg MS	5,9	<0,07
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)			
Naphthalène	mg/kg MS	<0,5	<0,05
Acénaphtylène	mg/kg MS	<0,5	<0,05
Acénaphtène	mg/kg MS	<0,5	<0,05
Fluorène	mg/kg MS	<0,5	<0,05
Phénanthrène	mg/kg MS	3,2	<0,05
Anthracène	mg/kg MS	1	<0,05
Fluoranthène	mg/kg MS	5,6	<0,05
Pyrène	mg/kg MS	5	<0,05
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	6	<0,05
Chrysène	mg/kg MS	7,5	<0,05
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	11	<0,05
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	4,4	<0,05
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	5,9	<0,05
Dibenzo(ah)anthracène	mg/kg MS	<1,1	<0,05
Indéno(123-cd)pyrène	mg/kg MS	3,8	<0,05
Benzo(ghi)pérylène	mg/kg MS	3,6	<0,05
Somme des HAP	mg/kg MS	57	<0,8
Composés aromatiques volatils			
Benzène	mg/kg MS	<0,1	<0,05
Toluène	mg/kg MS	<0,1	<0,05
Ethylbenzène	mg/kg MS	<0,1	<0,05

Référence		Wessling pour ANTEA (2015)	Données transmises par ALTEO à l'INERIS
Source consultée		ANTEA (2015)	INERIS (2012)
m-, p-Xylène	mg/kg MS	<0,1	<0,05
o-Xylène	mg/kg MS	<0,1	<0,05
Cumène	mg/kg MS	<0,1	n.a.
m-, p-Ethyltoluène	mg/kg MS	<0,1	n.a.
Mésitylène	mg/kg MS	<0,1	n.a.
o-Ethyltoluène	mg/kg MS	<0,1	n.a.
Pseudocumène	mg/kg MS	<0,1	n.a.
Dioxines et furanes[2]			
PCDD et PCDF	ng/kg MS	Tous les PCDD et PCDF recherchés sont < LQ	n.a.
I-TEQ (OTAN CCMS) - LQ exclues	ng/kg MS	-	
I-TEQ (OTAN CCMS) - demi-LQ incluses	ng/kg MS	3	
I-TEQ (OTAN CCMS) - LQ incluses	ng/kg MS	6	
TEQ (OMS 2005) - LQ exclues	ng/kg MS	-	
TEQ (OMS 2005) - demi-LQ incluses	ng/kg MS	3,22	
TEQ (OMS 2005) - LQ incluses	ng/kg MS	3,44	
Composés du phénol			
Indice phénol après distillation	mg/kg MS	<0,7	n.a.
4-tert.-octylphénol	mg/kg MS	<0,1	n.a.
4-nonylphénol-monoéthoxylate	mg/kg MS	<0,1	n.a.
4-nonylphénol-diéthoxylate	mg/kg MS	<0,1	n.a.
4-n-nonylphénol	mg/kg MS	<0,1	n.a.
4-tert.-octylphénol-monoéthoxylate	mg/kg MS	<0,1	n.a.
4-tert.-octylphénol-diéthoxylate	mg/kg MS	<0,1	n.a.
4-nonylphénol	mg/kg MS	<0,1	n.a.

n.a. : non analysé

Tableau 4 : Synthèse des teneurs en composés organiques de la Bauxalin.

Carbone organique total :

Le Tableau 5 présente les données de teneurs en carbone organique total (COT) dans la Bauxaline collectées.

[2] PCDD : Poly Chloro Dibenzo Dioxines.
PCDF : Poly Chloro Dibenzo Furanes.
TEQ : Equivalent toxique du mélange de dioxines et furanes, calculé au moyen des facteurs d'équivalence proposés par l'OTAN CCMS et par l'OMS.
LQ : limite e quantification.

Référence		Wessling pour ANTEA (2015)	Données transmises par ALTEO à l'INERIS				
Source		ANTEA (2015)	INERIS (2012)				
Matière organique							
COT	mg/kg MS	3 300	< 3000	< 3000	2 740	2 990	3 230

Tableau 5 : Synthèse des teneurs en carbone organique total de la Bauxaline.

Teneur en eau :

En sortie de filtre presse, le résidu séché présente une cessité de 72 %, soit une humidité de 28 % (ALTEO, 2014). Les données d'analyse collectées, bien que les conditions d'échantillonnage et de conservation ne soient pas maitrisées, confirment cet ordre de grandeur (variation entre 21 et 31 %).

pH :

Le pH moyen mesuré sur lixiviat selon la norme NF EN 16192 propre aux déchets est de 11,5 (INERIS, 2012). Le caractère basique de la Bauxaline s'explique par le procédé mis en œuvre dans l'usine, comportant une attaque à la soude. Malgré le lavage des résidus avant séchage au filtre presse, la Bauxaline présente des « traces de soude » résiduelles (ALTEO, 2014).

- **Conclusion :**

Les éléments collectés font apparaitre que :

- la disponibilité des résultats de 14 analyses des inorganiques (traces et/ou majeurs) effectuées sur 13 échantillons de Bauxaline, mais un étalement des teneurs mesurées relativement important pour certains paramètres ;
- la rareté et la non-concordance des données d'analyses des composés organiques dans la Bauxaline (3 échantillons analysés).

c) Les autres matériaux

En plus de la Bauxaline, le site de Mange-Garri est également autorisé à stocker des résidus minéraux non dangereux non inertes provenant de l'usine de fabrication d'alumine (Arrêté Préfectoral du 16/11/2012).

Le Tableau 6 ci-dessous présente la masse annuelle de Bauxaline et des autres déchets minéraux stockés à Mange-Garri. Entre 2007 et 2011, les autres déchets minéraux représentaient un pourcentage variable de la masse totale des matériaux mis en stockage. Par la suite, progressivement, la masse de Bauxaline mise en stockage croit et la masse des autres déchets minéraux décroit (notamment du fait de l'amélioration du recyclage), de sorte que le pourcentage massique des autres déchets minéraux mis en stockage est estimé à 8 % en 2013 et pourrait avoir été encore inférieur en 2014.

Année	Tonnage de Bauxaline mis en stockage à Mange-Garri (tonnes)	Tonnage des autres déchets minéraux mis en stockage à Mange-Garri (tonnes)	Pourcentage que représente la masse des autres déchets minéraux par rapport à la masse l'ensemble des matériaux mis en stockage
2007	146 003	27 021	16%
2008	74 025	28 776	28%
2009	3 704	9 723	72%
2010	6 279	18 103	74%
2011	58 157	18 902	25%
2012	127 367	18 442	13%
2013	167 582	14 664	8%
2014	ND	10 850	ND
2007-2014	583 117	146 481	20%

Tableau 6 : Masses annuelles de Bauxaline et des autres déchets minéraux mis en stockage à Mange-Garri.

Remarques :

- les données 2007 à 2013 sont issues de ALTEO (2014).
- en 2014 :
  - le tonnage des autres déchets minéraux mis en stockage a été fourni par ALTEO à la DREAL par mail du 25/05/2015,
  - le tonnage de Bauxaline mise en dépôt cette année n'a pas été précisé. Il pourrait être estimé par le tonnage annuel issu des filtres presses FP1 (78 000 t/an) et FP2 (217 248 t/an) et faisant l'objet d'opérations de chargement/déchargement sur le site de Mange-Garri mentionné par ANTEA (2015). Cependant cette hypothèse, qui néglige toute valorisation de la Bauxaline, pourrait majorer la masse mise en dépôt.

Ces déchets minéraux sont constitués (ALTEO, 2014 ; entrevue avec ALTEO du 28/04/2015 ; Arrêté Préfectoral du 16/11/2012) :

- d'alumine déclassée ;
- des résidus minéraux de nettoyage d'équipements de procédés de l'usine de Gardanne (par exemple : boues de fond de décanteurs-laveurs, croûtes de parois de décanteurs-laveurs, tartres des faisceaux d'autoclave, tartres de tuyauterie) ;
- de produits divers tels que : chaux, cendres, sables, briques, etc.

De plus, ALTEO a transmis à la DREAL le détail des déchets minéraux autres que la Bauxaline mis en décharge sur le site de Mange-Garri en 2013 et 2014 (mail du 25/05/2015 ; Tableau 7).

Type de déchet	2013	2014
Boue/Croûte (Attaque, Broyage, Tamis, Kelly, Caniveau/Puisard, Côté Rouge)	2 126	1 015
Boues de fond de décanteur/laveur	3 159	1 747
Sable, Déchets, UOB, Puisard, Bac UOBC *	2 333	1 075
Chaux	865	432
Sables très basse teneur en soufre (TBTS)	6 349	6 541
Alumine humide (hydrate)	1 156	17
Briques	0	23
Total	15 988 **	10 850

* : la nature exacte de ces matériaux n'a pas été identifiée
** : l'origine de l'écart entre cette valeur et le tonnage total pour 2013 fourni dans ALTEO (2014) n'est pas déterminée

Tableau 7 : Identification et masse (en tonnes) déchets minéraux autres que la Bauxaline mis en décharge à Mage Garri en 2013 et 2014 (mail ALTEO du 25/05/2015).

Aucune donnée analytique caractérisant ces déchets minéraux autres que la Bauxaline n'a été mise à disposition dans le cadre de la présente étude.

Ces déchets minéraux autres que la Bauxaline sont apportés sur le site de Mange-Garri par camions.

L'arrêté Préfectoral du 16/11/2012 prévoit qu'ils soient stockés dans deux casiers spécifiques, de 30 000 et 25 000 m^3, aménagés sur la partie est du bassin n° 5, délimités par des digues de Bauxaline (Article 7.3.7.4). À l'heure actuelle, l'exploitant bénéficie d'une tolérance vis-à-vis de ces prescriptions. En effet, les déchets minéraux (matériaux blancs sur la photo ci-dessous) sont mis en couche dans le bassin n°6 en mélange avec la Bauxaline.



Figure 2 : Photographie du bassin n° 6 vu depuis la digue du bassin n° 5 (28/04/2015).

En termes d'émissions de poussières :

- <u>En ce qui concerne les zones activement exploitées :</u> Si la proportion des déchets minéraux (autres que la Bauxaline) mis en dépôt depuis 2007 n'est pas négligeable (environ 20 %), elle apparait de plus en plus faible au fil du temps (de l'ordre de 8 % en 2013). Les surfaces actuellement exploitées sont donc majoritairement constituées de Bauxaline (ordre de grandeur : 92 %); de même, les matériaux subissant actuellement des opérations de déplacement/chargement/déchargement sont également majoritairement constitués de Bauxaline (proportion du même ordre de grandeur). En conséquence, on peut estimer que les émissions de

poussières en provenance des zones activement exploitées actuellement sont majoritairement constituées de Bauxaline ;

- En ce qui concerne les zones qui ne sont pas activement exploitées : Au vu de leur aspect visuel, les surfaces non activement exploitées des bassins n° 5 et n° 6 semblent constituées de Bauxaline ; il est probable que la majeure partie des déchets minéraux autre que la Bauxaline, dont la proportion a pu par le passé être supérieure à ce qu'elle est aujourd'hui, soit actuellement enfouie. Ainsi, sur la base des informations disponibles, nous supposons que la Bauxaline est le constituant majoritaire des poussières émises sous l'action du vent depuis les surfaces non activement exploitées.

Ainsi, la Bauxaline apparait être le constituant majoritaire des poussières émises actuellement par la zone exploitée (bassins n° 5 et 6) du site de Mange-Garri.

3.1.2 Identification des sources de poussières sur le site de Mange-Garri

L'identification des sources potentiellement émettrices de poussières sur le site s'appuie sur les observations et informations collectées lors de la visite du site effectuée le 28/04/2015.

Cette visite a été effectuée le lendemain d'une journée très pluvieuse, de sorte que le caractère effectif des envols de poussières n'a pas pu être constaté visuellement et ne peut en conséquence être restitué sur les photographies du site.

Le site de Mange-Garri est situé au sommet d'une colline. La topographie du site a été modelée, au cours du siècle dernier, par le stockage de résidus traitement de bauxite réalisé « dans les vallons d'Encorse et de Mange-Garri, en amont de digues aménagées au débouché des vallons » (ALTEO, 2014).

a) Les surfaces et les tas exposés au vent

Le site exploité de Mange-Garri comporte (cf. Figure 3) :

- deux zones, dénommées bassin n° 6 (au nord) et bassin n° 5 (au sud), dédiées au stockage de la Bauxaline (et des déchets minéraux) ;
- ainsi qu'une troisième zone, dénommée bassin n° 7, dédiée au stockage des eaux de ruissellement et servant de bassin de secours lors des arrêts de la canalisation de rejet des résidus de bauxite en mer.

Les surfaces actuellement ouvertes soumises à l'érosion éolienne sont importantes. Alors que la surface activement exploitée pour le stockage de la Bauxaline (et des déchets minéraux) représente environ 2 ha sur le bassin n° 6, les surfaces ouvertes représentent environ 2 000 000 m² (bassins n° 5 et n° 6).

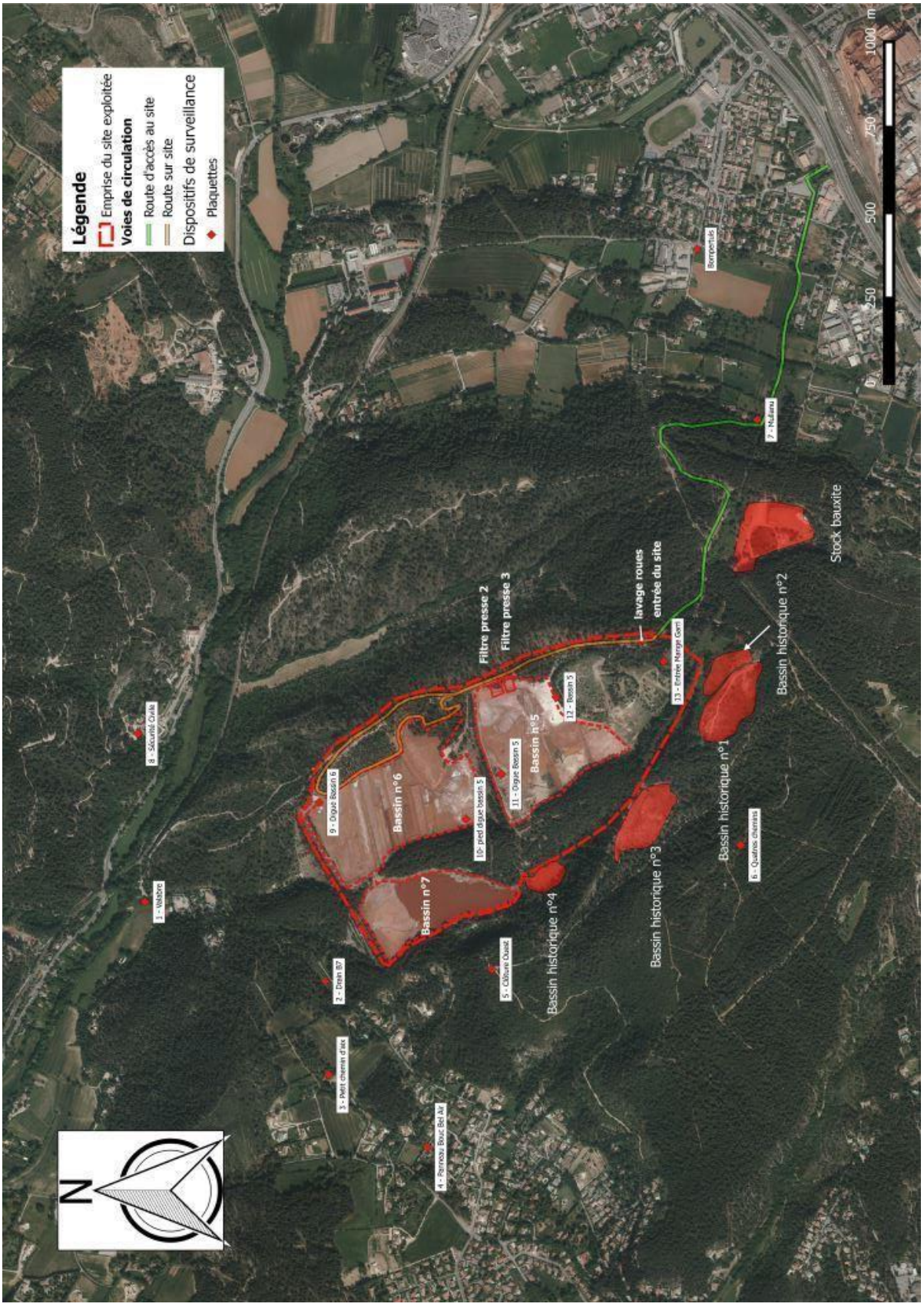


Figure 3 : Plan du site de Mange-Garri.

- **Bassin n° 7**

Le bassin n° 7 est partiellement ennoyé. Le niveau d'eau de ce bassin varie en général entre 228-230 m NGF. Ce bassin a deux fonctions :

- en cas de fortes précipitations, les eaux de ruissèlement du site de l'usine et les eaux collectées par la noue du bassin n° 6 sont dirigées vers ce bassin. En pratique, l'envoi d'eaux de ruissèlement de l'usine vers le bassin n° 7 intervient environ 4 fois par an ;
- ce bassin peut également servir de bassin de secours : en cas d'interruption des rejets en mer, les eaux résiduaires sont dirigées vers ce bassin. Le bassin doit pouvoir accueillir les eaux résiduaires produites par l'usine pendant 3 semaines de fonctionnement.

De plus, l'eau du bassin 7 est pompée et réutilisée dans le process de l'usine.

La plage du bassin n° 7, située au nord, a été à l'origine d'émissions de poussières qui ont conduit à des plaintes de riverains en 2011-2012.

Ainsi, le niveau d'eau de ce bassin ne doit jamais être trop haut afin qu'il puisse jouer son rôle de bassin de secours (seuil d'alerte de 230 m NGF), ni trop bas sous peine de générer des nuisances pour les riverains.

Lors de la visite, la cote de ce bassin était proche de son niveau historique le plus bas (225,5 m NGF). Les dispositions prises pour limiter les envols de poussières depuis la plage du bassin ont été constatées (cf. Figure 4) :

- un tiers à la moitié de la plage a été végétalisée par mise en place de compost (surface d'environ 100 m sur 200 m) ;
- le reste de la plage est arrosée au moyen d'un dispositif d'aspersion permanent alimenté par l'eau du bassin.

La DREAL indique que l'efficacité de ces dispositifs est reconnue par les riverains plaignants.



Figure 4 : Photographie du bassin n° 7 (28/04/2015).

- **Bassin n° 5**

Le bassin n° 5, d'environ 95 000 m² à 100 000 m² selon les références, est dédié au stockage de la Bauxaline. Les matériaux à l'affleurement sont très fins, deviennent très friables en séchant et leur exposition au vent ou aux engins génère des poussières.

À l'heure actuelle, le bassin n° 5 n'est pas exploité. L'ensemble de la surface du bassin reste cependant ouverte et exposée à l'érosion éolienne car la cote finale n'est atteinte en aucun point du bassin et le plan d'exploitation du site prévoit de revenir exploiter ce bassin par la suite. Ainsi, il n'a pas été mis en place de compost pour limiter les envols de poussières.

Lors de la visite, il a été constaté la présence (cf. Figure 5) :

- de stocks épars de Bauxaline, qui avaient été apportés ici afin d'aménager un (ou des) casier(s) dédié(s) au stockage des autres déchets minéraux, le(s)quel(s) n'a (ont) pas été réalisé(s) pour l'instant ;
- d'un bassin d'orage ; il n'existe pour l'instant aucun exutoire des eaux de ruissèlement de ce bassin mais la construction d'un déversoir du bassin n° 5 vers le bassin n° 7 est prévue.



Figure 5 : Photographies du bassin n°5 (28/04/2015).

Bien que non concernés par la manipulation de matériaux et la circulation d'engins, la surface de stockage du bassin n° 5 et les tas de Bauxaline en attente sont actuellement exposés à l'érosion éolienne.

- **Bassin n° 6**

Seul le bassin n° 6, d'une superficie de 130 000 m² à 140 000 m² selon les références, est activement exploité actuellement.

Du nord au sud, il se présente de la manière suivante (cf. Figure 6) :

- une zone pour laquelle la cote finale de stockage est atteinte (interdiction de stocker des matériaux supplémentaires en raison de risques géotechniques de rupture de digue) ; cette zone peut donc désormais être végétalisée. Lors de la visite, le compostage d'une bande de 140 m de large était en cours (réalisée au 2/3) ;
- la noue de collecte des eaux de ruissèlement du bassin n° 6, qui les dirige vers le bassin n° 7 ;
- une zone non activement exploitée en ce moment mais dont la cote finale n'est pas atteinte, sur laquelle un dispositif d'aspersion fixe est en place ;
- la zone activement exploitée, où des tas provisoires de Bauxaline et dans une moindre mesure d'autres déchets minéraux sont visibles, dans l'attente de leur mise en dépôt, c'est-à-dire leur épandage en couches successibles de 30 cm et leur compactage.

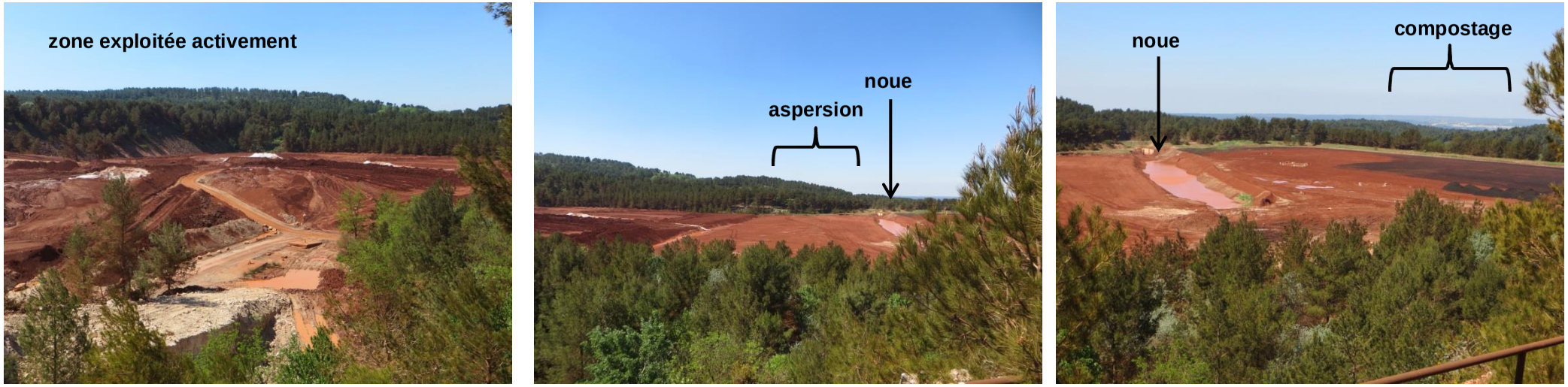


Figure 6 : Photographies du bassin n°6 (28/04/2015).

b) Les opérations d'exploitation

Les matériaux qui arrivent à Mange-Garri sont :

- des boues résiduelles issues du procédé Bayer amenées de l'usine vers le site par des canalisations sous pression jusqu'au filtre presse FP2 en place à l'est du bassin n° 5 ;
- de la Bauxaline, c'est-à-dire les boues rouges préalablement séchées par le filtre presse FP1 situé dans l'usine, amenée par camions.

- **Route d'accès au site de Mange-Garri**

Chaque jour, 3 ou 4 camions effectuent 7 ou 8 (maximum 10) rotations entre le FP1 de l'usine et Mange-Garri (information collectée lors de l'entrevue avec ALTEO du 28/04/2015).

La visite du 28/04/205 a permis de constater que la route qui monte à Mange-Garri et passe à proximité des jardins ouvriers est rouge (cf. Figure 7) et que les camions qui transportent la Bauxaline ne sont pas bâchés. ALTEO explique qu'il ne s'agit pas d'une source d'émission de poussière car les matériaux en sortie de filtre presse sont encore humides (environ 30 % de teneur en eau). En revanche, il ressort de la visite que les roues des camions qui repartent de Mange-Garri déposent de la Bauxaline sur la chaussée (malgré la présence d'un débourbeur de roues situés avant la sortie (cf. Figure 15)), laquelle en séchant peut conduire à des émissions de poussières sous l'influence notamment de la circulation.



Figure 7 : Photographie de la route d'accès à Mange-Garri.

- **Route constituée de fraisât**

Les camions qui arrivent de l'usine empruntent la route constituée de fraisât qui longe le site de stockage (bassins n° 5 et n° 6) à l'est, puis descendant dans le bassin n° 6 jusqu'au point d'exploitation en cours où ils déchargent. Après déchargement, ils réempruntent cette même route et leurs roues ne sont débourbées qu'en sortie de site. La route de fraisât est donc rougie par la Bauxaline déposée par les roues des camions qui reviennent du bassin n° 6 ; les arbres le long de cette voie sont également rouges attestant que la circulation sur cette voie constitue une source d'émission de poussières (cf. Figure 8).



Figure 8 : Photographies de la route de fraisât le long du bassin n° 6 à l'est.

- **Opérations autour du filtre presse FP2**

Les boues qui arrivent à Mange-Garri par canalisations depuis l'usine sont séchées dans le filtre presse FP2 situé à l'est du bassin n° 5. Le FP2 fonctionne en continu, des plaques de Bauxaline tombent régulièrement sous le filtre presse, environ toutes les 1/2h. Les matériaux en sortie de filtre ont repris par une pelle mécanique à chenilles (Caterpillar 324D) qui charge un tombereau (Caterpillar A30F) (cf. Figure 9).



Figure 9 : Photographie du chargement et du départ du tombereau du FP2.

Bien que la Bauxaline soit alors encore humide, le stock de Bauxaline sous le filtre presse FP2 peut être considérée comme une source émettrice de poussières et l'opération de chargement du tombereau à cette endroit est une potentiellement une opération génératrice de poussières.

Un second filtre presse (FP3) était en cours de construction sur le site de Mange-Garri, au sud du FP2, lors de la visite ; il était prévu que celui-ci soit achevé et opérationnel courant de été 2015. Il y aurait alors une seconde pelle mécanique et un second tombereau sur le site de Mange-Garri.

- **Voies non pavées sur le bassin n°6 et tas de stockage provisoire**

Le tombereau emprunte une voie non revêtue constituée de Bauxaline compactée le long des bassins n° 5 et n° 6, en bas (la route de fraisât est en haut), et va benner dans une zone de stockage provisoire sur le bassin n° 6 (cf. Figure 10). En effet, la Bauxaline en sortie de filtre presse est encore trop humide pour être « pelletable » ; elle fait donc l'objet d'un séchage complémentaire en tas, par

simple mise à l'air pendant 4 ou 5 jours, avant mise en couche dans le bassin. Un track D6 assure la mise en couche des matériaux, le compactage et le reprofilage du bassin.

Le stockage est effectué par couches successives de 30 cm d'épaisseurs compactées.



Figure 10 : Photographie s du déchargement du tombereau et des tas de stockage provisoires dans le bassin n° 6.

De même les camions en provenance de l'usine viennent décharger directement dans le bassin n° 6 (cf. en blanc sur la Figure 11).



Figure 11 : Photographies d'un camion provenant de l'usine sur le bassin n° 6.

La circulation du tombereau sur la voie non revêtue, la circulation du tombereau et des camions dans le bassin n° 6, ainsi que les opérations du track D6 sont des opérations génératrices de poussières.

c) Synthèse

Sur la base des observations réalisées, les sources suivantes sont retenues comme étant les principaux émetteurs de particules dans l'air (cf. Tableau 8).

Circulation des engins	Circulation des camions sur la route d'accès à Mange-Garri
	Circulation du tombereau sur les pistes non revêtues et dans le bassin n° 6
	Circulation des camions sur la route de fraisât, sur les pistes non revêtues et dans le bassin n° 6
Érosion éolienne	Érosion des surfaces ouvertes des bassins n°5 et n°6, ainsi que sur la plage du bassin n° 7
	Érosion des tas du filtre presse 2
	Érosion des tas provisoires (majoritairement de Bauxaline et dans une moindre mesure d'autres déchets minéraux) sur le bassin n° 6
	Érosion des tas de Bauxaline sur le bassin n° 5
Opérations des engins	Opérations de manipulation des stockages générés par le filtre presse FP2 et par la pelle mécanique
	Opérations de mise en couche de la Bauxaline dans le bassin n° 6 par le track D6

Tableau 8 : Sources émettrices de particules dans l'air sur le site de stockage de Bauxaline à Mange-Garri.

3.1.3 Mesures de réduction des émissions de poussières mises en œuvre

Les méthodes d'exploitation (arrosage, végétalisation, ennoiement, etc.) influencent et ont par le passé influencé les émissions de poussières. La prise en compte de ces évolutions est nécessaire pour comprendre les résultats de la surveillance et évaluer leur représentativité.

a) Bassin n° 7

Les évolutions liées à l'exploitation du bassin n° 7 et les mesures de réduction des émissions de poussières mises en œuvre sont présentées dans la Figure 12 (d'après ALTEO (2014) et entrevue avec la DREAL du 27/04/2015).

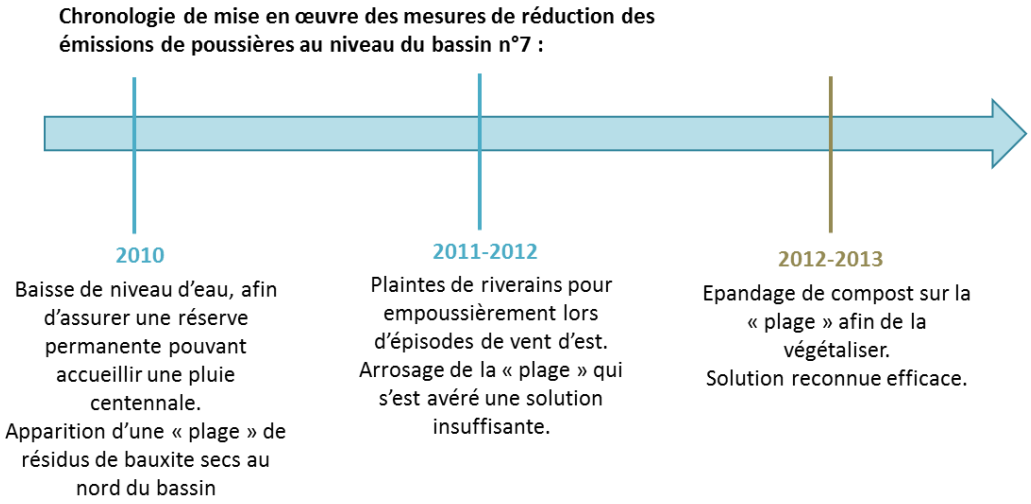


Figure 12 : Chronologie des évolutions liées à l'exploitation du bassin n° 7 et des mesures de réduction des émissions de poussières mises en œuvre.

Lors de la visite du 28/04, il a été constaté les éléments suivants :

- la végétalisation effective de la partie haute de la plage du bassin n° 7, non exploitée ;
- l'existence d'un dispositif d'aspersion fixe dans la partie basse de la plage du bassin n° 7, utilisant l'eau stockée dans le même bassin. ALTEO précise que l'arrosage de cette zone est permanent, dès lors que celle-ci est émergée.

b) Exploitation du bassin n° 6 et pistes

Lors de la visite du 28/04, il a été constaté les éléments suivants :

- des travaux d'épandage de compost en cours sur une bande de 140 m au nord du bassin n° 6. En effet, la cote finale de reprofilage étant atteinte, ce secteur est désormais considéré par ALTEO comme non exploité. Le 28/04/2015, 900 t étaient épandues et 400 t restaient à épandre, la date de fin d'épandage étant prévue le 30/04/2015 (cf. présentation ALTEO 28/04/2015 ; entrevue avec ALTEO du 28/04/2015). Selon ALTEO, l'expérience menée sur bassin n° 7 a montré une végétalisation effective dans un délai de 6 à 9 mois après le compostage ;
- l'existence d'un système d'arrosage des pistes mobile : une tonne à eau avec un asperseur est présente en permanence sur le site de Mange-Garri. Chaque matin entre 8 h et 8 h 30 (sauf samedi et dimanche), le gardien du poste de contrôle effectue une mesure de la vitesse du vent au moyen d'un anémomètre portatif. En fonction de la vitesse mesurée, il donne instruction à la salle commande du FP2 de procéder ou non à l'arrosage des pistes par la tonne à eau mobile. Les consignes en vigueur sont les suivantes :

  - entre 0 et 30 km/h : contrôle visuel des envolements sur les pistes et les bassins,
  - entre 30 et 45 km/h : contrôle visuel des envolements sur les pistes et les bassins et, en cas d'envolements de poussières importants, demande d'arrosage des pistes,
  - entre 45 et 100 km/h : contrôle visuel des envolements sur les pistes et, en cas d'envolements très importants, demande d'arrosage des pistes et limitation de la vitesse de circulation sur le site à 10 km/h.

    Cette tonne à eau existe depuis 2010-2011. Jusqu'en avril 2014, il fallait la faire venir de l'usine de Gardanne. Depuis avril 2014, elle est toujours disponible sur le site de Mange-Garri.

    Les relevés effectués avec l'anémomètre sont enregistrés par le gardien dans un fichier Excel.

- l'existence d'un dispositif d'aspersion fixe du bassin n° 6 et des pistes à proximité du filtre presse FP2 (cf. Figure 13), mis en place en mars 2015. Le système est alimenté par de l'eau de distribution au niveau du filtre presse FP2. Un tuyau longe la digue du bassin n° 5 et la bordure ouest du bassin n°6 et dessert les lances sur le bassin n° 6 ; un second tuyau longe le site à l'est et permet l'arrosage de la piste dans ce secteur. Lors de la visite, la consigne de déclenchement de ce dispositif n'était pas encore définie ; ALTEO indiquait qu'elle était en cours de définition / rodage.



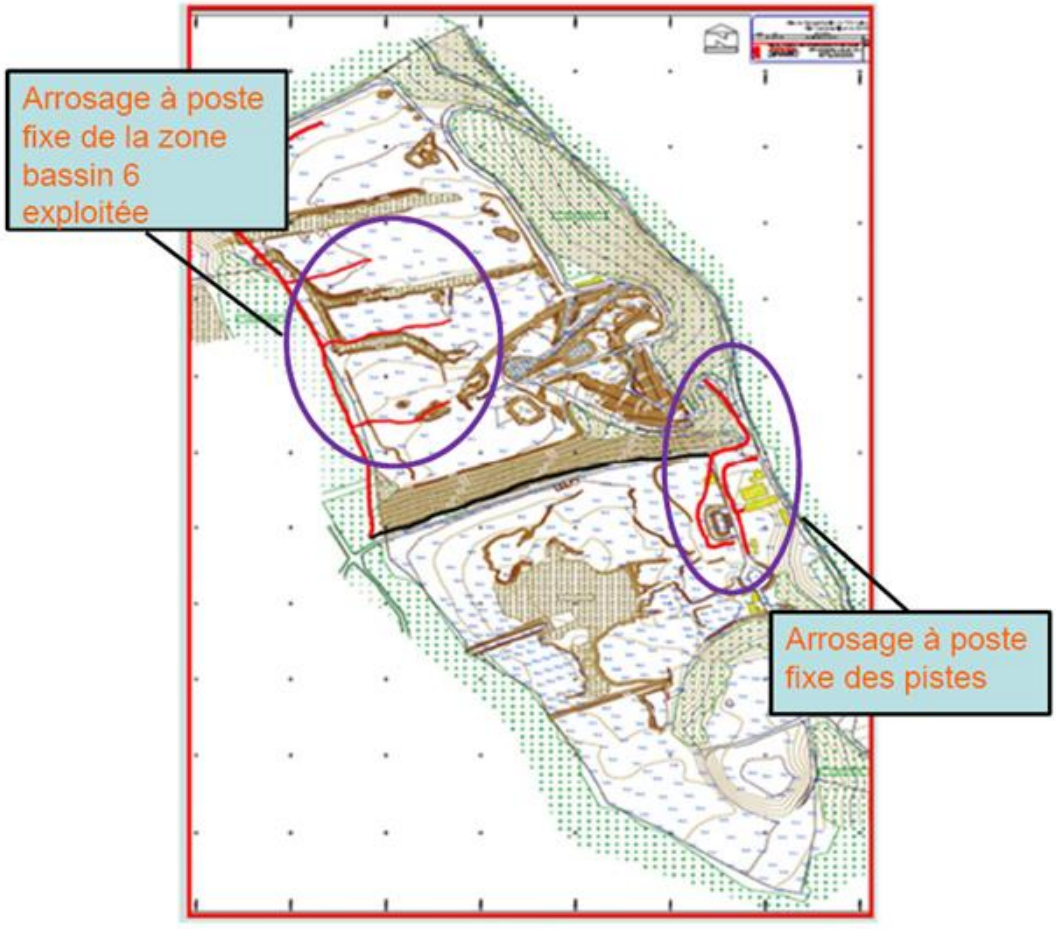


Figure 13 : Système d'aspersion fixe du bassin n° 6 et des pistes (photographie du 28/04/2015 ; présentation ALTEO du 28/04/2015).

La chronologie de mise en œuvre de ces dispositions est résumée ci-dessous (cf. Figure 14).

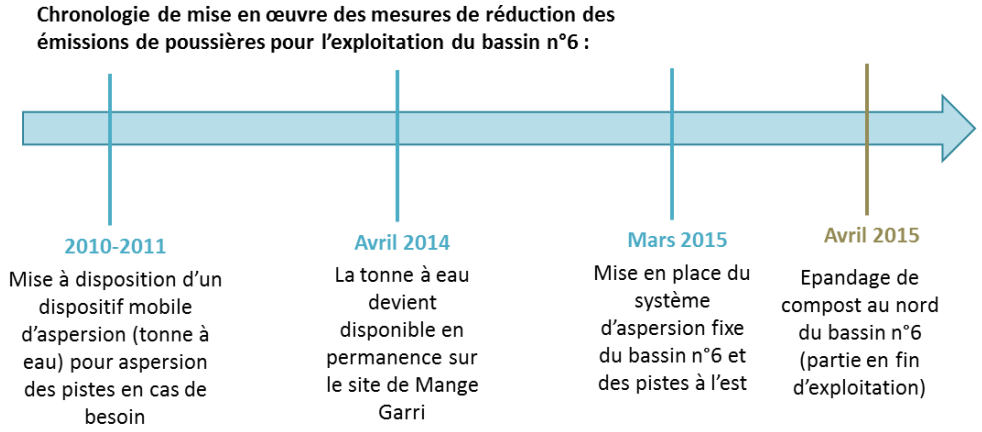


Figure 14 : Chronologie de mise en œuvre des mesures de réduction des émissions de poussières pour l'exploitation du bassin n° 6.

En complément de ces constats, ALTEO a apporté les précisions sur les dispositions de réduction des émissions de poussières projetées :

- ALTEO précise qu'une 2ème mesure quotidienne de vitesse du vent sera réalisée par le gardien en début d'après-midi pour déclenchement ou non de l'arrosage mobile ;
- ALTEO prévoit d'étendre la consigne d'arrosage subordonné à la vitesse du vent, actuellement uniquement applicable à la tonne à eau, au dispositif d'aspersion fixe des pistes et du bassin n° 6 ;
- Une station météorologique sera mise en place prochainement sur le site de Mange-Garri et ALTEO projette d'automatiser la consigne d'arrosage par système d'aspersion fixe grâce à cette station ;
- pour les parties (bassins et pistes) qui ne sont pas activement exploitées actuellement mais dont le plan d'exploitation prévoit l'exploitation lors d'une phase ultérieure car la cote finale n'est pas atteinte, ALTEO envisage de tester des technologies de stabilisation des surfaces par encroutement au moyen de microorganismes. Des essais seront réalisés prochainement.

c) Routes hors site

En face du poste d'accueil, une installation de débourbage permet de nettoyer les roues des camions lorsque ceux-ci-sortent du site (cf. Figure 15).



Figure 15 : Photographie du débourbeur en sortie du site de Mange-Garri (28/04/2015).

3.1.4 Quantification des émissions de poussières issues du site de Mange-Garri

a) Évaluation et caractérisation des émissions de poussières par des mesures de terrain

BURGEAP (2013) a réalisé des mesures *in situ* directes de la concentration et de la granulométrie des particules sur le site de Mange-Garri au moyen d'un compteur optique de particules GRIMM G1.108 portatif. Les résultats sont présentés dans les figures ci-après (cf. Figure 16 et Figure 17).

Ces mesures ont été réalisées en deux campagnes :

- le 1er et le 2 août 2012, dans des conditions d'activité faible sur le site ;
- le 23 août 2012, en l'absence d'activité sur le site.

Les conditions météorologiques étaient similaires sur les deux périodes de mesures avec des températures élevées (20 à 35 °C), des vents faibles (<10 km/h) et aucune précipitation. Ces conditions ont été estimées par BURGEAP comme étant propices à l'identification individuelle des sources d'émission du site.

Aucune analyse chimique n'a été réalisée sur les poussières au cours de cette campagne.

La répartition granulométrique observée lors de ces mesures montre une part prédominante des PM10[3] par rapport aux PM2,5[4] et PM1 en situation d'activité sur le site de Mange-Garri ; cette situation étant moins marquée en situation d'inactivité.

[3] PM10 : Particules passant dans un orifice d'entrée calibré tel que défini dans la méthode de référence pour l'échantillonnage et la mesure du PM10, norme EN 12 341, avec un rendement de séparation de 50 % pour un diamètre aérodynamique de 10 µm

[4] PM2,5 : Particules passant dans un orifice d'entrée calibré tel que défini dans la méthode de référence pour l'échantillonnage et la mesure du PM2,5, norme EN 14907, avec un rendement de séparation de 50 % pour un diamètre aérodynamique de 2,5 µm

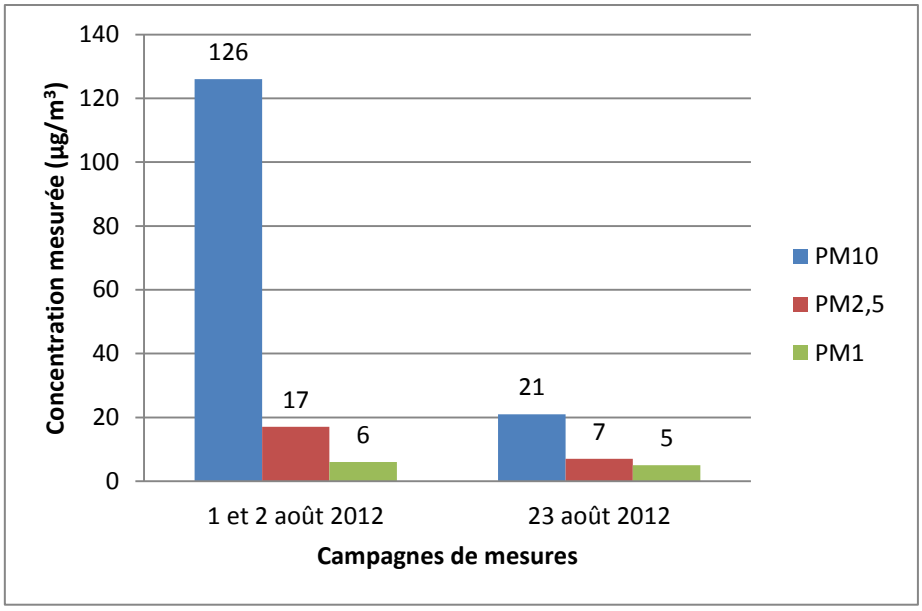


Figure 16 : Concentrations moyennes en PM10, PM2,5 et PM1 mesurées sur le site de Mange-Garri (BURGEAP, 2013).

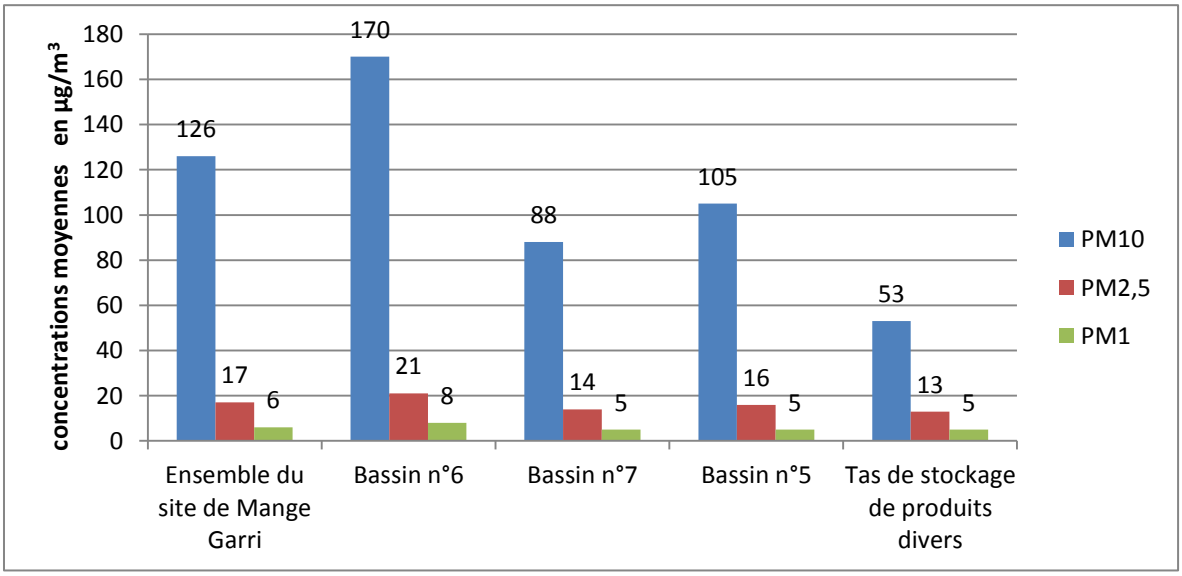


Figure 17 : Concentrations moyennes en PM10, PM2,5 et PM1 mesurées sur le site de Mange-Garri les 01 et 02/08/2012 (BURGEAP, 2013).

Sur la base d'observations et de ces résultats, BURGEAP (2013), comme ANTEA (2013 et 2015), retient les sources émettrices suivantes :

- les opérations de manipulation des stockages générés par le filtre presse FP2 et de mise en couche de la Bauxaline dans le bassin n° 6 ;
- les phénomènes d'érosion éolienne survenant sur les bassins n° 5 et n° 6, sur la plage du bassin n° 7 et au niveau des stockages du filtre presse FP2 ;
- la circulation des camions sur les routes empoussiérées et pistes non pavées de Mange-Garri et sur les bassins n° 5 et n° 6.

Les phénomènes d'érosion des matériaux en tas sur les bassins n° 6 n° 5 ne sont pas considérés.

b) Évaluation des émissions de poussières par modélisation

- **Calcul des flux selon les équations de l'AP42 de l'US-EPA**

BURGEAP (2013) et ANTEA (2013 et 2015) ont modélisé les flux d'émission de chacune de ces sources au moyen des équations du document AP42 de l'US-EPA. Dans le cadre de la mission confiée par le MEDDE (DGPR) au BRGM, à l'ANSES et à l'IRSN, la pertinence des équations utilisées et du paramétrage retenu fait l'objet d'une analyse critique menée par l'ANSES et l'IRSN (cf. réunion du 12/06/2015).

Les flux annuels moyens calculés par ANTEA dans son évaluation des risques sanitaires la plus récente (2015) sur la base des équations de l'AP42 de l'US-EPA sont récapitulés dans le Tableau 9 et la Figure 18.

	Bassin n° 6		Bassin n° 5		Filtre presse FP2		Bassin n° 7		***Total***	
	PM10 (kg/an)	PM2,5 (kg/an)	PM10 (kg/an)	PM2,5 (kg/an)	PM10 (kg/an)	PM2,5 (kg/an)	PM10 (kg/an)	PM2,5 (kg/an)	PM10 (kg/an)	PM2,5 (kg/an)
Mouvements de matériaux	52	8	52	8	38	6	-	-	142	22
Envols liés à l'érosion	4 441	666	3 416	512	340	51	342	51	8 539	1 280
Circulation sur routes pavées	169	41	34	8	-	-	-	-	203	49
Circulation sur routes non pavées	2 784	278	2 509	250	-	-	-	-	5 293	528
Total	7 446	993	6 011	778	378	57	342	51	14 177	1 879

Tableau 9 : Bilan des flux d'émission en PM10 et PM 2,5 relatives aux sources d'émissions de poussières (ANTEA, 2015).

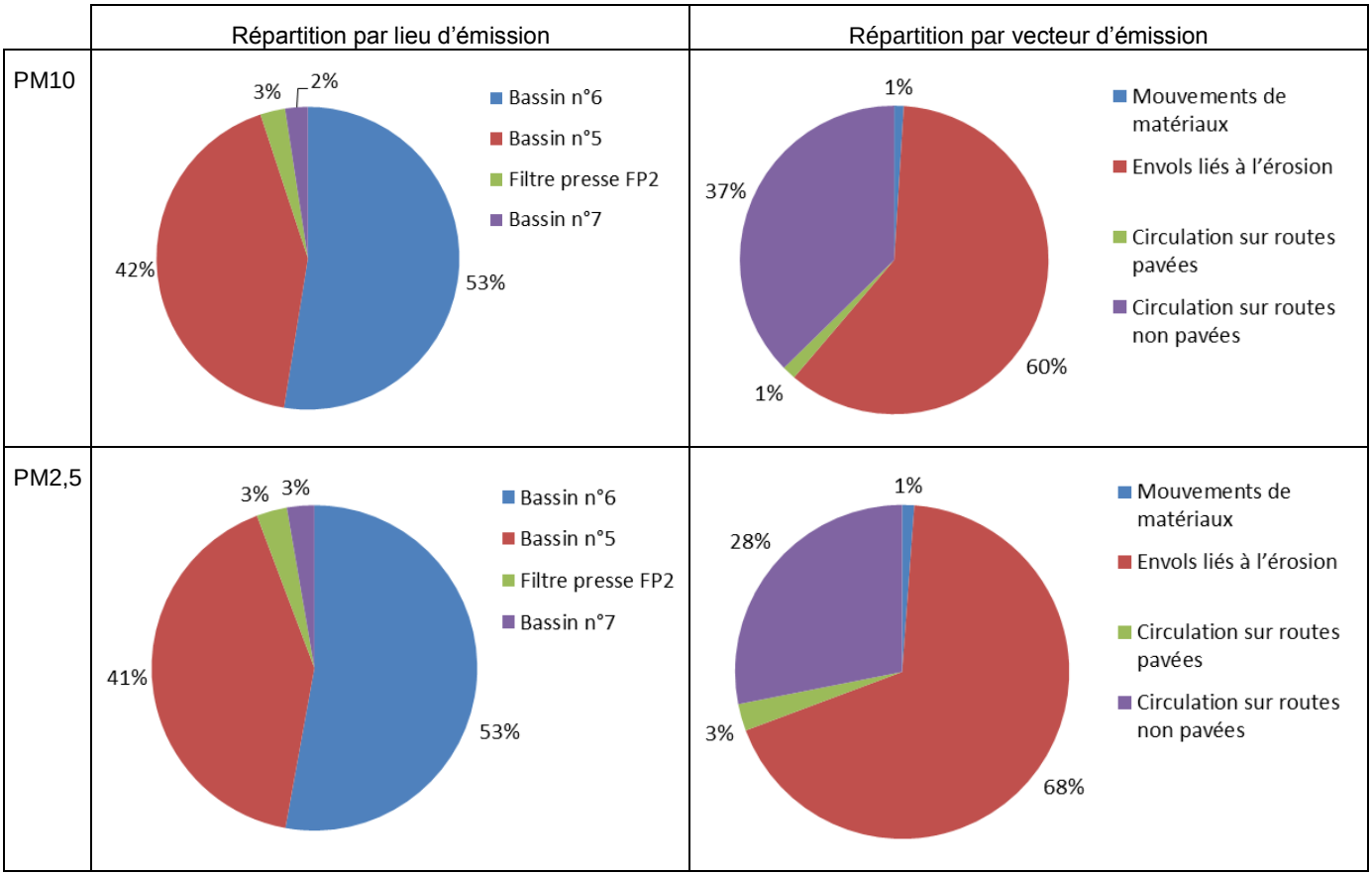


Figure 18 : Répartition des flux d'émission des PM10 et PM 2, par source et vecteur d'émission sur le site de Mange-Garri (d'après ANTEA, 2015).

Les conclusions d'ANTEA sont que l'érosion par le vent sur les 3 bassins est la source principale d'émission en termes de flux. Il est à noter que, d'après les résultats présentés par ANTEA, la circulation sur route non pavée est également une source importante des émissions de poussières.

3.1.5 Identification des autres sources émettrices de poussières

a) Identification d'éventuelles autres sources émettrices de poussières au voisinage du stockage

Les activités émettrices de poussières exercées au voisinage du stockage de Mange-Garri, susceptibles d'interférer avec les éventuelles campagnes de mesures et de caractérisation des poussières issues de la partie exploitée du stockage, ont été identifiées par :

- l'analyse des documents soumis à l'expertise ;
- la visite des environs du stockage les 27 et 28/04/2015 ;
- l'analyse des photographies aériennes ;
- une recherche bibliographique.

Sur la base des informations collectées, les sources potentiellement émettrices de poussières situées autour de Mange-Garri sont présentées dans le Tableau 10 et localisées sur la Figure 19. Soulignons également la proximité des agglomérations d'Aix-en-Provence (environ 7 km du centre d'Aix) et de Marseille (environ 20 km du centre de Marseille).

Type d'activité	Détail des activités	Localisation des activités par rapport au stockage de Mange-Garri
Activités industrielles	Le stock de Bauxite de secours d'ALTEO à Mange-Garri	800 m au sud-est (dans l'emprise de Mange-Garri)
	Les basins historiques stockage des boues rouges occupant la partie sud du site de Mange-Garri	dans l'emprise du site de Mange-Garri
	L'ancienne carrière en comblement (ISDI) à Gardanne	1,4 km au nord-est
	L'usine ALTEO de production d'Alumine à Gardanne	1,8 km au sud-est
	Le site de granulat/sable Calcaire Régionaux à Bouc Bel Air	1,9 km au sud-ouest
	La centrale thermique et son stockage de charbon à Meyreuil	4 km à l'est
	La carrière de granulats à Gardanne	4,8 km à l'est
	La cimenterie Lafarge à Bouc-Bel-Air	6,5 km au sud-ouest
Transports terrestres routiers	L'autoroute A31	2,2 km à l'ouest
	La route départementale D6	1,6 km au sud-est
	La route départementale D7	0,5 km au nord
	Ensemble du réseau routier secondaire	diffus
Transports terrestres non routiers	Voie ferrée	400 m au nord
Les apports résidentiels / tertiaires	Particules liées à l'utilisation de systèmes de chauffage (bois et fioul notamment)	Emissions diffuses liées aux principales zones résidentielles situées : • en mitoyenneté à l'ouest • à ~1000 m au sud-ouest • à ~ 800 m au sud • à ~ 1000 m au sud-est
	Particules liées aux activités de brûlage (feux ouverts)	
Les activités agricoles	Travaux des champs (travail du sol, moisson…)	Emissions diffuses liées aux principales zones agricoles situées : • à ~ 300 m au nord-est (vignes) • à ~ 1000 m à l'est (vignes et cultures céréalières) • à ~ 500 m au nord (cultures céréalières) • à ~ 300 m au nord-ouest (cultures céréalières)
	Élevages (type d'élevage indéterminé)	à ~ 2000 m à l'est
	Centres équestres	à ~ 800 m au sud
Pollutions diffuses	Episodes de pollutions régionales / nationales	Emissions diffuses régionales / nationales
	Incendies	Emissions diffuses
	Chantiers de construction / démolition	Emissions diffuses
	Pollen	Emissions diffuses régionales / nationales
	Épisodes d'apport de particules d'origine naturelle (sel de mer, sables sahariens, particules d'origine volcanique, érosion…)	Emissions diffuses régionales / nationales

Tableau 10 : Identification et localisation des sources de particules situées autour du site de Mange-Garri.

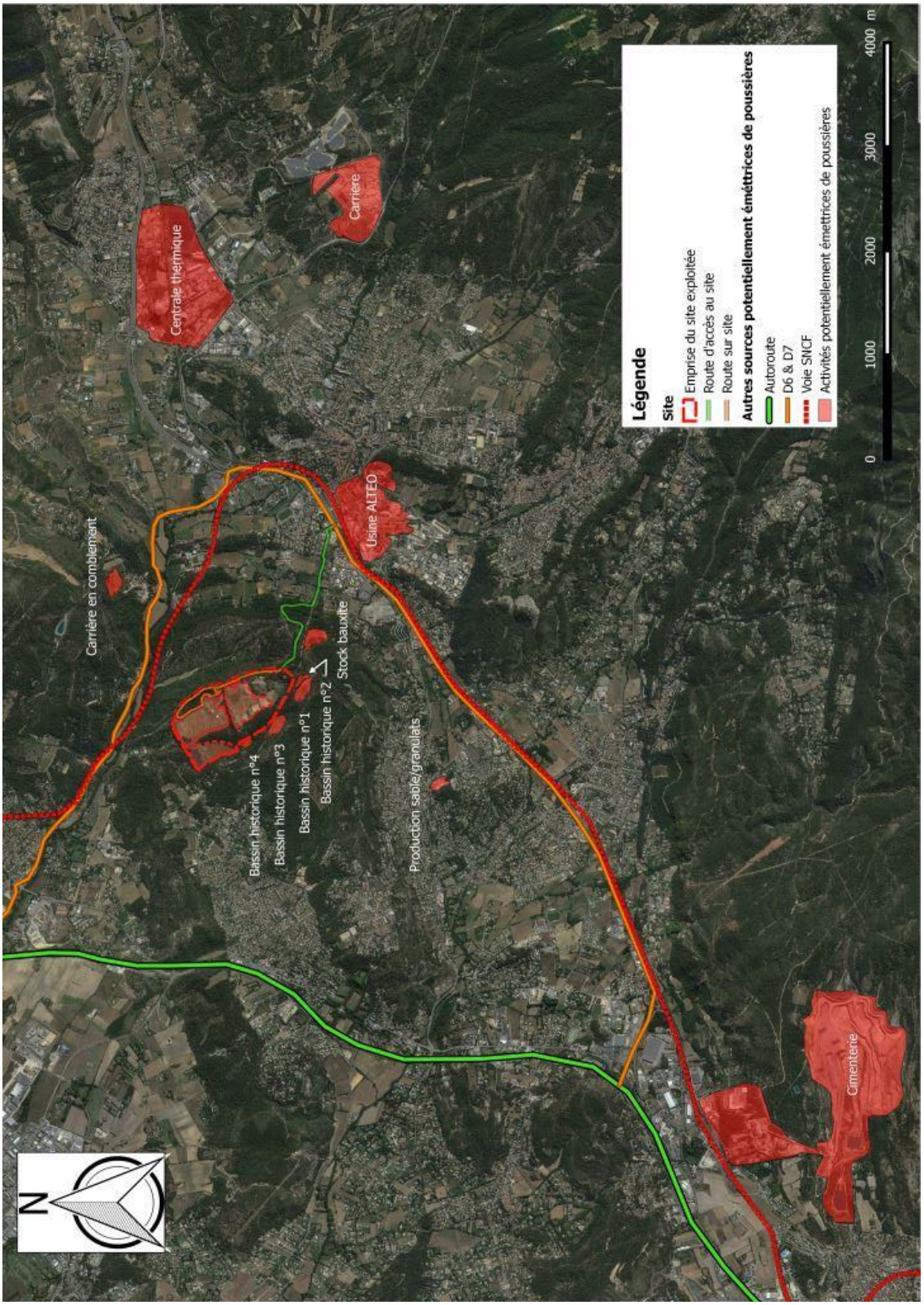


Figure 19 : Localisation des principales sources industrielles et de transport potentiellement émettrices de poussières situées autour de Mange-Garri.

b) Typologie des particules en fonction des sources d'émission

Les sources de particules sont à considérer en fonction de leur nature, de leurs potentiels d'émission, et des typologies des particules émises. Une même source d'émission ne contribuera pas de la même façon aux TSP[5], PM10 et PM2,5. Le Tableau 11 présente les sous-secteurs d'activité les plus émetteurs de particules en France en 2012 (CITEPA[6]). En prenant l'exemple des cultures, il s'avère que celles-ci sont très contributrices de particules totales (TSP : 46 %), dans une moindre mesure pour les particules moyennes (PM 10 : 7,2 %), et de façon plus mineure pour les particules fines (PM 2,5: < 5 %).

Typologie des particules	Sous-secteur	Part du sous-secteur dans les émissions nationales
TSP	Culture	46 %
	Construction	16 %
	Résidentiel	10 %
	Autres industries manufacturières	5,60 %
	Minéraux non métalliques, matériaux de construction	5,10 %
PM10	Résidentiel	32 %
	Construction	10 %
	Culture	9,10 %
	Autres industries manufacturières	7,20 %
	Elevage	7,00 %
PM2,5	Résidentiel	46 %
	Autres industries manufacturières	8,90 %
	Véhicules particuliers diesel catalysés	8,10 %
	Construction	5,80 %
	Autres sources de l'agriculture	4,50 %

Tableau 11 : Classement des sous-secteurs d'activité les plus émetteurs de particules en France en 2012 (CITEPA).

Dans le contexte plus local de Gardanne, le Tableau 12 présente l'origine des particules mesurées au droit de la station de mesure d'Air PACA de Gardanne (AIR-PACA, Inventaire des émissions 2012 pour la commune de Gardanne). La station de mesure est située en aval aéraulique (selon le sens des vents dominants) proche de l'usine ALTEO de Gardanne, et est donc fortement influencée par l'usine.

Cette étude illustre le fait que cette station est soumise à des particules issues majoritairement d'origine industrielles, routières ou résidentielles.

[5] TSP : Total Suspended Particles

[6] CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique

Activités	Pourcentage de contribution	
	PM10	PM 2,5
Industriel et traitement des déchets	56%	25%
Transports terrestre routiers	19%	29%
Résidentiel / tertiaire	22%	42%
Transports terrestre non routier	2%	2%
Agriculture, sylviculture et nature	2%	2%
Production et distribution d'énergie	0%	0%

Tableau 12 : Origine des particules (PM10 et PM 2,5) mesurées au droit de la station de mesure de Air Paca de Gardanne (AIR-PACA, Inventaire des émissions 2012 pour la commune de Gardanne).

3.1.6 Collecte d'informations sur le bruit de fond local et les caractéristiques des émissions de chaque source

a) Le stock de Bauxite de secours d'ALTEO à Mange-Garri

Le stock de Bauxite de secours d'ALTEO a pour fonction de permettre à l'usine de Gardanne de fonctionner en cas de problème ou de grève qui paralyseraient l'acheminement de la bauxite de Guinée. Le stock visé par ALTEO est de 100 000 tonnes. Lors de la visite du BRGM le 28/04/2015, le stock était de 50 000 tonnes environ (cf. Figure 20). En effet, le stock de secours avait été mobilisé récemment (en janvier) en raison d'un problème sur les portiques du port de Fos/Mer.



Figure 20 : Photographies du stockage de bauxite de Mange-Garri (28/04/2015).

La comparaison de la composition de la bauxite de Guinée avec la composition de la Bauxaline (BRGM, 2013) fait apparaitre :

- un appauvrissement en Al, du fait de l'extraction de l'alumine par le procédé Bayer ;
- un enrichissement en Na, du fait du traitement à la soude ;
- un enrichissement en Ca, du fait d'un traitement à la chaux ;
- un enrichissement passif d'autres éléments, notamment le Fe, le Ti, le Cr, le V, par déplétion de l'alumine.

Ainsi, les ratios TiO_2/Al_2O_3, Na_2O/Al_2O_3, Fe_2O_3/Al_2O_3 et CaO/Al_2O_3 propres à la bauxite et à l'alumine apparaissent contrastés (cf. Tableau 13).

		Bauxaline	bauxite
Al_2O_3	%	12,35	48,9
Fe_2O_3	%	48,8	19,6
Na_2O	%	3,26	0,01
CaO	%	5,34	0,02
TiO_2	%	9,45	3,04
Fe_2O_3 / Al_2O_3		3,95	0,4
Na_2O / Al_2O_3		0,26	0,0002
CaO / Al_2O_3		0,43	0,0004
TiO_2 /Al_2O_3		0,77	0,06

Tableau 13 : Comparaison de la teneur en quelques éléments majeurs de la bauxite et de la Bauxaline

b) Les bassins historiques à Mange-Garri

Les basins historiques, numérotés de 1 à 4 occupent la partie sud du site de Mange-Garri (cf. Figure 3). Ces bassins ont été exploités à partir de 1907 jusqu'en 1948. Les bassins n° 1 à n° 3 sont végétalisés. Seul le bassin n° 4, plus petit (environ 5 000 m²) et situé immédiatement au sud du bassin n° 7, n'est pas végétalisé.

La visite réalisée le 28/04/2015 a permis de constater la végétalisation effective des bassins n° 1 et n° 2, permettant de limiter les envols de poussières (cf. Figure 21). Les bassins n° 3 et n° 4 n'ont pas été visités.

Bassin n° 1 :





Vue sur le bassin n° 2 depuis le bassin n° 1 :





Figure 21 : Photographies des anciens bassins n° 1 et n° 2 (28/04/2015).

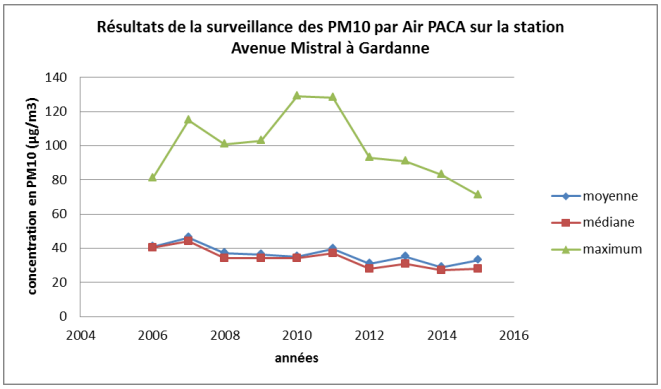
La composition des boues accumulées dans les bassins historiques et la composition de la Bauxaline actuelle, issue du séchage par filtre presse des boues issues du même procédé, sont probablement très proches. Des différences de signatures chimiques pourraient exister du fait des modifications d'approvisionnement en bauxite ou des procédés mis en œuvre dans l'usine mais aucun élément du dossier expertisé ne permet de documenter ce point. L'absence de cette information ne constitue pas un manque car seul le bassin n°4 de petite taille n'est pas réhabilité à ce jour.

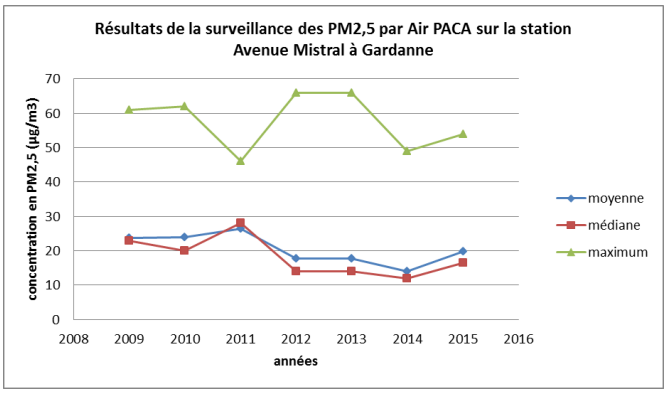
c) Bruit de fond lié à l'usine de production d'Alumine à Gardanne (données Air PACA)

L'association Air PACA dispose d'une station de mesure permanente de la qualité de l'air à Gardanne (Avenue Mistral) sur laquelle les PM10 sont surveillées depuis 2006 et les PM2,5 depuis 2009. Cette station, située à environ 200 m à l'est de l'usine de production d'alumine est considérée par Air PACA comme influencée par cette activité.

Les résultats de la surveillance des PM10 et PM2,5 sur cette station sont synthétisés dans la Figure 22. Sur les 3 dernières années (2012 à mars 2015) les concentrations moyennes mesurées sur cette station sont :

- pour les PM 2,5 : de l'ordre de 17 µg/m^3 ;
- pour les PM 10 : de l'ordre de 32 µg/m^3.





PM 10 (µg/m3)				
année	nb valeurs	moyenne	médiane	maximum
2006	44	40,8	40,5	81
2007	349	46,3	44	115
2008	365	37,1	34	101
2009	362	36,2	34	103
2010	359	35,1	34	129
2011	355	39,5	37	128
2012	362	31,1	28	93
2013	186	35,0	31	91
2014	287	28,8	27	83
2015	53	33,0	28	71

PM 2,5 (µg/m3)				
année	nb valeurs	moyenne	médiane	maximum
2009	130	23,6	23	61
2010	67	23,9	20	62
2011	9	26,4	28	46
2012	356	17,6	14	66
2013	327	17,8	14	66
2014	334	13,9	12	49
2015	56	19,7	16,5	54

Figure 22 : Résultats de la surveillance des PM10 et PM2,5 sur la station Air PACA située avenue Mistral à Gardanne (données téléchargeables sur le site Air PACA).

Air PACA note que cette usine produit deux types de poussières :

- des poussières rouges, constituées de bauxite sous une forme très fine ;
- des poussières blanches, qui peuvent ponctuellement s'échapper des fours de calcination ou être émises de manière diffuse et ponctuelle sur l'ensemble du site. En ce qui concerne les fours de calcination, il s'agit de très fines particules blanches d'alumine émises par les cheminées.

À la lumière de ces informations, les poussières attribuables à l'usine caractérisées par une composition s'apparentant à celle de la bauxite pour les poussières rouges et par leur richesse en alumine (Al_2O_3) pour les poussières blanches.

d) Bruit de fond lié aux sites industriels voisins de Mange-Garri (usine de Gardanne incluse) et à l'influence du trafic routier (données de l'étude PACTES)

Dans le cadre de l'étude PACTES menée dans la bassin minier de Provence (Noack *et al.,* 2012), des quantifications et caractérisations chimiques des poussières sédimentables (collectées au moyen de jauges) et des poussières inhalables (PM10 et PM2,5) ont été réalisées en 5 sites (3 sites industriels, 1 site sous influence du trafic routier et 1 site urbain) sur 2 périodes de l'année contrastées sur le plan météorologique (juillet 2010 et janvier 2011).

Les trois sites industriels étudiés (Cimenterie de Bouc Bel Air, usine d'Alumine de Gardanne et centrale thermique de Meyreuil) sont identifiés comme des sources potentiellement émettrices de poussières susceptibles d'interférer avec les éventuelles campagnes de mesures et de caractérisation des poussières issues de la partie exploitée du stockage de Mange-Garri (cf. section 3.1.5-a).

Résultats sur les PM10 (cf. Figure 23) :

- les trois sites industriels sont caractérisés par des concentrations en PM10 de l'ordre de 30 µg/m^3, aussi bien en été (juillet 2010) qu'en hiver (janvier 2011) ;
- le site sous influence du trafic routier (Fuveau) et le site urbain (Trets) sont caractérisés respectivement par des concentrations en PM10 de l'ordre de 30 et 20 µg/m^3 en été. En hiver, ces concentrations en PM10 dans l'air sur ces deux sites augmentent respectivement de 25 et 60 %.

Résultats sur les PM2,5 (cf. Figure 23) :

- les concentrations en PM2,5 mesurées dans l'air ambiant sur les 5 sites sont de l'ordre de 12 à 15 µg/m^3 en été et augmentent en hiver de manière différentielle (entre 27 % et 100 % d'augmentation).

Les résultats relatifs au site à proximité de l'usine d'Alumine de Gardanne sont cohérents avec les données obtenues par Air PACA dans ce secteur (cf. section 3.1.6-c).

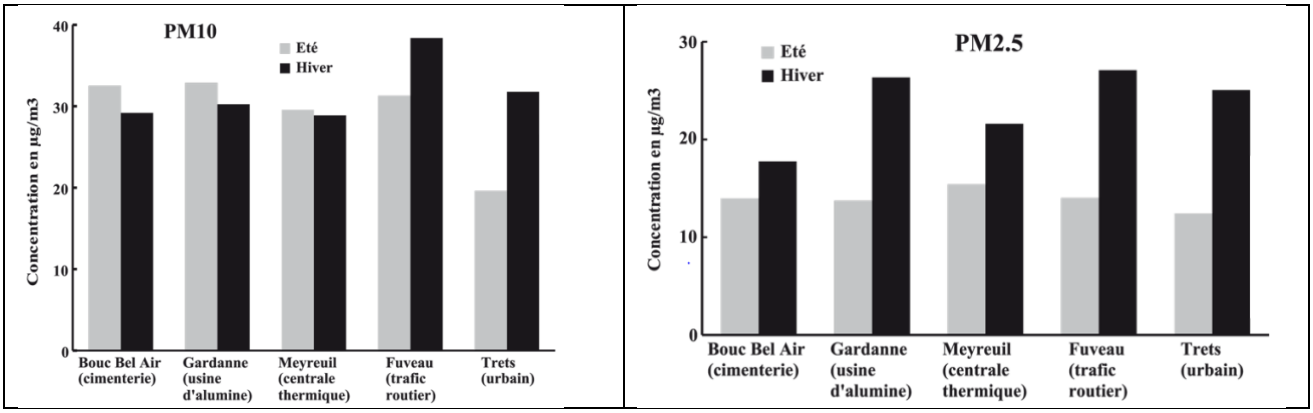


Figure 23 : concentrations en poussières inhalables mesurées sur les 5 sites de l'étude PACTES (Noack et al., *2012)*

Résultat sur les poussières sédimentables totales (cf. Figure 24) :

Le site à proximité de l'usine d'alumine de Gardanne présente les flux de dépôt les plus importants. Les auteurs identifient la même typologie de poussières qu'Air PACA, à savoir des poussières soit rouges (en relation avec le stockage de bauxite), soit blanches (en relation avec les produits finis). Viennent ensuite le site routier (ré-envol probablement), le site près de la centrale thermique (envol de poussières noires de charbon) et le site de la cimenterie. Le site urbain de Trets présente des quantités de poussières sédimentables très nettement inférieures.

Les flux mesurés lors de la campagne d'été sont systématiquement plus élevés que ceux de la campagne d'hiver (précipitations plus fortes et vents plus faibles en hiver, limitant les envols ou ré-envols).

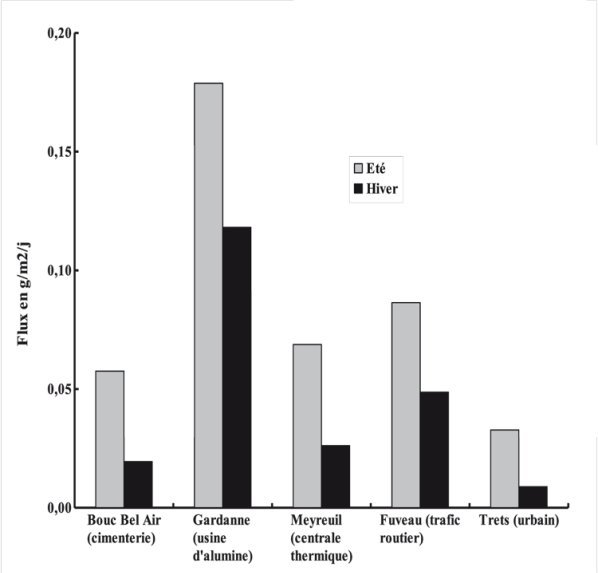


Figure 24 : Flux de poussières sédimentables totales mesurés sur les 5 sites de l'étude PACTES (Noack et al., *2012).*

Caractérisation chimique des PM10 :

13 éléments ont été analysés, mais seuls les résultats de Al, Ca, Fe, Mg et Na sont disponibles (cf. Figure 25). La teneur cumulée de ces 5 éléments représente entre 15 et 23 % de la masse des particules collectées. Le Ca est l'élément le plus abondant sur tous les sites, sa fraction massique variant de 8 (usine de Gardanne) à 15 % (cimenterie de Bouc Bel Air). La fraction massique de Na est la plus importante à Gardanne (6,7 %). Les concentrations en Al sont comprises entre 0,3 µg/m^3 sur le site urbain et 1,1 µg/m^3 au niveau de l'usine de Gardanne, mais les fractions massiques varient peu d'un site à l'autre (environ 2 à 3,5 %).

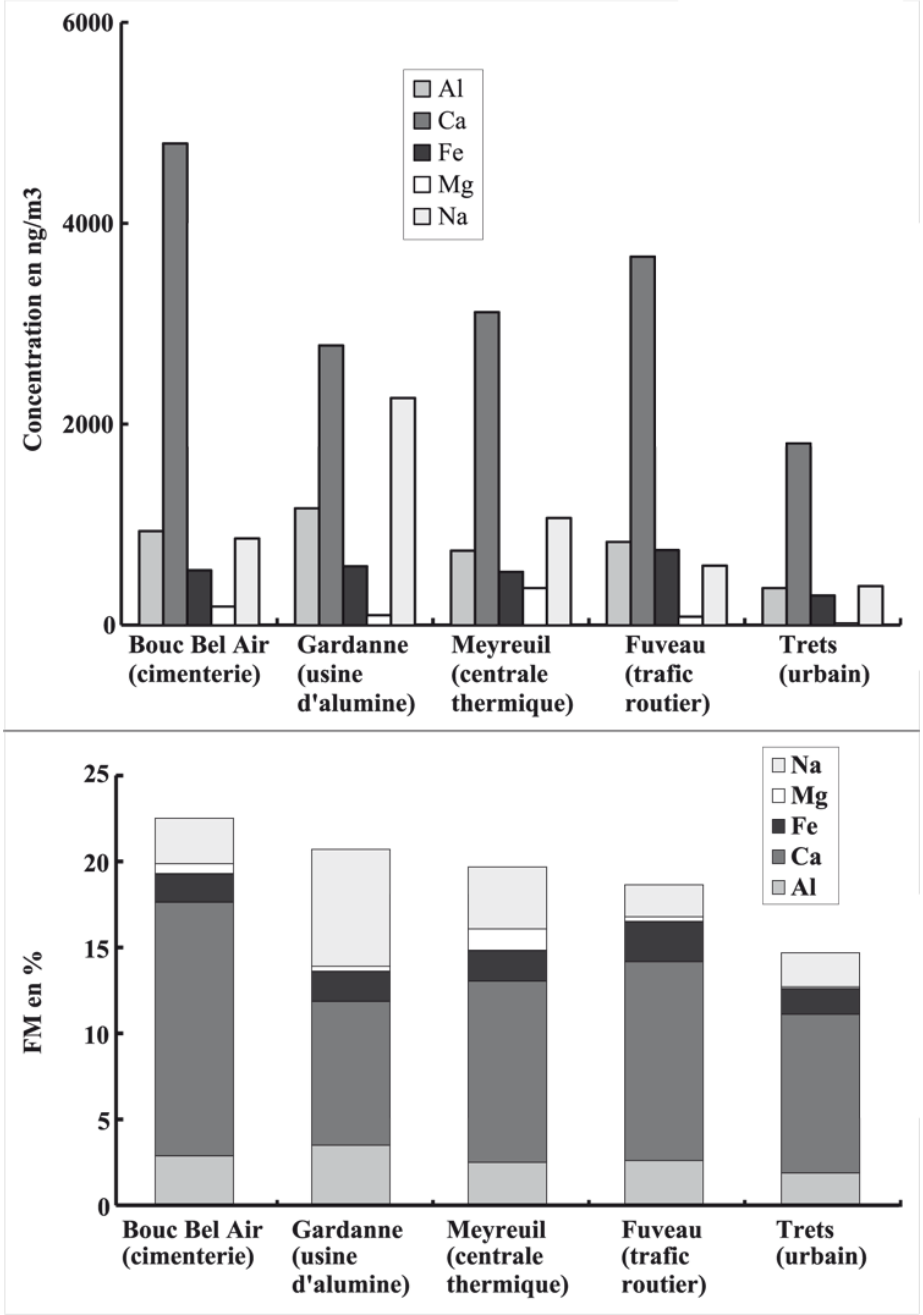


Figure 25 : Composition chimique en Na, Mg, Fe, Ca et Al des PM10 mesurées sur les 5 sites de l'étude PACTES (Noack et al., *2012)*

Caractérisation chimique des poussières sédimentables :

Les poussières sédimentables collectées sur les 5 sites contiennent principalement de l'aluminium, du calcium et du fer.

Les particules collectées sur le site de Gardanne présentent un profil chimique très différent des poussières collectées sur les autres sites : 14 % d'Al, contre 2 à 3 % sur les autres sites, 5 % de Fe contre 1 à 2 % sur les autres sites, et 2 à 5 % de Ca contre 7 à 16 % sur les autres sites.

Les fractions massiques de Fe et Al sont très proches en été et en hiver. En revanche, les fractions massiques du Ca sont supérieures en été par rapport à l'hiver.

e) Vers une signature des poussières issues du stockage de Mange-Garri ?

Les données d'analyses chimiques collectées qui permettraient d'apprécier la composition des poussières émises par le site de Mange-Garri, se résument :

- aux données analytiques de composition des matériaux stockés (cf. section 3.1.1) ;
- aux données d'analyse d'Al (4,5 mg/g), de Fe (7,5 mg/g), de Na (15 mg/g) et de Ti (22,5 mg/g)[7] dans les poussières déposées à la surface des feuilles d'arbres à proximité du stockage de Mange-Garri (Leoni, 2012).

Ces données, mises en vis-à-vis des autres données de composition chimiques caractéristiques du bruit de fond local disponibles :

- étude PACTES – Noack *et al.,* 2012 (voir en section 3.1.6-d) ;
- étude de BURGEAP d'échantillonnage, de quantification et d'analyse chimique (10 éléments) des poussières en suspension (PM10 et PM2,5) sur trois sites autour de l'usine d'alumine de Gardanne – BURGEAP, 2011 (données non détaillées dans ce rapport) ;
- étude d'échantillonnage (12 points de prélèvement), de quantification et d'analyse chimique (Al, Fe, Na et Ti) des poussières déposées à la surface des arbres dans le secteur de Gardanne (Leoni, 2012) (données non détaillées dans ce rapport) ;

sont insuffisantes pour identifier une signature chimique ou des traceurs du stockage de Mange-Garri. Néanmoins, les constats suivants pourraient constituer des pistes de réflexion pour distinguer les poussières de bauxite et de Bauxaline :

- l'abondance de certains éléments par rapport aux teneurs usuellement rencontrées dans les sols et les roches : titane, chrome, vanadium, uranium notamment ;
- la présence de zirconium et d'hafnium qui pourraient être le reflet de la présence de minéraux du type zircon, rares dans le contexte géologique local.

De plus, la bauxite à ALTEO est issue d'un gisement guinéen qui s'est développé dans un contexte géologique contrasté par rapport au contexte local de Mange-Garri. En effet, la bauxite s'est formée sur des terrains volcano-sédimentaires très anciens dont la géochimie des éléments majeurs et traces est complètement différentes des terrains beaucoup plus récents (Éocène, Oligocène) et marno calcaire formant l'assise du site de Mange-Garri. De ce fait, bien que les données disponibles ne permettent pas de l'établir, la bauxite et la Bauxaline pourraient être caractérisées par des profils de terres rares spécifiques et par des spectres d'éléments traces bien particuliers.

Enfin, entre la bauxite et la Bauxaline, il est également attendu (cf. section 3.1.6-a) :

- un appauvrissement en Al, du fait de l'extraction de l'alumine par le procédé Bayer ;
- un enrichissement en Na, du fait du traitement à la soude ;
- un enrichissement en Ca, du fait d'un traitement à la chaux ;
- un enrichissement passif d'autres éléments, notamment le Fe, le Ti, le Cr, le V et l'U, par déplétion de l'alumine.

En ce qui concerne les majeurs, en première approche, il apparait que les ratios Fe_2O_3 / Al_2O_3 et TiO_2 / Al_2O_3 élevés pourraient être indicatifs d'une origine en relation avec le stockage de Mange-Garri. Les ratios CaO / Al_2O_3 et le Na_2O / Al_2O_3 pourraient ne pas être de bons candidats au regard des données disponibles, notamment du fait du caractère ubiquitaire de ces éléments. Ces premières hypothèses sont cependant fragiles en raison de l'hétérogénéité des données sur lesquelles elles s'appuient : analyse des teneurs totales dans les matériaux stockés à Mange-Garri, concentrations particulaires dans l'air, flux de déposition, teneur dans les poussières déposées sur les arbres. De plus, l'attribution d'un point à une source (stockage de Mange-Garri, usine de Gardanne ou témoin) est incertaine. Enfin, les méthodes de minéralisation et d'analyse d'une étude à l'autre

[7] Teneurs approximatives (sur lecture graphique)

induisent probablement des biais dont il est impossible de tenir compte en l'absence de données plus précises sur les protocoles appliqués dans chaque étude.

3.2. TRANSFERT HORS SITE DES POUSSIÈRES ISSUES DU SITE DE MANGE-GARRI

Les poussières émises par le site de stockage de Mange-Garri peuvent ensuite être dispersées hors site par des phénomènes d'envol, de transport et de dépôt sur les sols et les végétaux.

La section 3.2.1 présente ces phénomènes, discute les conditions météorologiques qui les conditionnent en partie, présente les résultats des modélisations de dispersion aérodynamique effectuées par ANTEA et BURGEAP, propose une analyse des données issues de la surveillance environnementale de l'exploitation par un réseau de plaquettes et conclut sur le caractère effectif de ces phénomènes d'envol, transport aérien et dépôt sur les sols et les végétaux autour du site.

Par la suite, les composés potentiellement présents dans les poussières de Mange-Garri après dépôt sur les sols ou sur la partie aérienne des végétaux peuvent se retrouver dans les denrées comestibles élaborées à partir des végétaux et animaux présents dans le secteur. La section 3.2.2 décrit ces phénomènes de transferts vers les végétaux et les animaux.

3.2.1 Envol, transport et dépôt des poussières

a) Description des phénomènes

- **Envol de poussières**

Les activités de stockage de Bauxaline exercées sur le site de Mange-Garri sont susceptibles de mettre en suspension des particules dans l'air. Le paragraphe 3.1.2 présente les sources émettrices de poussières identifiées lors de la visite du site. Les estimations effectuées par BURGEAP (2013) et ANTEA (2013 et 2015) indiquent que l'érosion éolienne sur les bassins serait la source principale d'émission en termes de flux (cf. section 3.1.4).

Deux mécanismes peuvent intervenir dans le phénomène d'envol et de mise en suspension des particules dans l'air sous l'influence du vent :

- l'envol peut être provoqué par le gradient vertical de la vitesse du vent (cf. Figure 26). Il se déclenche lorsque sa vitesse au sol est comprise entre 15 et 25 km/h (en fonction de la turbulence de l'air) (Descamps, 2004). La différence de vitesse entre le bas et le sommet d'une particule entraîne alors son aspiration vers le haut. Quand l'aspiration n'est plus assez importante, la particule est poussée par le vent et elle retombe naturellement sous l'effet de la gravité (Roose, 1994) ;
- l'érosion éolienne peut également être favorisée par des phénomènes thermiques. Les matériaux stockés, exposés au soleil, peuvent emmagasiner de l'énergie et en restituer une partie sous forme de chaleur, formant ainsi un gradient thermique dans la dépression topographique. Sous l'effet de celui-ci, un vent ascendant peut se créer et entraîner l'apparition d'un nuage de poussière. Ce phénomène est notamment observé dans la fosse des mines à ciel ouvert.

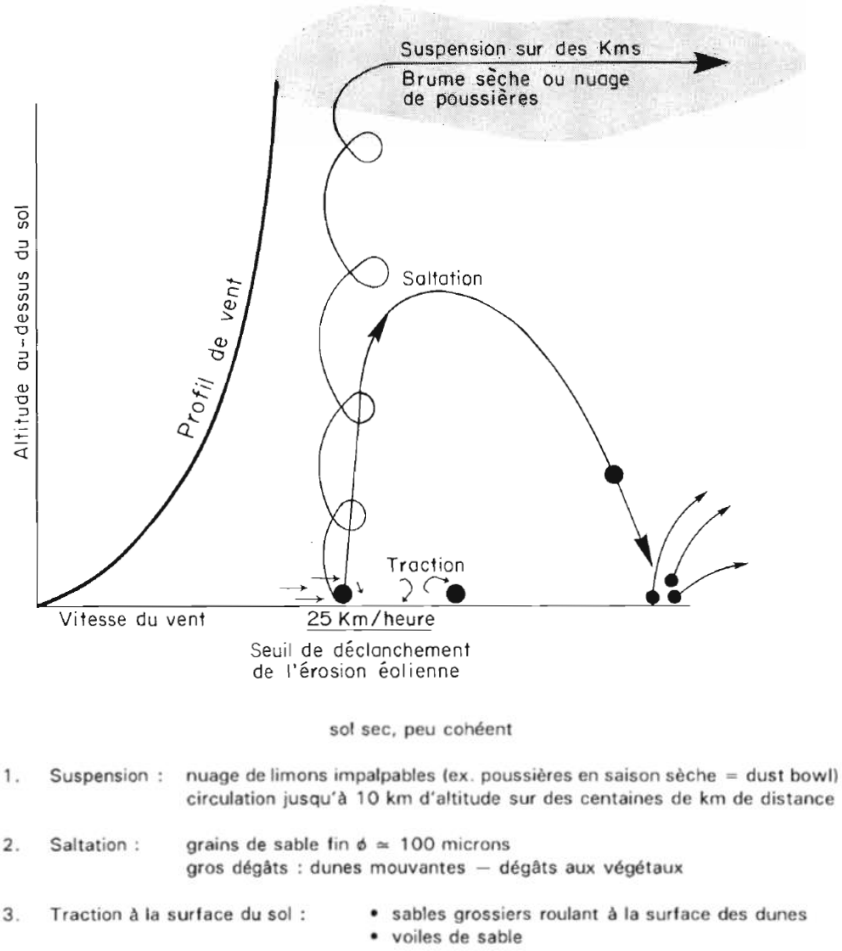


Figure 26 : Érosion éolienne, envol sous l'influence du gradient de vitesse du vent et processus de transport des poussières (Roose, 1994).

- **Transport des poussières dans l'air**

Après érosion, plusieurs phénomènes de déplacement des particules peuvent se produire en fonction des conditions météorologiques et des diamètres aérodynamiques des particules :

- suspension ;
- saltation ;
- reptation.

La durée pendant laquelle les particules séjournent dans l'atmosphère dépend principalement de leur taille. Des mouvements de convention peuvent entrainer les particules en altitude où des phénomènes de dilution et de dispersion se produisent. Les particules sont alors transportées sur des distances plus ou moins importantes en fonction de leur diamètre aérodynamique.

La Figure 27 présente des distances moyennes parcourues par des particules dans l'air en fonction de leur diamètre aérodynamique et de la vitesse du vent. Les particules les plus fines sont ainsi susceptibles de parcourir des centaines voire des milliers de kilomètres.

Taille des particules (µm)	200	100	30	10	5	1
Distance parcourue pour un vent de 10 km/h (km)	0,03	0,15	0,6	14	42	140
Distance parcourue pour un vent de 30 km/h (km)	0,1	0,4	1,8	40	125	4 165

Figure 27 : Illustration de l'influence du vent et de la taille des particules sur le transport des poussières (UNICEM 2011).

L'envol et le transport éolien des poussières dépendent également fortement de la morphologie du site, comme l'illustre la figure ci-dessous (cf. Figure 28).

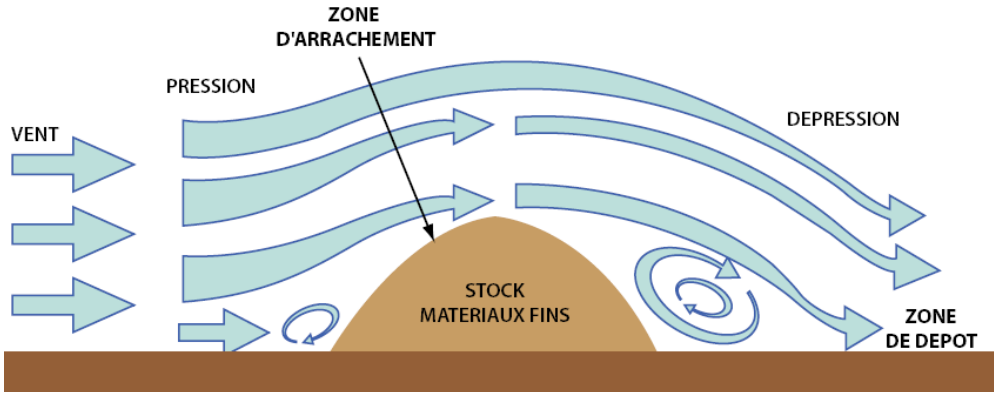


Figure 28 : Illustration de l'influence de la morphologie du site sur l'envol et le transport des poussières (UNICEM 2011).

- **Dépôt des poussières**

Les particules présentes dans l'air se déposent sur les sols soit par dépôt sec, soit par dépôt humide :

- le dépôt sec (ou sédimentation) concerne plus particulièrement les particules lourdes (diamètre aérodynamique supérieur à 5 µm) ainsi que les particules restant en suspension à proximité du sol et se déposant dans les heures suivant leur envol. Les dépôts secs peuvent se produire directement sur les sols de surface mais également sur les végétaux ;
- le dépôt humide concerne plus particulièrement les particules fines (diamètre aérodynamique inférieur à 5 µm). Les particules fines peuvent servir de noyau de condensation et ainsi être intégrées aux gouttelettes présentes dans les nuages. Lorsque la taille de ces gouttelettes est suffisante pour déclencher la pluie, les particules sont évacuées avec les précipitations.

Le dépôt humide peut également concerner les particules plus lourdes situées à basse altitude lors des évènements pluvieux, lesquelles sont alors entrainées vers le sol par les gouttes d'eau.

Il convient également de préciser qu'une fois déposées, les particules peuvent être remises en suspension via les phénomènes évoqués en section 3.2.1-a. En fonction des secteurs et des conditions environnementales, la remise en suspension peut contribuer fortement aux concentrations en particules totales dans l'air.

b) Conditions météorologiques locales

- **Généralités**

La zone d'étude est soumise au climat provençal qui se caractérise notamment par :

- un ensoleillement important avec des étés secs ;
- un vent violent qui emprunte la vallée du Rhône (le Mistral) ;
- des précipitations fortes et soudaines.

Les données présentées dans les paragraphes suivants ont été collectées auprès de Météo France et sont issues de la station d'Aix-les-Milles (sur la période allant du 01/01/2007 au 31/05/2015) située à environ 6,2 km au nord-ouest du stockage de Mange-Garri.

Le Tableau 14 présente les paramètres pour lesquels les données quotidiennes ont été analysées.

Code météo France	Nom du paramètre	Définition du paramètre
RR	Hauteur de précipitations	Il s'agit de la hauteur de pluie (ou de fusion de la neige) recueillie entre 06H00 UTC le jour J et 06H00 UTC le lendemain (J+1). Unité: millimètres et dixièmes (1 mm est équivalent à 1 litre d'eau par m²).
TM	Température moyenne sous abri (24 observations)	Il s'agit de la moyenne des 24 valeurs horaires (de 01 UTC le jour J à 00 UTC du jour J+1) de température de l'air relevée sous abri. Unité: degrés Celsius et dixièmes.
FXI	Vitesse du vent instantané maximal	Il s'agit de la vitesse maximale du vent instantané, relevée entre 00 UTC le jour J et 00 UTC le lendemain (J+1). Hauteur de la mesure: 10 mètres. Unité: mètres par seconde et dixièmes (1 $m.s^{-1}$ = 3,6 km/h = 1,945 nœuds).
DXI	Direction du vent instantané maximal (à 10 mètres)	Direction du maximum quotidien du vent instantané. Hauteur de la mesure: 10 mètres. La direction du vent s'exprime en degrés, de 0 à 360. Elle indique la direction d'où vient le vent. Exemple: - 90: vent d'est - 180: vent du sud - 270: vent d'ouest - 360: vent du nord - 0: vent calme.

Tableau 14 : paramètres météorologiques analysés

- **Températures et précipitations**

La collecte des données météorologiques a montré sur la période 2007-2015 les évolutions annuelles de la température et des précipitations récapitulées sur la Figure 29 et la Figure 30.

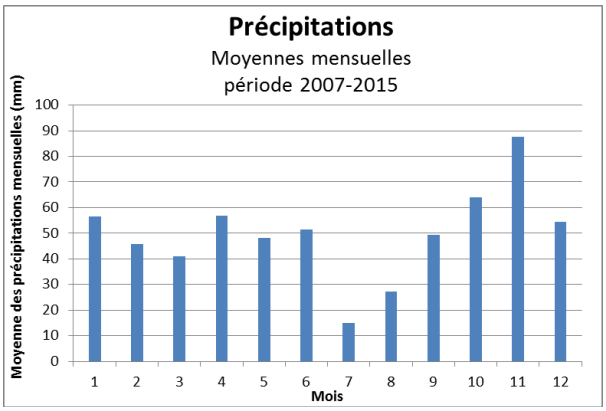


Figure 29 : Moyennes mensuelles des précipitations (en mm) sur la période 2007-2015.

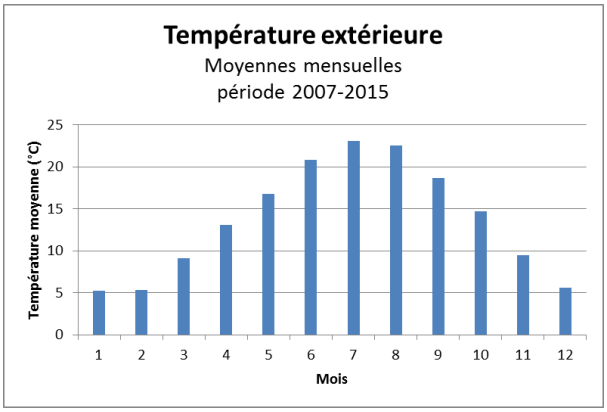


Figure 30 : Moyennes mensuelles des précipitations (en °C) sur la période 2007-2015.

La courbe de température est caractéristique de la Provence avec des moyennes dépassant les 20 °C de juin à septembre.

Sur la période étudiée, les précipitations annuelles moyennes sont d'environ 600 mm. Il est à noter que 90 % des précipitations quotidiennes sont inférieures à 4,5 mm / jour mais que des épisodes plus importants allant jusqu'à 96 mm/jour ont été observés. Ces constats sont représentatifs du climat méditerranéen où les précipitations sont généralement fortes et soudaines.

- **Vents**

Caractéristiques régionales :

Les vents régionaux présentent des particularités en termes de vitesse et de direction qui les distinguent fortement du vent de grande échelle majoritairement imposé par les anticyclones et les dépressions. Ces vents régionaux dépendent de facteurs topographiques et de situations météorologiques locales. La Figure 31 présente les principaux vents en région Provence.

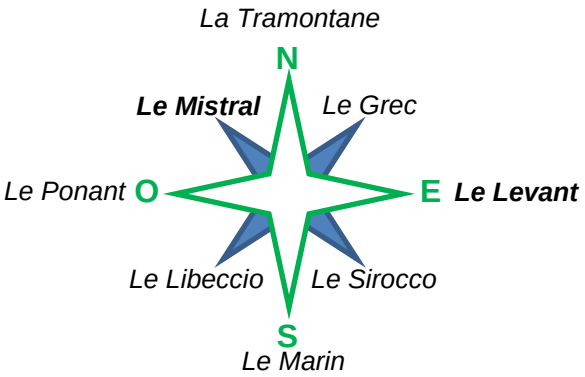


Figure 31 : Principaux vents en Provence.

Deux vents principaux ont été identifiés dans la zone d'étude : le Mistral et le Levant.

Caractéristiques de la zone d'étude :

L'analyse des données relatives au vent (vitesses et direction) a permis de confirmer les points suivants (cf. Figure 32 et Figure 33) :

- la zone d'étude est soumise à deux vents principaux :
  - le Mistral (secteur nord-ouest) : c'est le vent dominant sur la zone d'étude avec des vitesses moyennes d'environ 50 km/h et pouvant dépasser les 100 km/h ;
  - le Levant (secteur est) : c'est le second vent principal sur la zone d'étude avec des vitesses moyennes d'environ 50 km/h et pouvant dépasser les 80 ou 100 km/h.
- il est également constaté quelques épisodes de vent de secteur sud-ouest, et la quasi-absence de vent de secteur nord-est.

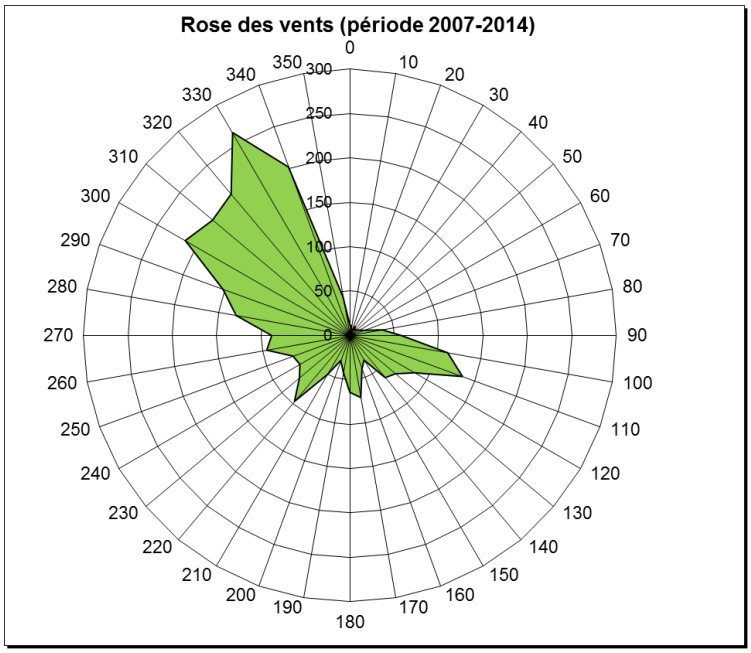


Figure 32 : Rose de vents (station d'Aix-les-Milles) sur la période 2007-2015 (répartition du nombre d'épisodes de vent en fonction de la direction (en degrés)).

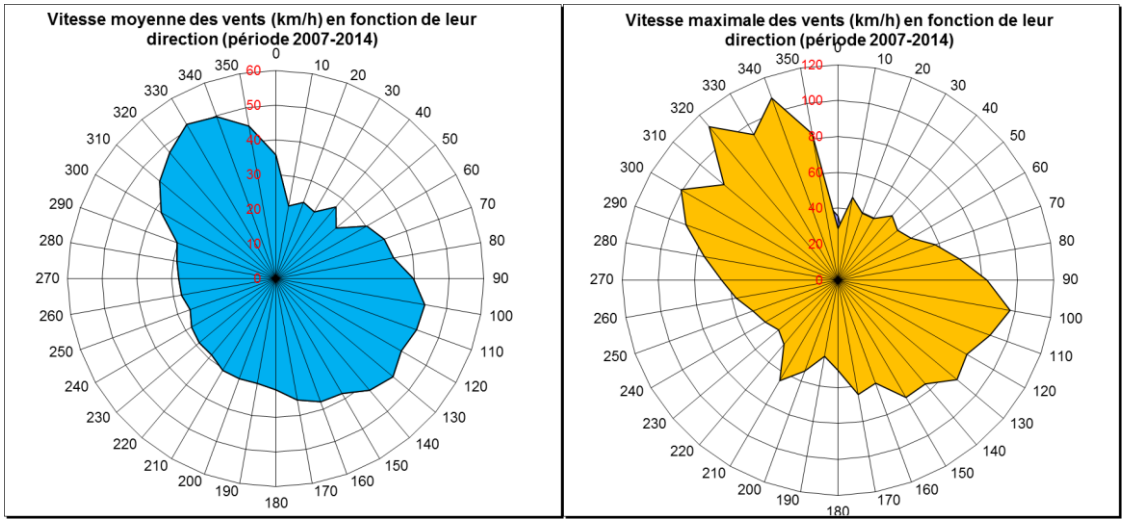


Figure 33 : Vitesses moyennes et maximales des vents (station d'Aix les milles) sur la période 2007-2015 en fonction de la direction (en degrés).

Concernant les directions et vitesses de vent, il apparait des variations saisonnières (cf. Figure 34 et Figure 35) avec les constats principaux suivants :

- Mistral : dominance du mistral (secteur Nord-Ouest) durant la totalité de l'année ;
- Levant :
  - faible fréquence du Levant (secteur est) pendant la période estivale ;
  - fréquence plus importante du Levant (secteur est) principalement durant la période automnale, puis hivernale et enfin printanière.

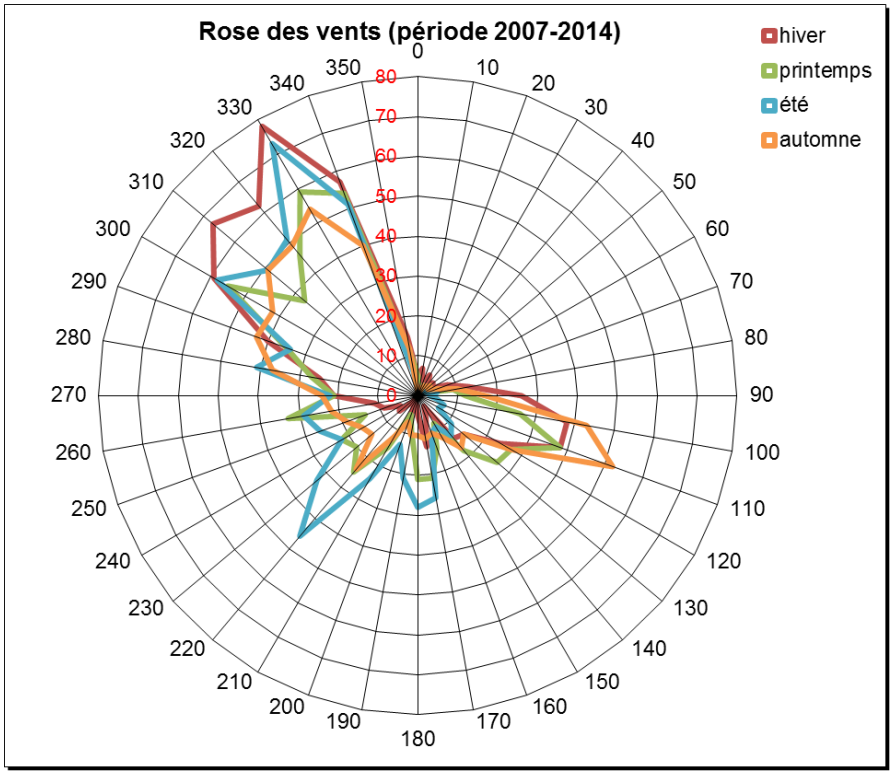


Figure 34 : Roses de vents (station d'Aix-les-Milles) saisonnières sur la période 2007-2015 (répartition du nombre d'épisodes de vent en fonction de la direction (en degrés)).

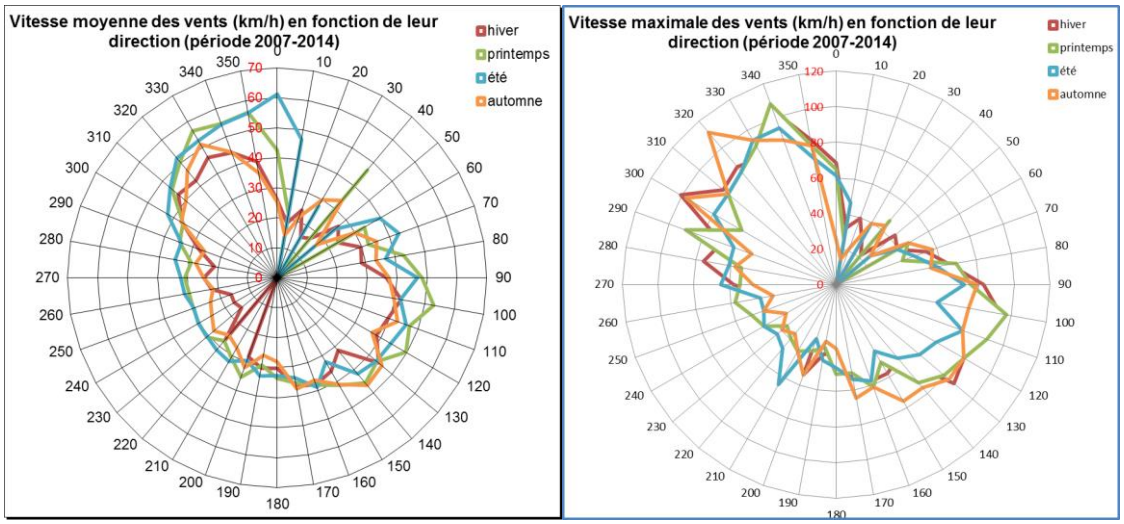


Figure 35 : Vitesses moyennes et maximales saisonnières des vents (station d'Aix-les-Milles) sur la période 2007-2015 en fonction de la direction (en degrés).

c) Modélisation de la dispersion atmosphérique des particules et estimation des flux de dépôt dans le voisinage

À partir des émissions estimées à l'aide des équations de l'AP42 de l'US-EPA (cf. section 3.1.4-b), ANTEA (2013 et 2015) et BURGEAP (2013) ont modélisé la dispersion aérodynamique des particules émises du site de Mange-Garri et estimé les flux de dépôt au moyen du logiciel ADMS (Advanced Air Dispersion Model - version 4 pour BURGEAP et 5 pour ANTEA).

Le Tableau 15 compare les résultats des modélisations effectuées par ANTEA (2013 et 2015), par BURGEAP (2013) et les résultats de la surveillance environnementale réglementaire des dépôts de poussières effectuée par ALTEO sur la période 2010-2012 (plaquettes).

Points de mesure	Dépôt moyen en particules sèches totales mesuré entre 2010-2012	Dépôt moyen en PM10 lors la mise en activité des bassins modélisé par ANTEA				Résultat de la modélisation réalisée par BURGEAP (g/m²/j)
	Particules sèches totales mesurées (g/m²/j)	bassin 5 (g/m²/j)	% des dépôts totaux liés au bassin 5	bassin 6 (g/m²/j)	% des dépôts totaux liés au bassin 6	
9 - Digue Bassin 6	1,1E-01	2,7E-03	40 %	2,9E-03	42 %	
13 - Entrée Mange-Garri	1,9E-01	1,4E-03	21 %	1,6E-03	21 %	2,2E-03
2 - Drain B7	8,2E-02	8,3E-04	13 %	9,6E-04	13 %	1,6E-03
5 - Clôture Ouest	9,5E-02	5,1E-04	8 %	6,6E-04	8 %	7,0E-04
3 - Petit chemin d'aix	7,3E-02	2,7E-04	4 %	3,4E-04	4 %	-
4 - Panneau Bouc Bel Air	4,9E-02	2,1E-04	4 %	2,9E-04	3 %	-
7 - Mullanu	8,6E-02	2,2E-04	4 %	2,8E-04	3 %	-
8 - Sécurité Civile	4,9E-02	1,4E-04	2 %	1,8E-04	2 %	
1 - Valabre	8,6E-02	1,1E-04	2 %	1,3E-04	2 %	5,0E-04
6 - Quatres chemins	5,6E-02	9,8E-05	2 %	1,2E-04	2 %	-
10 - Pied digue bassin 5	2,1E-02	-	-	-	-	-
11 - Digue Bassin 5	7,2E-02	-	-	-	-	-
12 - Bassin 5	1,3E+00	-	-	-	-	-

Tableau 15 : Comparaison des résultats de modélisation avec les mesures du suivi (ANTEA, 2013 et 2015).

Les dépôts moyens modélisés par ANTEA et BURGEAP sont cohérents entre eux.

La comparaison entre d'une part les dépôts moyens mesurés dans le cadre de la surveillance environnementale et d'autre part les dépôts moyens modélisés par ANTEA (2013 et 2015) et BURGEAP (2013) montre que les résultats des dépôts modélisés sont inférieurs aux résultats des dépôts mesurés sur le terrain par la société ALTEO.

ANTEA (2015) indique que la différence observée entre les relevés de terrain et les résultats de la modélisation s'explique par le fait que :

- les mesures de terrain prennent en compte le dépôt de particules sédimentables alors que la modélisation ne concerne que les PM10 ;
- la modélisation ne concerne que les particules issues de Mange-Garri tandis que les mesures de terrain prennent en compte la totalité des émissions diffuses.

ANTEA conclut que les zones d'impact des dépôts observés sur le terrain et des dépôts modélisés étant globalement identiques, les résultats de dispersion atmosphérique sont validés.

Avis du BRGM concernant la validation du modèle :

Dans le cadre de la mission confiée par la DGPR au BRGM, à l'ANSES et à l'IRSN, cette modélisation fait l'objet d'une analyse critique menée par l'ANSES.

Le BRGM valide les explications concernant les différences observées entre les relevés de terrain et les résultats de la modélisation. Cependant, bien que la comparaison des zones d'impact montre des similarités, cette seule comparaison ne permet pas de valider le modèle de dispersion atmosphérique.

En effet, en l'absence de mesures de terrain permettant d'une part d'évaluer les PM10 dans l'air autour du site de Mange-Garri et d'autre part d'évaluer la part des concentrations mesurées attribuables à Mange-Garri (mesures permettant de discriminer le bruit de fond), le modèle ne pourra pas être calé sur des données de terrain. Et en l'absence de ce calage, la validité du modèle ne peut pas être confirmée.

d) Analyse des données liées au suivi des poussières sédimentables sèches

Le site est soumis à un suivi des poussières sédimentables sèches via un réseau de plaquettes de prélèvement situé au droit et à l'extérieur du site de Mange-Garri (ALTEO, mail du 25/05/2015). Le réseau de plaquettes a augmenté au cours du temps à la demande de la DREAL, afin de couvrir au mieux le site et ses alentours. Ces suivis sont réalisés selon la norme NF X 43-007 (Détermination de la masse des retombées atmosphériques sèches).

De décembre 2006 à novembre 2012, une surveillance de retombées de poussières était assurée par un réseau de mesures (plaquettes) qui comprenait 4 stations de mesures. Le seuil réglementaire était de 1 g/m²/jour.

Depuis le 16/11/2012, la surveillance des retombées de poussières comprend 13 stations de mesures. Chaque point de mesure fait l'objet d'un relevé tous les quinze jours suivant la norme NFX 43-007. Le seuil réglementaire est fixé à 0,5 g/m²/jour.

La Figure 3 (p. 27) localise l'ensemble des stations du réseau de surveillance.

Le tableau suivant présente la liste des stations, leur position par rapport au site de Mange-Garri, la moyenne des dépôts pour chacune d'elle et le nombre d'analyses réalisées depuis le début des suivis.

Remarque : les stations n° 7 (Mullanu), 10 (Pied digue bassin 5) et 12 (bassin 5) ont été suspendues pour diverses raisons (travaux, inaccessibilité), ce qui explique le faible nombre de mesures.

Il est à noter qu'indépendamment de la surveillance réglementaire prescrite, ALTEO a renforcé ce réseau avec un suivi comprenant :

- en 2012 : l'ajout de 1 plaquette située à l'est du site (Bompertuis) ;
- en 2013 : l'ajout de 1 plaquette sur le site (Bassin 7) ;
- en 2015: l'ajout de 2 plaquettes sur le site (Ancienne Bascule et Clarinette B7).

Plaquette	distances et position par rapport au site de Mange-Garri	moyenne des dépôts (g/m^2/jour)	nombre de relevés
1 - Valabre	700 m / N	0,10	211
2 - Drain B7	250 m / NO	0,09	204
3 - Petit chemin d'aix	500 m / ONO	0,14	67
4 - Panneau Bouc Bel Air	850m / O	0,12	67
5 - Clôture Ouest	850m / O	0,09	184
6 - Quatres chemins	450m / SO	0,09	67
7 - Mullanu	950m / SE	0,09	8
*Bompertuis**	*1500 m / ESE*	*0,09*	*64*
8 - Sécurité Civile	750m / NNE	0,09	67
9 - Digue Bassin 6	Sur site	0,14	67
10 - Pied digue bassin 5	Sur site	0,02	8
11 - Digue Bassin 5	Sur site	0,13	63
12 - Bassin 5	Sur site	0,26	8
*Bassin 7**	*Sur site*	*0,10*	*41*
*Ancienne Bascule**	*Sur site*	*0,46*	*6*
*Clarinette B7**	*Sur site*	*0,16*	*6*
13 - Entrée Mange-Garri	Limite sud	0,16	197
** : plaquettes ajoutées par ALTEO (en dehors du suivi encadré par arrêté)*			

Tableau 16 : liste des stations de suivi des poussières sédimentables sèches avec localisation par rapport au site de Mange-Garri, moyenne des dépôts et nombre de relevés réalisés depuis le début des suivis

L'étude des moyennes des dépôts permet de constater que :

Sur site :

- les plaquettes situées sur site (plaquettes 9 à 12 + Bassin 7, Ancienne Bascule et Clarinette B7) présentent les moyennes les plus élevées. Cela s'explique par la grande proximité de ces stations avec les activités émettrices de poussières.

Hors site :

- la plaquette située à l'entrée du site (plaquette 13) est la plaquette hors site présentant la moyenne la plus élevée. Cela s'explique par :
  - la proximité de cette plaquette avec les activités émettrices de poussières, et
  - le passage quotidien des camions amenant la Bauxaline depuis l'usine de Gardanne.
- les plaquettes 2, 5, 6, 7 et 8 présentent toutes une moyenne de 0,09 g/m^2/jour. Ces plaquettes sont situées à respectivement 250 m au NO, 850m à l'O, 450m au SO, 950m au SE et 750m au NNE. Les points 2, 6 et 8 étant situés en dehors des zones soumises aux vents dominants, les

moyennes de dépôts de ces points pourraient correspondre au bruit de fond des dépôts de particules. Les plaquettes 5 et 7, bien que situées respectivement en aval éolien du Levant et du Mistral présentent des dépôts moyens équivalents au bruit de fond supposé issu des points 2, 6 et 8 ;

- la plaquette Bompertuis présente une moyenne de 0,10 g/m²/jour. Cette plaquette est située à 1 500 m à l'ESE du site et les dépôts moyens mesurés sont très proches du bruit de fond supposé issu des points 2, 6 et 8 ;
- les plaquettes 1, 3 et 4 présentent des moyennes de 0,10, 0,14 et 0,12 g/m²/jour. Ces plaquettes sont situées à respectivement à 700 m au N, 500 m à l'ONO et 850 m à l'O. Les dépôts moyens sur ces plaquettes étant légèrement supérieurs au bruit de fond issu des points 2, 6 et 8, une influence du site de Mange-Garri ne peut être exclue notamment pour les points 3 et 4 situés en aval éolien du Levant.

Au vu des durées d'exposition des plaquettes (15 jours), il n'a pas été possible d'établir de corrélation entre la répartition spatiale des dépôts de poussières sédimentables, les conditions météorologiques (précipitations et vent notamment) et les conditions d'arrosage du site. En effet, les conditions météorologiques sont trop variables sur une période de 15 jours pour permettre d'identifier des tendances claires.

Une analyse des épisodes de dépôt de poussières les plus intenses a cependant été réalisée. La Figure 36présente les résultats de la surveillance de retombées de poussières et l'identification de 8 principaux épisodes de dépôt.

L'analyse de ces 8 épisodes est présentée dans le Tableau 17.

Les éléments principaux ressortant de cette analyse sont les suivants :

- le plus grand nombre de pics de dépôts de poussières sèches concerne la plaquette 13 située à l'entrée du site de Mange-Garri (retenue pour 5 des 8 épisodes). Au regard de sa proximité avec les voies de passage des camions allant et venant du site, une influence importante de ce trafic sur les envols et dépôts de poussières est suspectée. Cette influence semble cependant géographiquement restreinte au regard des résultats provenant de la plaquette n° 7 située en contrebas, mais également à proximité des voie de passage des camions issus de l'usine de Gardanne ;
- pour 1 des 8 épisodes retenus (épisode n°6 du 26/02 au 12/03/2013 : 0,72 g/m²/jour sur le point n° 3 situé à 500 m à l'ONO), un lien probable entre les conditions météorologiques et les dépôts, traduisant l'influence du site de Mange-Garri, a été établi. Au cours de la période concernée, des vents d'est (Levant) ont balayé la zone d'étude avec des vitesses allant jusqu'à 100 km/h ;
- pour les 7 autres épisodes, aucune influence avérée du site de Mange-Garri sur les dépôts de poussières hors site n'a été démontrée. Les liens entre les pics de dépôts de poussières et les conditions météorologiques (vents et précipitations) étaient soit difficilement exploitables en raison des variations importantes de la direction du vent pendant la période d'exposition des plaquettes, soit sans lien entre la direction du vent et les plaquettes recevant le plus de dépôts.

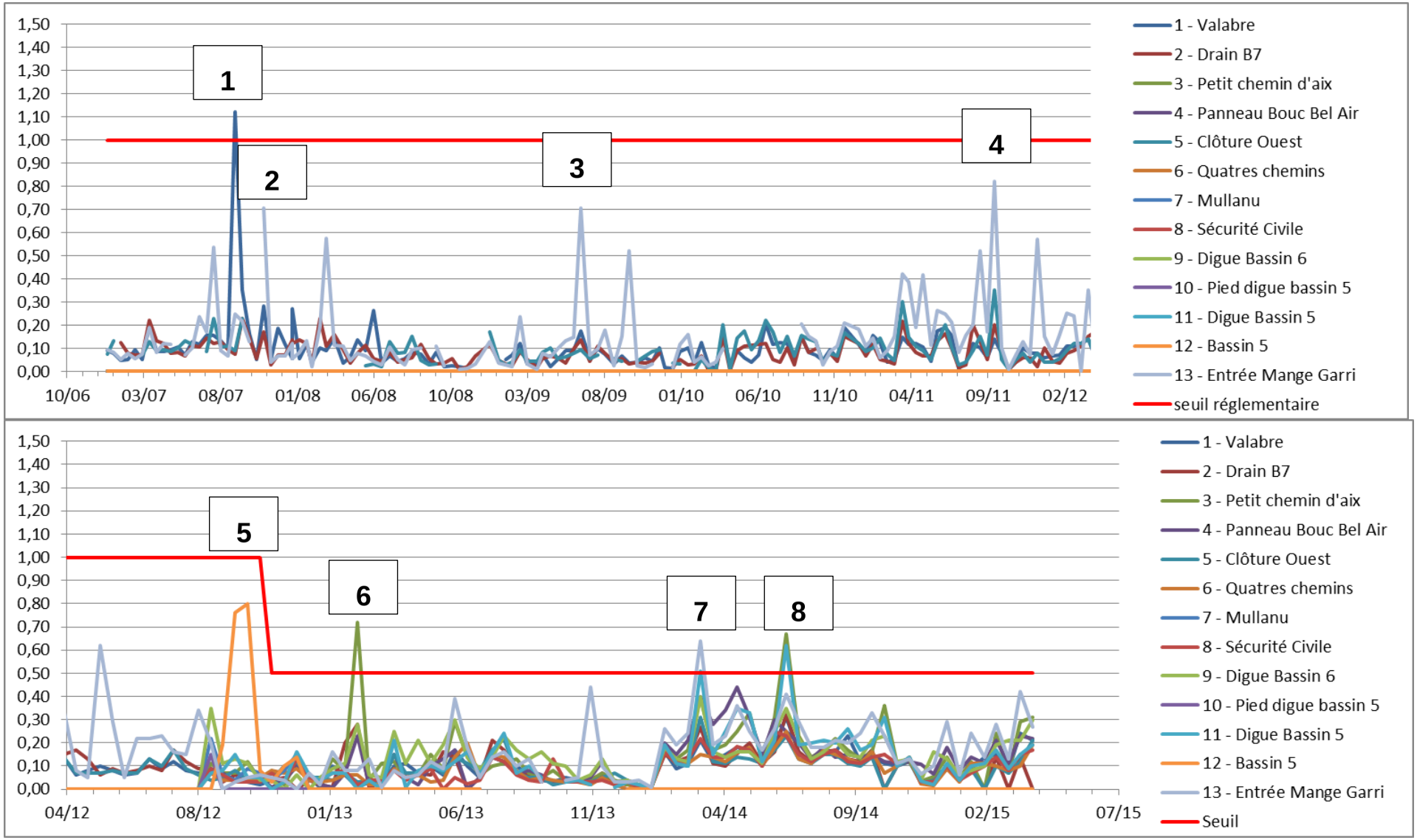


Figure 36 : Suivi des poussières sédimentables sèches sur plaquettes et identification des principaux épisodes de dépôt (g/m²/j).

N°	Date d'exposition de la plaquette	constats	Conditions météo	Avis sur l'épisode
1	04 au 17/09/2007	1,12 g/m²/jour sur **point 1** (700m / N)	Vent de secteur ouest à nord-ouest (max : 70 km/h) Précipitations : 0,8 mm	Faible probabilité de lien avec les activités de Mange-Garri (pas de lien entre la direction des vents et la localisation de la plaquette)
2	30/10 au 12/11/2007	0,71 g/m²/jour sur **point 13** (limite sud)	Vent de secteur nord-ouest et sud- ouest (max : 70 km/h) Précipitations : 0,8 mm	Lien probable avec l'activité du site : plaquette située en aval éolien immédiat
3	10 au 27/07/2009	0,70 g/m²/jour sur **point 13** (limite sud)	Vent de secteur nord-ouest (max : 70 km/h) et est (max : 50 km/h) Précipitations : 0,4 mm	Lien probable avec l'activité du site : plaquette située en aval éolien immédiat
4	27/09 au 11/10/2011	0,82 g/m²/jour sur **point 13** (limite sud)	Vent de secteur ouest et nord-ouest (max : 70 km/h) principalement Précipitations : 1,6 mm	Lien probable avec l'activité du site : plaquette située en aval éolien immédiat
5	10 au 23/10/2012	0,76 g/m²/jour sur **point 12** (sur site)	Vent principalement de secteur sud-est (max : 60 km/h) avec des passages nord-ouest (max : 70 km/h) Précipitations : 40,2 mm	Lien probable avec l'activité du site : plaquette située au droit du site Les plaquettes situées sur les bordures ont montré des teneurs beaucoup plus faibles (en raison des fortes intempéries)
	24 au 06/11/2012	0,80 g/m²/jour sur **point 12** (sur site)	Vent de secteur nord-ouest (max : 100 km/h) principalement Précipitations : 82,8 mm	
6	26/02 au 12/03/2013	0,72 g/m²/jour sur **point 3** (500 m / ONO)	Vent de secteur est (max : 100 km/h) Précipitations : 16,2 mm	Lien probable avec l'activité du site Les autres plaquettes situées à l'ouest n'ont pas montré de signe d'impact (4 - Panneau Bouc Bel Air et 5 - Clôture Ouest)
7	25/03 au 08/04/2014	0,64 g/m²/jour sur **point 13** (limite sud) 0,51 g/m²/jour sur **point 11** (sur site) 0,40 g/m²/jour sur **point 3** (500 m / ONO) 0,40 g/m²/jour sur point 4 (850 m / O) 0,40 g/m²/jour sur point 9 (sur site)	Vent variable (NO : 40 km/h ; E : 70 km/h : S : 30 km/h) Précipitations : 16,2 mm	Lien difficilement définissable en raison des variations importantes du vent
8	01 au 15/07/2014	0,67 g/m²/jour sur **point 3** (500 m / ONO) 0,62 g/m²/jour sur **point 11** (sur site) 0,41 g/m²/jour sur **point 13** (limite sud)	Vent de secteur nord-ouest (max : 80 km/h) uniquement Précipitations : 8,2 mm	Hors site (point 3) : faible probabilité de lien avec les activités de Mange-Garri (pas de lien entre la direction des vents et la localisation de la plaquette Sur site (points 11 et 13) : lien probable avec les activités du site et le sens du vent

Tableau 17 : Analyse des liens entre les épisodes de dépôt et les conditions météorologiques.

e) Conclusion sur la prise en compte de la voie de transfert : envol, transport et dépôt

L'analyse des résultats de la surveillance des plaquettes de dépôt met en évidence une influence probable du site de Mange-Garri sur les masses de poussières déposées hors site pour :

- la plaquette située à l'entrée du site (point 13) du fait de sa la proximité avec les activités émettrices de poussières du site et du passage quotidien des camions amenant la Bauxaline depuis l'usine de Gardanne ;
- les plaquettes situées en aval éolien du Levant (points 3 et 4).

Plusieurs épisodes de dépôt plus intenses hors site ont été notés. Les seules relations probables entre les dépôts lors de ces épisodes intenses de poussières et le site de Mange-Garri concernent les plaquettes 3 et 13. Pour les autres points, aucune influence avérée du site de Mange-Garri sur les dépôts de poussières n'a été démontrée. Les liens entre les pics de dépôts de poussières et les conditions météorologiques (vents et précipitations) étaient soit difficilement exploitables en raison des variations importantes de la direction du vent pendant la période d'exposition des plaquettes, soit sans lien entre la direction du vent et les plaquettes recevant le plus de dépôts.

Au regard de ces éléments, le vecteur de transfert hors site des poussières par envol, transport et dépôt sur les sols et les végétaux est retenu.

3.2.2 Transfert vers les végétaux et les animaux

a) Transfert depuis les sols et l'air vers les végétaux

Les deux voies principales de pénétration d'un polluant dans les plantes sont les racines et les feuilles. Selon les caractéristiques physico-chimiques des substances et le contexte environnemental, l'une ou l'autre voie sera prépondérante. Ensuite, à l'intérieur de la plante, la circulation des polluants depuis les racines vers les feuilles sera assurée par la sève brute et depuis les feuilles vers les autres organes par la sève élaborée. Les polluants présents dans l'air peuvent également s'accumuler sur les feuilles et les autres organes aériens des plantes (cf. Figure 37).

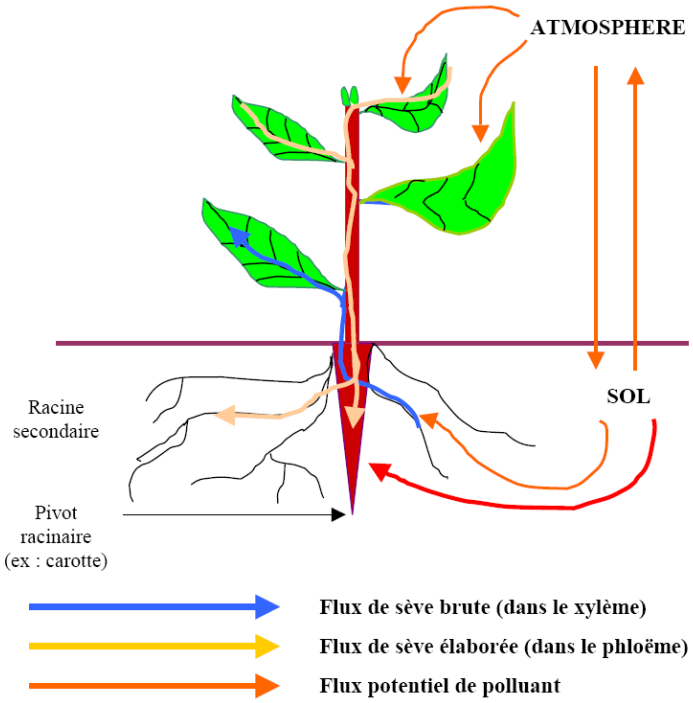


Figure 37 : Schéma synthétisant les flux potentiels de polluants au sein de la plante et dans son environnement (extrait de Denys, 2002)[8].

Au regard de ces éléments, trois phénomènes de transferts vers les végétaux cultivés pour l'alimentation humaine ou animale sont à envisager dans le cas présent :

- *Sol → Végétaux :* Après dépôt au sol (sec et/ou humide), les particules issues du stockage de Mange-Garri potentiellement chargées en certains composés inorganiques et organiques peuvent se mêler à la matrice du sol. Les végétaux cultivés sur ces sols sont alors susceptibles d'absorber ces composés par voie racinaire ;
- *Air → Végétaux :* Si les poussières issues du stockage de Mange-Garri peuvent se déposer sur les sols, elles peuvent également se déposer directement sur la partie aérienne des plantes cultivées. Il peut alors y avoir pénétration des substances contenues dans ces poussières par les feuilles dans l'organisme et/ou simplement accumulation de ces substances en surface des organes aériens ;
- *Sol → Air → Végétaux :* les poussières issues du stockage déposées au sol peuvent être remobilisées sous l'action du vent ou de la chaleur, s'envoler et venir se déposer sur la partie aérienne des plantes cultivées. Leurs constituants peuvent alors, de la même manière, être absorbés par les feuilles et/ou accumulés en surface.

Les composés absorbés par le végétal peuvent ensuite être transportés par les circulations de sève, brute et élaborée, vers les organes comestibles où ils peuvent potentiellement être accumulés.

b) Transfert depuis les sols et les végétaux vers les animaux

Les animaux d'élevage, de même que les animaux sauvages, sont susceptibles :

- de s'alimenter à partir de végétaux potentiellement impactés par les poussières issues du site de Mange-Garri selon les mécanismes explicités ci-dessus ;
- d'ingérer de la terre de surface potentiellement impactée par les poussières issues du site de Mange-Garri selon les mécanismes explicités en section 3.2.1.

[8] S. Denys (2002) Modèles de transfert sol-plante des polluants organiques, Tome 1 : revue bibliographique, rapport INERIS DRC-02-41200/DESP-R21a

3.3. IDENTIFICATION DES ENJEUX AU VOISINAGE DU SITE

3.3.1 Occupation et usages des sols au voisinage du site

L'identification de l'occupation des sols et des usages existants au voisinage du site a consisté à identifier :

- les usages résidentiels :
  - les habitations,
  - les jardins potagers privatifs,
  - les jardins potagers ouvriers,
- les usages agricoles, distinguant dans la mesure du possible :
  - les champs cultivés autres que vignes,
  - les vignes,
  - les pâturages et élevages,
- les établissements sensibles ;
- les zones de promenade et VTT au plus proche du site.

Elle repose sur les sources suivantes :

- l'analyse détaillée de la photographie aérienne du secteur (photographie aérienne du 01/08/2014 ; source : Google Earth) ;
- les visites des environs du site effectuées le 27 et le 28/04/2015 ;
- les informations fournies par ALTEO et les observations effectuées lors de la visite du site de Mange-Garri le 28/04/2015 ;
- les sites internet d'itinéraires de randonnées[9] et VTT[10] ;
- la carte topographique de l'IGN au 1/25 000 ;
- les sites internet des communes de Gardanne et Bouc Bel Air.

Elle se concrétise par une restitution cartographique de l'ensemble des informations collectées (cf. Figure 38).

[9] http://www.randomania.fr/boucle-autour-de-mange-garri/

[10] http://la-trace.com/itineraires/vtt/594/mange-garry-et-montaiguet

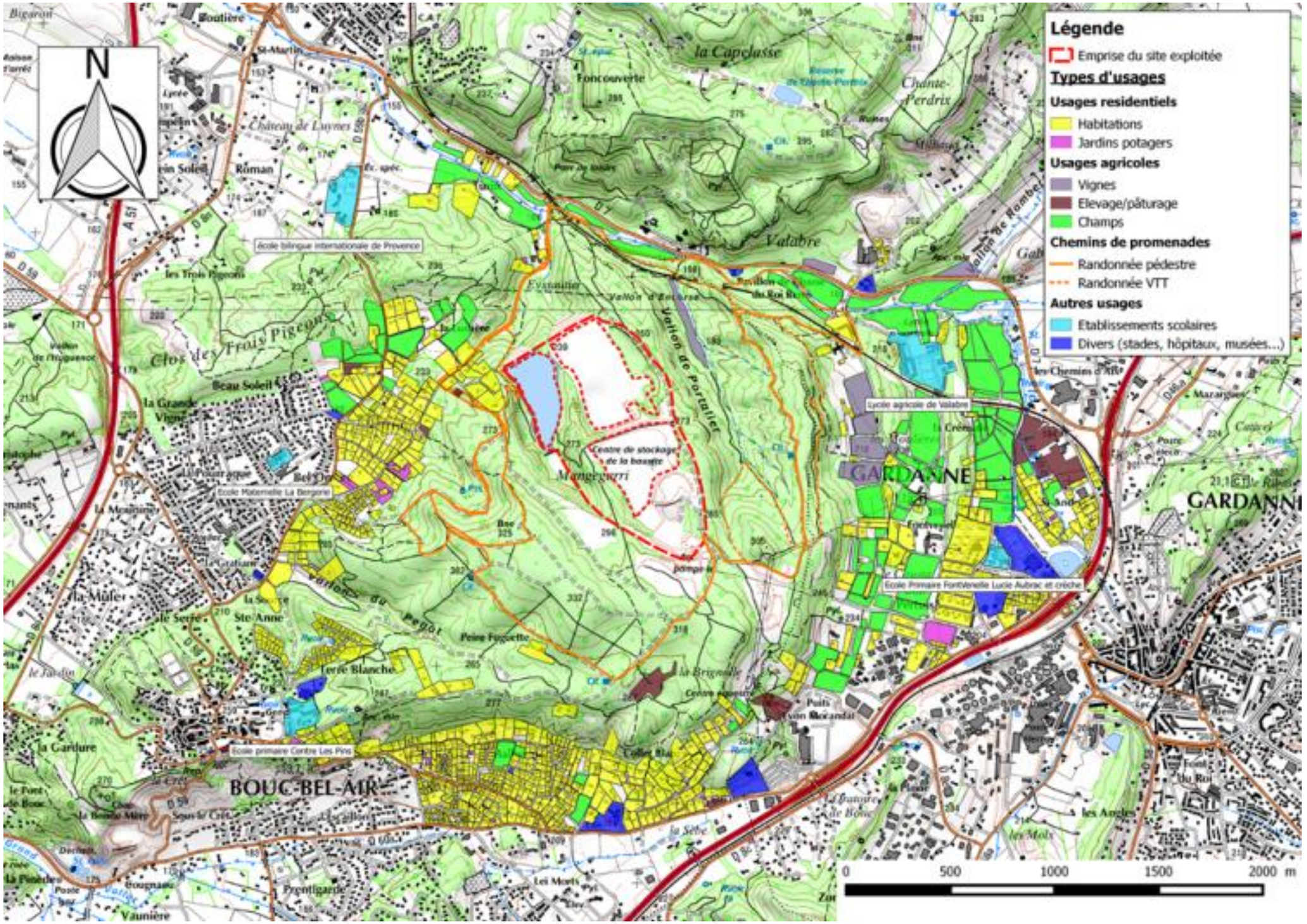


Figure 38 : cartographie de l'occupation du sol et des usages au voisinage du site de Mange-Garri

Notons en particulier que les abords immédiats de la partie exploitée du site de stockage de Mange-Garri, où se trouvent notamment le stock stratégique de Bauxite et les bassins historiques (n° 1 à n° 4), ne sont pas clôturés. Ils constituent le « bois de Bouc Bel Air », lieu de promenade des riverains. Lors de la visite (28/04/2015), des promeneurs, vététistes et cavaliers ont été observés dans ce secteur. Le personnel d'ALTEO confirme la pratique du VTT, de la chasse, de la promenade, du footing, de l'équitation, du quad et de la cueillette de champignons dans ce secteur.

Le Tableau 18 précise pour chaque usage des sols l'occurrence la plus proche de la partie exploitée du stockage.

Nature de l'usage	Distance de la première occurrence à l'ouest du site, sous le Levant	Distance de la première occurrence au sud-est du site, sous le Mistral
Usages résidentiels		
Habitations	80 m à l'ouest du bassin n° 7	1 200 m au sud-est du bassin n° 5
Jardins potagers privatifs	870 m au sud-ouest du bassin n° 7	2 000 m à l'est-sud-est du bassin n° 5
Jardins potagers ouvriers	-	1 900 m au sud-est du bassin n° 5 (le long de la route d'accès à Mange-Garri)
Usages agricoles		
Champs cultivés autres que vignes	340 m au nord-ouest du bassin n° 7	1 300 m au sud-est du bassin n° 5
Vignes	-	330 m à l'est du bassin n° 6 1 100 m au sud-est du bassin n° 6
Pâturages et élevages	700 / 900 m à l'ouest du bassin n° 7	1 400 m au sud sud-est du basin n° 5
Loisirs		
Itinéraire de promenade/VTT	30 m à l'ouest du bassin n° 7	340 m au sud-est du bassin n° 5

Tableau 18 : Distance de l'occurrence la plus proche de chaque usage des sols par rapport à la partie exploitée du stockage.

Les habitations dans le secteur d'étude sont majoritairement des habitations individuelles avec jardin.

Les établissements sensibles les plus proches du site sont les suivants :

- école bilingue internationale de Provence (Luynes) : 1 300 m au nord-ouest ;
- école maternelle la Bergerie (Bouc Bal Air) : 1 500 m à l'ouest ;
- lycée agricole de Valabre (Gardanne) : 1600 m à l'est ;
- centre aéré La Gratianne (Bouc Bel Air) : 2 000 m à l'ouest sud-ouest ;
- école primaire (et crèche) Fonvenelle / Lucie Aubrac (Gardanne) : 2 100 m au sud-est ;
- école primaire Centre Les Pins (Bouc Bel Air) : 2 400 m au sud-ouest.

L'identification des usages des sols au voisinage du site de Mange-Garri, compte tenu des moyens mis en œuvre, n'est pas exhaustive mais se veut suffisante pour établir un schéma conceptuel et le cas échéant une stratégie d'investigation de terrain.

3.3.2 Identification des milieux d'exposition pertinents

Au regard des usages identifiés au voisinage du site, les milieux d'exposition potentiels des populations riveraines sont :

- **l'air ambiant et intérieur** au voisinage du site, inhalé par les riverains, susceptible d'être chargé de poussières issues du stockage de Mange-Garri ;
- **les sols de surface**, avec lesquels les riverains sont en contact direct, sur lesquels les poussières émises par l'exploitation passée du stockage ont pu se déposer ;
- **les poussières intérieures** au sol des habitations et autres bâtiments, soit déposées directement dans les bâtiments soit tractées à l'intérieur par les usagers lors de leurs allées-venues ;
- **les denrées alimentaires issues des végétaux cultivés** sur des sols potentiellement impactés par les émissions passées et actuelles du stockage. Ces végétaux peuvent être :
  - autoproduits au niveau des jardins potagers et ouvriers et les denrées qui en sont issues consommées par les propriétaires ou locataires,
  - produits sur des parcelles agricoles et les denrées qui en sont issues consommées par le grand public et plus particulièrement les riverains qui s'alimentent en circuit court ;
- **les denrées alimentaires issues des animaux** élevés ou chassés sur des sols potentiellement impactés par les émissions passées du stockage (ou nourris à parti de végétaux qui en sont issus). Ces animaux sont majoritairement élevés sur des parcelles agricoles et les denrées qui en sont issues peuvent être consommées par le grand public et notamment les riverains qui s'alimentent en circuit court. De manière plus rare, ils sont chassés ou élevés par des particuliers (poulaillers notamment) et consommées par la famille de ces derniers.

3.3.3 Analyse des données de caractérisation disponibles sur les milieux d'exposition

a) L'air ambiant et air intérieur

Les données disponibles sur les poussières en suspension dans l'air ambiant autour du site de Mange-Garri sont des résultats de modélisation de la dispersion aérodynamique des flux de polluants émis par le stockage (ADMS), eux même estimés par modélisation (équations AP42) (ANTEA, 2013 et 2015 ; BURGEAP, 2013).

Ces modélisations font l'objet d'une expertise par l'ANSES.

Soulignons également que les modélisations effectuées pour évaluer les expositions des riverains par inhalation de poussières en suspension (ANTEA, 2013 et 2015) considèrent que la composition chimique des poussières issues de Mange-Garri est identique à la composition chimique des matériaux stockés. Cette hypothèse, qui néglige tout phénomène de séparation physique des particules lors de leur envol et de leur transport, apparait une hypothèse forte de ces modélisations nécessitant validation.

Au regard des données collectées pour la présente expertise, aucune mesure de terrain, tant en termes de concentration des poussières en suspension dans l'air ambiant et intérieur que de composition chimique des poussières, n'a à ce jour été réalisée au point d'exposition des riverains du site.

En effet, les seules mesures de terrain disponibles dans le secteur sont (cf. sections 3.1.4-a et 3.1.6-c et -d) :

- des mesures des PM10, PM2.5 et PM1 effectuées sur le site même de Mange-Garri (BURGEAP, 2013) ;
- des mesures des PM10, PM2,5 en 5 points autour de Gardanne et analyse chimique des PM10 (Al, Ca, Fe, Mg et Na) dans le cadre de l'étude PACTES (Noack et al., 2012) ;

- des mesures des PM10 et PM2,5 au niveau de la station Air PACA permanente de la qualité de l'air située avenue Mistral à Gardanne.

Du seul fait de la position des points de mesures par rapport aux lieux d'exposition des riverains du site de Mange-Garri, ces données ne peuvent pas être considérées comme exploitables pour analyser les expositions des riverains.

Toutefois, malgré l'absence de mesures de terrain disponibles, ALTEO indique que « L'impact des poussières [pour les riverains] peut être considéré comme étant faible hormis les jours de grand vent où des habitations voisines peuvent être impactées. A la date de rédaction de ce rapport, des mesures complémentaires sont en cours de mise en œuvre pour réduire l'impact sur ces habitations. » (ALTEO, 2014).

b) Les sols superficiels

Au regard des données collectées pour la présente expertise, aucune analyse des sols de surface autour du site de Mange-Garri n'a été réalisée.

Les données disponibles relatives à l'impact du site de Mange-Garri sur la qualité des sols de surface du voisinage sont des résultats de modélisation réalisées à partir des résultats de la dispersion aérodynamique des flux de polluants émis par le stockage (ADMS), eux même estimés par modélisation (équations AP42 de l'US-EPA) (ANTEA, 2013 et 2015).

Cette modélisation considère l'accumulation des flux de dépôts de particules modélisés par ADMS pendant 30 ans sans lixiviation :

- sur le 1er cm de sol pour les sols non remaniés ;
- sur les 30 premiers cm de sol pour les sols cultivés.

Bien que l'analyse de ce modèle ne relève pas de la mission confiée au BRGM (elle relève de l'ANSES), soulignons les éléments suivants :

- il n'est pas précisé si le flux de dépôt des poussières dans le voisinage considéré (exprimé en mg/m²/j ou an) est le flux des poussières totales ou le flux des PM10 ; si seul le flux de PM10 était considéré, les teneurs modélisées dans les sols attribuables au site de Mange-Garri seraient sous-estimées ;
- les flux de dépôt particulaires des éléments dans le voisinage (mg d'élément/m²/an) modélisés dans les deux versions des évaluations des risques sanitaires effectuées par ANTEA en 2013 et 2015 ne sont pas du même ordre de grandeur, même pour les éléments retenus dans les deux études à des teneurs dans la Bauxaline similaires et alors que les hypothèses de modélisation sont identiques. Il en résulte des estimations des teneurs dans les sols très différentes mais inexpliquées. À titre d'exemple :
  - en 2013, la teneur en Al dans la Bauxaline considérée était d'environ 42 000 mg-Al/kg (16 % Al_2O_2), le flux d'Al modélisé au niveau de la cible N°1 (habitation) était de 47 mg-Al/m²/an. Il en résultait une teneur dans les sols non remaniés attribuable à ces dépôts de 83 mg-Al/kg,
  - en 2015, la teneur en Al dans la Bauxaline considérée était de 50 000 mg-Al/kg, le flux d'Al modélisé au niveau de la cible N°1 (habitation) était de 0,5 mg-Al/m²/an). Il en résultait une teneur dans les sols non remaniés attribuable à ces dépôts de 0,9 mg-Al/kg.

c) Les végétaux cultivés ou denrées d'origine animale produites localement

Au regard des données collectées pour la présente expertise, aucune analyse des végétaux ou produits d'origine animale autour du site de Mange-Garri n'a été réalisée.

Les données disponibles relatives à l'impact du site de Mange-Garri sur la qualité des denrées produites au voisinage du stockage résultent de modélisations en cascade n'ayant fait l'objet d'aucun calage par des mesures de terrain (ANTEA, 2013 et 2015). Il s'agit en effet du résultat de modélisations des transferts sol-plantes réalisées à partir des teneurs dans les sols de surface

(0-30 cm), teneurs elles-mêmes modélisées à partir des flux de dépôt issus du modèle de dispersion aérodynamique ADMS utilisant comme terme source les flux de polluants émis par le site modélisés au moyen des équations AP42 de l'US-EPA.

Ces modélisations font l'objet d'une expertise par l'ANSES.

d) Les poussières intérieures

Au regard des données collectées pour la présente expertise, aucune donnée d'empoussièrement et de composition des poussières intérieures déposées au sol et sur le mobilier des habitations riveraines du site de Mange-Garri n'est disponible.

4. Schéma conceptuel : identification des scénarios d'exposition pertinents aux poussières issues du site de Mange-Garri

Ce schéma est focalisé sur la problématique des impacts résultant des émissions de poussières issues du site de Mange-Garri tel que spécifié dans la saisine du ministère de l'écologie. Il fait la synthèse de l'ensemble des informations collectées dans le cadre de la présente étude.

4.1. SOURCES POTENTIELLES DE POLLUTIONS

4.1.1 Identification des matériaux stockés

Matériau principal : Bauxaline (résidus de traitement de la bauxite par le procédé Bayer)

Autres types de matériaux issus de l'usine mis en dépôt, considérés comme minoritaires :

- alumine déclassée ;
- résidus minéraux de nettoyage d'équipements de procédés de l'usine de Gardanne (par exemple : boues de fond de décanteurs-laveurs, croûtes de parois de décanteurs-laveurs, tartres des faisceaux d'autoclave, tartres de tuyauterie) ;
- produits divers tels que : chaux, cendres, sables, briques, etc.

4.1.2 Composition chimique des matériaux

Sur la base des données de composition chimique capitalisées (cf. section 3.1.1), un premier tri des substances potentiellement dangereuses présentes dans la Bauxaline stockée à Mange-Garri a été effectué (cf. Tableau 19). Une approche différente a été retenue pour les éléments traces et majeurs et les composés organiques car la quantité d'information disponible pour chacun diffère. Ainsi, les critères suivants ont été appliqués :

- pour les composés inorganiques : la quantification sur au moins un échantillon d'une teneur ≥ 1 mg/kg et l'existence d'au moins une VTR (que ce soit par voie orale ou inhalation) ;
- pour les composés organiques : la quantification du composé sur au moins un échantillon.

Eléments traces et majeurs		**Composés organiques**
Aluminium (Al)	Phosphore (P)	16 HAP
Arsenic (As)	Plomb (Pb)	HC C10-C40
Baryum (Ba)	Antimoine (Sb)	PCB (7 congénères)
Bore (B)	Sélénium (Se)	
Cadmium (Cd)	Silicium (Si)	
Cérium (Ce)	Etain (Sn)	
Chrome (Cr) total	Strontium (Sr)	
Cobalt (Co)	Titane (Ti)	
Cuivre (Cu)	Uranium (U)	
Fer (Fe)	Vanadium (V)	
Manganèse (Mn)	Zinc (Zn)	
Molybdène (Mo)	Chlore	
Nickel (Ni)	Fluor	

Tableau 19 : Éléments traces et majeurs et composés organiques présentant un potentiel de danger pour la santé humaine connu présents dans la Bauxaline.

Afin de vérifier/consolider cette sélection préalable, dans la mesure où peu de données analytiques sont disponibles pour les composés organiques, des prélèvements et analyses complémentaires seraient à réaliser sur la Bauxaline. La présence de composés organiques volatils est quant à elle écartée.

4.1.3 Autres caractéristiques physico-chimiques des matériaux

- *granulométrie :* Les données relatives à la Bauxaline collectées révèlent un matériau fin, dont 76 % des particules présenteraient un diamètre inférieur à 10 µm et environ 55 % inférieur à 2,5 µm ;
- *humidité :* En sortie de filtre presse, le résidu séché présente une humidité de 30 % massique ;
- *pH :* Le pH moyen mesuré sur lixiviat selon la norme NF EN 16192 propre aux déchets est de 11,5 (INERIS, 2012).

4.2. VECTEURS DE TRANSFERTS

Les vecteurs de transfert représentent les voies de déplacement des substances dans les différents milieux considérés.

Les voies de transfert suivantes ont été considérées :

- envol, transport et dépôt des poussières ;
- transfert depuis les sols et l'air vers les végétaux cultivés ;
- transfert depuis les sols et les végétaux vers les animaux.

4.2.1 Envol, transport et dépôt des poussières

Les activités de stockage de Bauxaline exercées sur le site de Mange-Garri sont susceptibles de mettre en suspension des particules dans l'air. Le Tableau 20 reprend les sources émettrices de poussières identifiées lors de la visite du site (cf. section 3.1.2).

Circulation des engins	Circulation des camions sur la route d'accès à Mange-Garri
	Circulation du tombereau sur les pistes non revêtues et dans le bassin n° 6
	Circulation des camions sur la route de fraisât, sur les pistes non revêtues et dans le bassin n° 6
Érosion éolienne	Érosion des surfaces ouvertes des bassins n° 5 et n° 6, ainsi que sur la plage du bassin n° 7
	Erosion des tas du filtre presse 2
	Erosion des tas provisoires (majoritairement de Bauxaline et dans une moindre mesure d'autres déchets minéraux) sur le bassin n° 6
	Erosion des tas de Bauxaline sur le bassin n° 5
Opérations des engins	Opérations de manipulation des stockages générés par le filtre presse FP2 par la pelle mécanique
	Opérations de mise en couche de la Bauxaline dans le bassin n° 6 par le track D6

Tableau 20 : Sources émettrices de particules dans l'air sur le site de stockage de Bauxaline à Mange-Garri.

Les estimations effectuées par BURGEAP (2013) et ANTEA (2013 et 2015) indiquent que l'érosion éolienne sur les trois bassins serait la source principale d'émission en termes de flux. D'après les résultats présentés par ANTEA, la circulation sur route non pavée est également une source importante d'émissions de poussières

Après érosion, les particules peuvent se déplacer par suspension, saltation ou reptation en fonction des conditions météorologiques et des diamètres aérodynamiques des particules. Deux mécanismes peuvent déclencher le phénomène d'envol et de mise en suspension des poussières :

- le gradient vertical de la vitesse du vent ;
- l'apparition d'ascendants thermiques.

L'envol et le transport éolien des poussières dépendent également fortement de la morphologie du site.

Une fois en suspension dans l'air, la durée pendant laquelle les particules séjournent dans l'atmosphère dépend principalement de leur taille. Des mouvements de convention peuvent entrainer les particules en altitude où des phénomènes de dilution et de dispersion se produisent. Les particules sont alors transportées sur des distances plus ou moins importantes en fonction de leur diamètre aérodynamique et de la vitesse du vent.

Les particules présentes dans l'air se déposent sur les sols soit par dépôt sec, soit par dépôt humide. Une fois déposées, les particules peuvent être remises en suspension. En fonction des secteurs et des conditions environnementales, la remise en suspension peut contribuer fortement aux concentrations en particules totales dans l'air.

Les poussières peuvent également pénétrer dans les environnements intérieurs, notamment les habitations, soit par les mouvements convectifs/advectifs d'air dans lequel elles sont en suspension, soit par tractage par les usagers, notamment les résidents, lors de leurs allées/venues.

4.2.2 Transfert vers les végétaux et les animaux

Comme précisé en section 3.2.2-a, trois phénomènes de transferts vers les végétaux cultivés pour l'alimentation humaine ou animale sont considérés dans le schéma conceptuel :

- *Sol → Végétaux :* Après dépôt au sol (sec et/ou humide), les particules issues du stockage de Mange-Garri potentiellement chargées en certains composés inorganiques et organiques peuvent se mêler à la matrice du sol. Les végétaux cultivés sur ces sols sont alors susceptibles d'absorber ces composés par voie racinaire ;
- *Air → Végétaux :* Si les poussières issues du stockage de Mange-Garri peuvent se déposer sur les sols, elles peuvent également se déposer directement sur la partie aérienne des plantes cultivées. Il peut alors y avoir pénétration par les feuilles des substances contenues dans ces poussières dans l'organisme et/ou simplement accumulation de ces substances en surface des organes aériens ;

- *Sol → Air → Végétaux :* les poussières issues du stockage déposées au sol peuvent être remobilisées sous l'action du vent ou de la chaleur, s'envoler et venir se déposer sur la partie aérienne des plantes cultivées. Leurs constituants peuvent alors, de la même manière, être absorbés par les feuilles et/ou accumulés en surface.

Les composés absorbés peuvent ensuite être transportés par les circulations de sève, brute et élaborée, vers les organes comestibles où ils peuvent potentiellement être accumulés.

Les animaux d'élevage, de même que les animaux sauvages, sont susceptibles (cf. section 3.2.2-b) :

- de s'alimenter à partir de végétaux potentiellement impactés par les poussières issues du site de Mange-Garri ;
- d'ingérer de la terre de surface potentiellement impactée par les poussières issues du site de Mange-Garri.

Les composés éventuellement ingérés peuvent alors atteindre voire s'accumuler dans les organes ou produits consommables.

4.3. RÉCEPTEURS ET VOIES D'EXPOSITION POTENTIELLE

Les recherches documentaires, la visite des environs du site réalisée par le BRGM et l'analyse des photographies aériennes ont permis d'identifier les usages existants au voisinage du site, ainsi que les milieux d'exposition des populations riveraines (cf. section 3.3).

Sur cette base, les récepteurs et voies d'exposition potentielle peuvent être précisés.

Soulignons que les expositions des récepteurs envisagées peuvent être non seulement chroniques, mais également potentiellement sub-chroniques ou aigues compte tenu du caractère bref et intense de certains épisodes de vent et d'envols de poussières rapportés (plaintes des riverains résidant immédiatement à l'ouest du site en particulier).

4.3.1 Voies d'expositions directes et récepteurs concernés

a) Inhalation de poussières

Suite à leur mise en suspension (envol ou ré-envol), les particules issues du stockage de Mange-Garri sont susceptibles d'être inhalées. Au regard des usages, notamment résidentiels et de promenade/VTT, identifiés au voisinage du site de Mange-Garri, les principaux récepteurs de cette voie d'exposition sont :

- les résidents (adultes et enfants) situés à proximité ;
- le public (adultes et enfants) fréquentant les espaces forestiers du site de Mange-Garri : vététistes, chasseurs, promeneurs, etc.

Remarque : L'exposition des employés travaillant sur le site de Mange-Garri dans le cadre de leur activité professionnelle ne relève pas de la saisine du Ministère de l'Écologie. Elle s'inscrit dans le cadre de l'évaluation des risques professionnels (Code du Travail).

b) Ingestion de poussières intérieures

Les particules en suspension sont susceptibles de pénétrer dans les bâtiments, notamment les habitations, et de se déposer au sol et sur le mobilier. Ces particules seraient accessibles notamment aux enfants en bas âge jouant sur le sol et mettant fréquemment les mains à la bouche.

c) Ingestion de sol

Les dépôts de particules issues du site de Mange-Garri sur des sols de surface autour du site peuvent potentiellement conduire à l'accumulation dans ces sols des composés présents dans les poussières. Les populations riveraines en contact direct avec ces sols peuvent alors être exposées par ingestion de sol.

Au regard des usages identifiés au voisinage du site de Mange-Garri notamment :

- les habitations individuelles avec jardin ;
- les jardins privatifs ou ouvriers ;
- les activités de promenade/VTT/équitation (etc.) au plus proche du site ;
- les lieux d'accueil des enfants ;

cette voie concerne :

- les adultes riverains, principalement lors de travaux de jardinage, de la pratique d'activités du type VTT, ou lors d'activités agricoles ;
- les jeunes enfants, résidant dans le secteur ou fréquentant les établissements d'accueil situés à proximité, par le biais du porté main-bouche lors des jeux en extérieur ou dans le cade d'activité de jardinage.

4.3.2 Voies d'exposition indirectes et récepteurs concernés

a) Ingestion de végétaux

Les denrées alimentaires produites à partir des végétaux cultivés sur des sols soumis aux dépôts de Mange-Garri sont susceptibles d'être consommées. Les consommateurs sont :

- pour les denrées issues des jardins potagers privés ou ouvriers : les familles (adultes et enfants) propriétaires ou locataires consommant leur production ;
- pour les denrées issues de parcelles agricoles : le grand public et notamment les riverains s'alimentant en circuit court.

b) Ingestion de produits animaux

Les denrées alimentaires produites à partir d'animaux élevés (ou chassés) sur des sols soumis aux dépôts de Mange-Garri ou nourris à partir de végétaux cultivés sur ces sols sont susceptibles d'être consommées. Les consommateurs sont :

- pour les animaux élevés sur des parcelles privées : les familles (adultes et enfants) propriétaires ou locataires consommant leur production (viande, lait, œuf) ;
- pour les animaux élevés sur des parcelles agricoles : le grand public et notamment les riverains s'alimentant en circuit court ;
- pour le gibier : les familles (adultes et enfants) des chasseurs fréquentant le site de Mange-Garri.

4.3.3 Synthèse des récepteurs et des voies d'exposition

Le Tableau 21 présente de manière synthétique les voies d'exposition et récepteurs retenus dans le schéma conceptuel.

Voies d'exposition	Récepteurs considérés				
	Résident riverain adulte	**Résident riverain enfant**	**Chasseur et sa famille**	**Promeneur, VTT (adulte, enfant) aux abords immédiats du site**	**Grand public**
Inhalation de poussières	X	X	X (pour le chasseur)	X	
Ingestion de poussières intérieures		X			
Ingestion de sol de surface	X (jardinage)	X (porté main bouche)		(X) selon l'activité	
Ingestion de végétaux aériens et/ou racinaires autoproduits	X	X			X
Ingestion de produits animaux	(X) potentiel	(X) potentiel	X		X

Tableau 21 : Synthèse des voies et récepteurs d'exposition.

4.4. POINTS D'EXPOSITION PRINCIPAUX

Sur la base de la localisation des principaux usages identifiés (cf. section 3.3), le Tableau 22 identifie, pour chaque scénario (voie et récepteur), les principaux points d'exposition potentielle.

Voies d'exposition	Récepteurs considérés				
	Résident riverain adulte	**Résident riverain enfant**	**Chasseur**	**Promeneur, VTT (adulte, enfant)**	**Grand public**
Inhalation de poussières	Habitations situées à l'ouest / nord-ouest du site Dans une moindre mesure : habitations situées au sud-est	Habitations situées à l'ouest / nord-ouest du site Dans une moindre mesure : habitations situées au sud-est	Aire de chasse aux abords immédiats du site de Mange-Garri	Voies de VTT situées au droit d'anciens bassins ou stockage et aux abords immédiats du site de Mange-Garri	-
Ingestion de poussières intérieures	-	Habitations situées à l'ouest / nord-ouest du site Dans une moindre mesure : habitations situées au sud-est	-	-	-
Ingestion de sols de surface	Habitations comportant un potager situées à proximité (à l'ouest / nord-ouest du site et dans une moindre mesure au sud-est)	Habitations avec jardin situées à proximité (à l'ouest / nord-ouest du site et dans une moindre mesure au sud-est)	-	vététistes	-
Ingestion indirecte de végétaux aériens et/ou racinaires autoproduits	Habitations situées à proximité comportant un potager	Habitations situées à proximité comportant un potager	-	-	Population consommant les végétaux produits
Ingestion indirecte de produits animaux	Potentiel (non identifié lors de la visite ou sur photos aériennes)	Potentiel (non identifié lors de la visite ou sur photos aériennes)	Gibier chassé aux abords immédiats du site de Mange-Garri	-	Population consommant les produits animaux

Tableau 22 : Principaux points d'exposition potentielle.

4.5. SCHÉMA CONCEPTUEL

Le schéma conceptuel en Figure 39 représente de manière synthétique et visuelle les scénarios d'exposition retenus vis-à-vis de la problématique des émissions de poussières issues du site de Mange-Garri au terme de la mission de collecte d'information.

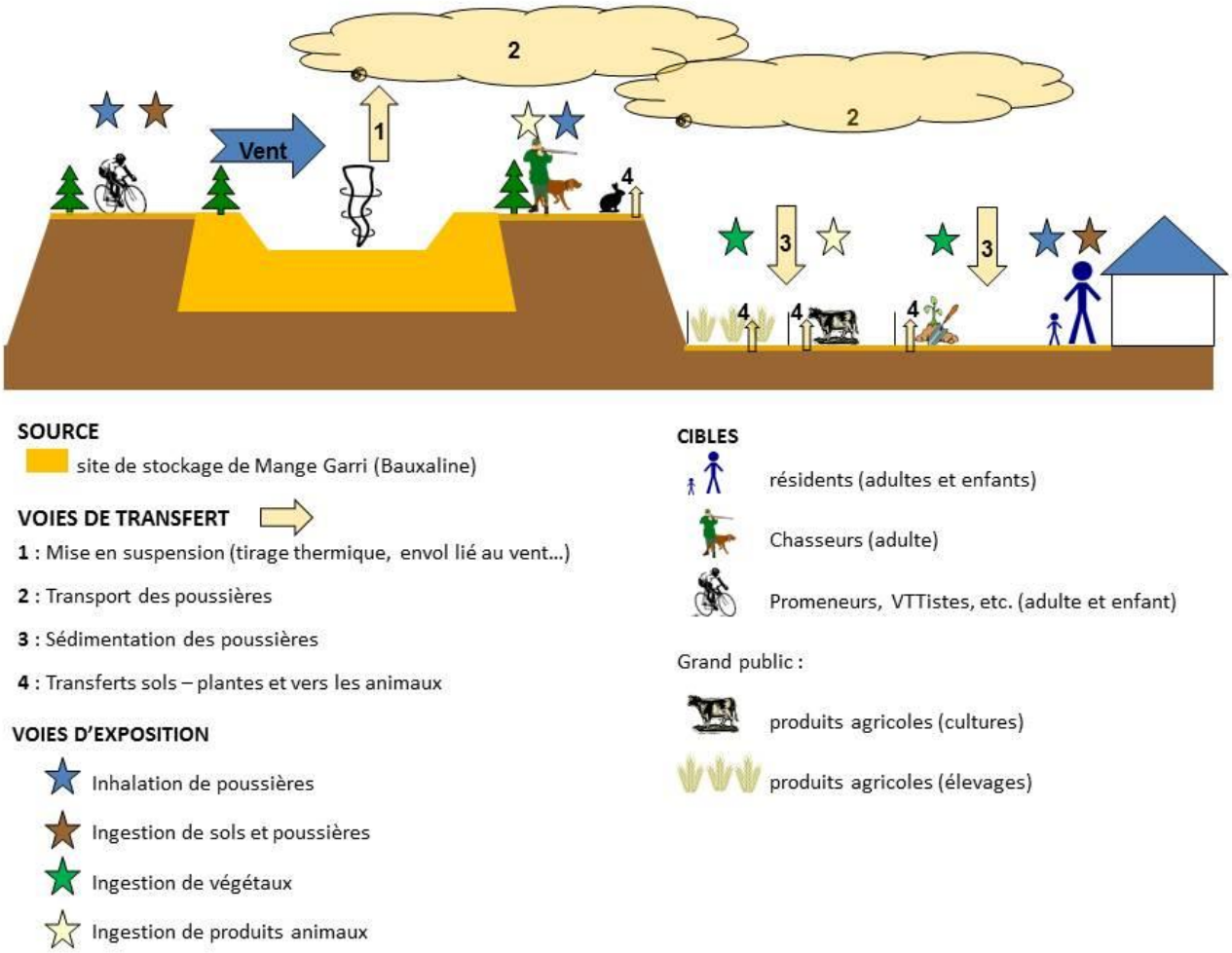


Figure 39 : Schéma conceptuel.

5. Recommandations d'investigations de terrain

L'analyse des données disponibles par le BRGM a identifié des influences potentielles des poussières de bauxaline issues du site de Mange-Garri qui pourraient :

- être respirées par les riverains situés à proximité du site ou par des personnes (vététistes, randonneurs, chasseurs) fréquentant les alentours immédiats du site ;
- se déposer sur les sols environnants. Les types d'exposition liée à ces dépôts peuvent être :
  - l'ingestion de sols, notamment par des enfants en bas âges fréquentant des sols de jardins ou d'écoles soumis à des dépôts de poussières de bauxaline,
  - l'ingestion de végétaux cultivés par des particuliers ou par des agriculteurs dans des jardins potagers / parcelles agricoles soumis à des dépôts de poussières de bauxaline,
  - l'ingestion de produits d'origine animale (viande, lait, œufs) d'animaux s'alimentant sur des sols soumis à des dépôts de poussières de bauxaline (élevage, gibier).

Or les seules données relatives à l'impact des poussières issues du site de Mange-Garri sont issues de modélisation n'ayant pas fait l'objet d'un calage avec des mesures sur site. Ainsi, il n'existe pas à l'heure actuelle de données issues de mesures renseignant sur la qualité des sols autour du site ou sur les concentrations en particules et agents chimiques associés en aval éolien du site.

Au vu de ces éléments, le BRGM recommande la réalisation d'une campagne d'investigation afin d'évaluer l'influence des poussières émises par l'exploitation du site de Mange-Garri sur la qualité des milieux d'exposition des populations riveraines. Il consistera à :

- évaluer la dégradation de la qualité des milieux d'exposition. En 1ère approche, seuls les sols de surface, les poussières en suspension et les poussières sédimentables sont investiguées. Le cas échéant, selon les résultats de ce diagnostic, des investigations sur les denrées alimentaires et poussières intérieures pourraient être envisagées ;
- dans la mesure du possible, apprécier la contribution des émissions du site de Mange-Garri aux concentrations en poussières en suspension (PM10) mesurées chez les riverains. À cet effet, des analyses des terres rares sont proposées.

  Dans la mesure où ces dernières seraient insuffisantes, une seconde campagne d'échantillonnage incluant des caractérisations minéralogiques et des analyses isotopiques pourrait être proposée ultérieurement (non décrite dans le présent rapport).

Ce programme est provisoire. Il est susceptible d'évoluer en fonction des besoins de données qui seront formulés par l'Anses suite à son expertise. Il est proposé sous réserve d'une communication sur les actions engagées à destination des différents acteurs locaux effectuée en amont de toute intervention, sous réserve de l'accessibilité des différents points de mesures, des autorisations de mise en place des appareils et des accords pour l'alimentation électrique des appareils (notamment chez les riverains concernés par l'échantillonnage des poussières). Il ne comprend pas le protocole pour la caractérisation des poussières du point de vue radiologique, en cours d'élaboration par l'IRSN.

5.1. CARACTÉRISATION INITIALE DE LA BAUXALINE ET DE LA BAUXITE

5.1.1 Stratégie

Compte tenu de la variabilité des teneurs en éléments traces et majeurs dans les matériaux stockés à Mange-Garri et de la rareté des données disponibles relatives aux composés organiques dans ces matériaux, des prélèvements et analyses sont nécessaires en amont de toute investigation des sols hors site afin d'acquérir des données complémentaires représentatives à l'horizon superficiel des bassins exposés à l'érosion éolienne.

L'objectif de ces investigations est :

- caler programme analytique à mettre en œuvre sur les sols hors site ;
- caractériser le « pôle bauxaline solide ».

5.1.2 Localisation des points de prélèvement

Pour la bauxaline : 8 échantillons composites de surface (0 - 5 cm), constitués par 5 prises d'échantillons unitaires collectés sur 3 x 3 m et homogénéisés, seront prélevés sur les bassins n° 5 et n° 6 (voire le bassin n° 7 s'il existe une « plage » sèche).

Pour la bauxite : 1 échantillon composite, constitué par 5 prises d'échantillons unitaires collectés sur 3 x 3 m et homogénéisés, sera prélevé au niveau du stock stratégique de bauxite situé au sud du stockage de Mange-Garri.

Les analyses menées sur ces échantillons sont présentées en section 5.5.1.1.

5.2. INVESTIGATIONS SUR LES SOLS

5.2.1 Stratégie d'investigations et méthode de prélèvement retenues

Des prélèvements et analyses des sols de surface au voisinage du site seront réalisés afin d'une part d'évaluer les impacts des émissions de poussières du site de Mange-Garri sur les sols et d'autre part de permettre une évaluation des expositions des populations riveraines via les sols qui seront reconnus anomaliques et impactés par les poussières.

55 échantillons composites (formé de plusieurs prises unitaires qui seront mélangées et homogénéisées), dont la profondeur de prélèvement dépend de l'usage, sont proposés (cf. Tableau 23).

Type de prélèvement	Nombre	Profondeur d'échantillonnage	Méthode d'échantillonnage	Objectif : évaluation de l'impact	Objectif : évaluation de l'exposition
Sols de surface	24	0-5 cm	Composite : maille de 3x3 m avec un échantillon au centre et un à chaque coin (5 prises unitaires par échantillon).	X	X
Sols des jardins potagers	7	0-30 cm			X
Sols de champs cultivés	8	Céréales : 0-30 cm Vignes : 0-50 cm			X
Echantillons de sols témoins (bruit de fond géochimique)	16	0-5 cm		X	

Tableau 23 : Présentation des points de prélèvements de sols de surface.

L'analyse de la rose des vents indique deux directions principales des vents (cf. section 3.2.1-b). La présomption d'impact des sols de surface étant plus importante sous les vents dominants, une densité d'échantillonnage plus importante est prévue au sud-est du site sous le Mistral et à l'ouest sous le Levant.

5.2.2 Localisation des points de prélèvements

La répartition des points de prélèvement des sols de surface autour du site de Mange-Garri est proportionnée à la présomption d'impact :

- cette présomption est plus importante au sud-est du site sous le Mistral et à l'ouest sous le Levant ;
- elle est moindre au nord et au nord-est, ainsi qu'au sud sud-ouest.

La localisation des points de prélèvement des sols est présentée dans les paragraphes ci-dessous.

a) Sols de surface

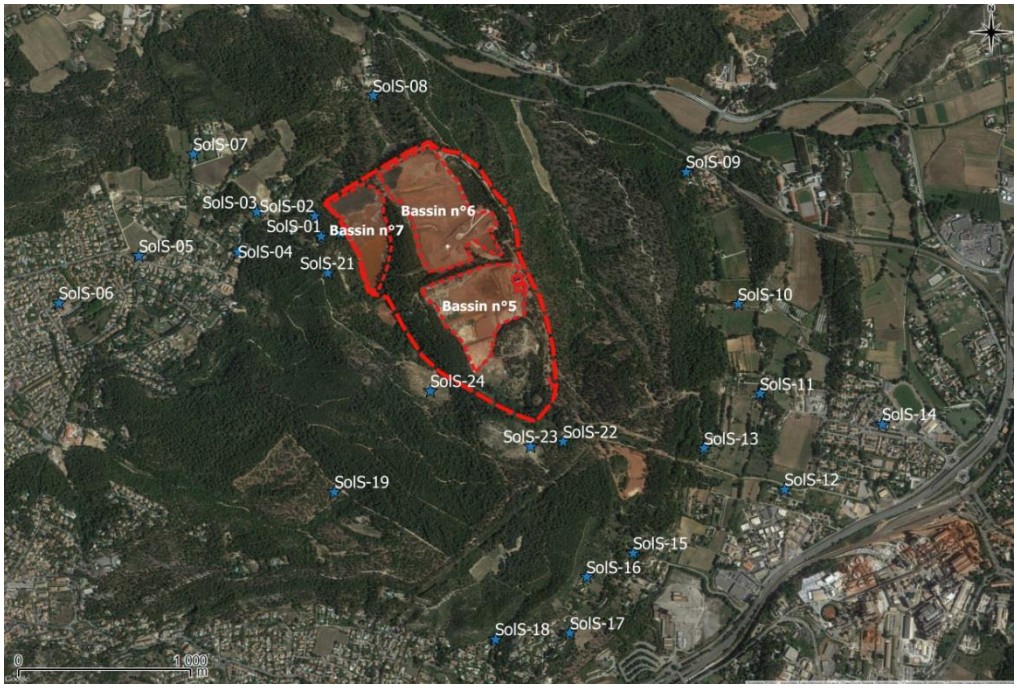


Figure 40 : Localisation des points de prélèvements des sols de surface (24 échantillons).

Nom de l'échantillon	Localisation du lieu d'échantillonnage[11]	Objectif
SolS-01	Espace vert chez les riverains les plus proches à l'ouest, à environ 100 m de Mange-Garri	Évaluation de l'impact des dépôts de poussières issues du site de Mange-Garri sur la qualité des sols de surface sous vent d'est (Levant). Évaluation des expositions des riverains par ingestion de sol.
SolS-02	Espace vert chez les riverains les plus proches à l'ouest, à environ 100 m de Mange-Garri	
SolS-03	Sol d'espace public enherbé à proximité d'habitations individuelles avec jardin, à environ 400 m à l'ouest de Mange-Garri	
SolS-04	Espace vert chez des riverains, à environ 600 m à l'ouest de Mange-Garri	
SolS-05	Espace public enherbé à proximité d'habitations individuelles avec jardin, à environ 1 200 m à l'ouest de Mange-Garri	
SolS-06	Sols enherbés dans la cour de l'école La Bergerie, 1 800 m à l'ouest de Mange-Garri	
SolS-07	Sols non recouverts en bordure de chemin le long d'habitations individuelles avec jardin, à environ 800 m à l'ouest nord-ouest de Mange-Garri	
SolS-08	Espace public à proximité d'habitations individuelles avec jardin, à environ 400 m au nord de Mange-Garri	Évaluation de l'impact des dépôts de poussières issues du site de Mange-Garri sur la qualité des sols de surface dans un secteur qui ne se situe pas sous les vents principaux. Evaluation des expositions des riverains par ingestion de sol.
SolS-09	Bois à proximité immédiate d'une habitation individuelle avec jardin, à environ 1 000 m au nord-est de Mange-Garri	
SolS-10	Sols non recouverts en bordure de chemin, entre deux habitations individuelles avec jardin et des champs de vignes, à environ 1 200 m à l'est de Mange-Garri	Évaluation de l'impact des dépôts de poussières issues du site de Mange-Garri sur la qualité des sols de surface sous vent de nord-ouest (Mistral). Evaluation des expositions des riverains par ingestion de sol.
SolS-11	Sols non recouverts dans un espace non clôturé, à une intersection, à proximité d'habitations individuelles avec jardin, à environ 1 200 m à l'est de Mange-Garri	
SolS-12	Espace vert chez des riverains, le long de la route d'accès à Mange-Garri, à environ 1 500 m au sud-est de Mange-Garri	
SolS-13	Sols non recouverts en bordure de la route d'accès à Mange-Garri, le long de la propriété des riverains la plus proche du site à l'est sud-est (avec jardin), à environ 900 m de Mange-Garri	
SolS-14	Sols enherbés dans la cour de récréation de l'école/ crèche Fontvenelle/Lucie Aubrac/Souris Verte, à environ 2 000 m à l'est sud-est de Mange-Garri	
SolS-15	Sols non recouverts à proximité des habitations individuelles (avec jardin) les plus proches du site au sud-est, à environ 900 m de Mange-Garri (et 30 m du stock de bauxite)	
SolS-16	Sols non recouverts dans un espace non clôturé à proximité d'habitations individuelles avec jardin, à environ 900 m au sud sud-est de Mange-Garri	
SolS-17	Sols non recouverts dans un espace non clôturé à proximité d'habitations individuelles avec jardin, à environ 1 200 m au sud de Mange-Garri	

[11] La distance présentée est la distance par rapport à la plus proche limite de la zone exploitée du site de Mange-Garri.

Nom de l'échantillon	Localisation du lieu d'échantillonnage	Objectif
SolS-18	Sols non recouverts dans un espace non clôturé, dans une impasse, à proximité d'habitations individuelles avec jardin, à environ 1 300 m au sud de Mange-Garri	Évaluation de l'impact des dépôts de poussières issues du site de Mange-Garri sur la qualité des sols de surface sous vent de nord-ouest (Mistral). Évaluation des expositions des riverains par ingestion de sol.
SolS-19	Sols non recouverts dans un espace non clôturé à proximité de l'habitation la plus proche au sud sud-ouest de Mange-Garri, à environ 900 m de Mange-Garri	Évaluation de l'impact des dépôts de poussières issues du site de Mange-Garri sur la qualité des sols de surface dans un secteur qui ne se situe pas sous les vents principaux. Évaluation des expositions des riverains par ingestion de sol.
SolS-20	Sols sur le passage de la voie de VTT à 20 m à l'ouest du bassin 7 (localisation à adapter sur site en fonction des observations sur les zones les plus pertinentes).	Évaluation des expositions du public fréquentant les espaces naturels du site de Mange-Garri (VTTistes, chasseurs, promeneurs, etc.) par ingestion de sols et inhalation de poussières
SolS-21	Sols sur le chemin de randonnée / VTT à 200 m à l'ouest du bassin 7(localisation à adapter sur site en fonction des observations sur les zones les plus pertinentes).	
SolS-22	Sols sur le chemin de randonnée à 200 m au sud-est l'ouest de Mange-Garri (localisation à adapter sur site en fonction des observations sur les zones les plus pertinentes).	
SolS-23	Sols sur l'ancien bassin n°1, à 150 m au sud de Mange-Garri (localisation à adapter sur site en fonction des observations sur les zones les plus pertinentes).	
SolS-24	Sols situés sur l'ancien bassin n°3, à 150 m au sud-ouest de Mange-Garri (localisation à adapter sur site en fonction des observations sur les zones les plus pertinentes).	

Tableau 24 : Description des points de prélèvements des sols de surface (24 échantillons).

b) Sols des jardins potagers

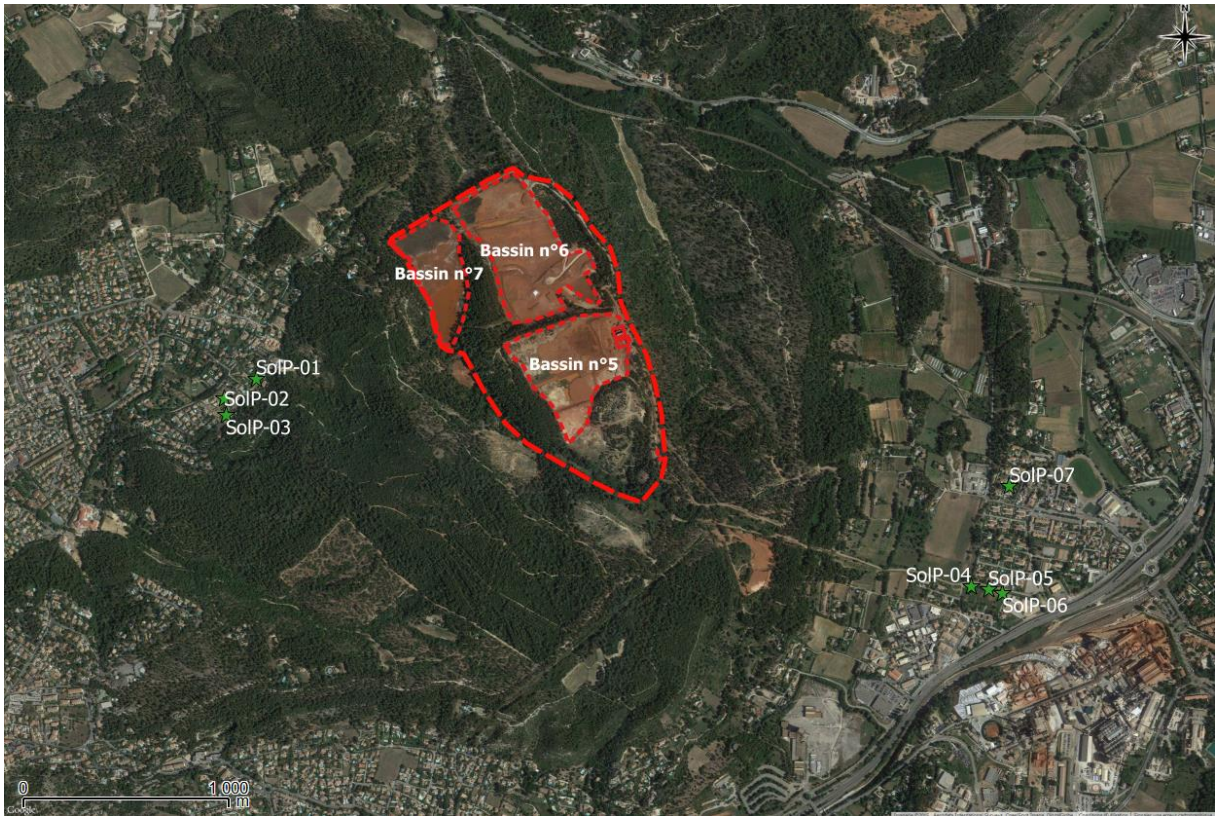


Figure 41 : Localisation des points de prélèvements des sols des jardins potagers (7 échantillons).

Nom de l'échantillon	Localisation du lieu d'échantillonnage	Objectif
SolP-01	Jardin potager privatif, de grande surface, chez un riverain, rue des Toupins à Bouc Bel Air, à environ 900 m à l'ouest de Mange-Garri	Évaluation des expositions des riverains par consommation des denrées alimentaires autoproduites et par ingestion de sol sous les vents principaux (Mistral et Levant).
SolP-02	Jardins potagers privatifs, de grande surface, chez des riverains (chemin de terre), à environ 1 000 m à l'ouest de Mange-Garri	
SolP-03		
SolP-04	Jardins ouvriers situés long de la route d'accès à Mange-Garri, à environ 1 500 m à l'est de Mange-Garri	
SolP-05		
SolP-06		
SolP-07	Jardin potager privatif, de petite surface, chez des riverains, à environ 1 700 m à l'est de Mange-Garri	

Tableau 25 : Description des points de prélèvements des sols des jardins potagers (7 échantillons).

c) Sols de champs cultivés



Figure 42 : Localisation des points de prélèvements des sols des champs cultivés (8 échantillons).

Nom de l'échantillon	Localisation du lieu d'échantillonnage[12]	Objectif
SolC-01	Champ cultivé, *a priori* de céréales, à environ 350 m au nord-ouest de Mange-Garri	Évaluation des expositions des populations riveraines par consommation de denrées alimentaires produites localement, sous vent d'est (Levant).
SolC-02	Champ cultivé, *a priori* de céréales, à environ 600 m à l'ouest de Mange-Garri	
SolC-03	Champ cultivé, *a priori* de céréales, à environ 1 000 m à l'ouest de Mange-Garri	
SolC-04	Champ de vigne, à environ 300 m au nord-est de Mange-Garri	Évaluation des expositions des populations riveraines par consommation de denrées alimentaires produites localement, dans un secteur qui ne se situe pas sous les vents principaux, mais à proximité immédiate du site de Mange-Garri.

[12] Culture présumée sur la base des informations relatives aux ilots de cultures disponibles sur le site Géoportail (RPG 2012) et sur la base de l'observation des photographies aériennes récentes disponible sur Google Earth (2015).

Nom de l'échantillon	Localisation du lieu d'échantillonnage[13]	Objectif
SolC-05	Champ de vigne, à environ 1 200 m à l'est de Mange-Garri	Évaluation des expositions des populations riveraines par consommation de denrées alimentaires produites localement, sous vent de nord-ouest (Mistral).
SolC-06	Cultures maraichères, à environ 1 400 m à l'est de Mange-Garri	
SolC-07	Champ cultivé, *a priori* de céréales, à environ 1 500 m au sud-est de Mange-Garri	
SolC-08	Champ cultivé, *a priori* de céréales, à environ 1 000 m au sud sud-est de Mange-Garri	

Tableau 26 : Description des points de prélèvements des sols des champs cultivés (8 échantillons).

d) Échantillons témoins

Les échantillons témoins visent à caractériser les teneurs de bruit de fond dans les sols développés sur les différentes couches géologiques rencontrées dans le secteur d'étude. Deux échantillons témoin local sont prévus par couche géologique concernée par le prélèvement d'au moins un échantillon visant à caractériser les impacts sont prélevés.

Ces échantillons témoin local sont prélevés préférentiellement au nord du site, donc en dehors de l'influence des vents dominants par rapport à Mange-Garri.

[13] Culture présumée sur la base des informations relatives aux ilots de cultures disponibles sur le site Géoportail (RPG 2012) et sur la base de l'observation des photographies aériennes récentes disponible sur Google Earth (2015).

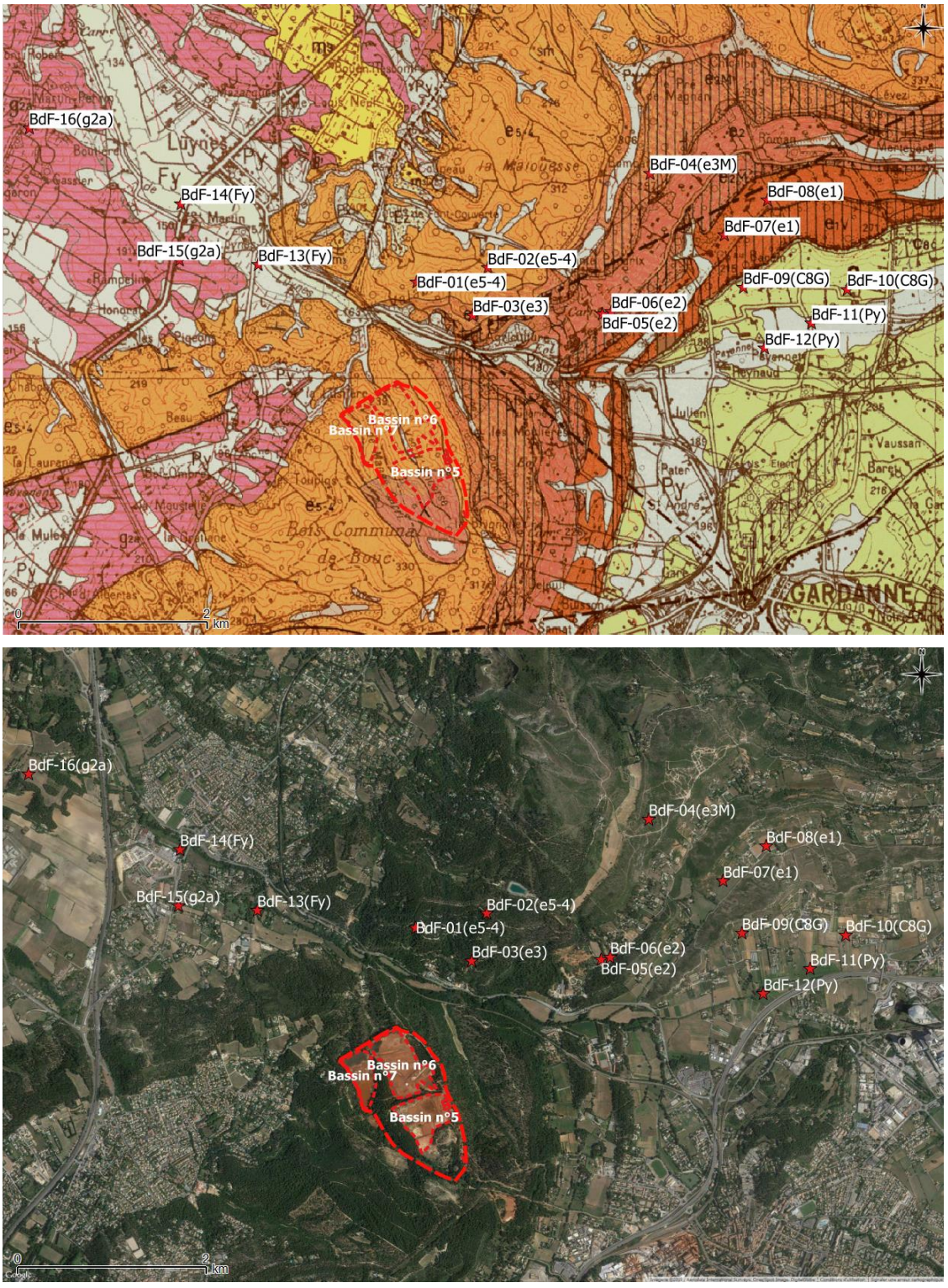


Figure 43 : Localisation des points de prélèvements des échantillons témoins de sols (16 échantillons).

Nom de l'échantillon	Localisation du lieu d'échantillonnage	Formation géologique concernée
BdF-01	Espace forestier traversé par les sentiers, à environ 1 100 m au nord de Mange-Garri	Calcaire du Lutétien (e4-5)
BdF-02	Espace forestier traversé par les sentiers, à environ 1 500 m au nord de Mange-Garri	
BdF-03	Espace forestier traversé par les sentiers, à environ 1 000 m au nord de Mange-Garri	Argiles rouges du Sparnacien (e3)
BdF-04	Espace de garrigue, à environ 3 500 m au nord-est de Mange-Garri	Calcaires du Sparnacien (e3M)
BdF-05	Champ cultivé, à environ 2 100 m au nord-est de Mange-Garri	Argiles et marnes rouges du Thanétien (e2)
BdF-06	Espace de garrigue, à environ 2 200 m au nord-est de Mange-Garri	
BdF-07	Champ cultivé, à environ 3 700 m au nord-est de Mange-Garri	Argiles et marnes rouges généralement kaolino-illitiques du Montien (e1)
BdF-08	Champ cultivé, à environ 4 300 m au nord-est de Mange-Garri	
BdF-09	Champ cultivé, à environ 3 700 m au nord-est de Mange-Garri	Poudingues du Rognacien terminal, constitués d'éléments variés (grès, quartzites, quartz, rares phtanites, calcaires jurassiques ou crétacés) dans un ciment gréseux contenant des minéraux lourds originaires de roches métamorphiques (c8G)
BdF-10	Champ cultivé, à environ 4 600 m au nord-est de Mange-Garri	
BdF-11	Champ cultivé, à environ 4 200 m à l'estde Mange-Garri	Colluvions (Würm), constitués de limons et cailloutis (Py)
BdF-12	Champ cultivé, à environ 3 600 m à l'est de Mange-Garri	
BdF-13	Champ cultivé, à environ 1 800 m au nord de Mange-Garri	Alluvions de la basse-terrasse : dépôts de sables, graviers et cailloutis, de couleur rouge (Fy)
BdF-14	Champ cultivé, à environ 2 800 m au nord-nord-ouest de Mange-Garri	
BdF-15	Champ cultivé, à environ 2 300 m au nord-nord-ouest de Mange-Garri	Argiles des Milles, Stampien inférieur (g2a)
BdF-16	Champ cultivé, à environ 4 500 m au nord-ouest de Mange-Garri	Argiles des Milles, Stampien inférieur (g2a)

Tableau 27 : Description des points de prélèvements des échantillons témoins de sols (16 échantillons).

5.3. INVESTIGATIONS SUR LES POUSSIÈRES INHALABLES

5.3.1 Stratégie

L'objectif des investigations sur les poussières en suspension (PM10 et PM2,5) est d'évaluer l'impact des émissions de poussières du site de Mange-Garri sur la qualité de l'air ambiant respiré par les riverains. Il s'agira :

- d'une part, d'évaluer la dégradation de la qualité de l'air par les particules chez les riverains les plus proches, sous les vents principaux par rapport au site. À cet effet, des prélèvements, des quantifications gravimétriques et des analyses chimiques des PM10, ainsi qu'un suivi optique en continu des PM10 et PM2,5, seront réalisés sur une durée de 4 semaines ;
- d'autre part, dans la mesure du possible, d'apprécier la contribution des émissions du site de Mange-Garri aux concentrations en poussières en suspension (PM10) mesurées chez les riverains. A cet effet, des analyses des terres rares, sont proposées. Ces caractéristiques seront ensuite notamment comparées à celles de la Bauxaline stockée dans les bassins.

En complément, il est prévu d'échantillonner les poussières en suspension (PM10) sur le site de Mange-Garri à proximité d'une source de poussières de Bauxaline afin d'une part de caractériser finement les poussières mises en suspension au niveau de cette source d'émission et d'autre part d'évaluer l'impact du type de minéralisation sur les résultats d'analyse des inorganiques et des terres rares pour la matrice « poussière de Bauxaline).

5.3.2 Localisation des points de prélèvements

La localisation des points de prélèvements est présentée dans le tableau et la figure suivante.

La stratégie consiste à positionner pour chaque direction de vent considérée (Levant et Mistral), une station de mesures en amont éolien du site et deux stations de mesures en aval éolien du site, afin de pouvoir dans la mesure du possible évaluer la dégradation (on non) de la qualité de l'air imputable au site.

<table>
<tr><th>Nom de l'échantillon</th><th>Localisation du lieu d'échantillonnage</th><th>Objectif en période de Mistral (vent de nord-ouest)</th><th>Objectif en période de Levant (vent d'est)</th></tr>
<tr><td>AA-01-PI</td><td>Sur ou à proximité de la terrasse du riverain le plus proche à environ 80 m l'ouest du bassin n° 7</td><td>-</td><td rowspan="2">Aval éolien Levant : Mesure et caractérisation des PM10 et PM2,5 chez les riverains en aval éolien proche de Mange-Garri</td></tr>
<tr><td>AA-02-PI</td><td>Sur le terrain d'un riverain du chemin de Valabre, à environ 430 m l'ouest du bassin n° 7</td><td>Amont éolien Mistral : Détermination du bruit de fond des PM10 et PM2,5</td></tr>
<tr><td>AA-03-PI</td><td>Chez un riverain à environ 1 000 m à l'est de Mange-Garri</td><td>-</td><td>Amont éolien Levant : Détermination du bruit de fond des PM10 et PM2,5</td></tr>
<tr><td>AA-04-PI</td><td>Chez un riverain à environ 1 000 m à l'est-sud-est de Mange-Garri</td><td rowspan="3">Aval éolien Mistral : Mesure et caractérisation des PM10 et PM2,5 chez les riverains en aval éolien proche de Mange-Garri</td><td>Amont éolien Levant : Détermination du bruit de fond des PM10 et PM2,5</td></tr>
<tr><td>AA-05-PI</td><td>Chez un riverain à environ 1 200 m au sud-est de Mange-Garri</td><td>-</td></tr>
<tr><td>AA-06-PI</td><td>Chez un riverain à environ 500 m au nord des bassins n° 6 et n° 7 de Mange-Garri</td><td>Amont éolien Mistral : Détermination du bruit de fond des PM10 et PM2,5</td><td>-</td></tr>
</table>

Tableau 28 : Présentation des points de prélèvements de poussières inhalables.



Figure 44 : Localisation des points de prélèvements de poussières inhalables.

En complément, un échantillon de poussières en suspension (PM10) sera prélevé sur le site de Mange-Garri à proximité d'une source de poussières de Bauxaline (*a priori* sur le bassin n° 6).

5.3.3 Méthodes de prélèvement retenue pour les PM10

La solution d'échantillonnage des PM10 retenue est l'utilisation de préleveurs PARTISOLS séquentiels 2025 (dits « Partisols Plus ») selon les normes NF EN 12 341 et NF EN 14 902 (cf. Figure 45).



Figure 45 : Illustration d'un Partisol Plus 2025 (source : ECOMESURE).

Il s'agit d'une méthode éprouvée et reconnue. En effet :

- le PARTISOL PLUS 2025 a été déclaré « méthode de référence » aux USA pour les PM10 et PM2,5, puis a été certifié équivalent à l'EN 12 341. Cet appareil a été homologué par le LCSQA[14] comme conforme à la méthode de référence pour le prélèvement des PM10 en vue de l'analyse des métaux lourds ;
- dans son rapport de 2009, le LCSQA précisait que : « *Le préleveur séquentiel sur filtres Partisol 2025 (dit « Partisol Plus ») de la marque Thermo R&P est utilisé depuis de nombreuses années en tant que référence gravimétrique dans les études du LCSQA [2]. La démonstration de son équivalence à la méthode de référence réglementaire est largement documentée [3]. Cet appareil est principalement utilisé en AASQA pour le prélèvement des métaux lourds dans les particules en suspension.* »

6 PARTISOLS séquentiels seront mis en place conformément aux bonnes pratiques sur les 6 points de mesures définis pour une durée de 4 semaines. L'installation sera effectuée de manière à éviter dans la mesure du possible la proximité d'obstacles pouvant gêner ou modifier localement les conditions de retombées (mur, haie, arbre, pylône ....) et les risques d'envol de poussières en provenance du sol du proche environnement du préleveur pouvant interférer avec les prélèvements.

Les PARTISOLS seront équipés d'une tête de prélèvement PM10.

[14] LCSQA : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

Les PARTISOLS mesurent et affichent la température extérieure, la pression atmosphérique et l'humidité relative. Un régulateur de débit relié à un débitmètre massique, une sonde de température et un manomètre calculent en temps réel le débit volumique nominal d'échantillonnage qui sera maintenu à 16,67 L/min (1 m^3/h) pendant les phases d'échantillonnage.

Les PARTISOLS séquentiels permettent un prélèvement automatisé des poussières via un changeur automatique de filtres d'une capacité de 16 filtres. Dans le cadre de cette campagne, le changement des filtres sera automatisé toutes les 24 heures. Compte tenu de la capacité des chargeurs des appareils, pour chaque PARTISOL, une première série de 14 filtres sera collectée lors des deux premières semaines de la campagne et une seconde série également de 14 filtres lors des deux dernières semaines. Ainsi, 28 filtres au total seront échantillonnés par PARTISOL.

Les conditions météorologiques (température, pression atmosphérique, précipitations, vitesse et direction du vent) seront mesurées à 2 m au-dessus du sol et enregistrées durant toute la campagne au moyen de deux stations météorologiques, disposées chacune de part et d'autre du stockage.

L'analyse des conditions de vent et des précipitations qui ont prévalu pendant le prélèvement de chaque filtre sera effectuée *a posteriori* et les filtres correspondants aux conditions de vents visées pendant 24h (Levant ou Mistral) seront sélectionnés pour analyse.

Une estimation réalisée sur la base des connaissances météorologiques disponibles indique qu'un total de 48 filtres pourrait être sélectionné et analysé sur 1 mois.

- pour les 4 PARTISOLS positionnés en fonction du **Levant** (triangles en jaune et vert sur la Figure 44 - 2 en amont et 2 en aval éolien) : 8 filtres correspondant à 8 jours des conditions de vent d'est pourraient être sélectionnés par PARTISOL, soit un total de 32 filtres pour les 4 PARTISOLS ;
- pour les 4 PARTISOLS positionnés en fonction du **Mistral** (triangles en bleu et vert sur la Figure 44 - 2 en amont et 2 en aval éolien) : 4 filtres correspondant à 4 jours de conditions de vent de nord-ouest pourraient être sélectionnés par PARTISOL, soit un total de 16 filtres pour les 4 PARTISOLS.

Il s'agit d'ordres de grandeur *a priori*. Le nombre réel de filtres dont la sélection serait pertinente dépendra des conditions météorologiques réelles lors de la campagne.

La principale limite de cette stratégie est le mélange possible des signaux amont et aval, qui pourrait résulter de variations rapides de la direction du vent et donc d'épisodes de vents d'intérêt (Levant et Mistral) d'une durée inférieure à 24 h. Afin d'éviter cette perte d'information sur l'origine des poussières captées, la sélection des filtres à analyser sera donc déterminante.

Afin de s'assurer de la validité des résultats d'analyses qui seront produits sur ces filtres, des blancs seront réalisés :

- 3 blancs de laboratoire : 1 par lot de filtres utilisé pendant les 4 semaines de campagne ;
- 6 blancs de terrain : 3 blancs pour les deux premières semaines et 3 blancs pour les deux dernières. Les blancs seront positionnés en 15 ou 16ème position dans les chargeurs des PARTISOLS en même temps que les 14 filtres dédiés à l'échantillonnage, et au terme des 14 jours d'échantillonnage seront retirés et transportés au laboratoire dans des conditions identiques aux autres filtres.

Ainsi, 57 filtres (48 échantillons et 9 blancs) seront générés pour analyse.

Les PARTISOLS seront équipés de boitiers ECOMBOX permettant de centraliser sur une plateforme web dédiée et sécurisée les données de mesure, les états de fonctionnement, les alarmes de dysfonctionnement, etc.

Le recours à ce type de matériel suppose la collaboration des riverains, qui accueilleraient sur leur propriété les PARTISOLS pour la durée du prélèvement : l'autorisation de mise en place et d'accès aux appareils répété (estimation : 3 fois en 4 semaines), ainsi que la fourniture d'une alimentation électrique.

De plus, un échantillon de PM10 sera prélevé en doublon sur le site de Mange-Garri à proximité d'une source de poussières de Bauxaline afin d'une part de caractériser finement les poussières mises en suspension au niveau de cette source d'émission et d'autre part d'évaluer l'impact du type de minéralisation sur les résultats d'analyse des composés inorganiques et des terres rares pour la matrice « poussière de Bauxaline). L'échantillonnage sera effectué sur filtre quartz (de 37 mm de diamètre) au moyen d'une pompe Gilair Plus et d'impacteurs personnels PM10 du type BGI H-PEM. Deux blancs de terrain seront réalisés.

Un doublon et un blanc de terrain subiront une minéralisation totale (tri-acides) ; l'autre doublon et le 2ème blanc de terrain subiront une minéralisation semblable à celle réalisée sur les filtres des PARTISOLS (H_2O_2 et HNO_3), puis les composés inorganiques et les terres rares seront analysés dans les 4 extraits récupérés.

5.3.4 Méthodes de prélèvement retenues pour la mesure des PM2.5

Des mesures en continu des PM10 et PM2,5 seront réalisées au moyen de capteurs optiques e-PM développés par EcoLogicSense (cf. Figure 46).

6 capteurs seront mis en place sur chacun des 6 points de prélèvement définis pour une durée de 4 semaines.

Ces capteurs fonctionnent sur la technologie de diffraction de la lumière. Les particules présentes dans l'air sont aspirées à travers le capteur par un flux forcé. Ces particules passent devant un laser et dévient les photons sur une lentille qui les focalise sur une photodiode. Le signal de sortie est retranscrit sous forme de pourcentage de temps d'occupation des particules dans le capteur.



Figure 46 : Illustration d'un capteur e-PM (source : TERA Environnement).

Les résultats des mesures seront disponibles en lecture directe sur l'appareil, enregistrés dans la mémoire de l'appareil et peuvent être télétransmis et disponibles sur un site Internet dédié.

5.4. INVESTIGATIONS SUR LES POUSSIÈRES SÉDIMENTABLES

5.4.1 Stratégie

Afin de compléter les mesures des particules en suspension dans l'air, des mesures des poussières sédimentables seront réalisées sur les mêmes points de prélèvements que les PARTISOLS séquentiels.

Les poussières sédimentables sèches seront mesurées via des plaquettes de dépôts (comme dans le cadre de l'actuel suivi réglementaire réalisé au tour de Mange-Garri). En complément, les poussières sédimentables totales (sèches et humides) seront également contrôlées via des jauges Owen.

Ces doubles méthodes de mesures des poussières sédimentables (poussières sèches et poussières totales) permettront sur la période d'étude :

- d'améliorer la compréhension des impacts qui pourraient être identifiés sur les sols de surface ;
- d'améliorer le calage du modèle d'évaluation des expositions ;
- d'étudier la relation entre poussières en suspension qui seront mesurées avec les PARTISOLS et poussières sédimentables ;
- de comparer les dépôts de poussières sèches et de poussières totales.

Ce retour d'expérience pourrait potentiellement être valorisable dans le cadre de la surveillance environnementale au titre des installations classées.

Les méthodes de prélèvement sont détaillées dans les parties suivantes.

5.4.2 Poussières sédimentables sèches

5.4.2.1 Principe

La norme NF X 43-007 - Décembre 2008 (« *Détermination de la masse des retombées atmosphériques sèches - Prélèvement sur plaquettes de dépôts* ») encadre la réalisation des mesures de poussières sédimentables sèches sur plaquettes.

Le principe est basé sur l'exposition de plaquettes (généralement en acier inoxydable) de forme rectangulaire, recouvertes d'un enduit adhésif, d'une de surface d'exposition d'environ 50 cm^2 (l × L = 5 cm × 10 cm) sur une durée maximale d'un mois (cf. Figure 47). Durant leur exposition, les plaquettes seront soumises aux retombées atmosphériques sèches. Après leur exposition, les plaquettes sont traitées par un solvant destiné au recueil de l'enduit adhésif chargé des retombées. Les matières particulaires alors séparées de l'enduit puis filtrées, séchées et pesées. Des analyses physicochimiques peuvent ensuite être réalisées sur les dépôts.

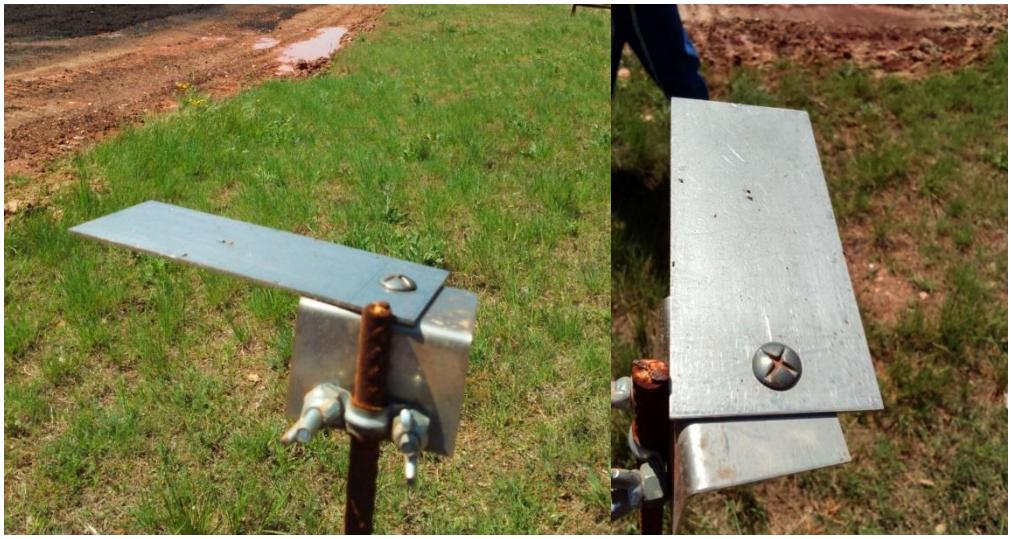


Figure 47 : Illustration de plaquettes de dépôts de retombées atmosphériques sèches (site de Mange-Garri).

Le principal inconvénient de l'utilisation de ce système vient du fait que les plaquettes subissent également l'action des intempéries (lessivage par la pluie, neutralisation par le givre ou la neige) et le masquage par les chutes de feuilles ou autres dépôts.

5.4.2.2 Nombre et localisation des prélèvements

La localisation des points de prélèvement des poussières sédimentables sèches est la même que pour le prélèvement des poussières inhalables (cf. Figure 44). Elle est détaillée dans le Tableau 29.

Nom de l'échantillon	Localisation du lieu d'échantillonnage	Objectif
AA-01-PSS	Sur ou à proximité de la terrasse du riverain le plus proche à environ 80 m l'ouest du bassin n° 7	Mesure et caractérisation des retombées de poussières sèches chez les riverains en aval éolien proche de Mange-Garri (en condition de vent d'est - Levant)
AA-02-PSS	Sur le terrain d'un riverain du chemin de Valabre, à environ 430 m l'ouest du bassin n° 7	
AA-03-PSS	Chez un riverain à environ 1 000 m l'est de Mange-Garri	Détermination du bruit de fond des poussières sédimentables sèches en période de vent d'est Point amont éolien du Levant
AA-04-PSS	Chez un riverain à environ 1 000 m à l'est-sud-est de Mange-Garri	Mesure et caractérisation des retombées de poussières sèches chez les riverains en aval éolien proche de Mange-Garri (en condition de vent de nord-ouest - Mistral)
AA-05-PSS	Chez un riverain à environ 1 200 m au sud-est de Mange-Garri	
AA-06-PSS	Chez un riverain à environ 500 m au nord des bassins n° 6 et n° 7 de Mange-Garri	Détermination du bruit de fond des poussières sédimentables sèches en période de vent de nord-ouest Point amont éolien du Mistral

Tableau 29 : Présentation des points de prélèvements de retombées atmosphériques sèches.

5.4.2.3 Méthode de prélèvement retenue

Les plaquettes utilisées seront des plaquettes DIEM. Une plaquette sera mise en place sur chacun des 6 points de mesure.

Au regard des flux de dépôt identifiés dans le secteur (cf. section 3.2.1-d), la durée d'exposition des plaquettes retenue est de 2 semaines. Ainsi, 6 plaquettes seront mises en place lors deux premières semaines de campagne et remplacées, au terme de ces deux semaines, par 6 nouvelles qui resteront en place pendant les deux dernières semaines de campagne.

Dans la mesure du possible compte tenu des contraintes de terrain, les plaquettes DIEM seront disposées :

- à une hauteur minimale de 1,5 m au-dessus du sol ;
- dans des endroits dégagés au maximum ;
- à un emplacement situé à une distance « D» par rapport à la hauteur « H » des obstacles environnants, telle que D > 2H ;
- en amont et en aval éolien dans la direction de provenance des retombées surveillées (en fonction du type de vent ciblé).

Les conditions météorologiques (température, pression atmosphérique, précipitations, vitesse et direction du vent) seront mesurées durant la période d'exposition des plaquettes au moyen de deux stations météorologiques, disposées chacune de part et d'autre du stockage.

À la fin de la période d'exposition, les plaquettes seront minutieusement retirées puis transportées au laboratoire.

Afin de s'assurer de la validité des résultats d'analyses qui seront produits sur les retombées atmosphériques sèches, des blancs seront réalisés :

- 1 blanc de laboratoire ;
- 2 blancs de terrain : 1 blanc pour les deux premières semaines et 1 blanc pour les deux dernières.

5.4.2.4 Avantages et limites de la méthode NF X 43-007 (cf. Tableau 30)

Avantages	Limites
Permet la surveillance de la pollution par les dépositions de particules sèches sur des sites de natures différentes (industriels, urbains et ruraux) pour des problématiques variées (protections de la population, des écosystèmes, des matériaux en milieu urbain, etc.)	Dispositif soumis à des retombées naturelles de masses non négligeables (travaux agricoles, pollens, chutes de végétaux divers, d'insectes, de déjections d'oiseaux, etc.) qui peuvent perturber le prélèvement.
Permet le mesurage de divers paramètres physico-chimiques, comme par exemple : la perte au feu, la masse de particules déposées, les teneurs en différents éléments et composés chimiques comme les cations dont les métaux lourds, et d'autres éléments ou composés chimiques minéraux.	Pas de possibilité de différencier les fractions granulométriques sédimentées.
Mise en œuvre simple ne nécessitant pas de logistique lourde, mais de la rigueur dans la chaîne de mesurage.	Méthode pas adaptée au prélèvement des substances phytosanitaires, des HAP et d'autres composés organiques.
Investissement faible et coût de fonctionnement (hors analyses complémentaires) réduit.	Plusieurs paramètres météorologiques ont une influence sur le prélèvement des retombées atmosphériques : - le vent, la pluviométrie, la neige, le gel, etc. ; - les retombées sèches (en absence de pluie) ont des vitesses de chute par gravité qui présentent un caractère aléatoire, essentiellement dû à la vitesse et à la direction du vent. De ce fait, l'incertitude sur la représentativité du prélèvement peut être assez importante ; - le vent peut occasionner depuis la plaquette des ré-envols des particules collectées non retenues par le corps gras en cas de surcharge ; - la pluie, selon sa fréquence, sa quantité et son intensité, influe d'abord sur les émissions à la source, puis sur le transport des particules vers les plaquettes ; - des chutes de grêles ou des pluies intenses peuvent affecter les dépôts et/ou détériorer les plaquettes.
Pas de besoin d'alimentation électrique.	

Tableau 30 : Avantages et inconvénients des prélèvements de retombées atmosphériques sèches sur plaquette (NF X 43-007).

5.4.3 Poussières sédimentables totales

5.4.3.1 Principe

La norme NFX 43-014 - Novembre 2003 (« *Détermination des retombées atmosphériques totales* ») encadre la réalisation des mesures de poussières sédimentables totales (sèches et humides) par le biais de collecteurs.

Le principe est basé sur l'exposition d'un collecteur constitué d'un récipient de collecte (de forme et de taille indifférentes) et d'un entonnoir qui est exposé sur une période de collecte généralement comprise entre 1 et 3 mois (en présence d'un empoussièrement important, il est possible d'envisager une fréquence hebdomadaire ou bimensuelle).

Durant leur exposition, les collecteurs seront soumis aux retombées atmosphériques sèches et humides. Après leur exposition, les collecteurs seront fermés hermétiquement puis envoyés au laboratoire pour analyse.



Figure 48 : Jauge de type Owen (extrait de la norme NF X 43-014).

5.4.3.2 Nombre et localisation des prélèvements

La localisation des points de prélèvement des poussières sédimentables totales est la même que pour le prélèvement des poussières inhalables (cf. Figure 44). Elle est détaillée dans le Tableau 31.

Nom de l'échantillon	Localisation du lieu d'échantillonnage	Objectif
AA-01-PST	Sur ou à proximité de la terrasse du riverain le plus proche à environ 80 m l'ouest du bassin n°7	Mesure et caractérisation des retombées de poussières totales chez les riverains en aval éolien proche de Mange-Garri (en condition de vent d'est - Levant)
AA-02-PST	Sur le terrain d'un riverain du chemin de Valabre, à environ 430 m l'ouest du bassin n°7	
AA-03-PST	Chez un riverain à environ 1 000 m l'est de Mange-Garri	Détermination du bruit de fond des poussières sédimentables sèches en période de vent d'est Point amont éolien du Levant
AA-04-PST	Chez un riverain à environ 1 000 m à l'est-sud-est de Mange-Garri	Mesure et caractérisation des retombées de poussières totales chez des riverains en aval éolien proche de Mange-Garri (en condition de vent de nord-ouest - Mistral)
AA-05-PST	Chez un riverain à environ 1 200 m au sud-est de Mange-Garri	
AA-06-PST	Chez un riverain à environ 500 m au nord des bassins n°6 et n°7 de Mange-Garri	Détermination du bruit de fond des poussières sédimentables sèches en période de vent de nord-ouest Point amont éolien du Mistral

Tableau 31 : Présentation des points de prélèvements de retombées atmosphériques totales.

5.4.3.3 Méthode de prélèvement retenue

Le collecteur qui sera utilisé sera la jauge OWEN (avec entonnoir conique simple, le plus souvent avec une embase carrée enveloppant le goulot du récipient de collecte).

Les jauges seront en plastique avec un diamètre d'ouverture de 24,5 cm. Une jauge sera mise en place sur chacun des 6 points de mesure.

Les 6 jauges resteront en place sur une durée de 4 semaines, au terme desquelles elles seront retirées.

Dans la mesure du possible compte tenu des contraintes de terrain, les collecteurs seront disposés :

- à une hauteur comprise entre 1,5 et 2 m au-dessus du sol ;
- dans des endroits dégagés au maximum ;
- à un emplacement situé à une distance « D» par rapport à la hauteur «H» des obstacles environnants, telle que D > 2H et à au moins 1 m de toute structure ;
- en amont et en aval éolien dans la direction de provenance des retombées surveillées (en fonction du type de vent ciblé).

Les conditions météorologiques (notamment précipitations, vitesse et direction du vent) seront mesurées durant la période de collecte.

À la fin de la période d'exposition, les collecteurs seront hermétiquement fermés puis transportés au laboratoire pour analyse.

Afin de s'assurer de la validité des résultats d'analyses qui seront produits sur les retombées atmosphériques sèches, 1 blanc de terrain sera réalisé.

5.4.3.4 Avantages et limites de la méthode NF X 43-014 (cf. Tableau 32)

Avantages	Limites
Intègre l'ensemble des retombées atmosphériques (sèches et humides).	Méthode non adaptée à des épisodes d'empoussièrement de courte durée (quelques heures à quelques jours).
Permet le mesurage de divers paramètres physico-chimiques : - pH, - pluviométrie, - masse de particules déposées totales solubles ou insolubles, - teneurs en différents éléments et composés chimiques (dont les métaux lourds) et d'autres éléments ou composés chimiques minéraux ou organiques (pesticides, HAP, organo-chlorés…).	Dispositif soumis à des retombées naturelles de masses non négligeables (travaux agricoles, pollens, chutes de végétaux divers, d'insectes, de déjections d'oiseaux, etc.) qui peuvent perturber le prélèvement.
Investissement faible et coûts de fonctionnement (hors analyses complémentaires) réduits.	Les retombées sèches (en absence de pluie) présentent un caractère aléatoire, essentiellement dû à la vitesse et à la direction du vent. De ce fait, l'incertitude sur l'échantillonnage peut être assez importante. Le vent peut entraîner des réenvols depuis le collecteur ou son entonnoir, des particules collectées auparavant en absence de pluie.
Pas de besoin d'alimentation électrique.	La pluie, en fréquence et en quantité, influe d'abord sur les émissions à la source, sur le transport des particules vers les collecteurs, sur la collecte. Une pluie de courte durée peut permettre par entraînement une collecte plus importante de particules ; une pluie de longue durée peut modifier, voire empêcher le transport des particules vers le collecteur.
mise en œuvre facile ne nécessitant pas de logistique lourde	L'ouverture du collecteur cylindrique peut entraîner une évaporation excessive des eaux recueillies et la collecte d'éléments indésirables tels que les feuilles d'arbres.
	La température et l'intensité lumineuse peuvent influer sur la forme physico-chimique des échantillons et sur la dissolution dans l'eau collectée d'une partie des retombées sèches.

Tableau 32 : Avantages et inconvénients des prélèvements de retombées atmosphériques sèches sur jauge.

5.5. PROGRAMME D'ANALYSES RETENU

5.5.1 Définition des panels d'analyses

Il est rappelé que ce programme d'analyses des poussières, dont la finalité est de permettre la réalisation ultérieure d'une évaluation indépendante des risques sanitaires, est à ce stade hypothétique dans la mesure où il est susceptible d'évoluer en fonction des traceurs de risques identifiés par l'Anses dans le cadre de son expertise.

5.5.1.1 Définition du panel d'analyse sur les matériaux sources et les sols

Le panel analytique des matériaux sources stockés à Mange-Garri et des sols de surface du voisinage retenu inclut (cf. Tableau 33) :

- des composés inorganiques :
  - les 26 éléments traces et majeurs identifiés, en première approche, comme ayant potentiellement un intérêt dans une perspective d'évaluation des risques sanitaires (cf. section 4.1),
  - auxquels Na, Zr et Hf ont été ajoutés en tant que traceurs potentiels, ainsi que le chrome hexavalent en raison de sa mobilité et de sa toxicité élevées,
  - les 15 terres rares (dont 14 qui ne sont pas déjà incluses dans la liste des 26 éléments traces et majeurs recherchés) ;
- des composés organiques :
  - les hydrocarbures en C10-C40, les HAP et les PCB, identifiés, en première approche, comme ayant potentiellement un intérêt dans une perspective d'évaluation des risques sanitaires (cf. section 4.1),
  - complétés par les dioxines et furanes qui seront recherchées dans les matériaux stockés à Mange-Garri et pourraient potentiellement également l'être dans les sols de surface du voisinage si leur occurrence à des teneurs significatives dans les matériaux sources était avérée.

Inorganiques	Terres rares	Organiques
Aluminium (Al)	Lanthane (La) 57	HC C10-C40
Arsenic (As)	Cérium (Ce) 58	16 HAP (liste US-EPA)
Baryum (Ba)	Praséodyme (Pr) 59	PCB (7 congénères)
Bore (B)	Néodyme (Nd) 60	Dioxines et furanes (composés OMS 2005 + TEQ)
Cadmium (Cd)	Prométhium (Pm) 61	
Cérium (Ce)	Samarium (Sm) 62	
Chrome (Cr) total	Europium (Eu) 63	
Cobalt (Co)	Gadolinium (Gd) 64	
Cuivre (Cu)	Terbium (Tb) 65	
Fer (Fe)	Dysprosium (Dy) 66	
Manganèse (Mn)	Holmium (Ho) 67	
Molybdène (Mo)	Erbium (Er) 68	
Nickel (Ni)	Thulium (Tm) 69	
Phosphore (P)	Ytterbium (Yb) 70	
Plomb (Pb)	Lutécium (Lu) 71	
Antimoine (Sb)		
Sélénium (Se)		
Silicium (Si)		
Etain (Sn)		
Strontium (Sr)		
Titane (Ti)		
Uranium (U)		
Vanadium (V)		
Zinc (Zn)		
Sodium (Na)		
Hafnium (Hf)		
Zirconium (Zr)		
Chlore (Cl)		
Fluor (F)		
Chrome VI		

Tableau 33 : Panel analytique recherché dans les matériaux sources et dans les sols de surface.

En complément, dans la mesure où peu de données analytiques sont disponibles sur les composés organiques, des screenings par GC-MS des composés organiques persistants semi- à non-volatils sont nécessaires sur les matériaux sources stockés à Mange-Garri. Il s'agit d'une recherche systématique et qualitative des liaisons organiques dans les échantillons.

Ces screenings devraient être réalisés en amont de la campagne d'investigation et leurs résultats devraient être exploités pour vérifier/confirmer/compléter le programme analytique proposé dans le Tableau 33. En effet, s'il était considéré que certaines molécules organiques détectées lors des screenings puissent constituer un enjeu sanitaire, le programme d'analyses des matériaux sources, et éventuellement dans un second temps des sols, pourrait être modifié de manière à intégrer l'analyse quantitative de ces molécules.

Cependant, les délais impartis à l'étude ne sont pas compatibles avec cette démarche. La réalisation de ces screenings restant cependant nécessaire sur le plan scientifique, ils seront réalisés par défaut en parallèle de la présente campagne. Ils apporteront ainsi des résultats complémentaires aux données quantitatives acquises par ailleurs sur les matériaux sources et les sols et pourront potentiellement conduire à des recommandations à l'issue du diagnostic de caractérisations complémentaires des matériaux sources, voire le cas échéant des sols de surface du voisinage.

5.5.1.2 Définition du panel d'analyse sur les poussières

Le panel analytique des poussières retenu correspond au panel analytique des matériaux sources et des sols de surface, auquel les éléments suivants ont été soustraits pour des raisons de faisabilité technique (cf. Tableau 34).

<table>
<tr><th>Paramètres inorganiques écartés</th><th>Justification</th></tr>
<tr><td>Bore (B)</td><td rowspan="2">Analyses écartées pour les raison suivantes indiquées par les laboratoires :

- pour les PARTISOLS : les mesures se font sur des filtres quartz qui contiennent beaucoup de Si, ainsi que du B. ;

- pour les plaquettes : les poussières sont transférées sur un filtre à quartz avant pesée puis extraction et analyse, induisant la même limitation que pour les PARTISOLS ;

- pour les jauges : l'analyse se fait par ICP-AES après attaque HNO_3 directe sans filtre mais Si est difficilement minéralisable par attaque acide simple et les LQ sont élevées (1 mg/jauge pour B, 0,5 mg/jauge pour Si).</td></tr>
<tr><td>Silicium (Si)</td></tr>
<tr><td>Phosphore (P)</td><td>En ce qui concerne les PARTISOLS, le laboratoire indique :

- n’avoir eu aucune demande pour ce paramètre dans les poussières à ce jour ;
- que l’analyse du P ne se fait pas par ICP-MS comme les autres inorganiques mais en ICP optique, ce qui nécessiterait soit de couper le filtre (non recommandé en raison des incertitudes sur le résultat générées) ou de dédier des filtres de la campagne uniquement pour ces analyses.</td></tr>
<tr><td>Chlore (Cl)</td><td rowspan="3">Analyses écartées pour les raison suivantes indiquées par les laboratoires :

- Pour les PARTISOLS :

- l’analyses de ces 3 éléments se fait par une autre technique analytique (chromatographie ionique), ce qui nécessiterait de soit de couper le filtre (non recommandé en raison des incertitudes sur le résultat générées) ou de dédier des filtres de la campagne uniquement pour ces analyses.
- le F et le Cl, se trouvant plus sous forme gazeuse dans l’air, ne sont usuellement pas recherchés dans l’air ambiant sur filtre et aucune méthode n’est proposée.
- Le Na est présent en quantité non négligeable dans les blancs de filtre quartz. L’analyse a donc souvent tendance à surestimer le résultat.

- Pour les plaquettes : les poussières sont transférées sur un filtre à quartz avant pesée puis extraction et analyse, induisant la même limitation relative au Na que pour les PARTISOLS ;

- Pour les jauges :

- la méthode d’analyse du Na est spécifique (ICP AES), nécessitant soit de partager le volume de liquide de la jauge en 2 (non recommandé, en raison des incertitudes sur le résultat générées) ou de mettre en place une jauge supplémentaire sur chaque point. De plus, la LQ du Na analysé par ICP-AES est élevée (0,25 mg/jauge) ;
- Le laboratoire n’a pas de retour d’expérience sur les anions mais indique des valeurs positives pour le Cl fréquentes sur les blancs.</td></tr>
<tr><td>Fluor (F)</td></tr>
<tr><td>Sodium (Na)</td></tr>
<tr><td>Pm</td><td>Pas de méthode proposée.</td></tr>
</table>

Tableau 34 : Éléments dont l’analyse dans les poussières a été écartée pour des raisons techniques.

De plus, les composés organiques ne sont pas recherchés dans les poussières. En effet :

- la recherche des composés organiques dans les poussières en suspension nécessiterait des dispositifs spécifiques d'échantillonnage en parallèle des PARTISOLS prévus (systèmes d'échantillonnage indépendants, durées spécifiques) ;
- de plus, l'analyse des composés organiques est impossible sur plaquette en raison de l'enduit adhésif qui les recouvre. La norme NF X 43-007 indique en effet que « La méthode n'est pas adaptée au prélèvement des substances phytosanitaires, des HAP et d'autres composés organiques en raison de leurs mauvaises conservations sur ce type de support de collecte. » ;
- la recherche des composés organiques est en revanche possible sur jauges en verre, mais les technique d'analyses de ces composés sont diverses et nécessiteraient donc soit de partager le liquide de la jauge en autant de parts que de techniques à mettre en œuvre, ce qui conduirait au relèvement des LQ et induirait des incertitudes sur les résultats non négligeables et non quantifiables, soit de mettre en place sur chaque point de mesures autant de jauges en verres que de techniques analytiques.

Dans la mesure où les poussières en suspension constituent un milieu d'exposition des riverains, la recherche des composés organiques dans les PM10 pourrait servir de manière directe à une évaluation des risques sanitaires. En revanche, les poussières sédimentables (plaquettes et jauges) ne constituent pas un milieu d'exposition, mais quantifient des flux de transfert. De ce fait, la conduite d'analyses pointues et onéreuses sur les poussières sédimentables a été écartée. En ce qui concerne les poussières en suspension, les contraintes d'échantillonnage étant importantes et dans un souci de proportion, il est considéré que l'évaluation des risques associés à ces composés organiques pourrait être conduite sur la base de modélisations préalablement calées au moyen des mesures des PM10 et PM2,5 et des analyses chimiques des inorganiques sur les PM10.

Ainsi, les composés organiques ne seront pas recherchés dans les poussières (inhalables, sédimentables sèches et sédimentables totales).

5.5.2 Caractéristiques techniques des analyses mises en œuvre

5.5.2.1 Analyses sur les matériaux sources et les sols

Le Tableau 35 présente les paramètres analysés, les méthodes de minéralisation et d'analyses et les limites de quantification qui seront mises en œuvre pour les matériaux sources stockés à Mange-Garri (8 échantillons des matériaux dans les bassins de stockage et 1 échantillon de bauxite), ainsi que les sols de surface du voisinage (55 échantillons).

Ces analyses seront réalisées pour partie en interne au BRGM et pour partie sous-traitées au laboratoire AGROLAB.

En complément, dans la mesure où peu de données analytiques sont disponibles sur les composés organiques, des screenings par GC-MS des composés organiques persistants semi- à non-volatils seront réalisés sur les matériaux sources stockés à Mange-Garri.

Les screenings seront réalisés par le laboratoire G2R de Nancy selon le protocole suivant : extraction des contaminants par ASE, fractionnement ASPEC de l'extrait en 3 familles moléculaires : saturées-aromatiques-polaires, analyse GC/MS sur fractions saturée et aromatique et analyse GC/MS sur fraction polaire après dérivation par sylilation.

Paramètres		Analyse des matériaux sources		Analyse des sols de surface du voisinage		Méthode d'analyse	Limite de quantification (mg/kg)		Interne / sous-traitance
		Type de minéralisation	Nombre d'analyses	Type de minéralisation	Nombre d'analyses		Après attaque Eau régale	Après Frittage alcalin	
Composés inorganiques	Aluminium (Al)	Eau régale (NF EN 16174) et Attaque "Totale" par Frittage alcalin	9	Eau régale (NF EN 16174) et Attaque "Totale" par Frittage alcalin	55	ICP-MS ou AES	10000	2650	BRGM
	Arsenic (As)						0,5	5	
	Baryum (Ba)						5	10	
	Bore (B)						10	10	
	Cadmium (Cd)						0,1	0,1	
	Cérium (Ce)						0,1	0,1	
	Chrome (Cr) total						1	1	
	Cobalt (Co)						0,5	1	
	Cuivre (Cu)						0,5	1	
	Fer (Fe)						2000	3500	
	Manganèse (Mn)						2000	77	
	Molybdène (Mo)						1	1	
	Nickel (Ni)						1	1	
	Phosphore (P)						50	22	
	Plomb (Pb)						1	1	
	Antimoine (Sb)						1	1	
	Sélénium (Se)						0,5	-	
	Silicium (Si)						-	4700	
	Etain (Sn)						5	2	
	Strontium (Sr)						5	1	
	Titane (Ti)						10	60	
	Uranium (U)						0,1	0,1	
	Vanadium (V)						5	1	
	Zinc (Zn)						1	5	
	Sodium (Na)					ICP-MS ou AES	1000	-	
	Hafnium (Hf)						0,5	0,5	
	Zirconium (Zr)						1	1	
	Chlore					DIN 51727 (Methode B)	100		AGROLAB
	Fluor					EN 41 / DIN 38405-D4	10		
	Chrome VI					NEN-EN 15192	0,5		

Paramètres		Analyse des matériaux sources		Analyse des sols de surface du voisinage		Méthode d'analyse	Limite de quantification (mg/kg)		Interne / sous-traitance
		Type de minéralisation	Nombre d'analyses	Type de minéralisation	Nombre d'analyses		Après attaque Eau régale	Après Frittage alcalin	
Composés organiques	16 HAP	/	8	/	55	HPLC/diode et fluorescence	0,05 (pour chaque composé)		AGROLAB
	HC C10-C40					GC-FID	20		
	PCB (7 congénères)					GC-MS	0,001 (pour chaque composé)		
	Dioxines et furanes (composés OMS 2005 + TEQ)				pm (0 ou 55 échantillons) selon les résultats sur les matériaux sources	NF-EN-1948	10^{-6} à 10^{-5} selon composé		
Terres rares	Lanthane (La) 57	Eau régale (NF EN 16174) et Attaque "Totale" par Frittage alcalin	9	Eau régale (NF EN 16174) et Attaque "Totale" par Frittage alcalin	8	ICP-MS	0,1	0,1	BRGM
	Cérium (Ce) 58						0,1	0,1	
	Praséodyme (Pr) 59						0,1	0,1	
	Néodyme (Nd) 60						0,1	0,1	
	Prométhium (Pm) 61						0,1	0,1	
	Samarium (Sm) 62						0,1	0,1	
	Europium (Eu) 63						0,1	0,1	
	Gadolinium (Gd) 64						0,1	0,1	
	Terbium (Tb) 65						0,1	0,1	
	Dysprosium (Dy) 66						0,1	0,1	
	Holmium (Ho) 67						0,1	0,1	
	Erbium (Er) 68						0,1	0,1	
	Thulium (Tm) 69						0,1	0,1	
	Ytterbium (Yb) 70						0,1	0,1	
	Lutécium (Lu) 71						0,1	0,1	

Tableau 35 : Paramètres, méthodes de minéralisation et d'analyse et limites de quantification pour les matériaux sources et les sols de surface.

5.5.2.2 Analyses effectuées sur les filtres des PARTISOLS

Les PM10 collectées sur les 57 filtres des PARTISOLS (48 échantillons, 6 blancs de terrain et 3 blancs de laboratoire) ainsi que sur les 4 filtres quartz prélevés à proximité d'une source de poussières de Bauxaline sur le site de Mange-Garri (2 échantillons et 2 blancs), seront quantifiées par gravimétrie selon la norme NF EN 14-902, puis feront l'objet d'analyses chimiques des composés inorganiques et terres rares.

Les paramètres analysés, les types d'attaque, les méthodes d'analyses et les limites de quantification sont présentées dans le Tableau 36.

Ces analyses seront réalisées par le laboratoire TERA Environnement.

	Paramètres analysés	Référence méthode	Type d'attaque	LQ (filtre Quartz 47 mm)		Analyse en interne TERA	LQ (ng/m^3)
PM10	Poussières	pesée	/	0,1	mg/support	Oui	4166,7
Composés inorganiques hors terres rares	Aluminium (Al)	NF EN 14-902	HNO_3 - H_2O_2	2000	ng/support	Oui	83,3
	Arsenic (As)			10		Oui	0,4
	Baryum (Ba)			600		Oui	25,0
	Cadmium (Cd)			10		Oui	0,4
	Cérium (Ce)			40		Oui	1,7
	Chrome (Cr) total			150		Oui	6,3
	Cobalt (Co)			5		Oui	0,2
	Cuivre (Cu)			60		Oui	2,5
	Fer (Fe)			600		Oui	25,0
	Manganèse (Mn)			20		Oui	0,8
	Molybdène (Mo)			20		Oui	0,8
	Nickel (Ni)			20		Oui	0,8
	Plomb (Pb)			20		Oui	0,8
	Antimoine (Sb)			5		Oui	0,2
	Sélénium (Se)			5		Oui	0,2
	Etain (Sn)			15		Oui	0,6
	Strontium (Sr)			25		Oui	1,0
	Titane (Ti)			100		Oui	4,2
	Vanadium (V)			10		Oui	0,4
	Zinc (Zn)			400		Oui	16,7
	Hafnium (Hf)			125		Oui	5,2
	Zirconium (Zr)			125		Oui	5,2
	Uranium (U)			125		Oui	5,2
Terres rares	Lanthane (La) 57	NF EN 14-902	HNO_3 - H_2O_2	125	ng/support	Oui	5,2
	Praséodyme (Pr) 59			125		Oui	5,2
	Néodyme (Nd) 60			125		Oui	5,2
	Samarium (Sm) 62			125		Oui	5,2
	Europium (Eu) 63			125		Oui	5,2
	Gadolinium (Gd) 64			125		Oui	5,2
	Terbium (Tb) 65			125		Oui	5,2
	Dysprosium (Dy) 66			125		Oui	5,2
	Holmium (Ho) 67			125		Oui	5,2
	Erbium (Er) 68			125		Oui	5,2
	Thulium (Tm) 69			125		Oui	5,2
	Ytterbium (Yb) 70			125		Oui	5,2
	Lutécium (Lu) 71			125		Oui	5,2

Tableau 36 : Paramètres, type d'attaque, méthodes analytiques et limites de quantification dans les filtres des PARTISOLS.

5.5.2.3 Analyses effectuées sur les plaquettes

Les poussières collectées sur les 15 plaquettes DIEM (12 échantillons de retombées atmosphériques sèches, 2 blancs de terrain et 1 blanc de laboratoire) seront quantifiées selon la norme NF X 43-007, puis feront l'objet d'analyses chimiques des composés inorganiques et terres rares.

Les paramètres analysés, les types d'attaque, les méthodes d'analyses et les limites de quantification sont présentées dans le Tableau 37.

Ces analyses seront réalisées par le laboratoire TERA Environnement.

	Paramètres analysés	**Référence méthode**	**Type d'attaque**	**LQ**		**Analyse en interne TERA**	**LQ (µg/m²/j)**
Poussières sédimentables sèches	Poussières	NF X 43-007	/	0,1	mg/support	Oui	1429
Composés inorganiques hors terres rares	Aluminium (Al)	NF X 43-007	HNO_3 - H_2O_2	2000	ng/support	Oui	28,6
	Arsenic (As)			50		Oui	0,7
	Baryum (Ba)			600		Oui	8,6
	Cadmium (Cd)			50		Oui	0,7
	Cérium (Ce)			50		Oui	0,7
	Chrome (Cr) total			150		Oui	2,1
	Cobalt (Co)			50		Oui	0,7
	Cuivre (Cu)			60		Oui	0,9
	Fer (Fe)			600		Oui	8,6
	Manganèse (Mn)			50		Oui	0,7
	Molybdène (Mo)			50		Oui	0,7
	Nickel (Ni)			50		Oui	0,7
	Plomb (Pb)			50		Oui	0,7
	Antimoine (Sb)			50		Oui	0,7
	Sélénium (Se)			50		Oui	0,7
	Etain (Sn)			50		Oui	0,7
	Strontium (Sr)			50		Oui	0,7
	Titane (Ti)			100		Oui	1,4
	Vanadium (V)			50		Oui	0,7
	Zinc (Zn)			400		Oui	5,7
	Hafnium (Hf)			125		Oui	1,8
	Zirconium (Zr)			125		Oui	1,8
	Uranium (U)			125		Oui	1,8

	Paramètres analysés	Référence méthode	Type d'attaque	LQ		Analyse en interne TERA	LQ (µg/m²/j)
Terres rares	Lanthane (La) 57	NF X 43-007	HNO_3 - H_2O_2	125	ng/support	Oui	1,8
	Praséodyme (Pr) 59			125		Oui	1,8
	Néodyme (Nd) 60			125		Oui	1,8
	Samarium (Sm) 62			125		Oui	1,8
	Europium (Eu) 63			125		Oui	1,8
	Gadolinium (Gd) 64			125		Oui	1,8
	Terbium (Tb) 65			125		Oui	1,8
	Dysprosium (Dy) 66			125		Oui	1,8
	Holmium (Ho) 67			125		Oui	1,8
	Erbium (Er) 68			125		Oui	1,8
	Thulium (Tm) 69			125		Oui	1,8
	Ytterbium (Yb) 70			125		Oui	1,8
	Lutécium (Lu) 71			125		Oui	1,8

Tableau 37 : Paramètres, type d'attaque, méthodes analytiques et limites de quantification sur les plaquettes DIEM.

5.5.2.4 Analyses effectuées sur les jauges

Sur les 7 jauges en plastique collectées, les retombées atmosphériques totales et les précipitations seront quantifiées (tableau ci-dessous) puis les poussières récupérées feront l'objet d'analyses chimiques.

Les poussières collectées sur les 7 jauges OWEN (6 échantillons de retombées atmosphériques totales et 1 blanc de terrain) seront quantifiées selon la norme NF X 43-014, puis feront l'objet d'analyses chimiques des composés inorganiques et terres rares.

Les paramètres analysés, les types d'attaque, les méthodes d'analyses et les limites de quantification sont présentées dans le Tableau 38.

Ces analyses seront réalisées par un laboratoire sous-traitant de TERA Environnement.

	Paramètres analysés	Référence méthode	Type d'attaque	LQ		Analyse en interne TERA	LQ (µg/m²/j)
Poussières sédimentables totales	Poussières	NF X 43-014	/	1	mg/support	Non	758

	Paramètres analysés	Référence méthode	Type d'attaque	LQ		Analyse en interne TERA	LQ (µg/m²/j)
Composés inorganiques hors terres rares	Aluminium (Al)	NF X 43-014	HNO_3	0,252	µg/support	Non	0,19
	Arsenic (As)			0,013		Non	0,01
	Baryum (Ba)			0,126		Non	0,10
	Cadmium (Cd)			0,013		Non	0,01
	Cérium (Ce)			0,063		Non	0,05
	Chrome (Cr) total			0,063		Non	0,05
	Cobalt (Co)			0,063		Non	0,05
	Cuivre (Cu)			0,063		Non	0,05
	Fer (Fe)			0,252		Non	0,19
	Manganèse (Mn)			0,063		Non	0,05
	Molybdène (Mo)			0,063		Non	0,05
	Nickel (Ni)			0,063		Non	0,05
	Plomb (Pb)			0,013		Non	0,01
	Antimoine (Sb)			0,063		Non	0,05
	Sélénium (Se)			0,126		Non	0,10
	Etain (Sn)			0,063		Non	0,05
	Strontium (Sr)			0,126		Non	0,10
	Titane (Ti)			0,063		Non	0,05
	Vanadium (V)			0,063		Non	0,05
	Zinc (Zn)			0,126		Non	0,10
	Hafnium (Hf)			0,063		Non	0,05
	Zirconium (Zr)			0,063		Non	0,05
	Uranium (U)			0,063		Non	0,05
Terres rares	Lanthane (La) 57	NF X 43-014	HNO_3	0,063	µg/support	Non	0,05
	Praséodyme (Pr) 59			0,063		Non	0,05
	Néodyme (Nd) 60			0,063		Non	0,05
	Samarium (Sm) 62			0,063		Non	0,05
	Europium (Eu) 63			0,063		Non	0,05
	Gadolinium (Gd) 64			0,063		Non	0,05
	Terbium (Tb) 65			0,063		Non	0,05
	Dysprosium (Dy) 66			0,063		Non	0,05
	Holmium (Ho) 67			0,063		Non	0,05
	Erbium (Er) 68			0,063		Non	0,05
	Thulium (Tm) 69			0,063		Non	0,05
	Ytterbium (Yb) 70			0,063		Non	0,05
	Lutécium (Lu) 71			0,063		Non	0,05

Tableau 38 : Paramètres, type d'attaque, méthodes analytiques et limites de quantification sur les jauges.

Annexe 1

Lettre de saisine du MEDDE/DGPR

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

Scan Vla
D3E + DEV
Orig D36
Vincent LAFLECHE
20/05/2015
DW

BRGM - PARIS
13 MAI 2015
PRÉSIDENCE

Direction générale de la prévention des risques

Service des risques technologiques

Sous-direction des risques chroniques et du pilotage

Bureau du sol et du sous-sol

Référence : BSSS/2015-15/AM
Affaire suivie par : Armelle MARGUERET
Tél : 01 40 81 92 01 - Fax : 01 40 81 10 53
Mél : armelle.margueret@developpement-durable.gouv.fr

Paris, le 07 MAI 2015

La directrice générale de la prévention des risques
à
Monsieur le président du BRGM
Monsieur le directeur général de l'IRSN
Monsieur le directeur général de l'ANSES

Objet : Installation classée pour la protection de l'environnement - société ALTEO, expertise relative aux émissions de poussières du centre de stockage de Mange-Garri

L'usine de Gardanne, implantée depuis 1893 sur le territoire de la commune de Gardanne dans les Bouches du Rhône, a été la première unité au monde à utiliser le procédé BAYER pour produire de l'alumine. Pour sa production, la bauxite, matière première riche en aluminium, est attaquée par de la soude à haute température et sous pression. Les résidus, dénommés boues rouges, sont rejetés en mer Méditerranée ou, déshydraté puis stockés sur le centre de stockage de Mange-Garri. Le rejet en mer des boues rouges sera interdit au 31 décembre 2015, ce qui, dans la perspective d'une poursuite d'activité du site, conduira à un renforcement des volumes stockés sur le site de Mange-Garri.

Compte-tenu de sa configuration, le centre de stockage de Mange-Garri peut présenter un impact environnemental dû en particulier aux envols de poussières. Plusieurs études ont été menées pour évaluer cet impact. La quantification des émissions et les caractéristiques des poussières ont conduit à une évaluation, par l'exploitant, du risque sanitaire, chimique et radiologique. Il vous est demandé de procéder à une évaluation indépendante du risque sanitaire actuel lié aux émissions de poussières, sur la base de données disponibles ou à acquérir, ainsi que du risque sanitaire futur sur la base d'une analyse critique des études de l'exploitant.

Cette étude sera concertée entre vos établissements et pourra s'organiser en deux temps. En premier lieu, le BRGM pourra procéder à une revue des données existantes en matière d'émission de poussières et d'exposition des riverains à ces dernières, afin d'identifier les éventuelles lacunes et proposer un programme d'investigation permettant de les combler. En parallèle, l'ANSES et l'IRSN procéderont à une première analyse critique de l'évaluation des risques sanitaires de l'exploitant. Un point d'étape pourrait être envisagé collectivement au cours du mois de juin. Ce point d'étape visera en particulier à s'assurer que le programme d'investigation du BRGM est effectivement en mesure de répondre aux attentes de l'ensemble des experts, exprimées lors de cette première phase.

Par la suite, la mise en œuvre d'une campagne de mesure tendra à donner une meilleure appréciation de l'impact du site dû aux poussières. Cette campagne sera réalisée au plus près des lieux de vie existants, par exemple dans les maisons, écoles, bâtiments administratifs... Les résultats s'attacheront à évaluer les niveaux d'empoussièrement et la

Copie : Monsieur le Préfet des Bouches du Rhône, Madame la directrice régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement de la région PACA

composition chimique et radiologique des poussières. Je vous invite à me transmettre les conclusions de votre expertise au cours du mois d'octobre 2015.

Mes services et ceux de la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement de la région Provence-alpes-côte-d'azur se tiennent à votre disposition se tiennent à votre disposition afin d'appuyer la mise en œuvre de cette expertise.

Je vous prie, messieurs, de bien vouloir agréer l'expression de mes salutations distinguées.

Pour la ministre et par délégation,

La directrice générale de la prévention des risques,

déléguée aux risques majeurs

Patricia BLANC

Annexe 2

BIBLIOGRAPHIE

NORMES

NF EN 12341 (2014) - Air ambiant - Méthode normalisée de mesurage gravimétrique pour la détermination de la concentration massique MP10 ou MP2,5 de matière particulaire en suspension.

NF EN 14902 (2005) - Qualité de l'air ambiant - Méthode normalisée de mesure du plomb, du cadmium, de l'arsenic et du nickel dans la fraction MP10 de matière particulaire en suspension.

NF EN 15841 (2010) - Qualité de l'air ambiant Méthode normalisée pour la détermination des dépôts d'arsenic, de cadmium, de nickel et de plomb.

NF ISO 7708 (1996) – Qualité de l'air – Définitions des fractions de taille des particules pour l'échantillonnage lié aux problèmes de santé.

NF X 43-007 (2008) - Qualité de l'air - Air ambiant - Détermination de la masse des retombées atmosphériques sèches - Prélèvement sur plaquettes de dépôts - Préparation et traitement.

NF X 43-014 (2003) - Qualité de l'air - Air ambiant - Détermination des retombées atmosphériques totales - Échantillonnage -Préparation des échantillons avant analyses.

XP CEN/TS 16450 (2013) - Air ambiant - Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM10, PM2,5).

AUTRES DOCUMENTS

LCSQA et EMD 2009 – Expertise technique de préleveurs séquentiels à bas débit pour les particules en suspension dans l'air ambiant, F. MATHE et B. HERBIN.

LCSQA 2014 - Liste des appareils pouvant être utilisés en AASQA pour la surveillance réglementaire de la qualité de l'air (mise à jour du 27/03/2014).

UNICEM 2011, Carrières, poussières et environnement, rapport n° NRI-B3-11-G.

CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution atmosphérique): http://www.citepa.org/fr/air-et-climat/polluants/poussieres-en-suspension

Coquard A. (2012) - Exposition aux poussières provenant d'une mine à ciel ouvert – évaluation des risques et biodisponibilité des métaux, Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement, Université de Sherbrooke, Canada.

Denys S. (2002) - Modèles de transfert sol-plante des polluants organiques, Tome 1 : revue bibliographique, rapport INERIS DRC-02-41200/DESP-R21a .

Descamps I. (2004) - Érosion éolienne d'un lit de particules à large spectre granulométrique, Thèse de doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis.

Roose E. (1994) - Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture édition, Montpelier, 440 p. 70. (Collection Bulletin pédologique de la FAO).



Centre scientifique et technique
Direction D3E
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34