



**SOCIETE FRANÇAISE
DES PRODUITS TARTRIQUES
MANTE (SFPTM)**

**ANCIEN SITE LEGRE MANTE
ROUTE DE LA MADRAGUE MONTREDON
MARSEILLE (13008)**

PLAN DE CONCEPTION DE TRAVAUX

FICHER : Y:\ENVIRONNEMENT\DOSSIERS EN COURS_LYON\2017\17LES038Ac_GINKGO_PCT_MARSEILLE 13\RAPPORT\PRO\17LES038Ac_Rapport PCT_2021_47777.docx

| N° DOSSIER | 17 | LES | 038 | A | c | ENV | MOK | IR | PIECE | 1/1 | AGENCE | LYON |
|------------|--------|-----------|----------------|---|-------------|-----|---------|-----------|------------------------------|--------------------|--------|------|
| 17/09/21 | 47777 | MO. KHIAT | | | | | S. AUGY | | 80 +Ann | PREMIERE DIFFUSION | | |
| DATE | CHRONO | REDACTEUR | CHEF DE PROJET | | SUPERVISEUR | | | nb. pages | MODIFICATIONS - OBSERVATIONS | | | |

SYNTHESE NON TECHNIQUE

| | |
|---|---|
| NOM SITE | ANCIEN SITE LEGRE MANTE |
| NOM CLIENT | Société Française des Produits Tartriques Mante (SFPTM) |
| N° DOSSIER | 17LES038Ac |
| TYPE D'ETUDE | Plan de Conception des Travaux des Parcelles A et C d'une part et parcelle B d'autre part. |
| CODE NF 31-620 | Code de mission Globale PCT (intégrant les missions élémentaires B111, B120 et mise à jour des missions A320 et A330 du PG) |
| ADRESSE | 162 avenue de la Madrague de Montredon – 13 008 MARSIELLE |
| SUPERFICIE | 8.5 ha |
| CONTEXTE OBJECTIFS PROJET | <p>Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une requalification de l'ancien site industriel pour l'aménagement d'un ensemble immobilier, ainsi que pour la gestion du crassier existant aujourd'hui rattaché à l'usine, et répond aux exigences de l'Administration dans l'Art. 2 du projet d'arrêté préfectoral transmis le 04/07/2017.</p> <p>Ce Plan de Conception de Travaux fait suite au Plan de Gestion référencé 17LES038Ab/MOK/42333 en date du 15/10/18, réputé connu du lecteur. Le Plan de Gestion fut annexé au Permis de Construire déposé en décembre 2019, tous deux reposant alors que sur une partie du foncier uniquement. Or, en avril 2021, la nouvelle municipalité a exprimé un « refus tacite » sur ce PC. S'en est suivi une phase de négociations qui a abouti en juillet 2021 à un projet portant sur l'intégralité du foncier, et nécessitant de reprendre le PCT.</p> <p><i>A noter que les remarques formulées par la DREAL sur le premier PCT ont été intégrées à l'occasion de cette mise à jour dans le présent document.</i></p> |
| OCCUPATION ACTUELLE | <p>L'ancien site LEGRE MANTE s'étend sur une superficie d'environ 8,5 ha que l'on peut décomposer en 3 parcelles de la façon suivante, du sud au nord :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Parcelle A : 5 ha environ de terrain soit « naturel » (parties sommitales du site) soit ayant fait l'objet d'une exploitation industrielle ancienne (des infrastructures de l'ancienne cheminée et du carneau de la fonderie historique sont toujours en place), - Parcelle C : 2,7 ha environ ayant fait l'objet d'une exploitation industrielle récente (bâtiments, voiries et installations de traitement des eaux usées), - Parcelle B : 0,7 ha environ de terrain, de l'autre côté de l'avenue de la Madrague par rapport au site industriel, côté mer. <p>La parcelle B est le siège d'un crassier d'un volume de 41 600 m3 environ de déchets qui ont été déposés dans le cadre des différentes activités industrielles historiques. Activité de stockage pour laquelle l'exploitant historique disposait d'une autorisation administrative dès les premières activités. De la même manière, sur la parcelle C, des opérations de démolitions menées par le dernier exploitant ont été pratiquées, pour la mise en place d'une STEP. Ainsi, une grande quantité de déblais de terrassement et de matériaux de démolition liés à ces anciennes infrastructures a été stocké sur le site, sous validation de l'administration.</p> |
| SYNTHESE DE L'HISTORIQUE | <p>Le site de la S.A.S. LEGRE-MANTE ETABLISSEMENT a abrité les activités suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - De 1875 à 1883 : Une usine de traitement de plomb argentifère et de zinc par natrométallurgie et fabrication de soude (1875-1883 : Hilarion-Roux). Après avoir fait faillite, cette société fut mise en liquidation ; - De 1888 à 2009 : Industrie de production d'acide tartrique et d'acide sulfurique (dit "LEGRE-MANTE"). <p>A noter que le site s'est donc retrouvé deux fois en friche au cours de son histoire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une première fois à la fin du XIXème siècle : de 1883 à 1888, en friche pendant 5 ans ; puis - Une seconde fois de 2009 à 2017, soit pendant 8 ans. <p>En 2017, Ginkgo rachète cette friche industrielle laissée en friche depuis 8 ans, avec pour projet d'y redévelopper un programme durable ambitieux, permettant de redynamiser ce quartier délaissé.</p> <p>L'étude historique a permis de détailler les procédés industriels employés par l'usine et de recenser et localiser les sources potentielles de pollution associées pour chacune des activités.</p> |
| PROJET D'AMENAGEMENT MIS A JOUR (Dernière mise à jour en concertation avec la Ville de Marseille et validée par cette dernière) | <p>Aujourd'hui, le projet d'aménagement finalisé tient compte de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sur les parcelles C et A : une adaptation du projet retenu initialement sur la base des conclusions des séances successives de d'échanges avec les services de la Ville, comprenant la prise en compte de tout le foncier, la diminution de la densité totale et donc du nombre de parkings, l'intégration d'une mixité programmatique plus ambitieuse dont 30% de logements sociaux. Cela engendre une optimisation par l'équipe de conception de la répartition en déblais/remblais ainsi que la prise en compte de l'ensemble du foncier dans le document du PCT. <i>Les évolutions de projet sur les parcelles C et A ne remettent pas en cause les scénarios de gestion étudiés dans le cadre du Plan de Gestion.</i> - Sur la parcelle B : le nouveau projet prévoit une mise en sécurité pérenne du crassier en vue de la réalisation d'une esplanade piétonne, dénommée Place du Belvédère, et un accès à la mer qui permettront au public et aux riverains de se réapproprier cet espace. Ce projet entre dans le cadre du projet global de réhabilitation et d'aménagement de la friche industrielle du site Legré Mante. <i>Les besoins en stationnement du nouveau projet d'aménagement ne nécessitent plus la création d'un parking en sous-sol, initialement prévu au sein du crassier (changement de stratégie lié aux modifications urbanistiques demandées par la Mairie) ; aucune purge du massif n'est donc à considérer pour l'aménagement de la parcelle. Dans ce contexte, les modifications de projet remettent en question les hypothèses retenues dans le Plan de Gestion et scénarios qui en découlent.</i> |

| | |
|---|---|
| <p>DETERMINATION COMPLEMENTAIRE DES POLLUTIONS CONCENTREES SUR LA PARCELLE B</p> | <p>Dans ce contexte et conformément aux attentes de l'Administration, une analyse complémentaire des données de diagnostic existantes sur le crassier a été menée, et a permis notamment de définir que :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les déchets industriels issus de l'exploitation historique de cette parcelle par Hilarion Roux sont constitués de scories (résidus de fonderies) renfermant intrinsèquement une pollution concentrée en arsenic et en plomb non lixiviables. - Les teneurs en cyanures totaux enregistrées dans le massif sont répartis d'une manière hétérogène dans les matériaux de surface du secteur Ouest. Elles sont en outre à relativiser au regard de la concentration maximale enregistrée (qui reste faible à modérée avec 260 mg/kg MS), de la stabilité des ferrocyanures, de la présence uniquement à l'état de trace de cyanures libres (inférieur 1 mg/kg MS), ainsi que de l'absence d'impact en cyanures du milieu marin vulnérable (non détection systématique dans les eaux, les sédiments et les oursins lors de la campagne de 2017). <p>Le croisement de ces données avec les études précédentes menées sur le milieu marin démontrent l'absence d'impact au niveau du site par rapport aux autres stations du littoral investiguées.</p> <p>Cette analyse a permis de mettre à jour les scénarios de gestion à retenir sur la parcelle B, analysés selon une démarche de bilan coûts-avantages, avec analyse multicritères et étude de sensibilité, conformément à la méthodologie française en matière de gestion des sites et sols pollués.</p> |
| <p>ESSAIS DE FAISABILITE ET ETUDES TECHNIQUES CONNEXES</p> | <p>Des études de faisabilité et de traitabilité, ainsi que des études connexes (géotechnique, ...) d'avant-projet se sont avérées nécessaires au titre du PCT, conformément à la méthodologie nationale, afin de valider les solutions de gestion retenues :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sur la parcelle B : Étude de faisabilité pour la protection par enrochements vis-à-vis du phénomène d'érosion maritime, Étude géotechnique de stabilisation et de réhabilitation du remblai de crassier en vue de la réalisation d'une esplanade (place du Belvédère) et Étude de solution de confinement du massif. - Sur les parcelles A et C : Essais en laboratoire de stabilisation / solidification, Étude de mise en œuvre, faisabilité et renforcement, de maintien et de transformation des ouvrages historiques, Étude de Gestion des sources de pollution concentrées en hydrocarbures, cyanures et mercure (purge des sources sols et conservation en mémoire de la qualité résiduelle) et Étude de Gestion des pollutions diffuses en ETMM par confinement et phytostabilisation - Sur l'ensemble des parcelles : Mesures de gestion des poussières et méthodologies induites de travaux et de terrassement. <p><i>Ces études ont toutes été menées par des tiers indépendants experts dans leurs domaines et reconnus.</i></p> |
| <p>MISE A JOUR DES MESURES DE GESTION</p> | <p>Parcelles A et C :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les hypothèses retenues au Plan de Gestion dans les conceptions de travaux ont toutes été validées à l'issue des essais et études connexes, sauf l'option de remplissage de la cheminée rampante par des matériaux préalablement stabilisés/solidifiés. Une solution de mise en sécurité par purge manuelle des encroutements et condamnation des accès a été préférée, dans ce contexte, pour sa simplicité de réalisation, ses garanties de performance technique et sa pérennité. - La mise à jour concerne essentiellement les volumes de déblais à gérer, qui impactent uniquement le coût de gestion sur le scénario 1 (gestion hors sites en filière(s) autorisée(s) des futurs déblais). - Ces modifications n'influent pas sur les notations de chaque Scénario, selon les critères retenus (techniques et normatifs, économiques, environnementaux, socio-politiques, ainsi que juridiques et réglementaires) et le Bilan Coûts-Avantages est donc inchangé. <p>Parcelle B : La parcelle, qui est la résultante de près d'un siècle et demi de dépôts de résidus miniers et de déchets variés provenant de la succession de diverses activités industrielles, doit être considérée, étudiée et gérée dans toutes ses composantes, qu'il s'agisse :</p> <ul style="list-style-type: none"> - De la composante réglementaire en matière de gestion d'un massif de déchets sur le domaine maritime, issues de diverses industries autorisées par l'Administration depuis près d'un siècle et demi - De la composante géochimique et notamment de la nature et de la qualité chimique des matériaux, ainsi que du comportement à long terme, caractérisé par la mobilité très limitée de tous les polluants identifiés. - De la composante sanitaire avec un impact non significatif de l'envol des poussières depuis le crassier dans sa configuration actuelle, non protégée des vents (études ATMOSUD 2017 et 2019-2020), ainsi que sur le milieu marin (eau, sédiments et oursins (investigations 2017 dans le cadre de l'IEM (rapport référencé 17LES038Aa/43044 en date 24/04/2020)). - De la composante géotechnique et notamment sur la stabilité générale du massif de déchets / résidus et son reprofilage. - De la composante climatique et de l'exposition induit du massif à l'érosion maritime. L'érosion marine provoque une instabilité légère en pied de talus du massif, ayant conduit à la création de la plage artificielle - De la composante esthétique et sociologique, en tenant compte de l'aspect général et visuel des dépôts qui dégradent le paysage environnant et ne permettent pas un accès qualitatif à la mer pour les riverains et le public. A l'heure actuelle l'accès à la mer est interdit et le crassier constitue une nuisance visuelle pour les habitations situées en bord de mer. - De la composante sociétale passant par la reconstruction d'un cœur de village, d'une connexion entre la montagne et la mer et d'une plateforme belvédère pour ouvrir le panorama vers la mer et les îles. <p>Le projet de réhabilitation de la parcelle doit tenir compte de l'ensemble de ces composantes structurantes, en retenant un scénario de gestion qui soit le plus en adéquation avec le contexte (même s'il ne permet pas totalement de répondre à toutes les composantes) et qui constitue un optimum techniquement et économiquement viable avec le projet de réqualification, élaboré sur les bases des intentions de la Ville et les souhaits des riverains.</p> <p>Les conclusions de l'analyse complémentaire des pollutions concentrées au sein du massif, des scénarios de gestion et tenant compte de l'ensemble des composantes suscitées ainsi que de la contrainte du DPM et de la nécessité de protection du trait de côte vis-à-vis de l'érosion maritime ont conduit à retenir une solution de maîtrise des pollutions concentrées, par stabilisation géotechnique et confinement pérenne du massif. La conception de travaux proposée permet l'aménagement de la parcelle en place publique et l'accès à la mer par le public.</p> |

| | |
|--|---|
| <p>ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS</p> | <p>Aucune mise à jour de l'évaluation des risques sanitaires n'est requise dans le cadre du PCT. L'Analyse des Risques Résiduels sur la base de la connaissance de l'état des milieux connue à ce stade permet de mettre en évidence une compatibilité de l'état des milieux avec les usages projetés pour le risque par inhalation dans les bâtiments de plain-pied projetés au droit des parcelles A et C. Par ailleurs, la mise en place des mesures de gestion et dispositions constructives retenues dans le Plan de Conception de Travaux permet de supprimer les voies de transfert et d'exposition sur l'ensemble des trois parcelles A, B et C. Le projet de redéveloppement de cette ancienne friche industrielle et les mesures de gestion retenues permettent la compatibilité sanitaire avec les usages projetés.</p> |
| <p>SOLUTION DE GESTION PROPOSÉE POUR LA REQUALIFICATION DU SITE</p> | <p>Les mesures de gestion retenues dans le cadre du redéveloppement du site sont les suivantes : Parcelles A et C : - Phase préliminaire de purge et élimination en filières des sources concentrées (de surface). - Travaux de terrassement pour l'aménagement du site selon 3 phases successives, en lien avec le niveau de pollution des sols avec optimisation des travaux par la réalisation en flux tendu des terrassements et réemplois sur site. - Prédimensionnement des travaux, intégrant les mesures de gestion des poussières en phase travaux (arroser les zones traitées, asperger les pistes, brumiser les zones en activité, limiter les surfaces ouvertes avec utilisation quotidienne de liant cellulosique, bâcher les camions, limiter les vitesses de circulation des engins et les distances parcourues, laver les roues des engins et phaser les travaux en fonction des conditions de vent). - Mise en œuvre de la mesure constructive de recouvrement des espaces de pleine terre par une épaisseur de 0,5 m de terre saine compactée. - Gestion des eaux météoriques en phase travaux. Parcelle B : - Travaux de reprofilage par des opérations de terrassement par phase, intégrant les mesures de gestion des poussières en phase travaux (citées ci-avant) avec optimisation des travaux par la réalisation simultanée des terrassements en déblais et des terrassements en remblais à partir des matériaux extraits, de manière à limiter le stockage des déblais sur site, et ainsi les contraintes liées à la gestion de ces matériaux stockés avant leur réutilisation. - Mise en sécurité pérenne par confinement du massif. - Mise en place d'un enrochement de protection du massif contre l'érosion maritime - Gestion des eaux météoriques en phase travaux. Programme de surveillance et communication : - Un suivi de la qualité de l'air sera réalisé pendant les travaux et après ceux-ci. Il sera défini avec ATMOSUD sur la base de la surveillance « point zéro avant chantier » menée entre septembre 2019 et septembre 2020 : communication à l'Administration du suivi avec points d'arrêt, mesures correctives d'urgence et plans d'action éventuels. - Un suivi de la qualité des eaux souterraines sera réalisé pendant les travaux et après ceux-ci, au moyen de 3 ouvrages existants au droit du site. - Communication des surveillances effectuées sur les milieux en phase travaux : comité ad hoc de suivi durant le chantier composé de 3 collèges à parité pour débattre de la gestion de chantier (avancement des travaux et points marquants avec les représentants des CIQ, la MOE/MOA et associations (FNE, etc.). L'ensemble de ces mesures de gestion et monitoring représente un budget total estimatif de 10 900 k€ à 11 800 k€ H.T.</p> |
| <p>CONCLUSIONS ET PRECONISATIONS</p> | <p>Les essais laboratoire et études connexes valident la faisabilité des hypothèses retenues au Plan de Gestion sur les parcelles A et C, ce qui conduit à ne pas remettre en question le Bilan Coûts-Avantages établi au Plan de Gestion. Seule l'option de mise en sécurité de la cheminée rampante par remplissage des ouvrages historiques avec des matériaux préalablement stabilisés/solidifiés a été invalidée par les études connexes. Une solution de mise en sécurité par purge manuelle des encroutements et condamnation des accès est retenue pour ses qualités de simplicité de mise en œuvre, de pérennité et d'efficacité. Concernant la parcelle B, l'absence de risques environnementaux au droit du crassier a été confirmée par une analyse approfondie des données analytiques existantes. De plus, des études de faisabilité complémentaires ont été menées afin de permettre le redéveloppement de cette parcelle en place publique avec accès à la mer (évolution du projet par rapport au Plan de Gestion). Celles-ci ont conduit à la conception d'un ouvrage stable et anti-érosion garantissant la mise en sécurité pérenne par confinement du volume de crassier en place.</p> <p>L'étude des nuisances en phase chantier (poussières en lien avec les opérations de terrassement sur les parcelles B, C et A), conduit à retenir la vitesse de 50 km/h de vent, comme seuil en phase travaux et a permis de définir les mesures de gestion des poussières associées. Les mesures de gestion des poussières en phase travaux ont en outre été validées par l'EQRS qui a été réalisée sur la base de la modélisation exhaustive de l'impact chronique de l'ensemble du chantier toutes conditions météorologiques confondues (données ATMOSUD et MétéoFrance intégrées).</p> <p>Des servitudes et des restrictions d'usages devront être mises en place pour garantir la conservation en mémoire de la pollution résiduelle sur site et des mesures constructives en découlant.</p> <p>Le projet dans sa nature et sa conception s'applique à respecter l'objectif « zéro artificialisation nette », en s'inscrivant pleinement dans le renouvellement urbain et la densification de l'habitat, ainsi que la renaturation des espaces artificialisés laissés à l'abandon. Parmi les enjeux de l'artificialisation, le Maître d'Ouvrage et l'équipe de conception ont également la volonté d'intégrer au projet, en concertation avec Aix Marseille Université et la Ville de Marseille, des actions pour une gestion soucieuse de la biodiversité selon une approche intégrative rejoignant la pensée One Health (citons entre autres un programme de phytostabilisation, des espaces dédiés à des jardins verts, jardins partagés, l'analyse de la biodiversité et la sélection d'espèces adaptées, en s'inscrivant dans les actions en cours sur le périmètre de la Ville de Marseille et également au sein du Parc des Calanques).</p> <p>Enfin, les études de conceptions et réglementaires nécessaires au regard des mesures de gestion validées par le présent PCT et retenues au stade AVP devront être menées.</p> |

Cette synthèse non technique, volontairement simplificatrice, fait partie intégrante et est indissociable de notre rapport. Pour une bonne compréhension du présent document, une lecture intégrale de ce dernier est nécessaire.

S O M M A I R E

LISTE DES ABREVIATIONS

| | |
|---|-----------|
| 1. CADRE DE L'ETUDE | 9 |
| 1.1 CADRE DE L'INTERVENTION | 9 |
| 1.2 CADRE DE LA MISSION « PLAN DE CONCEPTION DE TRAVAUX » | 10 |
| 1.3 LISTE DES PRINCIPAUX RAPPORTS ET DOCUMENTS CONSULTES | 11 |
| 2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE | 12 |
| 2.1 CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA ZONE D'ETUDE | 12 |
| 2.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE ET TOPOGRAPHIQUE | 13 |
| 2.3 PRESENTATION DU PROJET D'AMENAGEMENT MIS A JOUR | 14 |
| 3. PRINCIPALES CONCLUSIONS DU PLAN DE GESTION 17LES038AB/MOK/42333 | 17 |
| 3.1 DEMARCHE DE CARACTERISATION ET D'IDENTIFICATION DES POLLUTIONS CONCENTREES SUR LES PARCELLES A ET C | 17 |
| 3.2 DEMARCHE DE CARACTERISATION ET D'IDENTIFICATION DES POLLUTIONS CONCENTREES SUR LA PARCELLE B | 19 |
| 4. INFLUENCE DES EVOLUTIONS DE PROJET SUR LES SCENARIOS DE GESTION DE LA PARCELLE B | 20 |
| 4.1 DEMARCHE COMPLEMENTAIRE DE DETERMINATION DE POLLUTION(S) CONCENTREE(S) AU SEIN DE LA PARCELLE B | 20 |
| 4.1.1 CARACTERISATION DES POLLUTIONS CONCENTREES SELON DIFFERENTES APPROCHES | 20 |
| 4.1.2 CARACTERISATION DE LA MOBILITE : LOCALISATION ET QUANTIFICATION DES POLLUTIONS DANS LES GAZ DES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES | 21 |
| 4.2 SCENARIO DE GESTION ENVISAGES POUR LA PARCELLE B | 22 |
| 5. ESSAIS DE FAISABILITÉ ET ETUDES TECHNIQUES CONNEXES | 24 |
| 5.1 OBJECTIFS | 24 |
| 5.2 PARCELLE B – ÉTUDES SPECIFIQUES, RESULTATS ET SOLUTION(S) RETENUE(S) | 25 |
| 5.2.1 ÉTUDE DE FAISABILITE POUR LA PROTECTION PAR ENROCHEMENTS | 25 |
| 5.2.2 ÉTUDE GEOTECHNIQUE DE STABILISATION ET DE REHABILITATION (PLACE DU BELVEDERE) | 26 |
| 5.2.3 SOLUTION DE CONFINEMENT DU MASSIF | 27 |
| 5.2.4 ÉCHANGES AVEC LA DDTM ET LIMITE DU DPM A RETENIR | 28 |
| 5.2.4.1 Examen de la situation avec la limite du DPM selon le plan historique de 1879 | 28 |
| 5.2.4.2 Examen de la situation avec la prise en compte de l'alternative N°1 de l'étude OCEANIDE | 28 |
| 5.2.4.3 Mise à jour de l'AMC OCEANIDE | 29 |
| 5.3 PARCELLES A ET C – ÉTUDES SPECIFIQUES, RESULTATS ET SOLUTION(S) RETENUE(S) | 29 |
| 5.3.1 STABILISATION DE SOLS POLLUES AUX METAUX LOURDS – ESSAIS EN LABORATOIRE – REMEA | 29 |
| 5.3.2 ÉTUDE DE MISE EN ŒUVRE, FAISABILITE ET RENFORCEMENT, DE MAINTIEN ET DE TRANSFORMATION DES OUVRAGES HISTORIQUES - FREYSSINET | 30 |
| 5.3.3 GESTION DES POLLUTIONS CONCENTREES EN HYDROCARBURES, CYANURES ET MERCURE | 32 |
| 5.3.4 GESTION DES TERRES EXCAVEES | 34 |
| 5.3.5 GESTION DES POLLUTIONS DIFFUSES EN ETMM | 37 |
| 5.3.6 TRAITEMENT PAR PHYTOSTABILISATION DE LA PARCELLE A | 39 |
| 5.4 PARCELLES B, C ET A – MESURES DE GESTION DES POUSSIERES ET METHODOLOGIES INDUITES DE TRAVAUX ET DE TERRASSEMENT | 41 |
| 5.5 PARCELLES B, C ET A – ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES EN LIEN AVEC LES TRAVAUX DE TERRASSEMENT | 46 |
| 6. MISE A JOUR DES MESURES DE GESTION | 49 |
| 6.1 BILAN COUTS-AVANTAGES (BCA) SELON LES SCENARIOS DE GESTION MIS A JOUR – PARCELLE B | 49 |
| 6.1.1 CRITERES DE COMPARAISON RETENUS | 49 |
| 6.1.2 HYPOTHESES D'ESTIMATION DES COUTS | 49 |
| 6.1.3 SCENARIO DE GESTION ENVISAGES POUR LA PARCELLE B ET HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT RETENUES | 49 |
| 6.1.4 BILAN COUTS-AVANTAGES (BCA) | 51 |
| 6.1.5 TEST DE SENSIBILITE | 56 |
| 6.2 MISE A JOUR DES MESURES DE GESTION – PARCELLE B | 57 |
| 6.3 MISE A JOUR DES MESURES ET SCENARIOS DE GESTION – PARCELLES A ET C | 58 |
| 6.4 SELECTION DES DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES ET IDENTIFICATION DES RESTRICTIONS D'USAGE | 60 |
| 6.4.1 SELECTION DES DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES | 60 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 6.4.2 | IDENTIFICATION DES RESTRICTIONS D'USAGE ADAPTEES AUX ENJEUX | 60 |
| 6.5 | RAPPEL DE LA REGLEMENTATION SUR LES CONTRAINTES JURIDIQUES | 61 |
| 7. | ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS | 62 |
| 8. | SOLUTION DE GESTION PROPOSEE POUR LA REHABILITATION DU SITE | 63 |
| 8.1 | PROGRAMME DE TRAVAUX RETENU | 63 |
| 8.2 | SURVEILLANCE DE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES | 65 |
| 8.3 | SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR (POUSSIERES) HORS SITE | 65 |
| 8.4 | COMMUNICATION AUPRES DES RIVERAINS | 65 |
| 8.5 | MODALITES OPERATIONNELLES EN PHASE CHANTIER | 66 |
| 8.5.1 | CLOTURE ET GARDIENNAGE | 66 |
| 8.5.2 | GESTION DES NUISANCES | 66 |
| 8.6 | PHASAGE, CONTROLE ET RECOLEMENT DES TRAVAUX | 67 |
| 8.6.1 | PHASAGE DES TRAVAUX | 67 |
| 8.6.2 | PROCEDURES DE CONTROLE EN COURS DE CHANTIER | 67 |
| 8.6.3 | RECOLEMENT DES TRAVAUX | 68 |
| 8.6 | RESTRICTIONS D'USAGE | 68 |
| 9. | SYNTHESE, CONCLUSIONS ET PRECONISATIONS | 70 |
| 9.1 | SYNTHESE DU PLAN DE CONCEPTION DE TRAVAUX | 70 |
| 9.1.1 | PROJET D'AMENAGEMENT MIS A JOUR | 70 |
| 9.1.2 | DEMARCHE COMPLEMENTAIRE DE DETERMINATION DES POLLUTIONS CONCENTREES SUR LA PARCELLE B | 70 |
| 9.1.3 | ESSAIS DE FAISABILITE ET ETUDES TECHNIQUES CONNEXES | 71 |
| 9.1.4 | MISE A JOUR DES MESURES DE GESTION | 72 |
| 9.1.5 | ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS | 73 |
| 9.1.6 | SOLUTIONS DE GESTION RETENUES POUR LA REQUALIFICATION DU SITE | 74 |
| 9.2 | CONCLUSIONS | 76 |
| 9.3 | PRECONISATIONS | 77 |
| 9.4 | LIMITE DE L'ETUDE | 77 |

SOMMAIRE DES ANNEXES

| | |
|-------|--|
| A1. | Données générales sur le site |
| A2. | Rapport de plan de gestion (référéncé 17LES038Ab/ENV/MOK/BT/42333) |
| A2.1. | Démarche complémentaire de détermination de pollution(s) concentrée(s) au sein de la parcelle B |
| A3. | Etude de faisabilité pour la protection par enrochements (rapport référéncé 19.7.070.R.001, dans sa révision 2 en date du 20/03/2020) |
| A4. | Etude géotechnique de stabilisation et de réhabilitation du remblai de crassier en vue de la réalisation d'une esplanade (rapport référéncé 17MG570Ae/GE/MBN, en date du 20/03/2020) |
| A5. | Etude de solution d'étanchéité / de confinement du massif |
| A6.1. | Plans et travaux de calcul de volume, selon le positionnement du DPM fixe par la DDTM |
| A6.2. | Etude de sensibilité (robustesse du BCA) |
| A7.1 | Etude de stabilisation de sols pollués aux métaux lourds – essais en laboratoire (rapport référéncé remea_erg_legremante_rapportessaislaboratoire_270320_vc, dans sa révision c en date du 27/03/2020) |
| A7.2 | Etude d'un scénario de purge par démolition mécanique des enduits et mortiers pollués et élimination en filière autorisée |
| A8.1 | Plan de synthèse des cubatures en déblais et remblais sur les parcelles A et C (source équipe de conception projet) |
| A8.2 | Dimensionnement des mesures de gestion de la pollution diffuse aux ETM |
| A9.1. | Modélisation de l'impact des poussières dans un contexte d'opération de dépollution des sols (étude FLUIDYN) |
| A9.2. | Evaluation quantitative des risques sanitaires en lien avec les travaux de terrassement |
| A10. | Qualité des eaux souterraines – rapport référéncé P05292.001 en date de 2021 |
| A11. | Phytostabilisation : plan de localisation de la zone concernée et détail du projet de recherche |
| A12. | Conditions générales de vente |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1 - Liste des abréviations..... | 8 |
| Tableau 2 – Codification au sens de la norme NF X 31-620..... | 10 |
| Tableau 3 - Caractéristiques générales du site..... | 12 |
| Tableau 4 - Situation géographique et topographique..... | 13 |
| Tableau 5 : Bilan des cubatures au 10/08/2021..... | 36 |
| Tableau 6 de l'annexe A9.2 mis à jour : Teneurs retenues pour l'exposition par ingestion de sols impactés par les retombées de poussières du chantier chez les riverains – calcul à partir des teneurs moyennes pondérées sur le site de la Madrague..... | 48 |
| Tableau 7 de l'annexe A9.2 mis à jour : Teneurs retenues pour l'exposition par ingestion de sols impactés par les poussières du chantier chez les riverains – calcul à partir des percentiles 95 des teneurs pondérées sur le site de la Madrague..... | 48 |
| Tableau 8 de l'annexe A9.2 mis à jour : Niveaux de risque pour l'exposition par ingestion de sol impacté par les retombées de poussières du chantier – calcul à partir des teneurs moyennes pondérées sur le site de la Madrague »..... | 48 |
| Tableau 9 de l'annexe A9.2 mis à jour : Niveaux de risque pour l'exposition par ingestion de sol impacté par les retombées de poussières – calcul à partir des teneurs maximales pondérées sur le site de la Madrague..... | 48 |
| Tableau 10 : Bilan Coûts – Avantages (BCA) – Scenarios S0 de purge totale du massif et S1a et S1b de purge des remblais industriels profonds qui constituent la pollution concentrée en arsenic et plomb sur la parcelle B (matériaux issus des activités historiques HILARION ROUX)..... | 52 |
| Tableau 11 : Bilan Coûts – Avantages (BCA) – Scenarios 2 (2a.1, 2a.2, 2b.1 et 2b.2) de maîtrise des pollutions selon les scenarios de positionnement de l'ouvrage de défense à la mer vis-à-vis du DPM et de la plage artificielle..... | 54 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1 – Plan de localisation de l'ancienne usine LEGRE MANTE avec délimitation des parcelles A, B et C..... | 13 |
| Figure 2 : Plan masse projeté..... | 15 |
| Figure 3 : Vue en perspective du projet d'aménagement de la friche industrielle (documents KERN et Associés) – à compléter pour refléter les aménagements projetés (colinéaires et enrochements en pied de talus)..... | 16 |
| Figure 4 – Plan de localisation schématique des zones de pollution concentrées retenues à l'issue du Plan de Gestion 17LES038AB/MOK/42333..... | 18 |
| Figure 5 : Schéma du phasage projet sur les parcelles A et C..... | 35 |

PRINCIPALES ABREVIATIONS EMPLOYEES

Tableau 1 - Liste des abréviations

| <i>Abrév.</i> | <i>Définition</i> |
|---------------|--|
| AEP | Alimentation en eau potable |
| ATSDR | Agency for Toxic Substances and Disease Registry |
| BASIAS | Base des Anciens Sites Industriels et Activités de Service |
| BASOL | Base de données sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués |
| BTEX | Benzène, Toluène, Éthylène, Xylène |
| BRGM | Bureau de Recherches Géologiques et Minières |
| CIQ | Comité d'Intérêt de Quartier |
| DJE | Dose Journalière d'Exposition |
| DJT | Dose Journalière Tolérable |
| DDT | Direction départementale des territoires |
| DPM | Domaine Public Maritime |
| DTTM | Direction départementale des territoires et de la mer |
| DREAL | Direction Régionale de l'environnement de l'aménagement et du logement |
| ETM | Eléments Traces Métallique |
| ETS | Etablissement Sensible |
| EQRS | Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires |
| ERI | Excès de Risque Individuel |
| ERP | Etablissement Recevant du Public |
| ERU | Excès de Risque Unitaire |
| HAP | Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques |
| COHV | Composés Organo-Halogénés Volatils |
| GNT | Grave Non Traitée |
| HCT | Hydrocarbures Totaux |
| ICPE | Installations Classées Pour la Protection de l'Environnement |
| IGN | Institut géographique national |
| IMBE | Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale |
| INERIS | Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques |
| INRA | Institut national de recherche agronomique |
| IR | Indice de Risque |
| ML | Métaux Lourds |
| NGF | Nivellement général de France |
| OEHHA | Office of Environmental Health Hazard Assessment : antenne californienne de l'US EPA |
| OMS | Organisation Mondiale de la Santé |
| PCB | Polychlorobiphényles (pyralène) |
| PCT | Plan de Conception de Travaux |
| PNR | Parc Naturel Régional |
| PPRI | Plan de Prévention du Risque Inondation |
| QD | Quotient de Danger |
| SAGE | Schéma d'aménagement et de gestion des eaux |
| SIC | Site d'Intérêt Communautaire |
| SPP | Sources potentielles de pollution |
| US EPA | United States Environmental Protection Agency |
| VTR | Valeur Toxicologique de Référence |

1. CADRE DE L'ETUDE

1.1 Cadre de l'intervention

La SFPT MANTE, a mandaté ERG ENVIRONNEMENT pour la réalisation d'un Plan de Conception de Travaux (PCT) au droit des parcelles A et C, ainsi que de la parcelle B de l'ancien site LEGRE MANTE, localisées dans le 8^{ème} arrondissement de la ville de MARSEILLE (13).

Cette mission s'inscrit dans le cadre d'une requalification de l'ancien site industriel pour le développement d'un ensemble immobilier, ainsi que pour l'aménagement de la parcelle B, accueillant le crassier existant (qui est rattaché à l'usine).

Le présent Plan de Conception de Travaux fait suite au Plan de Gestion du site 17LES038Ab/MOK/42333 en date du 15/10/18, qui a été réalisé conformément aux prescriptions de l'arrêté préfectoral 2017-199-PC du 20/09/2017 :

« ...

- Art. 2 : La Société Française des Produits Tartriques Mante (SFPTM) est tenue d'élaborer et de transmettre au préfet, dans un délai de 6 mois suivant la notification du présent arrêté, un plan de gestion, couvrant la totalité du site industriel LEGRE MANTE, relatif aux sources de pollution situées sur le site, tel que défini par la note ministérielle du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués mettant à jour les textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués. »

Notons que le projet a évolué depuis la réalisation du Plan de Gestion sur les 3 parcelles. Ces évolutions ont fait suite à l'annulation du PC de 2019 par la nouvelle municipalité, qui, a fixé en concertation des changements majeurs d'affectation (avec 30% de social) et de géométrie du projet, avec moins de parkings, ce qui a eu pour conséquence notamment de supprimer le projet de parking sur la parcelle B. Les évolutions de projet remettent pour partie en cause les scénarios de gestion étudiés dans le cadre du Plan de Gestion 17LES038AB/MOK/42333 :

- Parcelle A et C : 2 scénarios étudiés qui se différencient par des mesures de gestion sur site (selon des solutions de confinement, encapsulation, stabilisation chimique, phytostabilisation, ...) ou hors site (exportation en filière(s) autorisée(s)) des matériaux qui seront terrassés dans le cadre du projet, les pollutions concentrées limitées et accessibles étant excavées et évacuées en filières autorisées).
- Parcelle B : une conception à définir pour la maîtrise des pollutions et des impacts garantissant la stabilisation et le confinement du volume de crassier en place (suppression de toute voie d'exposition et de transfert). Cette conception vient en alternative à un scénario de suppression de la pollution par purge de l'intégralité du massif, qui est apparu non réaliste et a été écarté au stade du Plan de Gestion (en raison du volume de matériaux concerné, des critères sociaux et sociétaux, des impacts à la mobilité dans le secteur et plus largement des nuisances qui seraient générées, des enjeux environnementaux à préserver ainsi que des attentes de la Collectivité (au-delà même des aspects financiers)).

Le chapitre 4 du présent Plan de Conception de Travaux étudie spécifiquement les évolutions de projet et l'influence de ces dernières sur les scénarios étudiés.

Sur la base :

- des conclusions du Plan de Gestion et de sa tierce expertise
- des concertations avec les CIQ
- des échanges avec les services de l'Etat
- de l'évolution du projet d'aménagement discutés avec la Ville,

la réalisation d'études de faisabilité et de traitabilité, ainsi que des études connexes d'avant-projet se sont avérées nécessaires, au titre du présent Plan de Conception de Travaux, conformément à la méthodologie nationale.

Le présent Plan de Conception de Travaux a pour objectif de :

- Présenter et interpréter les essais pilotes et études spécifiques déployées, y compris les éléments connexes (comme les aspects géotechniques et la gestion des nuisances en phase travaux),
- Définir la faisabilité des scénarios de gestion et mesures étudiées au Plan de Gestion
- Mettre à jour, le cas échéant, des éléments déjà présents dans le plan de gestion (notamment le bilan coûts-avantages, l'ARR prédictive, les modalités de contrôle et de surveillance et les restrictions d'usage)
- Définir, parmi les scénarios de gestion précédemment étudiés, la proposition de la solution à mettre en œuvre pour les travaux et la dimensionner (y compris définir les modalités des travaux de terrassement / envol des poussières et de gestion des poussières).

La méthode d'étude s'appuie, point par point, sur les préconisations des textes du Ministère de l'Environnement relatifs aux Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués établis en avril 2017 (mise à jour des textes du 8 février 2007).

1.2 Cadre de la Mission « Plan de Conception de Travaux »

La présente mission aura pour base normative le document NF X 31-620 : Qualité du sol – prestations de services relatives aux sites et sols pollués :

- Partie 1 : Exigences générales.
- Partie 2 : Exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle.
- Partie 3 : Exigences dans le domaine des prestations d'ingénierie des travaux de réhabilitation.

La codification de la présente mission au sens de la norme NF X 31-620 est pour l'offre globale de prestation :

Tableau 2 – Codification au sens de la norme NF X 31-620

| | | |
|-------------|---|--|
| PCT | Le Plan de Conception de Travaux (PCT) vise à valider et sécuriser les scénarios de gestion retenus en : <ul style="list-style-type: none"> - Apportant des réponses aux enjeux de faisabilité technique et financière liés aux scénarios de réhabilitation ; - Aidant au dimensionnement des travaux ; - Limitant les aléas et réduisant les incertitudes Il comprend les missions élémentaires suivantes : | |
| | B111 | Essais de laboratoire <p>Les essais en laboratoire ont pour objectif de sécuriser le choix de la stratégie de dépollution en permettant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - d'évaluer la faisabilité technique d'un traitement (par exemple : faisabilité d'atteindre un objectif de dépollution et estimation de la durée de traitement, déterminer le ou les mécanismes d'atténuation naturelle, adapter le traitement en cours au besoin, etc.) ; - de comprendre et d'identifier les facteurs clés permettant la maîtrise de la technique de dépollution ; - d'identifier les aléas et les facteurs de risque permettant d'écarter les techniques qui pourraient se révéler inappropriées sur le plan technique et/ou économique ; - d'apporter des éléments de dimensionnement pour la réalisation d'un pilote sur site ou la mise en place d'une installation de traitement. |
| | B112 | Essais de terrain <p>Les essais de terrain ont pour objectif de sécuriser le choix de la stratégie de dépollution en permettant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - d'évaluer la faisabilité technique d'un traitement (par exemple : faisabilité d'atteindre un objectif de dépollution et estimation de la durée de traitement, etc.) ; - d'identifier l'adéquation entre la stratégie retenue et les contraintes du site à traiter (accessibilité, géologie, hydrogéologie, capacité de traitement ou de transfert, etc.) ; - d'acquérir des données pour optimiser le dimensionnement des travaux de dépollution ou de l'installation de traitement ; - de se placer dans les conditions réelles de mise en œuvre des travaux de dépollution. |
| B120 | Etude d'Avant-Projet (AVP) <p>Cette prestation vise à définir et étudier une ou plusieurs solutions techniques à un niveau suffisamment détaillé pour en approcher leurs coûts, leurs durées, leurs performances et les principales contraintes physiques et environnementales afin d'apporter les éléments nécessaires pour établir le cahier des charges des travaux. Cette prestation comporte :</p> <ul style="list-style-type: none"> - une interprétation détaillée et actualisée de toutes les données disponibles ; - une description détaillée de chaque solution étudiée (principes, coûts, délais, incertitudes, nuisances, etc.) | |

1.3 Liste des principaux rapports et documents consultés

1. Rapport SOCOTEC N°2733 de décembre 1996 – Diagnostic de Sols – « Parcelle A » ;
2. Rapport SOCOTEC N°2733-complément de mars 1997 – Diagnostic de Sols – « Parcelle A » ;
3. Rapport ANTEA N°NYA A09746 de mai 1998 – Complément d’investigations sur les sols et établissement d’un programme de réhabilitation sur les sols (Parcelle A) ;
4. Rapport ATE N°9/1/013/0 de novembre 1999 – Travaux de réhabilitation des Carreaux – Avant-Projet ;
5. Rapport SOBESOL N°50 433/2A d’aout 2000 – Etude géotechnique talus en bord de mer – « Parcelle B » ;
6. Rapport CERTA de janvier 2000 – Complément d’investigations des remblais de la Parcelle B – « Parcelle B » ;
7. Rapport CERTA de septembre 2001 – Diagnostic de pollution des sols pour création de la station d’épuration – « Parcelle C » ;
8. Rapport ANTEA N°A23196 d’octobre 2001 – Evaluation de l’impact sur la sécurité et l’environnement des vestiges de l’ancien conduit de cheminée de l’usine Legré-Mante à MARSEILLE (13) ;
9. Rapport ANTEA N°23967/B de novembre 2001 – Evaluation Détaillée des Risques – Parcelle A ;
10. Rapport ANTEA N°25500/A de décembre 2001 – Evaluation Simplifiée des Risques – Parcelle C ;
11. Rapport APAVE N°P6063-A/02 de février 2003 – Diagnostic et EDR complémentaire – Parcelle C ;
12. Rapport ANTEA N°A58914/A de juillet 2010 – Mise en sécurité du site – Etat d’avancement ;
13. Rapport ANTEA N°A60244/A de novembre 2010 – Mémoire de réhabilitation du Site des Etablissements LEGRE-MANTE à MARSEILLE (13) ;
14. Rapport ANTEA N°A59703/A de septembre 2010 – Dossier de Cessation d’activités des Etablissements LEGRE-MANTE à MARSEILLE (13) ;
15. Rapport VALGO N°8/ES/11 de mai 2011 – Etude Complémentaire du site en vue de : Préciser les volumes de matériaux impactés sur les parcelles A et C. Etudier les possibilités de valorisation des matériaux à extraire. Déterminer les concentrations maximales admissibles dans le cadre de la reconversion du site ;
16. Rapport VALGO N°10-B-13-004 de 2011 – Plan de Gestion – Ancienne Usine LEGRE-MANTE – 195 avenue de la Madrague MARSEILLE (13008) ;
17. Rapport VALGO N°10-B-14-002 de décembre 2011 – Plan de Gestion – Parcelle B – Ancienne Usine LEGRE-MANTE – 195 avenue de la Madrague MARSEILLE (13008) ;
18. Rapport ECOFIELD CONSULTING N°EC-25/1-SUP de mai 2012 – Dossier de demande d’institution de Servitudes d’Utilité Publique ;
19. Rapport VALGO N°12-B-13-681 de juin 2014 – Complément opérationnel au plan de gestion.
20. Rapports ERG Environnement relatifs au Groupe scolaire Madrague de Montredon (Ecole maternelle et école élémentaire), établis dans le cadre de la démarche nationale de diagnostics environnementaux des établissements accueillant les enfants et les adolescents construits sur des sites potentiellement pollués – Rapports en date du 31/03/2016 référencés :
 - a. N°0130887U_RNPP
 - b. N°0130887U_RT2
 - c. N°0130739H_RNPP
 - d. N°0130739H_RT2
 - e. N° 0130739H_RT3
21. Rapport ERG GEOTECHNIQUE 17MG570Aa/GE/DJ – Rapport géotechnique sur l’emprise du crassier.
22. Rapport ERG GEOTECHNIQUE 17MG570Ab/GE/MBn – Rapport géotechnique G2 AVP sur les bâtiments 1 à 4 sur site
23. Rapport ERG ENVIRONNEMENT 17LES038Aa/ENV/MOK/BT/43044 – Rapport IEM hors site.
24. Rapport ERG ENVIRONNEMENT 17LES038Ab/ENV/MOK/42333 du 15/10/2018 – Rapport de Plan de Gestion sur site (Parcelles A, B et C)

2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2.1 Caractéristiques générales de la zone d'étude

Tableau 3 - Caractéristiques générales du site

| Caractéristiques générales du site | Synthèse des informations collectées | Sources d'informations | Référence à l'Annexe |
|---|---|---|-------------------------------|
| Dénomination usuelle du site | Site de l'ancienne Usine LEGRE MANTE adressé au 195 avenue de la Madrague de Montredon, 13008 Marseille | Visite du site | - |
| Position du site | Le site est localisé sur la frange littorale du sud de la commune de Marseille, quartier de la Madrague de Montredon. | Visite du site et plans de localisation | A1.1 (IGN) |
| Description du site | <p>Le site s'étend sur une superficie d'environ 8,5 ha que l'on peut décomposer en 3 parcelles de la façon suivante, du sud au nord (cf. figure 2 ci-dessus) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Parcelle A : 5 ha environ de terrain soit « naturel » (parties sommitales du site) soit ayant fait l'objet d'une exploitation industrielle ancienne (des infrastructures de l'ancienne cheminée et du carneau de la fonderie historique sont toujours en place) ; - Parcelle C : 2,7 ha environ ayant fait l'objet d'une exploitation industrielle récente (bâtiments, voiries et installations de traitement des eaux usées du site) ; - Parcelle B : de l'autre côté de l'avenue de la Madrague par rapport au site industriel, 0,7 ha environ de terrain remblayé en surplomb de la mer. La parcelle B est le siège d'un crassier d'un volume de 41 600 m³ environ de déchets qui ont été entreposés dans le cadre des activités industrielles historiques, activité de stockage pour laquelle l'exploitant historique disposait d'une autorisation administrative dès les premières activités de fonderie et jusqu'aux dernières activités de production d'acide tartrique. | Visite du site et plan de localisation | A1.1 (IGN) A1.2 (cadastre) |
| Accès au site | L'accès aux parcelles B et C se fait par l'avenue de la Madrague de Montredon. La parcelle A est accessible depuis la parcelle C par le Nord ou par le biais d'un portail en limite Sud de l'ancienne ICPE. Notons que le site est entièrement clôturé et fermé. Par ailleurs, la partie usine est actuellement gardiennée. | Visite du site | - |
| Urbanisme (PLU) | <p>Chaque zone du site est localisée en zone spécifique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Parcelle A : Zone UR2 – tissus discontinus de types petits collectifs. Dans ce secteur, les tissus présentent des caractéristiques et potentiels qui permettent d'envisager une densification supérieure, tout en restant mesurée - Parcelle B : Zone UR1 – tissu discontinu d'habitats individuels. Dans ce secteur, l'objectif principal est de maintenir des formes urbaines basses aérées, d'une densité relativement faible. C'est pourquoi, dans le cas d'un lotissement ou dans celui de la construction, sur une unité foncière ou sur plusieurs unités foncières contiguës, de plusieurs bâtiments dont le terrain d'assiette doit faire l'objet d'une division en propriété ou en jouissance, les règles de PLU s'appliquent au regard non pas de l'ensemble du projet, mais de chaque unité foncière ou construction issue de cette division - Parcelle C : Zone UT1 - tissus discontinus de types collectifs denses et/ou à densifier avec une hauteur de construction autorisée n'excédant pas les 6 m. | Mairie de MARSEILLE (Règlement consultable : http://www.marseille-provence.fr/index.php/documents/3253-reglement-tome-1-mrs/file#page=219) | - |
| Usage des sites adjacents | Le site est localisé dans un environnement périurbain à caractère naturel et d'habitat résidentiel. | Visite du site | - |
| Caractère inondable du site | La consultation des bases de données du Ministère en ligne permet de mettre en évidence que le site n'est pas concerné par le risque d'inondation. | Ville de MARSEILLE | - |
| Cadre réglementaire applicable (ICPE...) | Des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement sont répertoriées au droit du site. Elles sont détaillées dans le volet historique du diagnostic reporté en annexe A1 du Plan de Gestion référencé 17LES038Ab/MOK/42333 en date du 15/10/2018, réputé connu du lecteur et reporté en annexe A1. | Courriers de la préfecture, site internet du Ministère | - |

2.2 Situation géographique et topographique

L'ancienne usine se situe sur la frange littorale du sud de la commune de Marseille, 8^{ème} arrondissement quartier de la Madrague de Montredon, dans un environnement péri-urbain à caractère naturel et d'habitat résidentiel. Ses coordonnées géographiques et son altitude sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau 4 - Situation géographique et topographique

| Situation géographique et topographique | Synthèse des informations collectées ¹ | Sources d'informations | Référence à l'Annexe |
|---|---|-----------------------------|--------------------------------|
| Coordonnées Lambert 93 (X, Y en m) | X : 890 639 Y : 6 239 840 | Site Géoportail | A1.1 (extrait de la carte IGN) |
| Cote, altitude Z (NGF) | Entre + 45 et 0 m NGF | | |
| Topographie du site | Le terrain est en pente vers le nord-ouest depuis le point culminant à environ +45 m NGF jusqu'à l'avenue de la Madrague à + 19 m NGF puis jusqu'à la mer | Carte IGN et visite du site | A1.1 (extrait de la carte IGN) |

On se reportera aux **annexes A1.1** et **A1.2** pour disposer de la localisation du site, respectivement, sur fond de plan IGN et de plan de cadastre, ainsi qu'à la figure suivante pour disposer des périmètres d'étude (parcelles A, B et C).



Figure 1 – Plan de localisation de l'ancienne usine LEGRE MANTE avec délimitation des parcelles A, B et C

¹ Informations approximatives déduites de la carte IGN.

2.3 Présentation du projet d'aménagement mis à jour

Le projet de réaménagement entrepris par la Maîtrise d'Ouvrage sur les parcelles C et A repose sur les grands principes généraux de :

- Conservation de certains éléments « patrimoniaux » et classés : cheminées, façades, etc. L'état sanitaire des bâtiments actuellement présents étant très variable, des études détermineront précisément les options de réutilisation envisagées.
- Construction de bâtiments à usages divers, avec une résidence tourisme, une résidence sénior, le pôle actif avec logements, des commerces et services, le logement neuf et le logement réhabilité avec des parkings en sous-sol.
- Aménagement des espaces extérieurs publics et intermédiaires en voiries, des parkings extérieurs paysagers, des espaces verts et créatifs, des potagers en bacs, chemins piétons et placettes.

Le projet repose sur la réhabilitation en volume du bâti existant et un parti pris architectural permettant une ouverture sur le quartier en recréant une connexion entre le massif et la mer.

La parcelle C accueillera les constructions, voiries et placettes avec de nombreux espaces végétalisés.

La parcelle A, sera conservée en espaces naturels avec quelques aménagements d'espace publics extérieurs (voiries, parking paysager, etc).

La parcelle B sera aménagée en place belvédère avec un accès à la mer de type promenade piétonne soulignant le lien terre-mer du quartier.

Le projet d'aménagement considéré au stade du Plan de Gestion présentait le contour général du projet. Des modifications et des adaptations ont été intégrées dans le cadre du processus itératif mis en place entre les différents groupes de réflexion et experts, afin de concilier les souhaits, les nécessités et contraintes techniques (accès PMR, pompiers, conformité ERP), l'insertion architecturale, les contraintes liées à la pollution, les contraintes géotechniques, sécurité, etc) et les contraintes de cout, y compris les contraintes imposées par la Ville et les Administrations (précédemment évoquées).

Ce travail collectif et concerté a permis de concevoir un nouveau projet, pour une gestion optimale et intégrée des problématiques liées à la pollution du site, dont les principales orientations sont listées ci-dessous :

- L'étude de la topographie du site et du contexte urbain dans lequel s'ancre le projet a permis une optimisation des terrassements et une limitation des exportations hors site de matériaux pollués.
- Une réhausse générale des côtes du projet a été appliquée, en tenant compte des invariants existants (raccordement des réseaux à l'avenue de la Madrague de Montredon). Les pentes des voiries, des placettes et du parking en restanques ont été modifiées, afin de maintenir une cohérence globale et les pentes de talus ont été adoucies (parking extérieur).
- Des niches de stockage ont été créées, là où le projet initial prévoyait d'importants terrassements, et enfin les deux grandes zones de stockage de matériaux en espaces verts ont été intégrées au projet d'un point de vu architecturale.
- Les hypothèses constructives concernant les plateformes consistant à intégrer des éléments grossiers issus des zones en déblais ont été envisagées comme des options. Celles-ci doivent être fiabilisées par des études géotechniques spécifiques (mission G5).
- L'option d'aménagement d'un parking public dans la parcelle B (crassier), initialement prévue dans le plan de gestion, a été abandonnée. La mesure de gestion retenue est le maintien sur site du massif de résidus et sa mise en sécurité.

La figure ci-dessous présente l'esquisse du projet d'aménagement considéré (version au 20/12/2019) et pour laquelle le permis de construire a été déposé.



Figure 2 : Plan masse projeté

L'intégration des différents axes d'optimisation en concertation avec les experts, les comités de quartier et les associations, a permis la mise à jour des calculs des cubatures de déblais et de remblais à l'échelle du projet. La balance déblais / remblais de l'opération est détaillée dans le chapitre 4 (paragraphe 4.3.4) du présent rapport.

Les espaces extérieurs de la parcelle A ont été conçus pour recréer un lien avec le Parc Naturel des Calanques qui se développe au sud du projet. Les plantations prévues sont des essences d'arbres ou des plantes et fleurs endémiques de la région, sans appendice consommable.

Concernant la parcelle B, le projet consiste en la création d'une esplanade piétonne, dénommée Place du Belvédère.



Figure 3 : Vue en perspective du projet d'aménagement de la friche industrielle (documents KERN et Associés) – à compléter pour refléter les aménagements projetés (colinéaires et enrochements en pied de talus)

Le choix est laissé par l'équipe de conception architecturale (KERN et Associés – Architectes et Urbanistes, et Marc RICHIER - Paysagiste) quant à la géométrie de la future esplanade, le but étant de l'optimiser afin de limiter les nuisances en lien avec les travaux de réhabilitation et de mise en sécurité (désordres éventuels chez les avoisinants, terrassements, mouvements des terres, et les émissions de poussières induites).

La volonté architecturale du projet et de créer un lien Terre-Mer, afin de rendre aux usagers du quartier un accès à la mer. Une volonté d'aménagement en restanques a été faite par l'équipe de conception.

3. PRINCIPALES CONCLUSIONS DU PLAN DE GESTION 17LES038AB/MOK/42333

On se reportera au rapport de Plan de Gestion (annexe A2), pour disposer du détail de l'étude.

Le site de la S.A.S. LEGRE-MANTE ETABLISSEMENT a abrité en particulier :

- Une usine de traitement de plomb argentifère et de zinc par natrométallurgie et fabrication de soude (1875-1883 : Hilarion-Roux) ;
- Un site de production d'acide tartrique et d'acide sulfurique (LEGRE-MANTE 1888 à 2009).

A noter que le site s'est donc retrouvé deux fois en friche au cours de son histoire :

- Une première fois à la fin du XIXème siècle : de 1883 à 1888, en friche pendant 5 ans ; puis
- Une seconde fois de 2009 à 2017, soit pendant 8 ans.

En 2017, Ginkgo rachète cette friche industrielle laissée en friche depuis 8 ans, avec pour projet d'y redévelopper un programme durable ambitieux, permettant de redynamiser ce quartier délaissé.

L'étude historique a permis de détailler les procédés industriels employés par l'usine et de recenser et localiser les sources potentielles de pollution associées (ainsi que les polluants caractéristiques associés) :

- Sur les parcelles A et C :
 - o La cheminée verticale et la cheminée rampante,
 - o Des remblais de signature variable au regard des activités historiques successives sur site, ainsi que des opérations historiques de démolitions, de terrassement et de maintien sur site des matériaux extraits
- Sur la parcelle B : les remblais du crassier Est (type démolition et industrie « chimique »), les remblais du crassier Ouest (type démolition et industrie « chimique » en surface et déchet industrie « métallique » en profondeur).

3.1 Démarche de caractérisation et d'identification des pollutions concentrées sur les parcelles A et C

La démarche de caractérisation et d'identification des pollutions concentrées dans le cadre du Plan de Gestion a permis de retenir sur les parcelles A et C, outre les débris de démolition (fours, cheminée verticale historique) dans les remblais de surface :

- La présence de 6 zones concentrées limitées et accessibles dans les sols de surface en hydrocarbures, en Cyanures totaux et en mercure :
⇒ La gestion proportionnée consistera, en une purge et évacuation en filière(s) autorisée(s).
- La présence de 2 zones concentrées et moins accessibles dans les sols profonds en Cyanures (au niveau du carneau et du bassin de décantation des fumées de la turbine), ainsi qu'en mercure (au niveau de la cheminée rampante sur son linéaire enterré).
⇒ Les mesures de gestion sont étudiées en globalité avec les ouvrages sources attenants (cheminée rampante sur son linéaire enterré et ancien carneau également enterré) et également la qualité du milieu eaux souterraines afin de juger du caractère mobile ou non des zones concentrées profondes, dans le cadre du présent Plan de Conception de Travaux.

Le plan général de localisation des zones sources concentrées en polluants organiques et mercure est reporté en figure 4 page suivante.

- La présence d'une manière diffuse et marquée en Pb et en As dans les sols en surface comme en profondeur sur l'emprise des parcelles C et A.
⇒ Au regard du projet développé et particulièrement du périmètre de reconversion, une solution de maintien en place a été retenue, avec mise en œuvre de mesures de confinement par recouvrement ou de traitement par phytostabilisation, selon les secteurs, et de conservation en mémoire.
⇒ La solution de confinement des sols de surface par recouvrement sera dimensionnée dans le cadre du présent PCT.
- Le projet de requalification sur les parcelles C et A sera à l'origine d'un important volume de déblais, qu'il sera nécessaire de gérer sur site ou hors site, préférentiellement dans des filières de recyclage et de valorisation.
⇒ Au regard du contexte urbain, des contraintes d'accessibilité du secteur, des attentes des riverains et des nuisances potentielles, la limitation des terrassements et des exports hors site de matériaux a été retenue autant que possible au Plan de Gestion (au travers de solutions de confinement, d'encapsulation ou de stabilisation), afin de s'inscrire dans une démarche globale environnementale et de développement durable.
⇒ Des tests pilote ont été engagés pour valider la faisabilité de la stabilisation/solidification des futurs déblais et une analyse spécifique a permis le dimensionnement des solutions de confinement.

Les évolutions de projet sur les parcelles C et A ne remettent pas en cause les scénarios de gestion étudiés dans le cadre du Plan de Gestion.

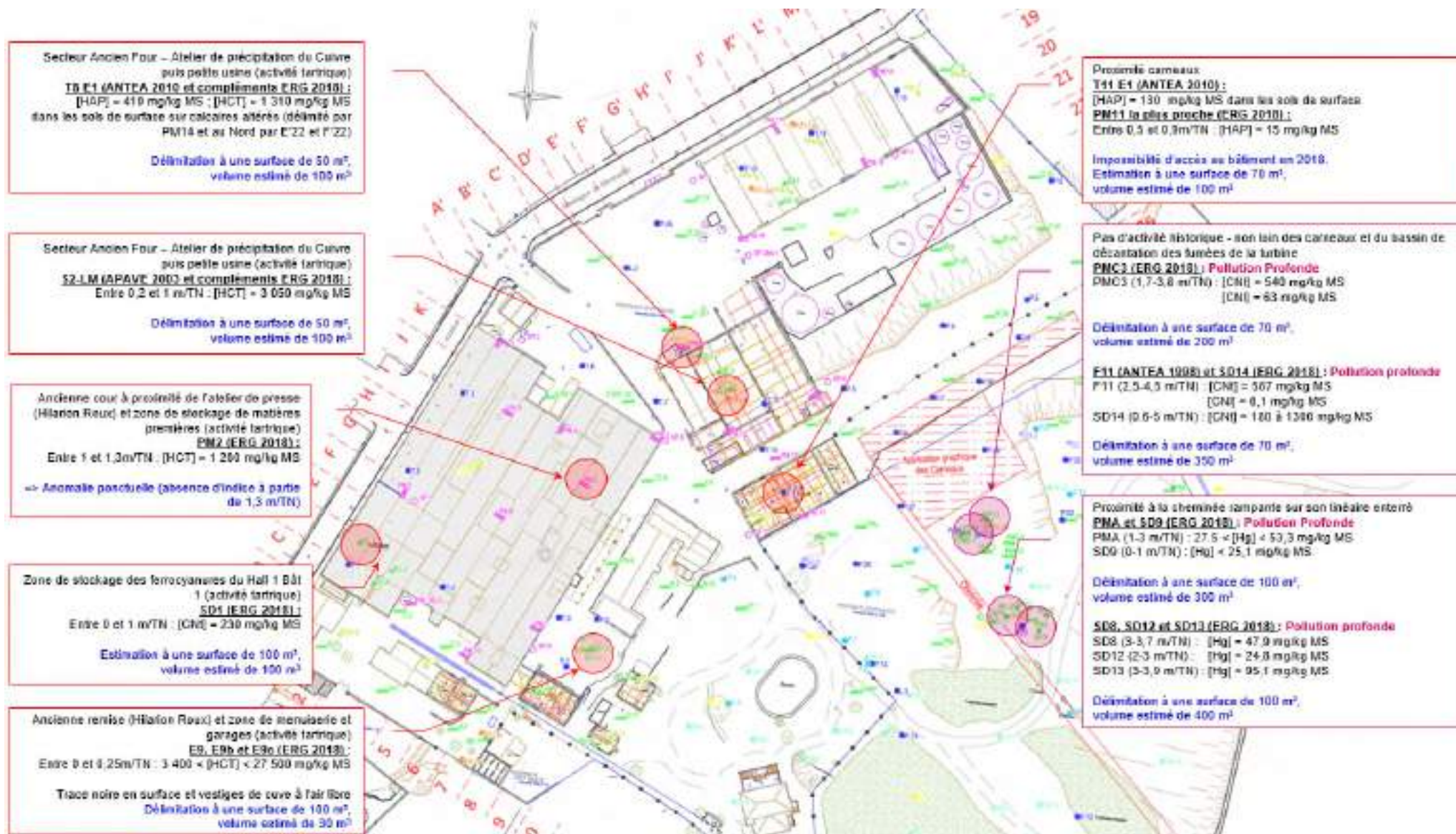


Figure 4 – Plan de localisation schématique des zones de pollution concentrées retenues à l'issue du Plan de Gestion 17LES038AB/MOK/42333

3.2 Démarche de caractérisation et d'identification des pollutions concentrées sur la parcelle B

La parcelle B est le siège d'un crassier d'un volume de 41 600 m³ environ de déchets qui ont été entreposés (sous autorisations administratives) dans le cadre des activités industrielles historiques successives.

Le crassier a fait l'objet de nombreuses investigations ainsi que d'analyse des matériaux constitutifs du massif. Ces résultats sont détaillés dans le Plan de Gestion qui présente en chapitre 8 les résultats de l'ensemble des investigations réalisées avec la modélisation 3D du crassier (nature des matériaux constitutifs) ainsi que la qualité chimique des matériaux.

Les sondages carottés réalisés sur l'emprise du crassier et les résultats des analyses des matériaux constitutifs du crassier mettent évidence que :

- Le crassier est constitué de principalement 4 types de matériaux :
 - o Des remblais de démolition (sablo-limoneux à cailloutis calcaires) avec des déchets ou débris anthropiques (plastiques, béton, enrobé, verres, briques, etc),
 - o Des remblais de nature « chimique » (sablo-limoneux) avec des zones carbonatées blanchâtres présentant localement des coloration vertes ou lit de vin et des fragments gris-bleutés,
 - o Des remblais de résidus industriels, qui correspondent à des résidus miniers en lien avec les activités historiques de fonderie, dénommés « Remblais industriels » dans cette étude. Ils sont caractérisés par des scories plus ou moins grosses dans une matrice sableuse noire, des fragments verts à noir vitreux et des fragments métalliques fondus,
 - o Du terrain naturel : un horizon de type sablo-gréseux présentant des cailloutis calcaires, qui repose sur le substratum calcaire sain ou fracturé
- Les successions de familles de matériaux sont de configuration spatiale variable en épaisseur comme en extension latérale. De plus, les remblais de nature « chimique » au sein de l'important volume de remblais de démolition ne sont pas clairement individualisés physiquement, mais répartis d'une manière très hétérogène au sein du volume (pas de « couche de matériaux » a proprement parlé, mais une répartition plus lenticulaire au sein de la masse de déchets).
- Les remblais présentent des anomalies en ETM, particulièrement au sein de l'horizon profond de remblais « métalliques ». Les données témoignent que les métaux ne sont pas ou peu lixiviables, à l'exception de l'antimoine et du sélénium.
- Des cyanures ont été enregistrés ponctuellement dans des horizons de matériaux à faciès « chimique ».

Le massif de résidus dans son ensemble présente une importante hétérogénéité tant en nature qu'en qualité chimique, ne permettant pas une définition méthodologique, des pollutions concentrées.

L'étude des solutions techniques au stade du PG avait conclu :

- Un scénario de purge du volume global de 41 600 m³ de déchets est apparu non réaliste et a été écarté au stade du Plan de Gestion, au regard du volume et des critères sociaux et sociétaux, des impacts à la mobilité dans le secteur et plus largement des nuisances qui seraient générées, des enjeux environnementaux à préserver ainsi que des attentes de la Collectivité, au-delà même des aspects financiers (qui pour ces derniers rendaient le projet infaisable dans le jauge de construction autorisée dans le Permis de construire déposé)
- La solution décrite au stade du Plan de Gestion consistait, dans ce contexte, en l'extraction d'un tiers du massif de déchets (constitué, hors terrain naturel, à 89% de remblais de démolition et chimique mélangés et 1 % de remblais industriels métalliques) pour l'aménagement d'un niveau de parking au sein du massif, et en la gestion des matériaux extraits sur les unités de pré-traitement et de stabilisation installées sur les parcelles A et C ainsi que la mise en œuvre des mesures de mise en sécurité des 2/3 de massif restant en place, permettant de garantir de limiter les voies de transfert aux milieux (au regard des enjeux, les matériaux constitutifs du crassier ne lixiviant peu à pas).
- Les besoins en stationnement pour le nouveau projet d'aménagement ont été revus à la baisse par la nouvelle municipalité qui demande de limiter les zones de parking et leur nombre (en ligne avec les actions pour le mode de déplacement doux dans le secteur). Dans ce contexte le projet d'aménagement de la parcelle B ne nécessite plus la création d'un parking en sous-sol, initialement prévu au sein du crassier ; aucune purge du massif n'est donc à considérer pour l'aménagement de la parcelle.

Dans ce contexte, les modifications de projet remettent en question les hypothèses retenues dans le Plan de Gestion et scénarios qui en découlent. Le chapitre suivant présente la mise à jour de l'étude des solutions de gestion pour la parcelle B.

4. INFLUENCE DES EVOLUTIONS DE PROJET SUR LES SCENARIOS DE GESTION DE LA PARCELLE B

La création de stationnements au sein du massif de la parcelle B n'étant plus en ligne avec les attentes de la Municipalité, le scénario de gestion de la parcelle B ne doit plus tenir compte de besoins de terrassements en masse au sein de la parcelle B pour l'aménagement d'un parking public. Dans ce contexte, différentes solutions de gestion du crassier sont étudiées, pour mise à jour du Plan de Gestion, conformément à la méthodologie d'avril 2017.

Dans un premier temps, un travail sur les pollutions concentrées qui pourraient être définies sur le crassier a été réalisé, suivi de la présentation des scénarios de gestion à retenir sur cette base.

4.1 Démarche complémentaire de détermination de pollution(s) concentrée(s) au sein de la parcelle B

Une analyse complémentaire des données de diagnostic existantes sur le crassier est présentée, afin de tenter de définir l'(es)ensemble(s) de matériaux pouvant être considéré(s) comme pollution concentrée au sein du massif.

Compte tenu de l'état des milieux connu, le travail d'identification des pollutions est focalisé sur les polluants traceurs des activités historiques pour lesquels des anomalies dans les matériaux du crassier ont été enregistrées c'est-à-dire, le plomb, l'arsenic et les cyanures.

Remarque :

- Les autres métaux pour lesquels des teneurs supérieures aux valeurs de comparaison ont été enregistrées (cadmium, cuivre et zinc) sont des « accompagnants » des traceurs Arsenic et Plomb, retrouvés selon une logique de distribution identique et d'une manière prépondérante au droit des pollutions arsenic et plomb, leur analyse n'est donc pas poussée plus avant. En effet, la gestion des anomalies en Arsenic et Plomb revient à gérer la majeure partie des anomalies dans les sols en autres ETM.
- Les polluants organiques HCT, HAP, BTEX et PCB (paramètres de l'arrêté du 12/12/2014 déjà recherchés) n'ont jamais été enregistrés dans les matériaux constitutifs du crassier et sont donc, de ce fait, non intégrés à cette analyse sur les sols.

4.1.1 Caractérisation des pollutions concentrées selon différentes approches

L'analyse des données a été faite selon 3 approches : (1) une approche basée sur l'interprétation des données de terrain, (2) une approche statistique et (3) une approche cartographique. L'annexe A2.1 reprend en détail le travail fourni pour chaque approche. Il ressort de ces analyses les principaux points suivants :

- Pollutions concentrées en arsenic et plomb :
 - o L'analyse de répartition des teneurs en arsenic et en plomb au sein du crassier par nature de matériaux, met en évidence la prépondérance des fortes anomalies au sein de l'horizon dit de « remblais industriels », correspondant aux remblais issus de la première activité de fonderie Hilarion Roux, qui a été pratiquée sur le site (moins de 10 ans d'exploitation avant liquidation). Selon la documentation historique consultée, la parcelle était historiquement une crique et plus précisément le secteur Ouest, plus profond, qui a été le premier à être remblayé avec des résidus de l'activité de fonderie (ce qui explique qu'il regroupe la quasi-totalité des Remblais industriels et donc des plus fortes teneurs enregistrées en arsenic et en plomb).
 - o L'approche par pourcentage cumulé de population d'analyse confirme que les remblais industriels renferment la pollution concentrée en arsenic et en plomb sur le crassier. Les pollutions concentrées en arsenic et en plomb dans le massif apparaît donc en lien avec la nature intrinsèque des matériaux de remblais de fonderie, qui ont été cartographiés et quantifiés à un volume de 6500 m³ sous une épaisseur de remblais de démolition et chimie allant jusqu'à plus de 8 m. L'approche bilan massique met en évidence que le traitement d'un volume limité de matériaux (16% du volume du crassier, hors terrain naturel non impacté) permet de gérer environ 75% de la pollution concentrée en arsenic et en plomb. Ce bilan massique doit être relativisé avec la réalité de chantier qui nécessite la purge et la gestion d'un volume complémentaire de 16 000 m³ de remblais de démolition et de chimie sus-jacents pour supprimer la source concentrée. Il faut donc terrasser et gérer 54% du volume du crassier pour permettre la gestion de la pollution concentrée.
- Pollution concentrée en cyanures :
 - o L'analyse de répartition des teneurs en cyanures au sein du crassier, met en évidence une répartition hétérogène et l'absence de transfert vertical des cyanures au sein des couches profondes, au regard de la répartition des teneurs entre sols superficiels et sols profonds
 - o La notion de pollution concentrée est peu pertinente au regard de la teneur moyenne enregistrée à 51 mg/kg MS avec un percentile 85 à 85 mg/kg MS et une teneur maximale à 260 mg/kg MS.

4.12 Caractérisation de la mobilité : localisation et quantification des pollutions dans les gaz des sols et les eaux souterraines

Conformément à la méthodologie nationale, les bilans massiques sur les sols doivent être mis en relation avec les milieux vulnérables lorsque les polluants sont susceptibles de contribuer à leur dégradation. Dans le cas présent (et en l'absence de polluants volatils), la mobilité des polluants est étudiée sous l'angle du potentiel de relargage et de l'impact au milieu marin qui est vulnérable.

Sur la base des données disponibles, il apparaît que :

- L'arsenic n'a été enregistré qu'à une seule reprise à une teneur dépassant le seuil de l'arrêté du 12/12/2014 sur éluat dans les matériaux constitutifs du crassier, au niveau des remblais industriels du F7.1 (avec une teneur en arsenic sur éluat de 3,18 mg/kg MS). Ce taux de lixiviation (de 0,2%), mesuré ponctuellement, peut être relativisé par le fait que le terrain naturel sous remblais industriels apparaît non impacté. En effet, sur l'ensemble des sondages profonds, les sols sous remblais industriels lorsqu'ils ont été prélevés et analysés présentent une teneur moyenne en arsenic n'excédant pas 23 mg/kg MS (SC-IEM 2, 6, 7 et 8).
- Le plomb n'a jamais été enregistré à des teneurs dépassant le seuil de l'arrêté du 12/12/2014 sur éluat dans les matériaux constitutifs du crassier (remblais démolition et chimie ainsi que remblais industriel (F7.1 avec une teneur en plomb sur éluat de 0,02 mg/kg MS)). Ce point est conforté par le fait que sur l'ensemble des sondages profonds, les sols sous remblais industriels, lorsqu'ils ont été prélevés et analysés, présentent une teneur moyenne en plomb n'excédant pas 37 mg/kg MS (SC-IEM 2, 6, 7 et 8).
- Des résultats complémentaires de cyanures sur éluat sont présentés en annexe du rapport de cessation d'activité de 2010, avec respectivement pour les deux échantillons composites réalisés sur le secteur Ouest 2752-MOY-GRIS (composite de plusieurs horizons) et 2752-MOY-MEL (composite d'horizons de blocs orangés et terres violacées), 19,5 et 2,2 mg/kg MS en cyanures totaux et 1,8 et 1,1 mg/kg MS en cyanures libres. Ainsi, en se basant sur les données disponibles existantes, les cyanures apparaissent complexés à environ 90 % ; il s'agit sans doute de ferrocyanures, produits au moment de la déferrisation de l'acide tartrique. Cette forme peu toxique semble stable dans les sols de surface, au regard de la répartition en cyanures au sein du massif, entre les matériaux superficiels (qui contiennent intrinsèquement des ferrocyanures en lien avec l'activité historique tartrique) et les matériaux profonds (ou les cyanures totaux sont enregistrés à l'état de traces et les cyanures libres systématiquement non détectés). L'absence d'impact identifié au milieu marin par les cyanures (non-détection systématique des cyanures dans les eaux de mer, les sédiments et les oursins lors des investigations de 2017) permet également de valider la faible mobilité des cyanures dans le massif où ils ont été enregistrés à des teneurs qui restent faibles à modérées (n'excédant pas les 270 mg/kg MS).

L'analyse de la mobilité de polluants permet de conclure au caractère peu à pas mobile des pollutions concentrées au sein du crassier.

Cette analyse met en évidence que les matériaux de Remblais Industriels peuvent être considérés comme les matériaux renfermant intrinsèquement une pollution concentrée en arsenic et en plomb, qui est très peu à pas lixiviable, comme en témoigne le faible impact constaté en métaux lourds sur le milieu marin (se référer à l'IEM référencé 17LES038Aa/43044 (en date 24/04/2020), réputée connue du lecteur : les concentrations mesurées dans les eaux, sédiments et oursins prélevés en mer au niveau de la parcelle B sont très notablement plus faibles que les 6 autres stations du littoral étudiées de la Pointe rouge à l'Est à la Calanque de la Mounine au Sud).

Les teneurs en cyanures totaux enregistrées dans le massif sont réparties d'une manière hétérogène dans les matériaux de surface du secteur Ouest. Elles sont en outre à relativiser au regard de la concentration maximale enregistrée de 260 mg/kg MS, de la stabilité des ferrocyanures, de la présence uniquement à l'état de trace de cyanures libres (inférieur 1 mg/kg MS), ainsi que de l'absence d'impact en cyanures du milieu marin vulnérable (non détection systématique dans les eaux, les sédiments et les oursins lors de la campagne de 2017).

Cette analyse permet de mettre à jour les scénarios de gestion à retenir sur la parcelle B qui sont présentés en paragraphe suivant.

Par ailleurs, les études complémentaires réalisées au titre du présent Plan de Conception pour la mise en sécurité de la parcelle B et les échanges avec les services instructeurs DDTM et DREAL, conduisent à compléter les scénarios de gestion pour la parcelle B, en tenant compte en outre de la nécessité de protéger le secteur de l'érosion maritime et de la limite du Domaine Public Maritime (DPM) retenu par la DDTM (cf. paragraphe 5.2 traitant des essais de faisabilités et études connexes réalisées au titre du PCT sur la parcelle B).

4.2 Scénario de gestion envisagés pour la parcelle B

Rappelons en préambule que l'état d'occupation actuel de la parcelle est la résultante de près d'un siècle et demi de dépôts de résidus miniers et de déchets variés provenant de la succession de diverses activités industrielles.

La parcelle dite « B » doit être considérée, étudiée et gérée dans toutes ses composantes, qu'il s'agisse :

- De la composante réglementaire en matière de gestion d'un massif de déchets sur le domaine maritime, issues de diverses industries autorisées par l'Administration depuis près d'un siècle et demi
- De la composante géochimique et notamment de la nature et de la qualité chimique des matériaux, ainsi que du comportement à long terme, caractérisé par la mobilité très limitée de tous les polluants identifiés.
- De la composante sanitaire avec un impact non significatif de l'envol des poussières depuis le crassier dans sa configuration actuelle, non protégée des vents (études ATMOSUD), ainsi que sur le milieu marin (eau, sédiments et oursins (investigations 2017 dans le cadre de l'IEM (rapport référencé 17LES038Aa/43044 en date 24/04/2020)).
- De la composante géotechnique et notamment sur la stabilité générale du massif de déchets / résidus et son reprofilage
- De la composante climatique et de l'exposition induit du massif à l'érosion maritime.
- De la composante esthétique et sociologique, en tenant compte de l'aspect général et visuel des dépôts qui dégradent le paysage environnant et ne permettent pas un accès qualitatif à la mer pour les riverains et le public. A l'heure actuelle l'accès à la mer est interdit et le crassier constitue une nuisance visuelle pour les habitations situées en bord de mer.
- De composante sociétale passant par la reconstruction d'un cœur de village, d'une connexion entre la montagne et la mer et d'une plateforme belvédère pour ouvrir le panorama vers la mer et les îles.

Le projet de réhabilitation de la parcelle doit tenir compte de l'ensemble de ces composantes structurantes, en retenant un scénario de gestion qui soit le plus en adéquation avec le contexte (même s'il ne permet pas totalement de répondre à toutes les composantes) et qui constitue un optimum techniquement et économiquement viable avec le projet de requalification, élaboré sur les bases des intentions de la Ville et les souhaits des riverains.

Au regard des éléments développés en paragraphe 4.1, et conformément à la méthodologie nationale, les scénarios de gestion suivants ont été retenus et seront étudiés dans le présent PCT :

- Scénario 0 : purge de l'intégralité du crassier existant et orientation en filière(s) autorisée(s) des 41 600 m³ de matériaux de remblais le constituant
- Scénario 1 : purge des remblais industriels profonds qui constituent la pollution concentrée en arsenic et plomb sur la parcelle B :
 - o Scénario 1a : Purge et orientation en filière(s) de traitement autorisée(s) de l'ensemble des matériaux (y compris remblais de démolition et chimie qui ont dû être terrassés pour accéder aux remblais industriels de fonderie) puis reprofilage et confinement du massif pour sa mise en sécurité
 - o Scénario 1b : Purge et orientation en filière(s) de traitement autorisée(s) des matériaux de remblais industriels, stockage et réemploi du volume de remblais de démolition et chimie qui ont dû être terrassés pour accéder aux remblais industriels de fonderie puis reprofilage et confinement du massif pour sa mise en sécurité
- Scénario 2 : Maîtrise des pollutions par un confinement après reprofilage pour mise en stabilité du massif
 - o Scénario 2a : Positionnement de l'enrochement de protection du massif hors emprise du DPM :
 - Scénario 2a.1 : Prise en compte du DPM retenu par la DDTM (cf. paragraphe 5.2.4)
 - Scénario 2a.2 : Prise en compte du DPM selon l'alternative N°1 de l'étude OCEANIDE (cf paragraphe 5.2.1)
 - o Scénario 2b : Positionnement de l'enrochement de protection du massif sur le DPM
 - Scénario 2b.1 : Maintien de l'occupation du DPM et positionnement d'un enrochement en avant sur la plage artificielle existantes et reprofilage du massif (volume de 5000 m³ terrassé et évacué et 5000 m³ de besoins en remblais)
 - Scénario 2b.2 : Maintien de l'occupation du DPM et positionnement d'un enrochement en avant sur la plage artificielle existantes et reprofilage du massif (volume de 5000 m³ à terrasser et remblayer)

Les scénarios 0 et 1 répondent à la politique nationale de gestion des pollutions concentrées qui impose en tout premier lieu la recherche des possibilités de suppression des pollutions et de leurs impacts.

Il est cependant nécessaire, quand la suppression des pollutions n'est pas possible (étudiée au travers des scénarios 0 et 1), à l'issue d'une démarche d'établissement d'un bilan « coûts - avantages », de garantir que les impacts provenant des pollutions résiduelles sont maîtrisés et acceptables tant pour les populations que pour l'environnement.

C'est dans cet objectif que les scénarios 2 de maîtrise des pollutions ont été étudiés, avec :



- Des mesures de suppression des voies de transfert (majoritairement des poussières) et des voies d'exposition (recouvrement du massif et de la plage artificielle),
- La mise en stabilité du massif et sa protection vis-à-vis des phénomènes d'érosion maritime,
- Ainsi que la suppression des contraintes visuelles (aménagement en place) et la création d'un accès à la mer (descente depuis la place du Belvédère et accès par ponton)

Les essais de faisabilité et des études connexes réalisées dans le cadre du présent Plan de Conception de Travaux sur la parcelle B sont présentés en chapitre 5 suivant. L'étude des scénarios de gestion envisagés pour la parcelle B, est détaillé dans le chapitre 6 de mise à jour des mesures de gestion (intégrant les conclusions des essais de faisabilité et des études connexes réalisées, conformément à la méthodologie nationale).

5. ESSAIS DE FAISABILITÉ ET ETUDES TECHNIQUES CONNEXES

5.1 Objectifs

Sur la base des conclusions du Plan de Gestion et en tenant compte du projet d'aménagement mis à jour sur les 3 parcelles, la réalisation d'études de faisabilité et de traitabilité, ainsi que d'études connexes d'avant-projet s'est avérée nécessaire au titre du PCT, conformément à la méthodologie nationale, afin de valider les solutions de gestion retenues. Le tableau de synthèse suivant présente les différentes études réalisées dans le cadre du présent PCT et leurs objectifs respectifs.

| Projet | | Problématiques | Bureau d'études | Objectifs |
|------------------------|--|--|----------------------|---|
| PARCELLE B CRASSIER | AMENAGEMENT DU CRASSIER | Gérer les phénomènes d'érosion maritimes (protection du massif) | OCEANIDE | Qualification de la contrainte sur le secteur (étude documentaire et investigations). Prédimensionnement le cas échéant d'un ouvrage de défense |
| | | Garantir la stabilité géotechnique du crassier | ERG GEOTECHNIQUE | Etude géotechnique dite G5 avec investigations complémentaires de terrain et prédimensionnement de l'ouvrage de soutènement, en concomitance avec l'étude OCEANIDE |
| | | Adapter l'aménagement de la parcelle aux contraintes mises en exergue au travers des études techniques | Equipe Projet | Prise en compte du dimensionnement retenu sur la base des études conjointes Géotechnique (ERG GEOTECHNIQUE) et de défense maritime (OCEANIDE). Reprise du projet d'aménagement avec conservation du lien « Terre – Mer » et de l'aménagement d'une place publique. |
| | | Echange de l'équipe projet avec la DDTM au sujet du positionnement du DPM à retenir | DDTM / équipe projet | Valider avec la DDTM la limite du DPM à retenir sur le secteur et les présentations des conclusions des études techniques et scénario de gestion induits analysés dans le cadre du PCT |
| PARCELLES C ET A | GESTION SUR SITE DES MATERIAUX IMPACTES EN ETM | Valider la faisabilité de la technique de traitement par Solidification / Stabilisation | REMEA | Tests pilote en laboratoire pour valider la faisabilité de la technique de traitement. Ouvrabilité ² en fonction des dosages et performance environnementales |
| | MAINTIEN DE LA CHEMINÉE RAMPANTE | Etat structurel de la cheminée rampante | FREYSSINET | Diagnostic structurel de l'ouvrage pour évaluer la faisabilité d'un remplissage vis-à-vis de la structure de l'ouvrage |
| ENSEMBLE DES PARCELLES | TERRASSEMENTS POUR L'AMENAGEMENT DES PARCELLES | Nuisances poussières en lien avec les opérations de terrassement sur les parcelles B, C et A | FLUIDYN | Détermination des mesures de gestion des nuisances en lien avec les poussières susceptibles d'être générées pendant les phases de terrassement du projet au moyen de modèles de quantification pour l'aérodynamique 3D (vent et turbulence sont les moteurs des envols puis du transport des poussières) puis pour la dispersion des poussières |

On se reportera aux annexes A3 à A8 pour disposer des études techniques complètes réalisées dans le cadre du présent Plan de Conception de Travaux.

² L'ouvrabilité correspond à l'aptitude à mettre en œuvre les matériaux stabilisés : les tests pilotes en laboratoire s'attacheront à la recherche de l'optimum de formulation et de dosages afin de garantir les performances environnementales et l'aptitude des stabilisés à être mis en œuvre selon leur destination.

5.2 Parcelle B – Études spécifiques, résultats et solution(s) retenue(s)

On se reportera au chapitre 2 pour disposer de la présentation du projet sur le crassier constituant la parcelle B.

5.2.1 Étude de faisabilité pour la protection par enrochements

Cette étude a fait l'objet du rapport référencé 19.7.070.R.001, dans sa révision 2 en date du 20/03/2020, reporté en annexe A3.

| | |
|---|---|
| PROBLEMATIQUES | Gérer l'érosion du fait des attaques maritimes (protection du massif) |
| OBJECTIF DE L'ETUDE | Qualification de la contrainte sur le secteur (étude documentaire et investigations). Prédimensionnement le cas échéant d'un ouvrage de défense |
| CONTENU DE LA MISSION | <ul style="list-style-type: none">- Synthèse des données existantes,- Réalisation de levés topo-bathymétriques complémentaires,- Définition et analyse des contraintes du site (conditions naturelles dont les conditions de houle, les critères et contraintes du projet),- Étude de solution(s) (définition, prédimensionnement, établissement des plans et estimations (coûts, délais, quantités)). |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS DE L'ETUDE | <ul style="list-style-type: none">- La mise en œuvre d'un ouvrage de défense apparaît nécessaire- Etant donné la configuration du site et les attentes, deux solutions de protection contre l'érosion sont proposées. Elles se différencient par leur emplacement par rapport au pied du crassier. Les avantages et inconvénients de chacune de ces solutions sont présentés par OCEANIDE dans une analyse multicritères placée en annexe A3.- Sur la base de laquelle, en tenant compte des contraintes Sites et Sols Pollués et après concertation avec les experts sur le projet, l'alternative 2 apparaît la plus favorable selon l'AMC OCEANIDE mise à jour en tenant compte des informations nouvelles sur le DPM et les dimensionnements de travaux réalisés, présentés en paragraphe 5.2.4 suivant :<ul style="list-style-type: none">o Solution qui consiste à positionner la protection en avant du crassier actuel ce qui permet d'éviter de décaisser massivement le crassier actuel (alternative optimale en termes de terrassements),o Elle nécessite d'ancrer la solution plus profondément et de mettre en place des blocs plus gros.o Dans cette alternative, l'ouvrage est construit sur le Domaine Public Maritime (DPM)³.- Outre le sujet du DPM, il est conseillé de prolonger latéralement l'ouvrage, au-delà de la limite de la parcelle cadastrale du crassier, afin d'éviter d'autres problèmes localement sur la zone, actuellement non protégée. |
| SOLUTION RETENUE DANS LE PCT | La conception tiendra compte de la mise en œuvre d'un ouvrage de défense. L'ouvrage retenu sera positionné en avant du crassier actuel, pour décaisser le moins de matériaux du crassier et générer le moins de nuisance. La conception retient un ouvrage prolongé au-delà de la limite cadastrale (en latéral Ouest), afin de garantir son efficacité et d'éviter tout désordre localement sur les zones non protégées. |
| LIMITE(S)/ CONTRAINTES A RETENIR | Les contraintes réglementaires en lien avec la limite du Domaine Public Maritime (DPM), non déterminée à notre connaissance sur cette parcelle, devront être identifiées et prises en compte avec le gestionnaire (DDTM) et en concertation avec la DREAL. |

Notons que l'approche financière et le planning prévisionnel associé à la réalisation de l'ouvrage de défense retenu seront présentés d'une manière intégrée avec la solution globale de gestion de la parcelle B en chapitre 8.

³ La limite du DPM (Domaine Publique Maritime) côté mer retenue par OCEANIDE se situe à +2 m NGF. Toutefois l'analyse réglementaire et environnementale de la situation conduit à mettre en évidence que la limite du DPM n'est pas déterminée à notre connaissance sur cette parcelle, la limite du DPM naturel correspondant à :

- La limite atteinte par les plus hautes mers (hors événements météo exceptionnels)
- Les lais et relais de la mer (dépôts) + terrains soustraits artificiellement à la mer par remblais

5.22 Étude géotechnique de stabilisation et de réhabilitation du remblai de crassier en vue de la réalisation d'une esplanade (place du Belvédère)

Cette étude a fait l'objet du rapport référencé 17MG570Ae/GE/MBn, en date du 20/03/2020, reporté en annexe A4.

| | |
|---|--|
| PROBLEMATIQUES | Garantir la stabilité géotechnique du crassier |
| OBJECTIF DE L'ETUDE | <ul style="list-style-type: none"> - Etudier la stabilité actuelle du remblai de crassier, et proposer une géométrie remodelée, avec le prédimensionnement selon un profil type de l'ouvrage de soutènement nécessaire le cas échéant (paroi clouée par exemple), - Etudier, du point de vue géotechnique, les potentielles possibilités de réemploi des matériaux de déblais, en remblais. |
| CONTENU DE LA MISSION | <ul style="list-style-type: none"> - Synthèse des données existantes, - Investigations complémentaires de terrain et essais de laboratoire sur certains échantillons de sols, - Examen des possibilités de réemploi des matériaux de déblais en remblais, - Examen de la stabilité du remblai de crassier dans sa configuration actuelle, - Proposition de remodelage de celui-ci, de manière à assurer sa stabilité, moyennant le cas échéant, la mise en œuvre d'un ouvrage de soutènement, pré-dimensionné selon un profil type. |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS DE L'ETUDE | <ul style="list-style-type: none"> - L'étude s'est fondée sur les conclusions de l'étude OCEANIDE, avec mise en œuvre d'un ouvrage de défense selon l'alternative 2 qui apparait la plus favorable selon l'AMC OCEANIDE mise à jour en paragraphe 5.2.4 . - Proposition de géométrie optimisée (mouvements des terres en déblais/remblais relativement à l'équilibre de l'ordre de 4 000 m³ (incertitude de +/- 500 m³)) avec des préconisations relatives à la stabilité, consistant en des conditions de terrassement (sans la nécessité de mise en œuvre d'un ouvrage de soutènement à proprement parler). - Il est envisagé de réaliser les travaux de terrassement sur la parcelle B selon les phases suivantes : <ul style="list-style-type: none"> o Etape 1 : Terrassement en déblais par talutage des zones excédentaires en matériaux, principalement depuis la plateforme supérieure actuelle à l'amont (à environ + 17 m NGF) et jusqu'à la côte d'intersection du futur ouvrage de protection maritime avec le terrain existant (vers + 3 m NGF), o Etape 2 : Terrassements par passes alternées en pied des talus de déblais depuis la banquette à + 3 m NGF, et jusqu'à la côte d'assise du futur ouvrage de protection maritime (à partir de + 1 m NGF), et réalisation simultanée de l'ouvrage en pied. o Etape 3 : Terrassements en remblais dans les zones déficitaires en matériaux, par la mise en œuvre des déblais extraits dans la phase 1, principalement en partie Nord, depuis la côte + 9 m NGF à l'aval, et jusqu'à la côte de la future esplanade à l'amont (à environ + 17 m NGF). |
| SOLUTION RETENUE DANS LE PCT | <p>Le projet d'aménagement du crassier avec création d'une place (La place du Belvédère) le long de l'avenue de la Madrague de Montredon, permettant un accès à la mer (et donc la création d'un lien « Terre-Mer ») apparait donc faisable et techniquement optimisée, selon la solution retenue de positionnement de l'ouvrage de protection à l'aval du crassier actuel.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La conception tiendra compte de la mise en œuvre du reprofilage et des terrassements selon le phasage et les préconisations retenus dans l'étude géotechnique - De manière à limiter le stockage des déblais sur site, et ainsi les nuisances et contraintes liées à la gestion de ces matériaux stockés avant leur réutilisation, il sera privilégié la réalisation simultanée des terrassements en déblais de l'étape 1, et des terrassements en remblais de la étape 3, à partir des matériaux extraits (mouvements des terres en déblais/remblais en flux tendu et pratiquement à l'équilibre) |
| LIMITE(S)/ CONTRAINTES A RETENIR | <p>La justification du talus en remblais renforcés sera réalisée dans le cadre des études de conception G2 puis d'exécution G3, en considérant un remblai renforcé dimensionné, exécuté et contrôlé suivant de la norme NF G 038-064.</p> <p>Les volumes de déblais/remblais, associés à la géométrie des terrassements envisagés, seront affinés et potentiellement optimisés en phase de conception G2 puis d'exécution G3.</p> <p>Vigilance sur la gestion des eaux en phase chantier, qui devront faire l'objet d'un captage et d'une évacuation vers l'aval, afin d'éviter tout ruissellement ou infiltration.</p> |

Notons que la gestion de chantier et des nuisances, ainsi que l'approche financière et le planning prévisionnel associé à la mise en œuvre de la conception retenue seront présentés d'une manière intégrée avec la solution globale de gestion de la parcelle B présenté en chapitre 8.

5.23 Solution de confinement du massif

Une conception doit être définie dans le cadre du présent Plan de Conception de Travaux pour permettre l'aménagement de la parcelle en place publique (évolution du projet par rapport au Plan de Gestion), tout en garantissant la stabilisation et le confinement du volume de crassier en place.

Afin de garantir le confinement des déchets qui seront laissés en place et supprimer toute voie de transfert au sable de la plage et milieu marin, un système d'étanchéité dédié a été étudié dans un objectif d'efficacité et de pérennité de l'aménagement, tout en tenant compte des contraintes. Cette analyse est reportée en annexe A5.

| | |
|---|--|
| PROBLEMATIQUES | Confinement du massif après sa mise en sécurité. |
| OBJECTIF | <ul style="list-style-type: none">- Garantir le confinement des déchets qui seront laissés en place et supprimer toute voie de transfert au sable de la plage et milieu marin |
| CONTENU DE LA MISSION | <ul style="list-style-type: none">- Synthèse de l'état de l'Art,- Examen des possibilités de confinement des matériaux |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS DE L'ETUDE | <ul style="list-style-type: none">- La minimisation des impacts constitue un enjeu économique, environnemental, sanitaire et social important.- Compte tenu du dimensionnement du massif de déchets et des contraintes en lien avec les nuisances au terrassement, seul un recouvrement est envisageable sur la parcelle B.- Il apparait qu'un dispositif de confinement du massif permettant de supprimer les transferts éventuels de particules peut être retenu, au regard :<ul style="list-style-type: none">o des conclusions de l'étude complémentaire de détermination des pollutions concentrées au sein du massif et particulièrement des conclusions de l'analyse de la mobilité des polluants (développé en paragraphe 4.1),o des mesures de gestion des eaux de pluie et de ruissellement sur la place aménagée sur le crassier,o et en l'absence de constat de circulation d'eaux horizontale au sein du massif lors des différentes phases d'investigations (ANTEA, VALGO et ERG).- Concernant les solutions alternatives de confinement par géomembrane, il existe plusieurs familles de géomembrane, qui se différencient par leur comportement, parmi lesquelles, c'est la membrane PEHD qui apparait la plus adaptée : elle présente des caractéristiques de résistance chimique élevée et peut être en outre fabriquée en rouleaux de grande largeur, permettant de réduire le nombre de soudures dans un ouvrage (soudure par thermofusion (double soudure) ou extrusion)- Pour limiter les transferts de particules à la mer, des aménagements spécifiques au niveau de l'enrochement en pied de crassier sont prévus par OCEANIDE. |
| SOLUTION RETENUE DANS LE PCT | <p>Le confinement du massif retenu consiste en la mise en œuvre d'un Dispositif non étanche permettant de limiter les transferts de particules depuis le massif stabilisé vers les milieux. Les dispositifs définis en phase projet de la conception seront recouverts en totalité, soit par le dallage de la place, soit par les parements végétalisés et/ou gabions, etc.</p> <p>Un géotextile de grammage adapté sera en outre mis en œuvre entre les ouvrages de pied de crassier et le crassier reprofilé, pour éviter l'entraînement des terres dans les enrochements, quel que soit l'alternative de positionnement de l'enrochement retenue.</p> |
| LIMITE(S) / CONTRAINTES A RETENIR | <p>La possibilité de mettre en œuvre un dispositif de curage et d'entretien de l'ouvrage doit être étudiée et intégrée avec l'équipe de conception des travaux.</p> <p>Les vérifications de la qualité du dispositif de confinement et de la bonne réalisation de sa pose sont réalisées par un bureau de contrôle ou une société de vérification.</p> |

Notons que la gestion de chantier et des nuisances, ainsi que l'approche financière et le planning prévisionnel associé à la mise en œuvre de la conception retenue seront présentés d'une manière intégrée avec la solution globale de gestion de la parcelle B présenté en chapitre 8.

5.24 Échanges avec la DDTM et limite du DPM à retenir

L'ensemble des plans et travaux de calcul de volume, selon le positionnement du DPM fixé par la DDTM et selon les scénarios de positionnement de l'enrochement est disponible en annexe A6.1 complémentaire.

Dans son courrier en date du 8 juin 2020 le gestionnaire du DPM, considère que la limite de 1879 constitue une référence historique et comme indiqué en séance, que « toute création d'ouvrage doit être étudiée en limitant au maximum l'emprise sur le DPM et les incidences sur le milieu marin ».

Dans ce contexte, il a été demandé de réexaminer, à la lumière de ces documents, le projet par rapport à l'estimation des volumes de déblais qui peuvent être considérés sur le DPM et les incidences sur le profil de restanques envisagé.

5.24.1 Examen de la situation avec la limite du DPM selon le plan historique de 1879

D'un point de vue technique, le recollement des plans historiques de 1879 transmis, sur le modèle 3D du dépôt actuel, a permis de définir un volume théorique de matériaux sur l'emprise du DPM de 5 500 m³, comme le mettent en évidence les plans reportés en annexe A6.1. Un scénario de purge de ce volume de matériaux sur l'emprise du DPM de 1879 a été étudié (réexamen de la situation N°1) et comprendrait les points suivants :

- La libération des emprises du DPM de 1879 par purge partielle du massif sera à l'origine d'un volume de déblais qu'il serait nécessaire d'évacuer hors site en filières autorisées.
- Les emprises du DPM de 1879 libérées, il serait nécessaire de revoir le reprofilage du massif à partir de la limite de purge. Pour ce faire, une simulation a été réalisée en tenant compte de la géométrie retenue dans l'étude géotechnique présentée en paragraphe 5.2.2 (pente générale de talus de 3H/2V au maximum, H : horizontal, V : vertical), découpée par des banquettes de 2 m de largeur (pour la circulation des engins de chantier en phase provisoire et des piétons en phase définitive), espacées par des talus intermédiaires de 3 m de hauteur maximum, respectant une pente locale maximale de 1H/1V).

Le résultat de la simulation globale présentée dans la planche graphique référencée « Simulation Reprofilage Scénario 1879 » en annexe A6.1 met en évidence un volume de terrassement en déblais pour mettre en stabilité le massif de plus de 26 500 m³, y compris 5 500 m³ de purge sur l'emprise du DPM, et un volume de remblais de 1 500 m³. Sur cette base il est à retenir pour le scénario 2a.1 :

- Un volume total de 26 800 m³ à terrasser, intégrant la purge sur l'emprise du DPM, qui sera à l'origine d'un important impact en poussières potentiellement difficile de gérer.
- En tenant compte du réemploi sur le crassier des 5 500 m³ de remblais nécessaire au reprofilage du massif, un volume minimum de 25 300 m³ devra faire l'objet d'une orientation en filière(s) autorisée(s) hors site qui sera à l'origine d'un surcoût de gestion des terres excavées de 5 700 à 7 200 k€ H.T. et d'une durée de travaux de plus de 4 mois (selon une cadence de 300 m³/jour) pendant lesquels seront nécessaires 5 à 6 rotations de 4 camions par jour pour une évacuation en flux tendu des matériaux en filières, avec les nuisances associées pour les riverains compte tenu des problèmes de mobilité identifiés dans le secteur.

5.24.2 Examen de la situation avec la prise en compte de l'alternative N°1 de l'étude OCEANIDE

La demande de la DREAL en date du 19/02/2021, consistant en la prise en compte de l'Alternative 1 de l'étude OCEANIDE, a également fait l'objet d'une analyse complémentaire. A l'instar du travail sur la limite du DPM :

- La mise en œuvre de l'Alternative N°1 sera à l'origine d'un volume de déblais qu'il serait nécessaire d'évacuer hors site en filières autorisées.
- Après positionnement de l'enrochement, il serait nécessaire de revoir le reprofilage du massif à partir de la limite de purge. Pour ce faire, une simulation a été réalisée en tenant compte de la géométrie retenue dans notre étude initiale (pente générale de talus sera de 3H/2V au maximum, H : horizontal, V : vertical), découpée par des banquettes de 2 m de largeur (pour la circulation des engins de chantier en phase provisoire et des piétons en phase définitive), espacées par des talus intermédiaires de 3 m de hauteur maximum, respectant une pente locale maximale de 1H/1V).

Le résultat de la simulation globale présentée dans les planches graphiques de réexamen de la situation N°2, met en évidence un volume de terrassement en déblais pour positionner l'enrochement en Alternative 1 et mettre en stabilité le massif de 11 200 m³ et un volume de remblais de 1 850 m³. Sur cette base il est à retenir pour le scénario 2a.1 :

- Un volume total de 11 200 m³ à terrasser, intégrant la purge pour l'aménagement de l'enrochement au sein du crassier (Alternative 1 de positionnement selon l'étude OCEANIDE), qui sera à l'origine d'un important impact en poussières potentiellement difficile de gérer.

- En tenant compte du réemploi sur le crassier des 1 850 m3 de remblais nécessaire au reprofilage du massif, un volume minimum de 9 350 m3 devra faire l'objet d'une orientation en filières autorisées hors site qui sera à l'origine d'un surcoût de gestion des terres excavées de 2 100 à 2 700 k€ H.T. et d'une durée de travaux de près de 2 mois (selon une cadence de 300 m3/jour) pendant lesquels seront nécessaires 5 à 6 rotations de 4 camions par jour pour une évacuation en flux tendu des matériaux en filières, avec les nuisances associées pour les riverains compte tenu des problèmes de mobilité identifiés dans le secteur.

Ces éléments permettent la mise à jour du bilan coût avantages des différents scenario retenus pour la parcelle B et donc la mise à jour des mesures de gestion pour le crassier.

5.2.4.3 Mise à jour de l'AMC OCEANIDE

Sur la base du positionnement du DPM retenu par la DDTM, des études de synthèse des cubatures du crassier sur le DPM et des ventilations déblais/remblais induites, selon les alternatives OCEANIDE pour le positionnement de l'enrochement, il est apparu nécessaire de remettre à jour l'Analyse Multi-Critères (AMC) OCEANIDE sur 3 points :

- Aspect Environnemental et paysagers : Modification de la notation (-) en (+) pour la « disparition des matériaux (galets) devant le pied du crassier mais cela peut être un point positif si celle si présente des matériaux pollués », en raison du caractère artificiel de la plage qui est constituée pour partie de matériaux issus des dépôts historiques. Le positionnement de l'enrochement sur la plage artificielle selon l'alternative 2 permettra de supprimer tout contact des usagers aux matériaux de la plage, avec une protection du milieu marin par des enrochements lavés des fines et mesures de confinement qui permettront de supprimer les transferts au milieu marin
- Aspects réglementaires : Modification de la notation (+) en (--) pour le point « situé à l'intérieur de la parcelle cadastrale et hors DPM (point fondamental à confirmer) », la localisation de l'enrochement sur l'alternative N°1 étant également sur l'emprise du DPM, selon le positionnement de la DDTM, qui considère le trait de côte du plan de 1879.
- Coûts de réalisation et d'entretien : Modification de la notation (-) en (--) pour le « coût élevé lié à une excavation importante du crassier », en raison des volumes et coûts de gestion associés, définis sur la base du recollement de l'alternative N°1 sur le massif 3D du crassier (en paragraphe 5.2.4.2).

Le score de l'alternative 2 apparait plus favorable après la mise à jour de l'AMC OCEANIDE.

5.3 Parcelles A et C – Études spécifiques, résultats et solution(s) retenue(s)

On se reportera au chapitre 2 pour disposer de la présentation du projet d'aménagement.

5.3.1 Stabilisation de sols pollués aux métaux lourds – Essais en laboratoire – REMEA

Cette étude a fait l'objet du rapport référencé REMEA_ERG_LegreMante_RapportEssaisEnLaboratoire_270320_vC, dans sa révision C en date du 27/03/2020, reporté en annexe A7.1. Les investigations de terrain pour prélèvement des matériaux à vocation des essais de laboratoire REMEA ont été réalisés par un ingénieur de ERG ENVIRONNEMENT et la Chef de Projet REMEA ; par soucis de complétude, le compte-rendu de l'intervention est reporté en annexe A7.1.

| | |
|------------------------------|--|
| PROBLEMATIQUES | Valider la faisabilité de la technique de Solidification / Stabilisation d'un point de vue chimique (formulation) |
| OBJECTIF DE L'ETUDE | Réalisation de tests pilote en laboratoire pour : <ul style="list-style-type: none">- Immobiliser les pollutions métalliques d'un point de vue chimique (respect des critères de l'annexe II de l'arrêté du 12/12/14)- Sur la base des conclusions de l'étude FREYSSINET annexée à l'étude REMEA : vérifier l'ouvrabilité de la solution dans des ouvrages historiques (cheminée(s) ou carneau), voir au niveau de voieries et d'infrastructures. |
| CONTENU DE LA MISSION | <ul style="list-style-type: none">- Préparation des échantillons et analyse de la qualité initiale des lots de matériaux avant stabilisation- Tests de stabilisation des lots de matériaux (avec plusieurs formulations et des quantités de liants hydrauliques variables)- Après stabilisation, évaluation des performances après 7 jours et 28 jours, analyse de la résistance à la compression et identification du caractère inertes de chaque lot |

| | |
|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none">- Préconisations quant à la mise en œuvre de chantier avec estimation des cadences et des budgets. |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS DE L'ETUDE | <p>Les principaux résultats à l'issue des stabilisations mettent en évidence que :</p> <ul style="list-style-type: none">- Les teneurs en arsenic et plomb lixiviables des échantillons restent sous les seuils de quantification et sont donc conformes aux critères chimiques fixés (critères de l'arrêté du 12/12/2014)- D'un point de vue géotechnique, les résistances à la compression mesurées après 7 ou 28 jours de maturation des formulations F2 et F3 sont comprises entre 5,9 et 17,7 MPa, validant largement une utilisation peu portante du sol- Un dosage d'environ 150 kg de liant hydraulique par mètre cube de sol (formulation F2) semble suffisant pour une stabilisation chimique et géotechnique des sols du site <p>Les matériaux stabilisés apparaissent conformes chimiquement et physiquement avec une mise en œuvre dans les ouvrages historiques existants sur site</p> |
| SOLUTION RETENUE DANS LE PCT | <p>La stabilisation/solidification peut être retenue d'un point de vue purement chimique pour la gestion des terres excavées sur les parcelles A et C.</p> <p>Compte tenu de la qualité chimique des futurs déblais (en l'absence de déblais excédentaires à gérer issus de la parcelle B), un traitement par stabilisation/solidification pourrait être envisagé uniquement pour le confinement des ouvrages historiques. Les ouvrages industriels historiques de par leur caractère enfouis sont confinés et mis en sécurité vis-à-vis de l'Homme et de l'Environnement.</p> <p>En cas de réemploi, hors ouvrages historiques, nécessitant une portance plus importante, les dosages de liants pourront être revus en phase travaux.</p> |
| LIMITE(S) / CONTRAINTES A RETENIR | <p>Concernant l'ouvrabilité et la mise en œuvre sur chantier, des solutions de transfert des sols stabilisés par dumpers en zone dédiée ou par pompage vers les cheminées doivent être envisagées.</p> <p>L'étude complémentaire de faisabilité en termes de stabilité des ouvrages historiques a été réalisée par la société FREYSSINET</p> |

La gestion de chantier et des nuisances, ainsi que l'approche financière et le planning prévisionnel associé à la mise en œuvre de la conception retenue sont présentés d'une manière intégrée avec la solution globale de gestion des parcelles A et C présenté en chapitre 8.

5.32 Étude de mise en œuvre, faisabilité et renforcement, de maintien et de transformation des ouvrages historiques - FREYSSINET

Cette étude a fait l'objet du rapport référencé REMEA_ERG_LegreMante_RapportEssaisEnLaboratoire_270320_vC, dans sa révision C en date du 27/03/2020, reporté en annexe du rapport de REMEA (annexe A7.1 du présent rapport).

| | |
|---|--|
| PROBLEMATIQUES | Etat des ouvrages historiques et compatibilité au comblement |
| OBJECTIF DE L'ETUDE | Valider la faisabilité de la technique du remplissage des ouvrages historiques (cheminée rampante et carneau) : nécessité ou non de renforcement pour utilisation des ouvrages comme unité de stockage |
| CONTENU DE LA MISSION | Analyse de l'état des structures et préconisations pour leur comblement. |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS DE L'ETUDE | <p>L'analyse conclue principalement à :</p> <ul style="list-style-type: none">- La possibilité de combler la cheminée rampante sur sa partie aérienne dans un objectif de sécurisation au droit des parcelles A et C. Le renforcement préconisé consiste en un chemisage en béton projeté, ainsi qu'un dispositif d'ancrage du coulis à la roche mère.- La possibilité de renforcement du carneau par des techniques de béton projeté, jusqu'à des solutions de ferrailage de la voute et du radier. Toutefois, en l'absence d'aménagement au droit de l'ancien carneau et de nécessité de conservation des ouvrages historiques, le renforcement de l'ouvrage au préalable d'opérations de remplissage, n'est pas justifié et n'apparaît pas strictement nécessaire. |

**SOLUTION
RETENUE DANS LE
PCT**

Les conclusions de l'étude ont mis en évidence que la solution de confinement de la cheminée rampante par injection de matériaux stabilisés sur son linéaire aérien n'est pas envisageable, selon les principes de proportionnalité et bilan coûts-avantages, dans le cadre du périmètre actuel du projet, en variante aux solutions classiques de protection des ouvrages.

Aucune mesure de renforcement, conditionnant la faisabilité de la technique, n'apparaît nécessaire au niveau du carneau et de la cheminée rampante sur leur linéaire enterré, en l'absence d'aménagement projeté au droit de ces ouvrages, ni de souhait de conservation de leur intégrité (structures historiques enterrées non portantes).

En l'absence d'aménagement projeté au droit des structures historiques enterrées sur les parcelles C et A, cette mesure de gestion par comblement des structures enterrées, n'apparaît pas strictement nécessaire (de par le caractère enfouis, confinés et mis en sécurité des ouvrages enterrés vis-à-vis de l'Homme et de l'Environnement et en l'absence de transfert de pollution aux eaux souterraines selon le rapport référencé P05292.001 en date de 2021, reporté en annexe A10).

Ces solutions ne trouvent donc aucun intérêt chimique en lien avec la qualité des futurs déblais, ni de faisabilité technique dans les ouvrages historiques industriels.

Des solutions classiques de mise en sécurité de l'ouvrage sur son linéaire aérien seront mises en œuvre. Sur la base des solutions retenues dans le cadre des travaux de mise en sécurité des dépôts massifs de scories présents sur le littoral sud des calanques entre Mont Rose et Callelongue : les entrées seront condamnées à l'aide de grilles en fer forgé afin de ne pas dénaturer l'ouvrage. Le fer forgé aux extrémités devra être rond et plein et avoir un faciès qui permette aux chiroptères de passer. Afin de confiner les dépôts, les trous et dégradations ponctuelles de la voûte seront obturés manuellement à l'aide de béton, dont la couleur sera identique à celle du carneau (planches d'essais préalables).

Selon une démarche conforme aux travaux à l'étude sur le littoral, la gestion des dépôts existants dans les tronçons de cheminée rampante a été étudiée sur la base d'une opération de purge par démolition mécanique des enduits et mortiers pollués et élimination en filière autorisée ou stabilisation au sol en grave ciment. Cette étude reportée en annexe A7.2 met en évidence que sur l'emprise de l'ICPE la purge des encroutements sur la portion aérienne de 60m de long nécessitera un temps de 3 mois de travaux pour un coût de travaux de 225 à 255 k€ H.T. . Rappelons que les voies de transfert apparaissent limitées compte tenu de la qualité des eaux souterraines mise en évidence en aval hydraulique du site (présentée en paragraphe 5.3.3 suivant, sur la base du rapport reporté en annexe A10) et que l'exposition par contact direct sera supprimée par la mise en place des précédentes mesures de gestion.

**LIMITE(S) /
CONTRAINTES A
RETENIR**

Sans objet : Solution de comblement non retenue

Notons que l'approche financière associée aux solutions classiques de mise en sécurité de la cheminée horizontale retenues est intégrée à la solution globale de gestion des parcelles A et C présenté en chapitre 8.

5.3.3 Gestion des pollutions concentrées en hydrocarbures, cyanures et mercure

Conformément à la méthodologie nationale, les mesures de gestion doivent être d'une ampleur proportionnée aux pollutions et à leurs étendues.

Lorsque les volumes de terres polluées en cause sont limités et accessibles, les terres sont excavées et évacuées vers des filières de gestion appropriées, sans engager d'études plus poussées qui devraient aboutir finalement à cette option de gestion. Dans ce cas, le bilan coût-avantage n'est pas nécessaire et le plan de gestion se limite à décrire les actions engagées.

C'est dans ce cadre que la gestion des zones de pollutions concentrées de surface retenue consiste au terrassement des matériaux pollués et une gestion en filière(s) autorisée(s).

En ce qui concerne les pollutions profondes, une analyse de leur mobilité, au travers d'investigations complémentaires de la qualité des eaux souterraines en amont et en aval hydraulique des parcelles A et C, a été réalisée afin de pouvoir statuer sur les enjeux environnementaux et sélectionner la solution proportionnée pour leur gestion.

Ces investigations complémentaires ont été menées directement sur la voie de transfert potentielle « eaux souterraines », afin de lever le doute sur le caractère mobile des pollutions profondes. En effet, les investigations de tri analytique fin des futurs déblais ont été reportées à la phase de conception de projet (ces dernières permettant d'affiner les mesures de gestion, mais n'étant pas systématiquement non détecté, comme les cyanures libres, et les cyanures totaux sont enregistrés à des teneurs plus de 2 fois inférieures au seuil de potabilité des eaux souterraines. Ces constats permettent de confirmer l'absence d'impact aux milieux des pollutions profondes en mercure et cyanures identifiées dans les sols au droit du site.

On se reportera à l'annexe A10 pour disposer du rapport de diagnostic correspondant, référencé P05292.001 en date de 2021. Les investigations ont permis de mettre en évidence que sur les 4 forages profonds réalisés, seuls 2 ont permis de recouper des circulations d'eaux dans les calcaires (50% des ouvrages sont effectivement secs, en cohérence avec la perméabilité de fracture de l'aquifère karstique). Les prélèvements et analyses ont permis par ailleurs de mettre en évidence que le mercure est systématiquement non détecté, comme les cyanures libres, et les cyanures totaux sont enregistrés à des teneurs plus de 2 fois inférieures au seuil de potabilité des eaux souterraines. Ces constats permettent de confirmer l'absence d'impact aux milieux des pollutions profondes en mercure et cyanures identifiées dans les sols au droit du site.

Nous notons également que :

- Les eaux souterraines captées en aval hydraulique Ouest du site (Pz2) ne présentent aucun dépassement des critères de potabilité des eaux
- Les eaux souterraines captées en aval hydraulique (Pz3) sont fortement minéralisées traduisant la salinité des eaux souterraines côtières sur le secteur (remonté du biseau salé). Selon les critères de potabilité de l'arrêté du 11/01/2007, les eaux sont *de facto* impropres à la consommation humaine sur le seul paramètre qu'est la conductivité avec une teneur enregistrée de 14 870 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$. *Ce constat est cohérent avec l'absence de puits identifié lors des investigations hors site réalisées dans le cadre de l'IEM sur le secteur en général (rapport référencé 17LES038Aa/43044 en date 24/04/2020)*. Enfin pour les autres paramètres recherchés les eaux respectent largement les critères de potabilisation, avec la détection des deux seuls métaux arsenic et zinc dans les eaux (dépassement du critère de potabilité des eaux en arsenic (avec une teneur de 12 $\mu\text{g}/\text{L}$ en arsenic pour un seuil à 10 $\mu\text{g}/\text{L}$) dans des eaux souterraines sur le secteur très fortement minéralisées et non exploitables pour l'activité humaine (consommation, arrosage, ...)).

Aussi, ces résultats permettent-ils de confirmer le caractère non mobile des polluants métalliques ainsi que des cyanures en présence dans les sols en surface et particulièrement en profondeur, ainsi que dans les encroutements au droit du site.

Pour rappel, la démarche de caractérisation et d'identification des pollutions concentrées dans le cadre du Plan de Gestion a permis de retenir sur les parcelles A et C, outre les débris de démolition (fours, cheminée verticale historique) dans les remblais de surface :

- La présence de 6 zones concentrées limitées et accessibles dans les sols de surface en hydrocarbures et en Cyanures totaux d'un volume estimé n'excédant pas les 500 à 1000 m^3 , dont la gestion proportionnée consistera, en une purge et une évacuation en filière(s) autorisée(s). Sur la base des anomalies enregistrées au niveau des zones sources (localisées sur le plan reporté en figure 4), nous retiendrons que les matériaux devront en intégralité être orientés en ISDD, soit un coût de gestion (purge et orientation en filière) de 240 k€ H.T.
- La présence d'une zone concentrée, peu accessible dans les sols profonds en Cyanures (au niveau du carneau et du bassin de décantation des fumées de la turbine)

Les cyanures en présence correspondent à des ferrocyanures ferriques ou bleu de Prusse, qui sont réputés non dangereuses hors risque d'ingestion directe à fortes doses. Les teneurs enregistrées dans les sols restent modérées (comprises entre 63 et 1300mg/kg MS) et le caractère profond, non mobile (pas de quantification des cyanures libres et totaux dans les eaux souterraines en aval hydraulique des parcelles A et C) et non

volatil de ces pollutions (pas de quantification des cyanures dans les gaz des sols au droit de la zone concentrée), permet de ne pas retenir de voies de transfert aux milieux, ni de voies d'exposition en l'état, soit une absence de risque.

Compte tenu des contraintes techniques existantes pour la purge en profondeur de cette zone, identifiée comme ponctuellement concentrée par rapport à la qualité en cyanures des sols sur la totalité du site et en l'absence de risque, des mesures de gestion par purge apparaissent non proportionnées, au regard des enjeux environnementaux. Une solution de recouvrement de la zone, qui ne sera le siège d'aucun aménagement) est donc retenue au stade du PCT, avec conservation en mémoire de la zone concentrée profonde.

- La présence d'une zone concentrée en mercure en profondeur dans les sols, qui semble liée d'une manière évidente à des encroutements de la cheminée rampante enterrée sur le secteur. En effet, le principe même de la cheminée rampante est de permettre une épuration des fumées avant leur libération dans l'atmosphère (précipitation des métaux lors du refroidissement qui sont retrouvés à de fortes teneurs dans les encroutements). Cette hypothèse est confortée par la localisation des anomalies au droit et à proximité directe du linéaire enterré et la profondeur de ces dernières. De plus, le mercure n'est pas un traceur des activités historiques et, en toute logique, peu à pas retrouvé dans les sols du site (à part sur cette zone), ni dans les sols hors site. Les sondages ont été réalisés au droit et à proximité directe de la cheminée et les échantillons prélevés devaient contenir des poussières d'encroutements en mélange.

Le caractère profond (en lien avec les encroutements de cheminée enterrée), non mobile (pas de quantification du mercure dans les eaux souterraines en aval hydraulique des parcelles A et C) et non volatil de ces pollutions (pas de quantification de mercure dans les gaz des sols au droit de la zone concentrée), permet de ne pas retenir de voies de transfert aux milieux, ni de voies d'exposition en l'état, soit une absence de risque.

Compte tenu des contraintes techniques existantes pour la purge en profondeur de cette zone identifiée comme ponctuellement concentrée au droit et à proximité directe de la cheminée enterrée et en l'absence de risque, des mesures de gestion par purge apparaissent non proportionnées au regard des enjeux environnementaux. Une solution de recouvrement de la zone, (qui ne sera le siège d'aucun aménagement) est donc retenue au stade du PCT avec conservation en mémoire de la zone concentrée profonde.

Compte tenu des conclusions des tests pilote et études connexes réalisées sur les parcelles A et C, il n'est pas retenu la mise en œuvre d'un comblement des ouvrages historiques sur site.

Par soucis de complétude on notera qu'un scénario alternatif de purge des zones concentrées en profondeur en cyanures et mercure, sur la base des anomalies enregistrées au niveau des zones concentrées (localisées sur le plan reporté en figure 4), conduirait à une orientation des matériaux en ISDD, voir ISDD et stabilisation, soit un coût de gestion de 350 à 650 k€ H.T.

Dans ce contexte, au regard du schéma conceptuel d'exposition, les travaux de purge sur ces 2 sources concentrées profondes ne sont pas retenus au PCT, à la faveur d'une solution de confinement et de conservation en mémoire.

**SOLUTION
RETENUE DANS LE
PCT**

Dans ce contexte les solutions de gestion des sources concentrées retenues au PCT sont :

- La purge et l'orientation en ISDD des 6 zones sources de surface
- Le recouvrement et le maintien sur site des 2 zones sources concentrées de pollution profondes, au regard du schéma conceptuel d'exposition et des enjeux induits
- Le maintien sur site des ouvrages historiques enterrés qui sont le siège d'encroutements riches en métaux lourds non mobiles (en l'absence d'impact aux eaux souterraines).

Les opérations de purge des sources concentrées dans les sols seront réalisées au préalable des travaux de terrassement pour l'aménagement du site et feront l'objet d'un rapport de recollement dédié.

**LIMITE(S)/
CONTRAINTES A
RETENIR**

Le dossier de conservation en mémoire devra précisément tenir compte de la qualité résiduelle des sols et particulièrement des pollutions profondes laissées en place et dans une moindre mesure les pollutions résiduelles éventuelles qui seraient laissées en place. Il en est de même en ce qui concerne les pollutions diffuses, qui sont traitées dans le paragraphe suivant.

5.3.4 Gestion des Terres Excavées

Le projet de requalification de l'ancien site LEGRE MANTE va générer un volume excédentaire de plus de 15 000 m³ de déblais de qualités chimique et mécanique variées.

Les sols qui recouvrent sur site ne lixivient pas, même pour ceux fortement marqués en métaux lourds. Cette particularité permet d'envisager une solution de réemploi, sous condition, d'une majeure partie des futurs déblais de terrassement directement sur site.

De surcroit, les caractéristiques intrinsèques des sols et particulièrement les fractions granulométriques grenues des futurs déblais peuvent être valorisées dans le cadre du projet (en sous-couche de voirie ou en fond de forme par exemple). Ce réemploi s'inscrit dans la démarche d'économie circulaire du projet, qui tend à limiter les trafics routiers, par la gestion sur site des déblais et leur recyclage, mais également à limiter les volumes de matériaux d'apport pour l'aménagement des voiries et des infrastructures.

Cette démarche de gestion sur site vise donc à améliorer la gestion des déblais à l'échelle du projet et nécessite de retenir les options d'aménagements les plus adaptées à la topographie du site, les arbitrages architecturaux les plus optimisés et un approvisionnement raisonné en remblais, en lien avec les volumes de réemplois possibles.

Par ailleurs, le contexte résidentiel dense environnant le site nécessite d'étudier toutes les optimisations et tous les moyens qui pourraient être mis en œuvre pour protéger la santé des avoisinants du site, potentiellement exposés en phase travaux.

Dans ce contexte, outre les modélisations de dispersion des poussières, un travail de refonte topographique du projet d'aménagement a été réalisé afin de permettre de limiter au maximum les nuisances, en réduisant les volumes de matériaux excavés pour l'aménagement du site.

Ce travail de révision pour un aménagement sur mesure a intégré :

- Une révision des sous-sols projetés (profondeur et emprise), en calant le plus possible le projet avec la topographie naturellement en pente.
- L'étude des côtes du projet pour être, chaque fois que possible, adaptées ; les pentes des voiries, des placettes et du parking en restanques ont été optimisées et les pentes de talus ont été adoucies notamment au niveau du parking extérieur.

La méthodologie retenue a été volontairement itérative et en concertation avec les CIQ locaux et les associations, les équipes architecturales et les bureaux associés notamment les VRD et les infras (bâtiments et sous-sols, voiries et espaces verts, cotés puis pentes) afin de veiller à la cohérence globale du projet et de s'assurer que les modifications apportées, tout en intégrant les contraintes techniques, respectent les obligations réglementaires et les objectifs d'aménagement (pente de voirie maximale pour accès PMR, accès pompiers, conformité ERP, insertion architecturale, contraintes liées à la pollution, contraintes géotechniques, sécurité, etc).

Enfin, la démarche a également intégré les principes de limitation des impacts carbone, des transports de matériaux et d'économie circulaire, les hypothèses constructives des plateformes comprenant le réemploi des éléments grossiers inertes issus des zones en déblais. Ce réemploi sera validé en phase projet dans le cadre d'une étude géotechnique dédiée.

Pour une meilleure prise en compte des spécificités locales de la parcelle, le site a été découpé selon 3 secteurs qui ont été retenus comme les 3 phases de travaux :

- Secteur 1 / Phase 1 - Secteur Sud-Est :
 - o Zone peu contrainte vis-à-vis de la pollution mais en limite avec le groupe scolaire,
 - o Terrassements modérés à l'exception du sous-sol du bâtiment D,
 - o Remblais au droit du parking en restanques et de la zone dédiée au confinement ;
- Secteur 2 / Phase 2 – Voiries et VRD, bâtiments sur l'avenue :
 - o Matériaux de qualité très hétérogène,
 - o Terrassements modérés ;
- Secteur 3 / Phase 3 :
 - o Déblais de qualité hétérogène et localement très fortement marqués par les métaux lourds et pouvant présenter des déblais de démolition,
 - o Terrassements importants au droit du futur bâtiment.

Le schéma suivant présente les secteurs du phasage décrit sur fond de plan en déblais (jaune) et remblais (rouge), établi par le cabinet VRD de l'équipe de conception.

Remarque : la figure ci-dessous n'a pas été mise à jour, en tenant compte du nouveau projet validé avec l'Administration en juillet 2021. Notons que la seule modification structurelle sur le projet 2021, concerne la création de bâtiments colinéaires au Sud de la Phase 3 de travaux. En revanche, l'ensemble des autres aménagements sont strictement conformes aux éléments présentés en figure 5 (volumes de déblais/remblais, positionnement géographique et volume de réemploi restent inchangés). Dans ce contexte, le nouveau projet de création de l'ensemble de bâtiments colinéaires directement au Sud de la phase 3, a bien été pris en compte dans l'analyse technique du PCT et particulièrement le bilan des cubatures en tableau 5 page suivante, ainsi que dans l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires en lien avec les poussières générées en phase chantier (paragraphe 5.5).



Figure 5 : Schéma du phasage projet sur les parcelles A et C

Après intégration des différents axes de gestion envisagés, la balance déblais / remblais de l'opération est détaillée dans le tableau suivant, en mètre cube, sans et avec prise en compte d'un coefficient de foisonnement (hypothèse de foisonnement retenue à ce stade de 25%) :

Tableau 5 : Bilan des cubatures au 10/08/2021

| Phase de travaux | Secteur de travaux par Phase | Volume de déblais calculés (en m3 - Source équipe projet) | Volume de déblais foisonnés correspondant (en m3 - selon une hypothèse de 25% de foisonnement) | Volume de remblais calculés (en m3 - Source équipe projet) | Balance Déblais foisonnés (en négatif) et remblais (en positif) |
|------------------|---|---|--|--|---|
| Phase 1 | Bâtiment D | 3 860 | 4 825 | 0 | -4 825 |
| | PK restanques et voirie | 1 314 | 1 643 | 7 830 | 6 188 |
| | jardin remblai payager 1 | 0 | 0 | 7 159 | 7 159 |
| Phase 2 | Bâtiments I1 et I2 et parkings aériens associés | 105 | 131 | 251 | 120 |
| | Voiries et place | 2 127 | 2 659 | 1 402 | -1 257 |
| | jardin remblai payager 2 | 0 | 0 | 3 848 | 3 848 |
| Phase 3 | Bâtiment B | 7 356 | 9 195 | 44 | -9 151 |
| | Bâtiment Colinéaire (infra) | 1 000 | 1 250 | 1 050 | -200 |
| | Voirie | 598 | 748 | 38 | -710 |
| | Jardins | 0 | 0 | 776 | 776 |
| | | 16 360 | 20 450 | 22 398 | 1 948 |

Ces calculs sont réalisés avec une finalité sur un site terrassé au niveau bas des futures plateformes. Cette optimisation a permis d'aboutir à un bilan excédentaire en zone de remblais, ramené à l'équilibre si on tient compte des matériaux devant être substitués, comme présenté en paragraphe 4.3.5.

Des axes d'optimisations ont été identifiés :

- Les pentes de voiries, hors parking en restanques pour lequel cette hypothèse a été appliquée, pourraient être maximisées à 15% au lieu de 11% actuellement.
- Les calculs de déblais / remblais effectués tiennent compte d'hypothèses constructives des plateformes réalistes mais non optimisées (cf encart « structures de plateformes proposées » sur le plan de terrassement en annexe A8.1). Il pourrait être envisagé de revaloriser une partie des éléments grossiers issus des déblais dans les matériaux des plateformes (ex : concassage de blocs calcaires pour intégration dans les couches de GNT). En effet, à ce stade, les volumes de remblaiement en lien avec l'aménagement des structures de plateforme n'ont pas été pris en compte.
- Les calculs de déblais / remblais effectués ne tiennent pas compte des matériaux caractéristiques des sources concentrées qui seront purgées et évacués hors site conformément à la méthodologie nationale. Pour information, le volume de matériaux correspondant (impactés en HCT, HAP ou cyanures), qui sera produit en déblais et géré hors site en filière(s) autorisée(s), est estimé entre 500 et 1 000 m³. Enfin, il est prévu, avant toute opération de terrassement en lien avec le projet, de procéder aux travaux de purge des sources concentrées.

Nota : Le recyclage des déchets issus de la démolition des bâtiments n'est pas intégré au stade du Plan de Conception de Travaux dans le bilan matière global de l'opération, mais sera étudié en conception de projet (en remplacement notamment des couches de GNT après concassage (sous bâti)).

**SOLUTION
RETENUE DANS LE
PCT**

Le projet d'aménagement optimisé vis-à-vis des volumes de terrassement est retenu, dans l'objectif de réduire au maximum les volumes de matériaux terrassés et donc les nuisances potentiellement induites.
 Les déblais générés sur les parcelles A et C seront réemployés sur le périmètre de l'ancienne ICPE, sous réserve de leur traitement et/ou confinement spécifique

**LIMITE(S)/
CONTRAINTES A
RETENIR**

Toutes les hypothèses retenues dans le projet d'aménagement seront validées en Phase PRO, par des études géotechniques de conception spécifiques aux fondations des ouvrages neufs (voiries et bâtiments).

Rappelons que les évolutions apportées au projet ne remettent pas en cause les scénarios de gestion envisagés dans le cadre du Plan de Gestion 17LES038AB/MOK/42333.

5.3.5 Gestion des pollutions diffuses en ETMM

Les investigations réalisées ont révélé des pollutions diffuses en métaux lourds (principalement Pb et As) dans les matériaux présents en surface et / ou voués à être réemployés. Cette pollution diffuse est majoritairement en lien avec la présence de remblais au droit des parcelles sur des épaisseurs variables (hors gestion des sources concentrées précisées ci-avant).

Sur la base du principe de l'évaluation des risques⁴, une action directement sur les sources est vertueuse et à privilégier, pour supprimer le risque, mais la pollution diffuse en métaux lourds à l'échelle de l'intégralité des parcelles ne permet pas d'agir sur les sources au droit du site (à l'instar du constat à l'échelle de tout ce secteur du littoral, également concerné par cette problématique).

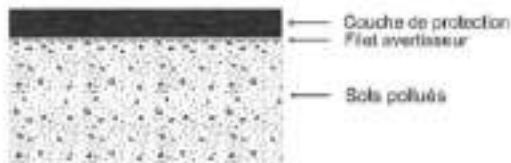
Ainsi, parmi les solutions de gestion existantes pour ces pollutions diffuses, la méthodologie nationale retient, la mise en œuvre de mesures constructives de type recouvrement des sols. Elles apparaissent pour ce site particulier, les seules solutions adaptées, proportionnées et éprouvées pour couper la voie d'exposition des futurs usagers à une pollution diffuse en métaux lourds dans les sols superficiels, mais également pour supprimer l'envol de poussières et l'entraînement par érosion/ruissellement.

Ces dispositifs de recouvrement, ont été sélectionnés et mis en œuvre sur de nombreux secteurs à l'échelle du littoral et plus généralement dans le cadre de projet d'aménagement ou de requalification foncière d'anciennes friches industrielles en France entière. Ces dispositifs de recouvrement nécessitent une conservation en mémoire de la qualité des sols, ainsi que l'entretien / le maintien de l'intégrité des recouvrements à long terme.

Pour rappel, cette mesure de gestion est en adéquation avec les préconisations de la circulaire du 8 février 2007 qui indique que « si les substances en cause sont uniquement des substances métalliques, non volatiles et non susceptibles d'être solubilisées, des mesures de gestion simples telles que le recouvrement des terres polluées par des épaisseurs suffisantes et justifiées de terres non polluées peuvent apparaître adaptées dès lors que la mémoire de ces pollutions est conservée. »

Au regard du caractère très peu à pas lixiviable des déblais et sols en place et en l'absence d'impact aux eaux souterraines au droit du site, la couverture pour prévenir le contact direct, l'ingestion et le réenvol de poussières (solution éprouvée et retenue dans les guides méthodologiques et la base de données nationales sur les techniques de dépollution (<http://www.selecdepol.fr/>)), consiste en la mise en œuvre d'une épaisseur de matériaux sains en surface, séparés des sols en place par un grillage avertisseur (cf. schéma ci-dessous).

Couverture pour prévenir le contact direct l'ingestion et le réenvol de poussières



Aucune valeur d'épaisseur de recouvrement n'est imposée dans la réglementation nationale ; l'épaisseur de 30 cm reprise dans le rapport de plan de gestion est une valeur issue du Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des SSP (rapport BRGM/RP-63675-FR de 2014), lui-même cité dans la méthodologie nationale d'avril 2019 (paragraphe 3.4 - Le traitement et la gestion des pollutions). Il est

précisé que « dans les cas de gestion de SSP les plus fréquents (exemple au droit d'un espace vert sans végétation arborée), il est recommandé que l'épaisseur du recouvrement soit d'au minimum 30 cm et qu'un grillage avertisseur permette d'identifier la séparation entre les sols pollués, d'une part, et les matériaux d'apport sains et la couche de protection (terre végétale par exemple) d'autre part ».

Cette épaisseur de 30 cm retenue au Plan de Gestion est une valeur consensuelle également reprise dans le Guide de valorisation des terres excavées dans sa dernière version, en date d'Avril 2020 (qui précise que dans un espace vert, les terres excavées valorisées sont recouvertes par des terres végétales d'une épaisseur minimale de 30 cm après tassement).

Lors des échanges avec les experts, les CIQ et les associations, une épaisseur consensuelle de 50 cm de matériaux non pollués au-dessus des sols impactés a été validée. Concernant les possibilités de réemploi sur site, elles ont été pensées et intégrées dans le projet, afin de limiter la gestion hors site des déblais. Ces solutions tiennent compte, outre les zones de stockage au droit du parking aérien en restanques, de remodelés paysagers en lien avec la topographie.

⁴ le risque est le résultat de l'existence de trois facteurs complémentaires : la Source / le Danger, le transfert et la cible. Dès lors qu'un de ces facteurs n'existe pas, le risque est absent

**SOLUTION
RETENUE DANS LE
PCT**

Compte tenu de la sensibilité du site, du contexte environnemental spécifique et afin de garantir le confinement des sols en place ou réemployés, une épaisseur de 50 cm de matériaux est retenue au PCT, dont 30 cm finaux en nature de terre végétale d'apport, les 20 cm sous-jacents devront être inertes et conformes aux critères de bruit de fond retenus. Selon les secteurs, des substitutions de matériaux seront réalisées.

**LIMITE(S) /
CONTRAINTES A
RETENIR**

Le caractère éprouvé de la technique dans le cadre de projet d'aménagement a conduit à ne pas proposer d'essai de faisabilité dans le cadre du présent PCT. Les remodelés paysagers seront adaptés en fonction du confinement retenu en phase de conception de Projet, sur la base des résultats du tri analytique détaillé des futurs déblais et des contraintes topographiques et techniques

Dans le cadre du Plan de Conception des travaux, une quantification des mesures de gestion de la pollution diffuse en ETMM dans les sols, et particulièrement dans les sols de surface, a été réalisée. Il s'avère à l'issue de ce travail, reporté en annexe A8.2, que les mesures de confinement de cette pollution diffuse nécessitent :

- *La mise en œuvre de 7 900 m³ de matériaux de recouvrement,*
- *La purge de 1 600 m³ de matériaux de surface pour permettre la mise en œuvre du recouvrement retenue, d'une épaisseur de 0,5 m sur les 3 000 m² le nécessitant (en raison de la topographie et des contraintes avec l'existants qui sera conservé),*
- *La réalisation de traitement par phytostabilisation sur une surface de 1,5 ha environ.*

Notons que le volume de matériaux à terrasser pour procéder à la substitution nécessaire à la mise en œuvre du recouvrement de 0.5 m, conduit à un volume de déblais foisonnés de 1 900 m³ qui selon la balance Déblais foisonnés / Remblais (présentée en tableau 5 - paragraphe 4.3.4), pourra être maintenu sur site dans un des jardins remblai paysager intégrés au projet.

5.3.6 Traitement par phytostabilisation de la parcelle A

Une solution de phytoremédiation / phytostabilisation a été retenue dans le Plan de Gestion, pour la gestion des pollutions diffuses en métaux lourds au droit de la parcelle A (hors projet de réaménagement).

Cette technique de traitement a été retenue spécifiquement pour la gestion à moyen et long terme des pollutions dans les sols de surface, en cohérence avec les mesures de gestion actuellement en cours sur l'emprise du Parc des Calanques, en ce qui concerne les impacts en ETM dans les sols de surface, en lien avec les activités historiques de l'Escalette.

En effet, c'est depuis 2008, que sur le site de la friche industrielle de l'Escalette à Marseille, au sein de la zone cœur du Parc national des Calanques, scientifiques, gestionnaires et praticiens travaillent de pair pour développer des alternatives aux techniques conventionnelles de dépollution du sol. La particularité de ce site est d'abriter une biodiversité riche, façonnée par le climat et la pression anthropique depuis l'époque gréco-romaine, aujourd'hui menacée par la pollution en éléments traces métalliques et métalloïdes (ETMM) liée aux activités industrielles du XIXe siècle.

En parallèle d'une action publique de gestion des déchets industriels (scories) sur la zone littorale du Parc, une réflexion est menée sur la gestion de la pollution diffuse sur ce territoire.

C'est dans ce contexte que souhaite s'inscrire la mesure de gestion par phytostabilisation retenue sur les emprises Sud de la parcelle A du site LEGRE MANTE qui présentent des particularités communes avec le site de l'Escalette compte tenu de leur proximité géographique (Parc Naturel des Calanques) et des activités historiques communes de fonderie.

Les objectifs de la restauration écologique visent à la fois la conservation de la biodiversité locale, l'optimisation des fonctions racinaires et rhizosphériques qui permettent la réduction des transferts des ETMM, la refunctionalisation des sols et, de façon plus globale, le développement d'écotechnologies pour la restauration des sols pollués dans un contexte méditerranéen.

Le travail réalisé de caractérisation des écosystèmes contaminés a permis d'identifier des communautés de plantes natives tolérantes à la pollution, puis de développer des outils d'ingénierie écologique, notamment basés sur la transplantation d'individus de *Coronilla juncea* L., considérée comme une espèce ingénier.

Des essais de restauration écologique sont menés conjointement entre partenaires scientifiques, du Lycée agricole des Calanques et du Parc naturel des Calanques depuis septembre 2015.

L'équipe projet souhaite s'inscrire dans cette démarche de restauration écologique.

Le projet dans sa nature et sa conception s'applique à respecter l'objectif « zéro artificialisation nette », en s'inscrivant pleinement dans le renouvellement urbain et la densification de l'habitat, ainsi que la renaturation des espaces artificialisés laissés à l'abandon. Parmi les enjeux de l'artificialisation, le projet permettra de préserver la biodiversité par les traitements de phytostabilisation qui seront menés par les chercheurs de l'université. Le Maître d'Ouvrage et l'équipe de conception ont également la volonté d'intégrer au projet, en concertation avec Aix Marseille Université et la Ville de Marseille, des actions pour une gestion soucieuse de la biodiversité selon une approche intégrative rejoignant la pensée One Health (citons entre autres des espaces dédiés à des jardins verts, jardins partagés, l'analyse de la biodiversité et la sélection d'espèces à intégrer, en s'inscrivant dans les actions en cours sur le périmètre de la Ville de Marseille et également au sein du Parc des Calanques).

Pour ce faire, il a été proposé une collaboration à l'université pour garantir la cohérence des actions qui pourront être menées sur les emprises de l'ancienne ICPE avec les actions en cours depuis 2008 sur le Parc National des Calanques.

On se reportera à l'annexe A11 pour disposer du plan de localisation de la zone concernée ainsi que le détail du projet de recherche validé.

SOLUTION RETENUE DANS LE PCT

Après échange avec les équipes d'experts de l'université, la faisabilité de la mise en œuvre de la technique ainsi que la traitabilité des secteurs concernés apparaissent viables et le sujet dédié de thèse a été finalisé. Cette solution est donc retenue au PCT avec la clôture pérenne de la zone concernée, à vocation de barrière végétale mais également de jardin botanique pédagogique. Le projet de recherche retenu et les mesures de gestion qui seront mises à œuvre se décomposent comme suit :

- Barrière végétale en lisière du projet d'aménagement : L'hypothèse formulée est que les espèces ligneuses locales offrent une barrière à la diffusion des particules contaminées en ETMM. Une première étape consiste en un diagnostic de la zone :
 - o Quantifier l'effet barrière (environ 400 m de front) à partir d'un ensemble de paramètres : évaluation de la biomasse ligneuse, estimation des surfaces foliaires (SLA), calcul de la porosité, prise en considération de traits foliaires favorisant la fixation des particules contaminées,

- Identifier les zones de transfert préférentiel,
- Mettre en culture des individus d'espèces végétales locales ciblées pour composer un filtre continu si nécessaire.
- Evaluation des potentialités de la végétation pour limiter les transferts d'ETMM à partir de la cheminée : Hypothèse que les espèces ligneuses locales offrent une barrière aux particules contaminées en ETMM à vérifier au moyen d'un diagnostic à réaliser :
 - Identifier les zones de transfert,
 - Cartographier la végétation présente,
 - Identifier les zones nécessitant le renforcement de la végétation.
- Diffusion du savoir et jardin pédagogique : En fonction des résultats obtenus sur la porosité de la barrière végétale existante et du besoin de la renforcer mais aussi en raison de la localisation du site d'études en lisière du projet d'aménagement, il apparaît nécessaire d'accompagner la dynamique végétale et de porter à connaissance des riverains l'intérêt du projet en cours :
 - Action de formation et ponts enseignement secondaire et universitaire : il est envisagé d'opérer à la collecte des graines d'espèces natives ciblées et à leur mise en culture puis plantation en collaboration avec le Lycée des Calanques (formation des lycéen et investissement dans un transfert de compétences bilatéral).
 - Jardin botanique pédagogique sur les phytostabilisatrices des Calanques : un outil pédagogique pour mieux porter à connaissance le travail qui aura été mené sur la zone en lisière qui restera inaccessible au public, il est prévu de concevoir des panneaux pédagogiques expliquant le principe de la phytostabilisation (vocation de mémoire du passé industriel et de valorisation des connaissances écotechnologiques) et l'effet barrière ainsi que le descriptif des espèces ligneuses ciblées. Ces panneaux comporteront des préconisations permettant une meilleure éducation environnementale et ils seront positionnés côté accessible au public permettant d'avoir l'information nécessaire pour mieux connaître et respecter les solutions fondées sur la nature mises en place.

**LIMITE(S) /
CONTRAINTES A
RETENIR**

Cette technique nécessitera de rendre inaccessible la zone en lisière en traitement et une communication sur les opérations en cours par secteur. La zone lisière concernée restera clôturée et à vocation de barrière végétale mais également de jardin botanique pédagogique.

Notons que les éléments de coût et de délais pour ce traitement des sols de surface ont été validés lors du montage de la convention, sur une période de septembre 2022 à août 2025 et un montant pour le Maître d'Ouvrage de 230 k€H.T. Ces éléments ne seront pas développés plus avant dans le cadre du présent PCT (non limitant pour l'analyse de la conception des travaux sur les secteurs concernés par les projets d'aménagement).

Remarque : il est volontairement non fait mention à l'alternative au traitement par phytostabilisation de la zone, qui pourrait permettre de ne pas clôturer la zone d'une manière pérenne, à savoir le terrassement de l'ensemble du secteur lisière et son recouvrement par de la terre d'apport. Cette solution de gestion constituerait en effet une aberration, au regard du rôle barrière de la végétation existante et des conséquences sur la flore, la faune et les sols.

5.4 Parcelles B, C et A – Mesures de gestion des poussières et Méthodologies induites de travaux et de terrassement

Cette étude a fait l'objet du rapport référencé 0720092, dans sa révision V0 en date du 17/12/2020, reporté en annexe A9.1.

La mission vise à estimer et cartographier les envols et la dispersion de poussières (cartes de concentrations dans l'air et des dépôts au sol) émises depuis les zones en chantier, sur la base d'une modélisation numérique 3D. Ces modélisations ont permis de sélectionner les solutions de prévention et de mitigation associées aux chantiers. Cette étude d'impact exhaustive des poussières du chantier fournit également les concentrations en poussières modélisées dans l'atmosphère hors site, ainsi que les dépôts de poussières au sol modélisés chez les riverains, pour chaque parcelle pouvant être exposée dans un rayon de plus de 1 km autour du site. Les résultats de ces simulations de l'impact en poussière constituent les données d'entrée pour l'élaboration de l'évaluation quantitative des risques sanitaires dans l'environnement du chantier (paragraphe 4.5).

| | |
|---|---|
| PROBLEMATIQUES | Quantification de l'impact potentiel des poussières en lien avec les opérations de terrassement sur les parcelles B, C et A sur le domaine d'étude (plus de 1 km de distance du site), sur la base du projet |
| OBJECTIFS DE L'ETUDE | <ul style="list-style-type: none">- Quantification la plus précise possible des sources diffuses de poussières émises lors des phases de déblais, de terrassement ou encore soulevées par le vent ou le passage des engins ;- Evaluation des solutions de gestion des poussières (filmage par liant, arrosage des pistes, brumisation sur les zones en travaux...) potentiellement mises en œuvre sur le chantier pour éviter ou réduire la génération et l'envol des poussières lors des différentes phases ;- Cartographies des teneurs en poussières (fractions fines transportables par le vent) et dépôts au sol dans l'environnement ; synthèse des résultats de simulation de la dispersion des poussières afin qu'elles servent de données d'entrée à l'évaluation des risques sanitaires (présentée en paragraphe 5.5 et reportée en annexe A9.1). |
| CONTENU DE LA MISSION | <ul style="list-style-type: none">- Un large panel de conditions météorologiques issu de l'analyse des données Météo-France et des données enregistrées par la station AtmoSud positionnée à proximité directe du chantier a été analysé et modélisé (couvrant à la fois des vents fréquemment observables localement, mais également des conditions pouvant être critiques en termes de vitesses au sol, responsables de l'envol des poussières ou d'enjeux humains en aval des zones de chantier).- Une phase d'étude aérodynamique 3D a été réalisée en tenant compte des bâtiments existants à l'exception de ceux finalement démolis lors du chantier (approche majorante qui augmente la surface nue (favorise l'envol des poussières) et ne tient pas compte de l'effet bloquant des bâtiments) ;- Une évaluation des émissions de poussières, basée sur l'estimation des termes sources de poussières du chantier phase par phase (en lien avec le dimensionnement retenu) a été réalisée, selon les formules de calcul développées par US EPA et répertoriées dans le document AP42.- Les Simulations numériques de la dispersion des poussières sans et avec solutions de mitigation (filmage par liant, arrosage des pistes, brumisation sur les zones en travaux...) pour quantification des concentrations en phase aérienne et des dépôts au sol lors du chantier. <i>Nota : les résultats des simulations de la dispersion des poussières émises par le chantier fournissent, pour chaque parcelle du domaine d'étude et par phase de travaux lors du chantier, les concentrations moyennes en PM10 en phase aérienne, ainsi que les dépôts au sol des poussières fines transportables dites TSP (Total Suspended Particles).</i> |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS DE L'ETUDE | <ul style="list-style-type: none">- L'étude s'est fondée sur les solutions retenues dans les précédents paragraphes 4.1 à 4.3., selon les conclusions des études complémentaires réalisées sur les parcelles A, C et B, soit le dimensionnement de travaux retenu dans le présent PCT.- La sélection tient compte d'une période de chantier d'octobre à mai conforme aux attentes de la population ainsi qu'une période journalière de travaux de 8h à 18h,- La comparaison des émissions moyennes journalières, toute phase de travaux confondue, avec et sans solution de gestion des poussières prévues pour les chantiers montre le bénéfice de ces mesures, dont la mise en œuvre permet, selon la vitesse du vent, de réduire jusqu'à 80% les émissions lors du chantier. Les solutions de gestion des poussières retenues pour le chantier sont efficaces et pertinentes, <i>Nota : Les cartographies de l'impact en poussières en PM10 dans l'air et en dépôt de TSP sur les sols, présentées dans les planches de synthèse pages suivantes, mettent en évidence l'effet des mesures de gestion par phase.</i> |



Ces représentations reflètent les teneurs en particules inhalables en moyenne journalière par parcelle et par phase de chantier issues des modélisations sur les parcelles A et C. Elles mettent en évidence l'abattement des teneurs par les mesures de mitigation sélectionnées par phase. Il est important de préciser que ces planches sont présentées à titre illustratif avec une échelle arbitraire, ne traduisant en aucun cas la criticité de l'impact hors site (évaluée par l'étude quantitative des risques sanitaires en paragraphe 4.5).

Planche 1 – Cartographies de l'impact en poussières en phase inhalable, lors des phases 1 à 3 sur les parcelles A et C, sans et avec mesures de mitigation (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

L'analyse de la base de données des résultats de modélisation, sans mesures de mitigation, par parcelle cadastrale autour de la zone de chantier, en complément des planches 1 et 2, met en évidence que, même sans mesure de mitigation :

- Sur les phases 1 à 3 (Parcelles A et C), 97 à 99% des parcelles du domaine présentent des teneurs inférieures à la concentration maximale modélisée dans l'air, avec mesures de mitigation qui est de $25,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$,
- Sur les phases 4-1 et 4-3 (Parcelle B), ce sont 94 à 98% des parcelles du domaine qui présentent des teneurs inférieures à la concentration maximale modélisée dans l'air avec mesures de mitigation ($25,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Sans mesures de mitigation

Avec mesures de mitigation



Ces représentations reflètent les teneurs en particules inhalables en moyenne journalière par parcelle et par phase de chantier issues des modélisations sur la parcelle B. Elles mettent en évidence l'abattement des teneurs par les mesures de mitigation sélectionnées par phase. Il est important de préciser que ces planches sont présentées à titre illustratif avec une échelle arbitraire, ne traduisant en aucun cas la criticité de l'impact hors site (évaluée par l'étude quantitative des risques sanitaires en paragraphe 4.5).

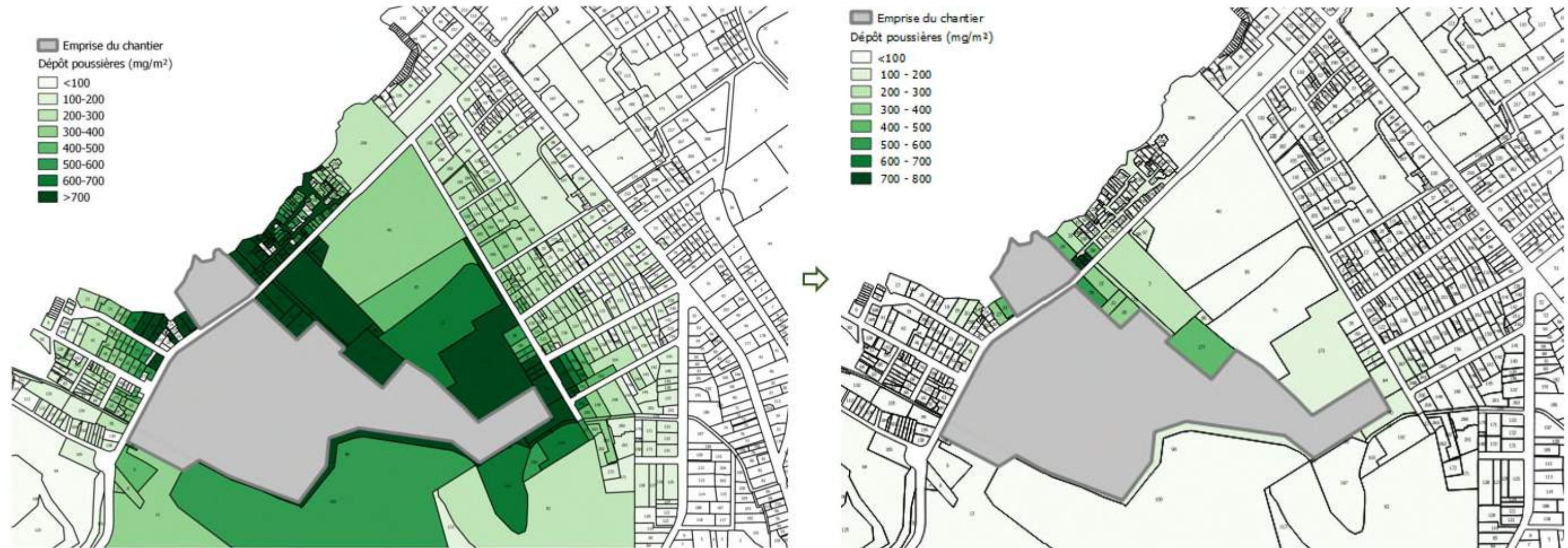
Planche 2 – Cartographies de l'impact en poussières en phase inhalable, lors des phases 4-1 et 4-3 sur la parcelle B, sans et avec mesures de mitigation (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

- L'analyse de la base de données des résultats de modélisation, avec mesures de mitigation, par parcelle cadastrale autour de la zone de chantier (annexe B de l'étude FLUIDYN) en complément des planches 1 et 2, met en évidence que :
- Les plus importantes concentrations journalières sont issues des travaux de la phase 4-1 (phase de terrassement en déblais sur la parcelle B). Les concentrations les plus importantes, de l'ordre de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, avec mitigations, sont modélisées sur 3 parcelles ; la concentration la plus importante suivante est divisée de moitié (avec $12,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$), puis les concentrations sont inférieures à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur des parcelles d'intérêt.
 - La plus forte concentration journalière issue des travaux sur les parcelles A et C (Phases 1 à 3) est de $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, avec mitigations
 - Enfin, les concentrations maximales modélisées dans l'air sur les parcelles à usages sensibles connues (ASMAT et ETS), sont jusqu'à 140 fois inférieures à la concentration maximale modélisée dans l'air, de $25,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$

L'impact en poussières inhalables apparaît spatialement restreint aux parcelles proches des zones de chantier, même sans mesure de mitigations.

Sans mesures de mitigation

Avec mesures de mitigation



Ces représentations reflètent les dépôts journaliers par unité de surface (m^2), moyennés à la l'échelle de chaque parcelle, cumulé pour la totalité du chantier, et mettent en évidence l'abattement des teneurs par les mesures de mitigation sélectionnées. Il est important de préciser que ces planches sont présentées à titre illustratif avec une échelle arbitraire, ne traduisant en aucun cas la criticité de l'impact hors site (évaluée par l'étude quantitative des risques sanitaires en paragraphe 4.5).

Planche 3 – Cartographies du dépôt cumulé de poussières totales (TSP) moyen par parcelle (mg/m^2), lors de la totalité des phases de travaux, sans et avec mesures de mitigation

L'analyse de la base de données des résultats de modélisation, avec mesures de mitigation, par parcelle cadastrale autour de la zone de chantier (annexe B de l'étude FLUIDYN) en complément de la planche 3 ci-dessus, met en évidence que :

- Les cumuls plus importants de dépôts sont issus des travaux de la phase 4-1 (terrassment en déblais sur la parcelle B). Les 3 dépôts cumulés, toutes phases confondues, les plus importants par parcelle sont de l'ordre de $780 mg/m^2$, avec une contribution à 78% de la phase 4-1.
- La moyenne de dépôts sur les 5 parcelles les plus impactées de la phase 4-1 est 3 à 5 fois supérieure à la moyenne des dépôts sur l'ensemble des autres phases de travaux (en considérant les valeurs maximales).
- Enfin, les dépôts cumulés modélisés sur les parcelles à usages sensibles connues (ASMAT et ETS), sont jusqu'à 90 fois inférieures à la valeur maximale de dépôts cumulés modélisée

Par ailleurs, l'analyse de la base de données des résultats de modélisation, sans mesures de mitigation, par parcelle cadastrale autour de la zone de chantier, met en évidence que, sans mesure de mitigation :

- Sur les phases 1 à 3 (Parcelles A et C), 98 à 99% des parcelles du domaine présentent des valeurs de dépôt inférieures au dépôt maximale modélisée avec mesures de mitigation qui est de $780 mg/m^2$,
- Sur les phases 4-1 et 4-3 (Parcelle B), ce sont 96 à 99% des parcelles du domaine qui présentent des valeurs de dépôt inférieures au dépôt maximale modélisée avec mesures de mitigation ($780 mg/m^2$).

Notons que le nouveau projet de création de l'ensemble de bâtiments colinéaires directement au Sud de la phase 3 (en date de juillet 2021, faisant suite à la concertation avec la Ville de Marseille), n'a pas été pris en compte dans l'étude FLUIDYN en date du 17/12/2020.

Afin d'intégrer ces aménagements dans l'analyse technique du PCT et particulièrement dans l'analyse de l'adéquation des mesures de gestion des poussières proposées en phase chantier, il a été pris en compte les hypothèses volontairement majorantes suivantes :

- Prise en compte d'un impact en poussières en phase inhalable multiplié par 2 pour la phase 3⁵. La phase 3 qui était à l'origine d'une concentration maximale journalière en poussières en phase inhalable de 4.39 µg/m³, avec mesures de mitigation, sera donc considéré comme à l'origine d'un impact maximal potentiel en poussières inhalables de 9,8 µg/m³.
- Prise en compte d'un dépôt cumulé maximal multiplié par 2 pour la phase 3⁶. Sur cette base le dépôt maximal modélisé avec mesures de mitigation passe de 780 mg/m² à 804 mg/m² qui seront considéré notamment dans la mise à jour de l'EQRS en paragraphe suivant.

**SOLUTION
RETENUE DANS LE
PCT**

Les solutions de gestion des poussières qui sont apparues efficaces et pertinentes sont retenues dans le PCT pour le chantier, car elles apportent un bénéfice en terme d'abattement des poussières jusqu'à 80% selon les conditions de vents et permettent que les travaux impactent faiblement l'environnement du site, quelles que soient les conditions météorologiques : il s'agit d'arroser les zones traitées, asperger les pistes, brumiser les zones en activité, limiter les surfaces ouvertes avec utilisation quotidienne de liant cellulosique, bâcher les camions, limiter les vitesses de circulation des engins et les distances parcourues et laver les roues des engins.
Le PCT retiendra la vitesse de 50 km/h de vent, comme limite pendant les phases de travaux.

**LIMITE(S) /
CONTRAINTES A
RETENIR**

Cette étude ne permet pas de statuer sur les risques sanitaires, mais les résultats des simulations de l'impact en poussières constituent in fine les données d'entrée de l'évaluation quantitative des risques sanitaires dans l'environnement du chantier.

Notons que l'approche financière associé à la mise en œuvre de la conception retenue sera présentée d'une manière intégrée avec la solution globale de gestion des parcelles C, A et B présenté en chapitre 8.

⁵ Hypothèse retenue d'un facteur majorant de 2, alors que les travaux supplémentaires ne consistent qu'au terrassement et au réemploi de 1 000 m³ de matériaux supplémentaires, par rapport au volume de 7 356 m³ de matériaux terrassés pris en compte dans l'étude FLUIDYN sur la phase 3

5.5 Parcelles B, C et A – Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires en lien avec les travaux de terrassement

Pour permettre de mener une EQRS précise et complète en lien avec les travaux de terrassement, la prise en compte d'une modélisation exhaustive de l'impact chronique de l'ensemble du chantier, toutes conditions météorologiques confondues, est nécessaire. C'est donc sur la base de l'étude FLUIDYN présentée dans le précédent paragraphe que l'EQRS en lien avec l'impact en poussières hors site a été réalisée ; elle est reportée en annexe A9.2.

| | |
|---|---|
| PROBLEMATIQUES | Risque sanitaire hors site en lien avec les poussières qui sont susceptibles d'être générées par les opérations de terrassement sur les parcelles B, C et A |
| OBJECTIF DE L'ETUDE | Evaluer l'excès de risques sanitaires, lié au chantier de requalification, pour les usages actuels constatés aux alentours du site de la Madrague. |
| CONTENU DE LA MISSION | <ul style="list-style-type: none">- Synthèse des données transmises par FLUIDYN et détermination des données d'entrée du modèle,- Détermination de la qualité chimique des sols à retenir pour définir la qualité chimique des poussières générées par les travaux (qui sont susceptibles d'être inhalées (PM10) ou ingérées (dépôts de TSP)),- Analyse des données issues de la modélisation pour l'établissement de l'EQRS- Evaluation des expositions hors site,- Quantification des risques sanitaires et discussion des incertitudes |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS DE L'ETUDE | <ul style="list-style-type: none">- Voies d'exposition pertinentes retenues : inhalation des poussières produites par le chantier et ingestion (accidentelle) de sols impactés, suite aux retombées de poussières issues du chantier (exposition par ingestion de végétaux impactés par les poussières issues du chantier négligeable)- Les teneurs prises en compte sur le site de la Madrague (pour déterminer les concentrations dans les poussières inhalées et dans les sols impactés par les poussières) correspondent aux valeurs les plus pénalisantes mesurées (teneurs moyennes ou percentile 95), tous secteurs confondus. C'est-à-dire que les teneurs de la phase présentant les sols les plus impactés (phase 3 sur les parcelles A et C) ont été prises en compte pour toute la durée du chantier (à titre informatif, les teneurs mesurées pour les autres phases sont au moins 1,5 fois plus faibles, et jusqu'à 30 fois plus faibles) <i>Nota : les concentrations en métaux (plomb et arsenic – composés contribuant en grande majorité aux risques) calculées dans les sols sur cette base, liées aux dépôts de poussières en provenance du chantier (et en retenant les teneurs maximales prises en compte dans l'EQRS), représentent moins de 0,1% du bruit de fond local (ELT) défini pour l'arsenic et le plomb. La contribution du chantier apparaît ainsi négligeable par rapport au bruit de fond pour l'exposition par ingestion de sols</i>- L'analyse des résultats de la modélisation FLUIDYN a conduit à retenir dans une démarche très majorante :<ul style="list-style-type: none">o Pour le calcul de risques par ingestion : le dépôt total maximal modélisé (à 785 mg de poussières/m²).o Pour le risque par inhalation de poussières : la teneur maximale modélisée (à 25,06 µg/m³) Cette démarche apparaît très sécuritaire car elle conduit à considérer que l'impact maximal modélisé sur la phase 4-1 (travaux de terrassements en déblais sur la parcelle B qui représente 20% du temps de travaux uniquement) est attribuée à l'ensemble de la durée du chantier sur le domaine d'étude.- Sur cette base, les résultats obtenus en considérant les teneurs moyennes ou les teneurs maximales mesurées dans les sols du site de la Madrague indiquent que : pour chacune des cibles prises en compte (enfant, adolescent ou adulte), pour l'exposition des riverains vivant dans le périmètre du Site de la Madrague par inhalation de poussières impactées issues du chantier et par ingestion de sols impactés par les retombées de poussières issues du chantier, le QD cumulé est inférieur à 1, ce qui amène à conclure à l'absence de risque pour les effets à seuil. De plus, l'ERI cumulé est inférieur à 10⁻⁵ : le niveau de risque est acceptable pour les effets sans seuil.- Discussion des incertitudes :<ul style="list-style-type: none">o Les risques d'exposition par ingestion de sols impactés par les retombées de poussières issues du chantier étant acceptables, le risque d'exposition par ingestion de végétaux impactés (par transfert des polluants des sols impactés par les poussières vers les plantes) est considéré comme acceptable également |

| | |
|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none">○ Les risques liés à l'exposition des personnes fréquentant le secteur plus occasionnellement (comme des promeneurs, des personnes travaillant dans le secteur, les enfants fréquentant le groupe scolaire), qui sont exposés sur des durées beaucoup plus faibles, sont <i>a fortiori</i> également acceptables○ Les niveaux de risque sont également acceptables pour l'exposition par ingestion de sol, même en prenant en compte une durée d'exposition maximale liée à des usages spécifiques qui seraient très majorants (351 jours/an).○ Les niveaux de risque sont également acceptables pour l'exposition par inhalation de poussières même en prenant en compte une VTR plus pénalisante, conforme au choix de l'INERIS, pour les effets sans seuil de l'arsenic.○ Les niveaux de risque sont également acceptables pour l'exposition par inhalation de poussières issues du chantier, même en prenant en compte le bruit de fond mesuré par ATMOSUD sur la station localisée sur le stade Michelier située à proximité du site de la Madrague (données issues de la surveillance réalisée par ATMOSUD entre octobre 2019 et septembre 2020 (rapport en cours d'établissement))○ Les niveaux de risque sont enfin également acceptables pour l'exposition par inhalation de poussières issues du chantier, même en prenant en compte une durée de chantier et 2 fois plus importante (soit 200 jours de chantier, équivalent à 280 jours d'exposition des riverains en prenant en compte les week-ends) liée à d'éventuels aléas de chantier qui allongeraient sa durée.- Étant données les hypothèses conservatrices utilisées pour réaliser les calculs de risque, les résultats obtenus présentent un caractère sécuritaire |
| <p>SOLUTION RETENUE DANS LE PCT</p> | <p>Les conclusions de l'EQRS permettent de valider l'efficacité et l'adéquation des mesures de mitigation des poussières retenue dans le cadre de la modélisation. Dans un souci d'atténuation de l'impact à l'Environnement, il est en outre recommandé de réaliser l'ensemble des pistes sur les parcelles A et C au moyen des matériaux de Phase 1 dont la qualité chimique est conforme au bruit de fond local. Compte tenu du caractère très sécuritaire de l'étude de risques (qui retient, pour tout le chantier, le fort impact modélisé pour les travaux de la parcelle B), les mesures de mitigations pourront être adaptées en ce qui concerne les phases 1 à 3 de travaux (sur les parcelles A et C), en phase de conception de projet et en fonction notamment des enregistrements de la surveillance des poussières hors site en phase travaux. Les possibilités d'adapter les mesures de mitigations seront étudiées en s'assurant de respecter les seuils réglementaires.</p> |
| <p>LIMITE(S) / CONTRAINTES A RETENIR</p> | <p>Les paramètres chantier retenus pour définir les concentrations dans l'air et les dépôts au sol hors site lors des travaux devront être respectés. Toute modification de la conception des travaux, susceptible de modifier les impacts en poussières devra faire l'objet d'une reprise de la modélisation et d'une nouvelle évaluation des risques sanitaires, le cas échéant.</p> |

Afin d'intégrer le nouveau projet de création de l'ensemble de bâtiments colinéaires directement au Sud de la phase 3 (en date de juillet 2021), une mise à jour de l'EQRS est présentée ci-dessous. Cette mise à jour ne change pas les conclusions de l'évaluation des risques sanitaires, ni des solutions retenues au PCT pour la gestion des poussières en phase chantier.

- En ce qui concerne l'impact en poussières en phase inhalable et le risque par inhalation de poussières :

Les opérations de déblais / remblais supplémentaires sur la phase 3, en lien avec les nouveaux aménagements projetés, sont sans conséquence sur l'évaluation des risques sanitaires pour l'exposition par inhalation de poussières des riverains en phase travaux, l'EQRS ayant été bâtie avec la prise en compte des concentrations maximales modélisées en poussières inhalables dans l'air de la Phase 4 (soit une teneur de 25.06 µg/m³).

- En ce qui concerne les dépôts cumulés de poussières et le risque par ingestion :

On passe de 785 à 804 mg/m² sur le total des phases, en retenant un facteur majorant de 2 pour le dépôt de poussière intégrant les nouveaux travaux sur la phase 3. L'impact sur les teneurs en composés dans les parcelles riveraines sont mis à jour ci-dessous (mise à jour des tableaux 5 et 6 de l'annexe A9.2)

Tableau 6 de l'annexe A9.2 mis à jour : Teneurs retenues pour l'exposition par ingestion de sols impactés par les retombées de poussières du chantier chez les riverains – calcul à partir des teneurs moyennes pondérées sur le site de la Madrague

| Paramètre | Concentration moyenne pondérée dans les sols du site de la Madrague (mg/kg MS) | Dépôt de poussières retenu sur la parcelle riveraine (mg/m ²) | Dépôt de polluant calculé (mg/m ²) | Teneur en composé calculée dans les sols de la parcelle riveraine (mg/kg MS) |
|-----------|--|---|--|--|
| Arsenic | 330 | 804 | 0,2653 | 0,02041 |
| Plomb | 3085 | | 2,4803 | 0,19080 |

Tableau 7 de l'annexe A9.2 mis à jour : Teneurs retenues pour l'exposition par ingestion de sols impactés par les poussières du chantier chez les riverains – calcul à partir des percentiles 95 des teneurs pondérées sur le site de la Madrague

| Paramètre | Concentration maximale pondérée dans les sols du site de la Madrague (mg/kg MS) | Dépôt de poussières retenu sur la parcelle riveraine (mg/m ²) | Dépôt de polluant calculé (mg/m ²) | Teneur en composé calculée dans les sols de la parcelle riveraine (mg/kg MS) |
|-----------|---|---|--|--|
| Arsenic | 890 | 804 | 0,7156 | 0,05504 |
| Plomb | 9550 | | 7,6782 | 0,59063 |

Les niveaux de risque induits par l'exposition des riverains vivants ou fréquentant les parcelles aux alentours du Site de la Madrague, par ingestion (accidentelle) de sol impacté par les poussières issues du chantier, mis à jour ci-dessous, apparaissent comparables aux niveaux de risques calculés précédemment, sans la prise en compte des nouveaux aménagement colinéaires.

Tableau 8 de l'annexe A9.2 mis à jour : Niveaux de risque pour l'exposition par ingestion de sol impacté par les retombées de poussières du chantier – calcul à partir des teneurs moyennes pondérées sur le site de la Madrague »

| Quotient de danger ou Exces de risque individuel | | | | | | |
|---|-------------------------|----------------|----------------|-----------------------------------|----------------|----------------|
| Substances | Quotient de danger (QD) | | | Exces de risques individuel (ERI) | | |
| | Adulte | Ado | Enfant | Adulte | Ado | Enfant |
| METAUX ET METALLOIDES | | | | | | |
| Arsenic (As) | 4,6E-05 | 3,0E-05 | 1,5E-04 | 5,8E-09 | 2,9E-09 | 1,0E-08 |
| Plomb (Pb) | 3,1E-04 | 2,0E-04 | 1,0E-03 | 3,0E-10 | 1,5E-10 | 5,5E-10 |
| Somme des QD et ERI INGESTION DE SOL ET POUSSIERES (extérieur) | 3,5E-04 | 2,3E-04 | 1,2E-03 | 6,1E-09 | 3,1E-09 | 1,1E-08 |

Tableau 9 de l'annexe A9.2 mis à jour : Niveaux de risque pour l'exposition par ingestion de sol impacté par les retombées de poussières – calcul à partir des teneurs maximales pondérées sur le site de la Madrague

| Quotient de danger ou Exces de risque individuel | | | | | | |
|---|-------------------------|----------------|----------------|-----------------------------------|----------------|----------------|
| Substances | Quotient de danger (QD) | | | Exces de risques individuel (ERI) | | |
| | Adulte | Ado | Enfant | Adulte | Ado | Enfant |
| METAUX ET METALLOIDES | | | | | | |
| Arsenic (As) | 1,2E-04 | 8,2E-05 | 4,1E-04 | 1,6E-08 | 7,9E-09 | 2,8E-08 |
| Plomb (Pb) | 9,5E-04 | 6,2E-04 | 3,2E-03 | 9,4E-10 | 4,8E-10 | 1,7E-09 |
| Somme des QD et ERI INGESTION DE SOL ET POUSSIERES (extérieur) | 1,1E-03 | 7,1E-04 | 3,6E-03 | 1,6E-08 | 8,3E-09 | 3,0E-08 |

Les conclusions de l'EQRS sont maintenues avec prise en compte du projet de création des bâtiments colinéaires et permettent de valider l'efficacité et l'adéquation des mesures de mitigation des poussières retenue dans le cadre de la modélisation.

6. MISE À JOUR DES MESURES DE GESTION

Conformément à la méthodologie nationale, après démonstration de la faisabilité technique des solutions définies au plan de gestion (présentées au Chapitre 3), de la vérification des performances attendues complétées des éléments d'aide au dimensionnement, le plan de conception des travaux doit actualiser les scénarios de gestion envisagés.

6.1 Bilan Coûts-Avantages (BCA) selon les scénarios de gestion mis à jour – Parcelle B

6.1.1 Critères de comparaison retenus

5 familles de critères sont considérées :

- Critères techniques et normatifs
- Critères économiques
- Critères environnementaux
- Critères socio-politiques
- Critères juridiques et réglementaires

Les sous critères sont listés dans le Tableau 14 qui détaille également l'appréciation qualitative des avantages et inconvénients des scénarios retenus en fonction de ces critères.

Une note est attribuée pour chaque scénario étudié et pour chacun des sous-critères entre 1 et 5.

De plus une pondération a été définie pour chacun des sous-critères en collaboration avec le MOA en fonction des enjeux du projet entre 1 (faible enjeu) et 5 (fort enjeu).

Ainsi la note globale retenue peut varier entre 66 (somme des pondérations) et 330 (note maximale).

Il a été fait le choix, dans le contexte spécifique de la parcelle B, et particulièrement au regard de l'ampleur des scénarios de travaux étudiés et des coûts de gestion induits, d'intégrer une note de 0 pour le critère 2.1 (coûts de gestion induits par les travaux de dépollution) pour sanctionner les solutions étudiées dont les coûts condamnent tout projet de reconversion à l'échelle des parcelles.

6.1.2 Hypothèses d'estimation des coûts

Les hypothèses d'entrées suivantes ont été retenues pour l'estimation des coûts de gestion :

- Densité = 1,8
- Solution de brumisation au moyen de deux canons de 60 m de portée en permanence sur site : 1 000 à 1150 €/jour
- Unité de liant avec personnel en permanence sur le site : 5 000 à 5750 €/jour pour la couverture moyenne journalière de 2000 m² (unité, personnel et produit)
- Solution de confinement non étanche (type géotextile) : 20 à 23 €/m²
- Solution de confinement étanche (géotextile et membrane PEHD, plus-value de : 40 à 46 €/m²)
- Coût journalier de gestion des eaux de chantier après création d'un point bas (pompe et système de traitement) : 500 à 575 €/jour
- Suivi et maîtrise des matières en suspension dans l'eau de mer si nécessaire : coût forfaitaire de 500 à 575 k€ par chantier
- Fourniture en terre végétale d'apport : 15€/t
- Transport et traitement en ISDI+ : 70 €/m³
- Transport et traitement en ISDND : 180 €/m³
- Transport et traitement en Biocentre : 130 €/m³
- Transport et traitement en ISDD : 270 €/m³
- Transport et traitement en ISDD+Stabilisation : 510 €/m³

Ces coûts ont été établis sur la base de consultation d'entreprises de dépollution (cout moyen retenu) et, dans le cas du traitement in situ, sur la base des coûts fournis par le guide établi par le BRGM « quelles techniques pour quels traitements – analyse coûts – bénéfices » référencé BRGM/RP-58609-FR de juin 2010.

6.1.3 Scénario de gestion envisagés pour la parcelle B et hypothèses de dimensionnement retenues

Au regard des éléments développés, les scénarios de gestion présentés en paragraphe 4.2 sont retenus et étudiés dans le tableau page suivante.

| Scenario | Description des mesures de gestion | Hypothèses retenues | Estimation des coûts de gestion par scénario (en k€H.T.) | Coûts de gestion (en k€H.T.) | |
|---------------|---|--|---|------------------------------|------------------|
| | | | | Estimation basse | Estimation haute |
| Scenario 0 | Purge de l'intégralité du crassier existant et orientation en filière(s) autorisée(s) des 41 600 m3 de matériaux de remblais le constituant | - Volume de 41 600 m3 de matériaux constituant le massif - orientation des RI en ISDD+Stab et orientations des RDC selon des ventilations plus ou moins majorantes dans les filières ISDND, ISDD et ISDD+stab (*) | Coûts de gestion en filières autorisées hors site des déblais générés par scénario (en k€H.T.) | 11 200 | 14 900 |
| | | - Pas de nécessité d'aménagement d'un enrochement, ni de confinement, mais prise en compte de terrassements et de mesures de gestion des poussières et eaux | Coûts estimés de terrassement et de gestion des nuisances en phase travaux | 5 430 | 6 240 |
| | | Estimation de coût pour la mise en œuvre du scénario de gestion "0" | | | 16 630 |
| Scenario 1 | Purge des remblais industriels profonds qui constituent la pollution concentrée en arsenic et plomb sur la parcelle B : | | | | |
| Scenario 1a | Purge et orientation en filière(s) de traitement autorisée(s) de l'ensemble des matériaux (y compris remblais de démolition et chimie qui ont dû être tassés pour accéder aux remblais industriels de fonderie) puis reprofilage et confinement du massif pour sa mise en sécurité | - Volume de RI de 6 500 m3 à tasser et orienter en ISDD+Stab - Volume de RDC à tasser pour purge des RI estimé à 16 000 m3 qui sont orientés selon des ventilations plus ou moins majorantes dans les filières ISDND, ISDD et ISDD+stab (*) | Coûts de gestion en filières autorisées hors site des déblais générés par scénario (en k€H.T.) | 7 000 | 8 600 |
| | | - Prise en compte de 2 à 3 engins sur site en fonction du phasage de chantier + personnel manoeuvre avec plus value terrassement en milieu contraint - Cadence de terrassement 250 m3/j pour les 22500 m3 - Reprofilage (remblais à une cadence de 150m3/j) pour mise en stabilité pérenne du massif avec hypothèse de 5000 m3 à remanier en plus des travaux de purge et de terrassement pleine masse | Coûts estimés de suppression pérenne des éventuelles voies de transfert (par confinement du massif), de mise en stabilité pérenne du massif résiduel par reprofilage ainsi que de terrassement et de gestion des nuisances en phase travaux | 6 210 | 7 140 |
| | | Estimation de coût pour la mise en œuvre du scénario de gestion "1a" | | | 13 210 |
| Scenario 1b | Purge et orientation en filière(s) de traitement autorisée(s) des matériaux de remblais industriels, stockage et réemploi du volume de remblais de démolition et chimie qui ont dû être tassés pour accéder aux remblais industriels de fonderie puis reprofilage et confinement du massif pour sa mise en sécurité | - Volume de RI de 6 500 m3 à tasser et orienter en ISDD+Stab - Volume de RDC à tasser pour purge des RI estimé à 16 000 m3 qui sont réemployés sur site. Compte tenu du volume de RDC et de la configuration du massif et des matériaux RDC, les mouvements de matériaux en déblais/remblais ne peuvent être considérés en flux tendu pendant travaux de purge. Il est donc pris en compte la nécessité de manipulations lourdes (stockage sur parcelle C, ...) | Coûts de gestion en filières autorisées hors site des déblais générés par scénario (en k€H.T.) | 4 600 | 5 400 |
| | | - Prise en compte de 2 à 3 engins sur site en fonction du phasage de chantier + personnel manoeuvre avec plus value terrassement en milieu contraint - Cadence de terrassement et de réemploi de 250 m3/j - Reprofilage (remblais à une cadence de 150m3/j) pour mise en stabilité pérenne du massif avec hypothèse de 5000 m3 à remanier en plus des travaux de purge et de terrassement pleine masse | Coûts estimés de suppression pérenne des éventuelles voies de transfert (par confinement du massif), de mise en stabilité pérenne du massif résiduel par reprofilage ainsi que de terrassement et de gestion des nuisances en phase travaux | 6 960 | 8 000 |
| | | Estimation de coût pour la mise en œuvre du scénario de gestion "1b" | | | 11 560 |
| Scenario 2 | Maîtrise des pollutions par un confinement pérenne après reprofilage pour mise en stabilité du massif | | | | |
| Scenario 2a | Positionnement de l'enrochement de protection du massif hors emprise du DPM : | | | | |
| Scenario 2a.1 | Prise en compte du DPM retenu par la DDTM (cf. paragraphe 5.2.4) | - Volume total de 26 800 m3 à tasser, dont 14% de RI (purge de 60% des RI) et 81% de RDC - Réemploi sur le crassier des 1 500 m3 de remblais nécessaires au reprofilage du massif, - Volume minimum de 25 300 m3 de matériaux qui sont orientés selon des ventilations plus ou moins majorantes dans les filières ISDND, ISDD et ISDD+stab (*) | Coûts de gestion en filières autorisées hors site des déblais générés par scénario (en k€H.T.) | 6 800 | 9 100 |
| | | - Prise en compte de 2 à 3 engins sur site en fonction du phasage de chantier + personnel manoeuvre avec plus value terrassement en milieu contraint - Cadence de terrassement de 250 m3/j des 26 800 m3 - Reprofilage (remblais à une cadence de 150m3/j) pour mise en stabilité pérenne du massif avec hypothèse de 5000 m3 à remanier en plus des travaux de purge et de terrassement pleine masse | Coûts estimés de suppression pérenne des éventuelles voies de transfert (par confinement du massif), de mise en stabilité pérenne du massif résiduel par reprofilage ainsi que de terrassement et de gestion des nuisances en phase travaux | 6 180 | 7 110 |
| | | Estimation de coût pour la mise en œuvre du scénario de gestion "2a.1" | | | 12 980 |
| Scenario 2a.2 | Prise en compte du DPM selon l'alternative N°1 de l'étude OCEANIDE (cf paragraphe 5.2.1) | - Volume total de 11 200 m3 à tasser, dont 3,5% de RI (purge de 6% des RI) et 96,5% de RDC - Réemploi sur le crassier des 1 850 m3 de remblais nécessaires au reprofilage du massif, - Volume minimum de 9 350 m3 de matériaux qui sont orientés selon des ventilations plus ou moins majorantes dans les filières ISDND, ISDD et ISDD+stab (*) | Coûts de gestion en filières autorisées hors site des déblais générés par scénario (en k€H.T.) | 2 700 | 3 800 |
| | | - Prise en compte de 2 à 3 engins sur site en fonction du phasage de chantier + personnel manoeuvre avec plus value terrassement en milieu contraint - Cadence de terrassement de 250 m3/j des 11 200 m3 - Reprofilage (remblais à une cadence de 150m3/j) pour mise en stabilité pérenne du massif avec hypothèse de 5000 m3 à remanier en plus des travaux de purge et de terrassement pleine masse | Coûts estimés de suppression pérenne des éventuelles voies de transfert (par confinement du massif), de mise en stabilité pérenne du massif résiduel par reprofilage ainsi que de terrassement et de gestion des nuisances en phase travaux | 4 970 | 5 720 |
| | | Estimation de coût pour la mise en œuvre du scénario de gestion "2a.2" | | | 9 500 |
| Scenario 2b | Positionnement de l'enrochement de protection du massif sur le DPM | | | | |
| Scenario 2b.1 | Positionnement de l'enrochement de protection du massif sur le DPM et orientation en filière(s) de traitement autorisée(s) des matériaux tassés en déblais et apport de matériaux pour reprofilage en remblais | - Volume total de 5 000 m3 à tasser, non réemployé, mais directement orientés selon des ventilations plus ou moins majorantes dans les filières ISDND, ISDD et ISDD+stab (*) - Volume de 5 000 m3 de matériaux d'apport pour remblaiement nécessaires au reprofilage du massif (25€/m3) | Coûts de gestion en filières autorisées hors site des déblais générés par scénario (en k€H.T.) | 1 250 | 1 800 |
| | | - Prise en compte de 3 engins sur site avec plus value terrassement en milieu contraint et pour partie humide - Cadence de terrassement de 250 m3/j des 5 000 m3 - Reprofilage (remblais à une cadence de 150m3/j) pour mise en stabilité pérenne du massif avec hypothèse de 5000 m3 d'apport pour remblaiements | Coûts estimés de suppression pérenne des éventuelles voies de transfert (par confinement du massif), de mise en stabilité pérenne du massif résiduel par reprofilage ainsi que de terrassement et de gestion des nuisances en phase travaux | 5 180 | 5 960 |
| | | Estimation de coût pour la mise en œuvre du scénario de gestion "2b.1" | | | 6 430 |
| Scenario 2b.2 | Positionnement de l'enrochement de protection du massif sur le DPM et réemploi sur site des matériaux tassés pour le reprofilage (5000 m3 à l'équilibre en déblais / remblais) | - Volume total de 5 000 m3 à tasser - Réemploi sur le crassier des 5 000 m3 de remblais nécessaires au reprofilage du massif (mouvements de matériaux en déblais/remblais en flux tendu pendant travaux de reprofilage, pas de nécessité de manipulations lourdes (stockage sur parcelle C, ...)) | Coûts de gestion en filières autorisées hors site des déblais générés par scénario (en k€H.T.) | - | - |
| | | - Prise en compte de 5 engins sur site avec plus value terrassement en milieu contraint et pour partie humide - Cadence de terrassement et reprofilage de 150m3/j pour mise en stabilité pérenne du massif | Coûts estimés de suppression pérenne des éventuelles voies de transfert (par confinement du massif), de mise en stabilité pérenne du massif résiduel par reprofilage ainsi que de terrassement et de gestion des nuisances en phase travaux | 5 330 | 6 130 |
| | | Estimation de coût pour la mise en œuvre du scénario de gestion "2b.2" | | | 5 330 |

(*) Ventilations retenues pour les estimations de coûts au regard des hétérogénéités observées particulièrement sur les horizons de RD et RDC :
 (1) 50% ISDND et 50% ISDD
 (2) 100% ISDD
 (3) 25%ISDD+Stab et 75% ISDD



6.1.4 Bilan Coûts-Avantages (BCA)

L'analyse des scénarios a été réalisée sur la base d'un Bilan coûts-avantages par une analyse multicritères (conforme au guide ADEME de mars 2017). L'analyse multicritères (AMC) permet de comparer plusieurs scénarios de gestion de façon quantitative, par le biais de sous-critères pondérés et de notations des scénarios, en tenant compte des 5 familles de critères de notation retenues.

Tableau 10 : Bilan Coûts – Avantages (BCA) – Scenarios S0 de purge totale du massif et S1a et S1b de purge des remblais industriels profonds qui constituent la pollution concentrée en arsenic et plomb sur la parcelle B (matériaux issus des activités historiques HILARION ROUX)

| Famille de critères | Critères | Pondération retenue entre 1 (faible enjeu) et 5 (fort enjeu) | Gestion de 100% du massif (41 600 m3) | | Gestion de 75% de la masse de polluants en Arsenic et Plomb au sein des Remblais industriels (6 500 m3) par purge + 16 000 m ³ de remblais à terrasser pour y accéder | | Gestion de 75% de la masse de polluants en Arsenic et Plomb au sein des Remblais industriels (6 500 m3) par purge + 16 000 m ³ de remblais à terrasser pour y accéder | |
|--|--|--|--|---|--|---|--|--|
| | | | Scenario 0 : purge de l'intégralité du crassier existant et orientation en filière(s) autorisée(s) des 41 600 m3 de matériaux de remblais le constituant | | Scenario 1a : Purge et orientation en filière(s) de traitement autorisée(s) de l'ensemble des matériaux (y compris 16 000 m3 de remblais de démolition et chimie qui ont dû être terrassés pour accéder aux remblais industriels de fonderie) puis reprofilage et confinement du massif pour sa mise en sécurité | | Scenario 1b : Purge et orientation en filière(s) de traitement autorisée(s) des matériaux de remblais industriels, stockage et réemploi du volume de remblais de démolition et chimie qui ont dû être terrassés pour accéder aux remblais industriels de fonderie (16 000 m3) puis reprofilage et confinement du massif pour sa mise en sécurité | |
| | | | Evaluation du scénario | Justification | Evaluation du scénario | Justification | Evaluation du scénario | Justification |
| -1- Critères techniques, normatifs et organisationnels | 1.1 Adéquation avec la typologie des polluants, les milieux impactés, l'accessibilité du site, ... | 5 | 3 | Suppression des pollutions diffuses et concentrées et évacuation hors site en filière(s) autorisée(s) de 41 600 m3 de matériaux constitutifs du massif. En revanche au regard du contexte et de l'accessibilité du site, difficultés importantes à retenir pour les terrassements et évacuations | 3 | Suppression de la pollution concentrée et évacuation hors site en filière(s) autorisée(s) de 6 500 m3 de remblais industriels et de 16 000 m3 de remblais de démolition et chimie (qu'il aura été nécessaire de purger pour atteindre la pollution concentrées en arsenic et plomb). En revanche au regard du contexte et de l'accessibilité du site, difficultés importantes à retenir pour les terrassements et évacuations | 3 | Suppression de la pollution concentrée et évacuation hors site en filière(s) autorisée(s) de 6 500 m3 de remblais industriels et réemploi de 16 000 m3 de remblais de démolition et chimie (qu'il aura été nécessaire de purger pour atteindre la pollution concentrées en arsenic et plomb). En revanche au regard du contexte et de l'accessibilité du site, difficultés importantes à retenir pour les terrassements et évacuations mais aussi pour les opérations de stockage et reprises pour réemploi des matériaux en nature de remblais de démolition et de chimie |
| | 1.2 Nécessité de mettre en œuvre des études complémentaires selon la technique envisagée (dimensionnement, essais pilotes,...) | 4 | 4 | Un tri analytique fin pourrait permettre une optimisation de la ventilation des cubatures et orientations en filières. Les travaux de purge mécanique de l'ensemble du volume sont soumis aux règles usuelles de terrassement et de stabilité des terrains et nécessité d'analyser les risques en lien avec la stabilité de la route existante et les avoisinants. Nécessité de réaliser une étude de transport au regard de l'impact trafic en lien avec la gestion hors site sur 9 mois de matériaux à plus de 20 camions/jour. Recherche de solutions alternatives (plateforme multimodale, solution train/route ou voie maritime, ...) pour garantir la faisabilité du scénario | 4 | Un tri analytique fin pourrait permettre une optimisation de la ventilation des cubatures et orientations en filières. Les travaux de purge mécanique du volume sont soumis aux règles usuelles de terrassement et de stabilité des terrains et nécessité d'analyser les risques en lien avec la stabilité de la route existante et les avoisinants | 3 | Un tri analytique fin pourrait permettre une optimisation de la ventilation des cubatures et orientations en filières. Les travaux de purge mécanique du volume sont soumis aux règles usuelles de terrassement et de stabilité des terrains et nécessité d'analyser les risques en lien avec la stabilité de la route existante et les avoisinants. Par ailleurs une conception fine du passage devra être réalisée afin de permettre le déblaiement/remblaiement en flux tendu à l'avancement des opérations de purge (gros volume de 16 000 m3 de matériaux à réemployer) |
| | 1.3 Abattement prévisionnel / rendement | 4 | 5 | Le scénario permet de traiter la totalité du volume de matériaux avec un rendement qui devra être conforme aux contraintes imposées par des cadences n'excédant pas les 250 à 300 m3/j et orientations en filières en flux tendu (avec 4 rotations de 5 à 6 camions par jour) | 4 | Le scénario permet de traiter la totalité du volume de pollution concentrée ainsi qu'une partie de la pollution diffuse avec un rendement qui devra être conforme aux contraintes imposées par des cadences n'excédant pas les 250 à 300 m3/j et orientations en filières en flux tendu (avec 4 rotations de 5 à 6 camions par jour) | 3 | Le scénario permet de traiter la totalité du volume de pollution concentrée avec un rendement qui devra être conforme aux contraintes imposées par des cadences n'excédant pas les 250 à 300 m3/j et orientations en filières en flux tendu (avec 4 rotations de 5 à 6 camions par jour) |
| | 1.4 Temps disponible / durée du traitement | 4 | 2 | Solution soumise à un délai de travaux pouvant atteindre plus de 8 mois en fonction des conditions climatiques au regard de la limitation des terrassements en période estivale et de vents supérieurs à 50 km/h | 3 | Solution soumise à un délai de travaux pouvant atteindre plus de 4 mois en fonction des conditions climatiques au regard de la limitation des terrassements en période estivale et de vents supérieurs à 50 km/h | 2 | Solution soumise à un délai de travaux pouvant atteindre plus de 6 mois en fonction des conditions climatiques, au regard de la limitation des terrassements en période estivale et de vents supérieurs à 50 km/h, ainsi qu'aux difficultés liées à la nécessité de phaser le chantier en déblais / remblais en respectant des cadences compatibles avec le risque poussières |
| | 1.5 Impact résiduel Suivi des travaux / surveillance | 4 | 5 | Suppression des pollutions diffuses et concentrées. Suivi des terrassements, chargement et évacuation et traçabilité avec BSD. Réception pour validation de la purge + réception pour ARR et servitudes éventuelles | 4 | Suppression des pollutions concentrées et diffuses (pour partie). Suivi des terrassements, chargement et évacuation et traçabilité avec BSD. Réception pour validation de la purge + réception pour ARR et servitudes | 3 | Suppression des pollutions concentrées. Suivi des terrassements, chargement et évacuation et traçabilité avec BSD. Suivi des cubatures et validation à l'avancement pour réemploi. Réception pour validation de la purge + réception pour ARR et servitudes |
| -2- Critères économiques | 2.1 Coûts induits par les travaux de dépollution | 5 | 0 | Suppression des pollutions diffuses et concentrées et évacuation hors site en filière(s) autorisée(s) de plus de 41 000 m3 de matériaux non inertes. Ce coût ne tient pas compte des précautions au terrassement (soutènement, ...) ni les mesures de gestion des poussières et eaux en phase travaux | 0 | Suppression des pollutions concentrées et diffuses (pour partie) et évacuation hors site en filière(s) autorisée(s) de plus de 16 500 m3 de matériaux non inertes. Ce coût ne tient pas compte des précautions au terrassement (soutènement, ...) ni les mesures de gestion des poussières et eaux en phase travaux | 0 | Suppression des pollutions concentrées, évacuation hors site en filière(s) autorisée(s) de 6 500 m3 de remblais industriels et réemploi de 10 000 m3 de remblais de démolition. Ce coût ne tient pas compte des précautions au terrassement (soutènement, ...), suivi des lots de matériaux et validation au réemploi, ni les mesures de gestion des poussières et eaux en phase travaux |
| | | | TOTAL : 16 650 à 21 150 K€ H.T. | | TOTAL : 13 200 à 15 750 K€ H.T. | | TOTAL : 11 560 à 13 400 K€ H.T. | |
| -3- Critères environnementaux | 2.2 Cout des suivis ultérieurs, des restrictions d'usage, des dispositions constructives et de leur maintenance | 4 | 5 | Les coûts de suivi ultérieurs sont considérés comme nuls en raison de la nature du scénario qui tient compte de la suppression de l'ensemble du massif de remblais et donc des pollutions concentrées et diffuses | 3 | Les coûts de suivis ultérieurs sur ce scénario concernent les servitudes/conservations en mémoire, entretien et maintenance du confinement du massif résiduel qui aura été stabilisé | 3 | Les coûts de suivis ultérieurs sur ce scénario concernent les servitudes/conservations en mémoire, entretien et maintenance du confinement du massif résiduel qui aura été stabilisé |
| | 3.1 Empreinte carbone / énergie / économie circulaire | 4 | 1 | Bilan carbone clairement défavorable avec l'évacuation par camions de plus de 41 000 m3 de terres non inertes hors site | 1 | Bilan carbone clairement défavorable avec l'évacuation par camions de plus de 16 500 m3 de terres non inertes hors site | 3 | Bilan carbone moins défavorable avec l'évacuation par camions de 6 500 m3 de remblais industriels hors site |
| | 3.2 Déchets générés/recyclage | 4 | 1 | Les matériaux seront gérés comme des déchets en filière(s) autorisée(s), sans possibilités de recyclage au regard des volumes en jeu, du contexte urbain dense et de l'exposition aux vents de la zone de travaux | 2 | Les matériaux seront gérés comme des déchets en filière(s) autorisée(s), sans possibilités de recyclage au regard des volumes en jeu, du contexte urbain dense et de l'exposition aux vents de la zone de travaux. Volume de déchets à évacuer moins important | 3 | Les pollutions concentrées seront gérées comme des déchets en filière(s) autorisée(s), avec mesures de recyclage des volumes de remblais de démolition et chimie. Vigilance et risque sur la faisabilité au regard des volumes en jeu, du contexte urbain dense et de l'exposition aux vents de la zone de travaux |

Tableau 10 (Suite) : Bilan Coûts – Avantages (BCA) – Scenarios S0 de purge totale du massif et S1a et S1b de purge des remblais industriels profonds qui constituent la pollution concentrée en arsenic et plomb sur la parcelle B (matériaux issus des activités historiques HILARION ROUX)

| Famille de critères | Critères | Pondération retenue entre 1 (faible enjeu) et 5 (fort enjeu) | Gestion de 100% du massif (41 600 m ³) | | Gestion de 75% de la masse de polluants en Arsenic et Plomb au sein des Remblais industriels (6 500 m ³) par purge + 16 000 m ³ de remblais à terrasser pour y accéder | | Gestion de 75% de la masse de polluants en Arsenic et Plomb au sein des Remblais industriels (6 500 m ³) par purge + 16 000 m ³ de remblais à terrasser pour y accéder | |
|---|--|--|--|--|--|---|---|---|
| | | | Scenario 0 : purge de l'intégralité du crassier existant et orientation en filière(s) autorisée(s) des 41 600 m ³ de matériaux de remblais le constituant | | Scenario 1a : Purge et orientation en filière(s) de traitement autorisée(s) de l'ensemble des matériaux (y compris 16 000 m ³ de remblais de démolition et chimie qui ont dû être terrassés pour accéder aux remblais industriels de fonderie) puis reprofilage et confinement du massif pour sa mise en sécurité | | Scenario 1b : Purge et orientation en filière(s) de traitement autorisée(s) des matériaux de remblais industriels, stockage et réemploi du volume de remblais de démolition et chimie qui ont dû être terrassés pour accéder aux remblais industriels de fonderie (16 000 m ³) puis reprofilage et confinement du massif pour sa mise en sécurité | |
| | | | Evaluation du scénario | Justification | Evaluation du scénario | Justification | Evaluation du scénario | Justification |
| -3- Critères environnementaux | 3.3 Impact de la pollution résiduelle sur l'environnement | 5 | 5 | Ce scénario permet d'envisager que la totalité de la pollution sera gérée et donc l'absence de pollution résiduelle laissée dans les sols nécessitant une conservation en mémoire | 4 | Ce scénario permet d'envisager que la totalité de la pollution concentrée sera gérée et donc la présence de pollution diffuse résiduelle uniquement laissée sur la parcelle B, nécessitant une conservation en mémoire. En revanche les mesures de confinement permettront de supprimer tout impact aux milieux | 4 | Ce scénario permet d'envisager que la totalité de la pollution concentrée sera gérée et donc la présence de pollution diffuse résiduelle uniquement laissée sur la parcelle B, nécessitant une conservation en mémoire. En revanche les mesures de confinement permettront de supprimer tout impact aux milieux |
| | <i>Actions sur les pollutions, voies de transfert et pérenité des mesures</i> | | <i>Suppression de 100% des pollutions concentrées et des pollutions diffuses</i> | | <i>Suppression de 100% des pollutions concentrées et des pollutions diffuses pour partie. Suppression pérenne des éventuelles voies de transfert résiduelles (par confinement du massif) Pérenité de la stabilité du massif résiduel par reprofilage</i> | | <i>Suppression de 100% des pollutions concentrées. Suppression pérenne des éventuelles voies de transfert résiduelles (par confinement du massif) Pérenité de la stabilité du massif résiduel par reprofilage</i> | |
| | 3.4 Hygiène et sécurité sur site et hors site : envois de poussières, transport de terres, impacts sur les milieux | 5 | 1 | Par rapport aux autres scénarios, le transport de terres, le risque routier et le risque d'exposition aux poussières des riverains seront bien plus importants hors site. Les travaux sur le crassier pour 5000 m ³ en déblais/remblais étant déjà à l'origine du plus fort impact modélisé par FLUIDYN, le risque poussières sans mesures de mitigation complémentaires pourrait être non acceptable sur ce scénario | 1 | Sur ce scénario, le transport de terres, le risque routier et le risque d'exposition aux poussières des riverains est important hors site. Les travaux sur le crassier pour 5000 m ³ en déblais/remblais étant déjà à l'origine du plus fort impact modélisé par FLUIDYN, le risque poussières sans mesures de mitigation complémentaires pourrait être non acceptable sur ce scénario | 1 | Sur ce scénario, les terrassements, mouvements de terres, le transport de terres, le risque routier et le risque d'exposition aux poussières des riverains est important hors site. Les travaux sur le crassier pour 5000 m ³ en déblais/remblais étant déjà à l'origine du plus fort impact modélisé par FLUIDYN, le risque poussières sans mesures de mitigation complémentaires pourrait être non acceptable sur ce scénario |
| -4- Critères socio-politiques et environnementaux | 4.1 Nuisances du chantier (visuelles, sonores, olfactives, ...) | 5 | 1 | Emission de poussières et bruit en contexte résidentiel dense | 1 | Emission de poussières et bruit en contexte résidentiel dense | 1 | Emission de poussières et bruit en contexte résidentiel dense |
| | 4.2 Augmentation du trafic | 5 | 1 | Très important trafic hors site (évacuation de plus de 41 000 m ³ de matériaux) | 2 | Très important trafic hors site (évacuation de plus de 16 000 m ³ de matériaux) | 3 | Important trafic hors site (évacuation de plus de 6 000 m ³ de matériaux) |
| | 4.3 Acceptabilité du projet (usage futur, servitudes éventuelles, teneurs résiduelles, ...) | 4 | 4 | Le scénario permet de supprimer le massif et de purger l'entièreté de la pollution (concentrée et diffuse), avec une libération du DPM et ces travaux permettent de donner un nouvel accès naturel à la mer. En revanche, le fait que les matériaux soient exportés pour traitement hors site pose d'importantes contraintes pour les riverains qui seront à l'origine de difficultés d'acceptation et ne sont pas en cohérence avec les attentes de la Collectivité | 4 | Le scénario permet de supprimer l'entièreté de la pollution concentrée avec une réduction du volume de matériaux de plus de 50%, ce qui permettra par reprofilage la préservation de la plage artificielle (voire la libération d'une partie du DPM, actuellement occupé). En revanche, le fait que les matériaux soient exportés pour traitement hors site pose d'importantes contraintes pour les riverains qui seront à l'origine de difficultés d'acceptation et ne sont pas en cohérence avec les attentes de la Collectivité | 3 | Le scénario permet de supprimer l'entièreté de la pollution concentrée avec une réduction du volume de matériaux plus modérée, ne permettant pas la libération de la plage artificielle. En revanche, le fait que les matériaux soient exportés pour traitement hors site d'une part et surtout que des matériaux soient terrassés repris et remis en place sur le crassier pose d'importantes contraintes pour les riverains qui seront à l'origine de difficultés d'acceptation sociale (remise en place d'un grand volume de matériaux au sein du massif) |
| | 4.4 Bénéfices du chantier (création d'emploi, amélioration du cadre de vie, valorisation, mise en sécurité, ...) | 4 | 4 | En terme de création d'emploi, le scénario 0 nécessite plus de personnel et d'opérations sur site et transports (emplois temporaire). En terme de mise en sécurité, le projet permet de supprimer le massif et donc tout risque sans nécessité de confinement. Travaux pouvant être ressentis comme une amélioration du cadre des riverains (suppression physique du massif) | 3 | En terme de création d'emploi, les scénarios 1a et 1b sont équivalents (avec une compensation par les transports routiers en 1a, par rapport aux opérations de reprise pour réemploi en 1b). En terme de mise en sécurité, le projet permet de supprimer la pollution concentrée du massif et de réduire son volume. Etant considéré que cette solution de gestion s'accompagne d'un reprofilage et d'un confinement le risque d'impact aux milieux n'est pas un critère de comparaison des scénarios (mise en sécurité garantie quelque soit le scénario retenu) | 3 | En terme de création d'emploi, les scénarios 1a et 1b sont équivalents (avec une compensation par les transports routiers en 1a, par rapport aux opérations de reprise pour réemploi en 1b). En terme de mise en sécurité, le projet permet de supprimer la pollution concentrée du massif et de réduire son volume. Etant considéré que cette solution de gestion s'accompagne d'un reprofilage et d'un confinement le risque d'impact aux milieux n'est pas un critère de comparaison des scénarios (mise en sécurité garantie quelque soit le scénario retenu) |
| -5- Critères juridiques et réglementaires | 5.1 Contraintes résiduelles (restriction d'usage, surveillance, ...) | 3 | 5 | Le scénario permet de supprimer le massif et de purger l'entièreté de la pollution (concentrée et diffuse), avec une libération du DPM et ces travaux permettent de donner un nouvel accès naturel à la mer. La portée des restrictions d'usage concernera uniquement la pollution résiduelle éventuelle après purge du massif (plage artificielle et milieu marin). Le cas échéant un dossier de SUP devra être établi | 4 | La portée des restrictions d'usage concernera la pollution diffuse résiduelle après purge de la pollution concentrée qui sera maîtrisée au sein du confinement prévu. Un dossier de SUP devra être établi avec la mise en place d'une surveillance (qui pourra être envisagée en fin de travaux sur une période d'une année afin de valider l'efficacité du confinement du crassier notamment) et de l'entretien du bon état du confinement | 4 | La portée des restrictions d'usage concernera la pollution diffuse résiduelle après purge de la pollution concentrée qui sera maîtrisée au sein du confinement prévu. Un dossier de SUP devra être établi avec la mise en place d'une surveillance (qui pourra être envisagée en fin de travaux sur une période d'une année afin de valider l'efficacité du confinement du crassier notamment) et de l'entretien du bon état du confinement |
| CUMUL DES NOTES : | | | 194 | Dans le cas du scénario 0 | 179 | Dans le cas du scénario 1a | 176 | Dans le cas du scénario 1b |

L'analyse multicritères des scénarios de gestion de purge des pollutions concentrées aboutit à un score global, plus élevé pour le scénario 0, traduisant un niveau d'adéquation avec le contexte de gestion plus important pour ce scénario de purge totale du massif. L'écart de score reste modéré et les scénarios de purge de la source concentrée présentent de nombreux avantages comme la libération du DPM, l'enlèvement des sources concentrées et diffuses pour partie avec des contraintes et nuisances certaines, en phase travaux et un bilan carbone très défavorable, mais une amélioration de la situation et potentiellement du cadre de vie des riverains.

En revanche, ces scénarios de purge de la pollution concentrée (qu'il s'agit des scénarios 1a et 1b et a fortiori 0) constituent des options non réalistes de dépollution qui condamneraient le projet de reconversion qui est déjà déficitaire en retenant la solution de gestion la moins-disante.

Tableau 11 : Bilan Coûts – Avantages (BCA) – Scenarios 2 (2a.1, 2a.2, 2b.1 et 2b.2) de maîtrise des pollutions selon les scenarios de positionnement de l'ouvrage de défense à la mer vis-à-vis du DPM et de la plage artificielle

| Famille de critères | Critères | Pondération retenue entre 1 (faible enjeu) et 5 (fort enjeu) | Maîtrise des pollutions - Positionnement de l'enrochement de protection du massif hors emprise du DPM | | Maîtrise des pollutions - Prise en compte du DPM selon l'alternative N°1 de l'étude OCEANIDE | | Maîtrise des pollutions - Positionnement de l'enrochement de protection du massif sur l'emprise du DPM | | Maîtrise des pollutions - Positionnement de l'enrochement de protection du massif sur l'emprise du DPM | |
|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|---|
| | | | Scenario 2a.1 : Libération du DPM, maintien de la plage artificielle et gestion en filière(s) des matériaux purgés (dont plus de 60% de remblais industriels) avant positionnement d'un enrochement et reprofilage du massif (Volume total de 26 800 m3 à terrasser et 1 500 m3 à réemployer) | | Scenario 2a.2 : Libération du DPM selon l'alternative N°1 de l'étude OCEANIDE, maintien de la plage artificielle et gestion en filière(s) des matériaux purgés avant positionnement d'un enrochement et reprofilage du massif (Volume total de 11 200 m3 à terrasser et 1 850 m3 à réemployer) | | Scenario 2b.1 : Maintien de l'occupation actuelle du DPM et positionnement d'un enrochement en avant sur la plage artificielle existante et reprofilage du massif (Volume total de 5 000 m3 à terrasser et évacuer en filière(s) autorisée(s) et 5 000 m3 de besoin en remblais) | | Scenario 2b.2 : Maintien de l'occupation actuel du DPM et positionnement d'un enrochement en avant sur la plage artificielle existante et reprofilage du massif (Volume total de 5 000 m3 à terrasser et à réemployer/confiner sur site) | |
| | | | Evaluation du scénario | Justification | Evaluation du scénario | Justification | Evaluation du scénario | Justification | Evaluation du scénario | Justification |
| -1- Critères techniques, normatifs et organisationnels | 1.1 Adéquation avec la typologie des polluants, les milieux impactés, l'accessibilité du site, ... | 5 | 3 | Suppression des matériaux sur le DPM (sans objectif de purge de pollution concentrée ou diffuse mais 60% de la pollution concentrée sera excavée) et évacuation hors site en filière(s) autorisée(s) de 25 300 m3 de matériaux constitutifs du massif. En revanche au regard du contexte et de l'accessibilité du site, difficultés importantes à retenir pour les terrassements et évacuations | 2 | Suppression des matériaux sur le DPM selon l'alternative N°1 de l'étude OCEANIDE (sans objectif de purge de pollution concentrée ou diffuse) et évacuation hors site en filière(s) autorisée(s) de 9350 m3 de matériaux constitutifs du massif. En revanche au regard du contexte et de l'accessibilité du site, difficultés importantes à retenir | 2 | Purge de 5 000 m3 de matériaux du crassier pour reprofilage (sans objectif de purge de pollution concentrée ou diffuse) et évacuation hors site en filière(s) autorisée(s) de 5 000 m3 de matériaux constitutifs du massif. Pas de purge de pollution concentrée. Moins de difficultés aux terrassements au regard de l'ampleur modérée des terrassements nécessaires au reprofilage | 2 | Purge de 5 000 m3 de matériaux du crassier pour reprofilage (sans objectif de purge de pollution concentrée ou diffuse) et réemploi en flux tendu du même volume sur site. Moins de difficultés aux terrassements au regard de l'ampleur modérée des terrassements nécessaires au reprofilage |
| | 1.2 Nécessité de mettre en œuvre des études complémentaires selon la technique envisagée (dimensionnement, essais pilotes,...) | 4 | 4 | Un tri analytique fin pourrait permettre une optimisation de la ventilation des cubatures et orientations en filières. Les travaux de purge mécanique de l'ensemble du volume sont soumis aux règles usuelles de terrassement et de stabilité des terrains et nécessité d'analyser les risques en lien avec la stabilité de la route existante. Nécessité de réaliser une étude de transport au regard de l'impact trafic en lien avec la gestion hors site sur 6 mois de matériaux à plus de 20 camions/jour. Recherche de solutions alternatives (plateforme multimodale, solution train/route ou voie maritime, ...) pour garantir la faisabilité du scénario | 4 | Un tri analytique fin pourrait permettre une optimisation de la ventilation des cubatures et orientations en filières. Les travaux de purge mécanique de l'ensemble du volume sont soumis aux règles usuelles de terrassement et de stabilité des terrains et nécessité d'analyser les risques en lien avec la stabilité de la route existante | 4 | Les travaux de purge mécanique de l'ensemble du volume sont soumis aux règles usuelles de terrassement et de stabilité des terrains et nécessité d'analyser les risques en lien avec la stabilité de la route existante | 4 | Les travaux de purge mécanique de l'ensemble du volume sont soumis aux règles usuelles de terrassement et de stabilité des terrains et nécessité d'analyser les risques en lien avec la stabilité de la route existante |
| | 1.3 Abattement prévisionnel / rendement | 4 | 3 | Le scénario consiste en la purge de plus de 60% du volume du crassier, sans cibler directement les pollutions concentrées, mais permet de purger plus de 60% des remblais industriels. Le rendement devra être conforme aux contraintes imposées par des cadences n'excédant pas les 250 à 300 m3/j et orientations en filières en flux tendu (avec 4 rotations de 5 à 6 camions par jour) | 2 | Le scénario consiste en la purge de plus de 25% du volume du crassier, sans cibler les pollutions concentrées. Le rendement devra être conforme aux contraintes imposées par des cadences n'excédant pas les 250 à 300 m3/j et orientations en filières en flux tendu (avec 4 rotations de 5 à 6 camions par jour) | 1 | Le scénario consiste en la purge de plus de 12% du volume du crassier, sans cibler les pollutions concentrées. Le rendement devra être conforme aux contraintes imposées par des cadences n'excédant pas les 250 à 300 m3/j et orientations en filières en flux tendu (avec 4 rotations de 5 à 6 camions par jour) | 1 | Le scénario consiste au remodelage du volume du crassier, sans purge ciblée des pollutions concentrées les matériaux sont réemployés sur site. Le rendement devra être conforme aux contraintes imposées par des cadences n'excédant pas les 250 à 300 m3/j et orientations en filières en flux tendu (avec 4 rotations de 5 à 6 camions par jour) |
| | 1.4 Temps disponible / durée du traitement | 4 | 2 | Solution soumise à un délai de travaux pouvant atteindre plus de 5 mois en fonction des conditions climatiques au regard de la limitation des terrassements en période estivale et de vents supérieurs à 50 km/h | 3 | Solution soumise à un délai de travaux pouvant atteindre plus de 2,5 mois en fonction des conditions climatiques au regard de la limitation des terrassements en période estivale et de vents supérieurs à 50 km/h | 4 | Solution soumise à un délai de travaux pouvant atteindre 2 mois en fonction des conditions climatiques au regard de la limitation des terrassements en période estivale et de vents supérieurs à 50 km/h | 4 | Solution soumise à un délai de travaux pouvant atteindre 2 mois en fonction des conditions climatiques au regard de la limitation des terrassements en période estivale et de vents supérieurs à 50 km/h |
| | 1.5 Impact résiduel Suivi des travaux / surveillance | 4 | 3 | Pas de suppression ciblée des pollutions concentrées, mais travaux de libération de l'emprise du DPM selon le plan de 1879, permettent de purger près de 60% des pollutions concentrées. Suivi des terrassements, chargement et évacuation et traçabilité avec BSD. Suivi des cubatures et validation à l'avancement pour réemploi. Réception pour validation de la purge + réception pour ARR et servitudes | 2 | Pas de suppression ciblée des pollutions concentrées (purge de moins de 4% des pollutions concentrées) par les opérations de libération de l'emprise du DPM selon l'alternative N°1 de l'étude OCEANIDE. Suivi des terrassements, chargement et évacuation et traçabilité avec BSD. Suivi des cubatures et validation à l'avancement pour réemploi. Réception pour validation de la purge + réception pour ARR et servitudes | 1 | Opérations de maîtrise des pollutions concentrées et diffuses maintenues sur site. Suivi des terrassements, chargement et évacuation et traçabilité avec BSD. Réception pour validation de la purge + réception pour ARR et servitudes. Positionnement de l'enrochement sur la plage artificielle nécessite une vigilance importante (mise en place et suivi) | 1 | Opérations de maîtrise des pollutions concentrées et diffuses maintenues sur site. Suivi des terrassements, chargement et évacuation et traçabilité avec BSD. Réception pour validation de la purge + réception pour ARR et servitudes. Positionnement de l'enrochement sur la plage artificielle nécessite une vigilance importante (mise en place et suivi) |
| -2- Critères économiques | 2.1 Coûts induits par les travaux de dépollution | 5 | 0 | Suppression des pollutions diffuses et concentrées et évacuation hors site en filière(s) autorisée(s) de plus de 25 300 m3 de matériaux non inertes. Ce coût ne tient pas compte des précautions au terrassement (soutènement, ...) ni les mesures de gestion des poussières et eaux en phase travaux | 0 | Purge de matériaux sur le DPM (sans distinction de pollution concentrée ou diffuse) et évacuation hors site en filière(s) autorisée(s) de plus de 9 000 m3 de matériaux non inertes. Ce coût ne tient pas compte des précautions au terrassement (soutènement, ...) ni les mesures de gestion des poussières et eaux en phase travaux | 3 | Purge de matériaux pour reprofilage / mise en stabilité (sans distinction de pollution concentrée ou diffuse) et évacuation hors site en filière(s) autorisée(s) de 5 000 m3 de matériaux non inertes. Ce coût ne tient pas compte des précautions au terrassement (soutènement, ...) ni les mesures de gestion des poussières et eaux en phase travaux | 5 | Purge de matériaux pour reprofilage / mise en stabilité (sans distinction de pollution concentrée ou diffuse) et réemploi sur site de 5 000 m3 de matériaux non inertes. Ce coût ne tient pas compte des précautions au terrassement (soutènement, ...) ni les mesures de gestion des poussières et eaux en phase travaux |
| | | | TOTAL : 12 980 à 16 210 K€ H.T. | | TOTAL : 9 500 à 12 900 K€ H.T. | | TOTAL : 6 430 à 7 760 K€ H.T. | | TOTAL : 5 330 à 6 130 K€ H.T. | |
| | 2.2 Cout des suivis ultérieurs, des restrictions d'usage, des dispositions constructives et de leur maintenance | 4 | 3 | Les coûts de suivis ultérieurs sur ce scénario concernent les servitudes/conservations en mémoire, entretien et maintenance du confinement du massif résiduel qui aura été stabilisé | 3 | Les coûts de suivis ultérieurs sur ce scénario concernent les servitudes/conservations en mémoire, entretien et maintenance du confinement du massif résiduel qui aura été stabilisé | 1 | Les coûts de suivis ultérieurs sur ce scénario concernent les servitudes/conservations en mémoire, entretien et maintenance du confinement du massif résiduel qui aura été stabilisé. Positionnement de l'enrochement sur la plage artificielle nécessite une vigilance importante (mise en place et suivi) | 1 | Les coûts de suivis ultérieurs sur ce scénario concernent les servitudes/conservations en mémoire, entretien et maintenance du confinement du massif résiduel qui aura été stabilisé. Positionnement de l'enrochement sur la plage artificielle nécessite une vigilance importante (mise en place et suivi) |
| -3- Critères environnementaux | 3.1 Empreinte carbone / énergie / économie circulaire | 4 | 1 | Bilan carbone clairement défavorable avec l'évacuation par camions de plus de 25 300 m3 de terres non inertes hors site | 2 | Bilan carbone clairement défavorable avec l'évacuation par camions de plus de 9 350 m3 de terres non inertes hors site | 4 | Bilan carbone plus favorable avec l'évacuation par camions de 5 000 m3 de terres non inertes hors site | 5 | Bilan carbone très favorable avec recyclage sur site |
| | 3.2 Déchets générés/recyclage | 4 | 2 | Les matériaux seront gérés comme des déchets en filière(s) autorisée(s), avec possibilité de recyclage d'un très petit volume de 1 500 m3 de matériaux (soit moins de 6% du volume purgé) | 3 | Les matériaux seront gérés comme des déchets en filière(s) autorisée(s), avec possibilités de recyclage de 1 850 m3 de matériaux, soit près de 20% du volume purgé | 4 | Les matériaux seront gérés comme des déchets en filière(s) autorisée(s), sans recyclage retenu sur ce scénario, mais volume modéré de matériaux exporté. | 5 | Les matériaux seront recyclés sur site |



| Famille de critères | Critères | Pondération retenue entre 1 (faible enjeu) et 5 (fort enjeu) | Maitrise des pollutions - Positionnement de l'enrochement de protection du massif hors emprise du DPM | | Maitrise des pollutions - Prise en compte du DPM selon l'alternative N°1 de l'étude OCEANIDE | | Maitrise des pollutions - Positionnement de l'enrochement de protection du massif sur l'emprise du DPM | | Maitrise des pollutions - Positionnement de l'enrochement de protection du massif sur l'emprise du DPM | |
|---|--|--|---|--|--|---|--|--|--|---|
| | | | Scenario 2a.1 : Libération du DPM, maintien de la plage artificielle et gestion en filière(s) des matériaux purgés (dont plus de 60% de remblais industriels) avant positionnement d'un enrochement et reprofilage du massif (Volume total de 26 800 m3 à terrasser et 1 500 m3 à réemployer) | | Scenario 2a.2 : Libération du DPM selon l'alternative N°1 de l'étude OCEANIDE, maintien de la plage artificielle et gestion en filière(s) des matériaux purgés avant positionnement d'un enrochement et reprofilage du massif (Volume total de 11 200 m3 à terrasser et 1 850 m3 à réemployer) | | Scenario 2b.1 : Maintien de l'occupation actuelle du DPM et positionnement d'un enrochement en avant sur la plage artificielle existante et reprofilage du massif (Volume total de 5 000 m3 à terrasser et évacuer en filière(s) autorisée(s) et 5 000 m3 de besoin en remblais) | | Scenario 2b.2 : Maintien de l'occupation actuel du DPM et positionnement d'un enrochement en avant sur la plage artificielle existante et reprofilage du massif (Volume total de 5 000 m3 à terrasser et à réemployer/confiner sur site) | |
| | | | Evaluation du scénario | Justification | Evaluation du scénario | Justification | Evaluation du scénario | Justification | Evaluation du scénario | Justification |
| -3- Critères environnementaux | 3.3 Impact de la pollution résiduelle sur l'environnement | 5 | 3 | Ce scenario ne permet pas de gérer la pollution concentrée d'une manière ciblée. La présence de pollution résiduelle est à retenir avec nécessité de conservation en mémoire. En revanche les mesures de confinement permettront de supprimer tout impact aux milieux | 2 | Ce scenario ne permet pas de gérer la pollution concentrée d'une manière ciblée. La présence de pollution résiduelle est à retenir avec nécessité de conservation en mémoire. En revanche les mesures de confinement permettront de supprimer tout impact aux milieux | 2 | Ce scenario ne permet pas de gérer la pollution concentrée d'une manière ciblée. La présence de pollution résiduelle est à retenir avec nécessité de conservation en mémoire. En revanche les mesures de confinement permettront de supprimer tout impact aux milieux | 2 | Ce scenario ne permet pas de gérer la pollution concentrée d'une manière ciblée. La présence de pollution résiduelle est à retenir avec nécessité de conservation en mémoire. En revanche les mesures de confinement permettront de supprimer tout impact aux milieux |
| | Actions sur les pollutions, voies de transfert et pérenité des mesures | | Suppression des pollutions concentrées et des pollutions diffuses pour partie. Suppression pérenne des éventuelles voies de transfert résiduelles (par confinement du massif) Pérenité de la stabilité du massif résiduel par reprofilage | | Suppression des pollutions concentrées et des pollutions diffuses pour partie. Suppression pérenne des éventuelles voies de transfert résiduelles (par confinement du massif) Pérenité de la stabilité du massif résiduel par reprofilage et mise en place d'un enrochement adapté pour protection vis-à-vis de l'érosion maritime (intégrant les changements climatiques) | | Suppression des pollutions concentrées et des pollutions diffuses pour partie. Suppression pérenne des éventuelles voies de transfert résiduelles (par confinement du massif) Pérenité de la stabilité du massif résiduel par reprofilage | | Confinement et pérenne des pollutions concentrées et diffuses. Suppression pérenne des éventuelles voies de transfert résiduelles (par confinement du massif) Pérenité de la stabilité du massif par reprofilage | |
| | 3.4 Hygiène et sécurité sur site et hors site : envois de poussières, transport de terres, impacts sur les milieux | 5 | 1 | Par rapport aux autres scenarios, le transport de terres, le risque routier et le risque d'exposition aux poussières des riverains seront bien plus important hors site Les travaux sur le crassier pour 5000 m3 en déblais/remblais étant déjà à l'origine du plus fort impact modélisé par FLUIDYN, le risque poussières sans mesures de mitigation complémentaires pourrait être non acceptables sur ce scenario | 2 | Par rapport aux autres scenarios, le transport de terres, le risque routier et le risque d'exposition aux poussières des riverains reste important hors site Les travaux sur le crassier pour 5000 m3 en déblais/remblais étant déjà à l'origine du plus fort impact modélisé par FLUIDYN, le risque poussières sans mesures de mitigation complémentaires pourrait être non acceptables sur ce scenario | 4 | Par rapport aux autres scenarios, le transport de terres, le risque routier et le risque d'exposition aux poussières des riverains seront moins important hors site Conforme aux travaux sur le crassier pour 5000 m3 en déblais/remblais qui sont à l'origine du plus fort impact modélisé par FLUIDYN, qui s'avère acceptable avec la mise en place des mesures de mitigations retenues au PCT | 5 | Par rapport aux autres scenarios, le transport de terres, le risque routier et le risque d'exposition aux poussières des riverains seront bien moins important hors site Conforme aux travaux sur le crassier pour 5000 m3 en déblais/remblais qui sont à l'origine du plus fort impact modélisé par FLUIDYN, qui s'avère acceptable avec la mise en place des mesures de mitigations retenues au PCT |
| -4- Critères socio-politiques et environnementaux | 4.1 Nuisances du chantier (visuelles, sonores, olfactives, ...) | 5 | 1 | Emission de poussières et bruit en contexte résidentiel dense | 2 | Emission de poussières et bruit en contexte résidentiel dense | 3 | Emission de poussières et bruit en contexte résidentiel dense | 4 | Emission de poussières et bruit en contexte résidentiel dense moins important en l'absence de rotation de camion |
| | 4.2 Augmentation du trafic | 5 | 2 | Très important trafic hors site (évacuation de plus de 25 000 m3 de matériaux) | 3 | Important trafic hors site (évacuation de plus de 9 000 m3 de matériaux) | 3 | Important trafic hors site (évacuation de plus de 5 000 m3 de matériaux et livraison de 5 000 m3 de matériaux d'apport) | 5 | Moins important des scenarios |
| | 4.3 Acceptabilité du projet (usage futur, servitudes éventuelles, teneurs résiduelles, ...) | 4 | 3 | Le scenario permet de supprimer 60% de la pollution concentrée avec la libération du DPM, la préservation de la plage artificielle et la réduction du volume de matériaux de 64%. En revanche, le fait qu'un volume de plus de 25 000 m3 de matériaux soient exportés pour traitement hors site pose d'importantes contraintes pour les riverains qui seront à l'origine de difficultés d'acceptation et ne sont pas en cohérence avec les attentes de la Collectivité | 2 | Le scenario ne permet de supprimer que 3,5% de la pollution concentrée avec la libération du DPM selon l'alternative N°1 OCEANIDE, la préservation de la plage artificielle et la réduction du volume de matériaux de plus de 25%. Le fait qu'un volume de plus de 9 000 m3 de matériaux soient exportés pour traitement hors site pose d'importantes contraintes pour les riverains qui seront à l'origine de difficultés d'acceptation et ne sont pas en cohérence avec les attentes de la Collectivité | 1 | Le scenario ne permet de supprimer que 12% du volume du massif, sans cibler la pollution concentrée. Le volume de 5 000 m3 de matériaux à exporter reste plus modéré et sera à l'origine de moins de contraintes pour les riverains, même si 5000 m3 de matériaux devront être livrés sur site pour reprofilage (meilleure acceptation sociétale) La disparition de la plage même artificielle peut être à l'origine de difficultés d'acceptation par la collectivité et les riverains | 1 | Le scenario ne permet de supprimer aucun matériaux du massif, pouvant être perçu comme une absence d'action sur les sources concentrées profondes et diffuses. Le volume de 5 000 m3 de matériaux à terrasser est réemployé pour le reprofilage sur ce scenario qui est donc à l'origine de moins de contraintes pour les riverains. En revanche la remise en place de 5 000 m3 dans le massif peut paradoxalement être à l'origine de problèmes d'acceptation sociétale La disparition de la plage même artificielle peut être à l'origine de difficultés d'acceptation par la collectivité et les riverains |
| | 4.4 Bénéfices du chantier (création d'emploi, amélioration du cadre de vie, valorisation, mise en sécurité, ...) | 4 | 3 | En terme de création d'emploi, le scenario nécessite plus de personnel et d'opérations sur site et transports. En terme de mise en sécurité, le projet permet de supprimer 64% du massif sans cibler pour autant les pollutions concentrées. Etant considéré que cette solution de gestion s'accompagne d'un reprofilage et d'un confinement le risque d'impact aux milieux n'est pas un critère de comparaison des scenario (mise en sécurité garantie quelque soit le scenario retenu) | 3 | En terme de création d'emploi, le scenario nécessite du personnel opérationnel sur site et transports. En terme de mise en sécurité, le projet permet de supprimer 25% du massif sans cibler pour autant les pollutions concentrées. Etant considéré que cette solution de gestion s'accompagne d'un reprofilage et d'un confinement le risque d'impact aux milieux n'est pas un critère de comparaison des scenario (mise en sécurité garantie quelque soit le scenario retenu) | 1 | En terme de création d'emploi, le scenario nécessite du personnel opérationnel sur site et transports. En terme de mise en sécurité, le projet permet de supprimer 50% du massif sans cibler pour autant les pollutions concentrées. Etant considéré que cette solution de gestion s'accompagne d'un reprofilage et d'un confinement le risque d'impact aux milieux n'est pas un critère de comparaison des scenario (mise en sécurité garantie quelque soit le scenario retenu) Suppression de la plage artificielle pouvant être vécu comme une dégradation pour les riverains | 1 | En terme de création d'emploi, le scenario nécessite du personnel opérationnel sur site et transports. En terme de mise en sécurité, le projet ne permet pas de purge de volume du massif (et comme les autres pas de cible sur les pollutions concentrées). Etant considéré que cette solution de gestion s'accompagne d'un reprofilage et d'un confinement le risque d'impact aux milieux n'est pas un critère de comparaison des scenario (mise en sécurité garantie quelque soit le scenario retenu) Suppression de la plage artificielle pouvant être vécu comme une dégradation pour les riverains |
| -5- Critères juridiques et réglementaires | 5.1 Contraintes résiduelles (restriction d'usage, surveillance, ...) | 3 | 2 | La portée des restrictions d'usage concernera la pollution concentrée et diffuse résiduelle après purge qui sera maîtrisée au sein du confinement prévu. Un dossier de SUP devra être établi avec la mise en place d'une surveillance (qui pourra être envisagée en fin de travaux sur une période d'une année afin de valider l'efficacité du confinement du crassier notamment) et de l'entretien du bon état du confinement | 2 | La portée des restrictions d'usage concernera la pollution diffuse et concentrée résiduelle après purge de la pollution concentrée qui sera maîtrisée au sein du confinement prévu. Un dossier de SUP devra être établi avec la mise en place d'une surveillance (qui pourra être envisagée en fin de travaux sur une période d'une année afin de valider l'efficacité du confinement du crassier notamment) et de l'entretien du bon état du confinement | 1 | La portée des restrictions d'usage concernera la pollution diffuse et concentrée résiduelle après purge de la pollution concentrée qui sera maîtrisée au sein du confinement prévu. Un dossier de SUP devra être établi avec la mise en place d'une surveillance (qui pourra être envisagée en fin de travaux sur une période d'une année afin de valider l'efficacité du confinement du crassier notamment) et de l'entretien du bon état du confinement | 1 | La portée des restrictions d'usage concernera la pollution diffuse et concentrée résiduelle après purge de la pollution concentrée qui sera maîtrisée au sein du confinement prévu. Un dossier de SUP devra être établi avec la mise en place d'une surveillance (qui pourra être envisagée en fin de travaux sur une période d'une année afin de valider l'efficacité du confinement du crassier notamment) et de l'entretien du bon état du confinement |
| CUMUL DES NOTES : | | | 152 | Dans le cas du scénario 2a.1 | 157 | Dans le cas du scénario 2a.2 | 172 | Dans le cas du scénario 2b.1 | 210 | Dans le cas du scénario 2b.2 |

L'analyse multicritères aboutit à un score global, clairement plus élevé pour le scénario 2b2 retenant un positionnement de l'ouvrage sur l'emprise du DPM et la plage artificielle existante, ce qui traduit un niveau d'adéquation avec le contexte de gestion plus important.

Notons que les coûts de gestion du scénario 2b2 ne permettent pas d'équilibrer les bilans financiers de l'opération d'aménagement, sans l'obtention d'aide financière de l'Etat au titre du fond friche. A fortiori, une solution plus en ligne avec une libération de la plage, voir du DPM représentant des montants de 9 500 à 16 200 k€H.T. (supérieures d'un facteur 2 à 3 par rapport au scénario de gestion retenu pour la parcelle B) ne peuvent être envisagés sans une aide encore plus importante.

Afin d'apporter un regard critique sur l'issue de l'analyse multicritères, des tests de sensibilité ont été réalisés, sur les pondérations ainsi que les notations attribuées par sous-critères.

6.15 Test de sensibilité

Toute démarche comparative peut présenter un caractère subjectif. Le BCA ayant été réalisé par analyse multicritères, ce caractère subjectif s'exprime au travers de l'attribution des notes et des pondérations ; la subjectivité peut être amplifiée par les incertitudes associées aux critères considérés. L'un des intérêts majeurs de l'approche multicritères est la possibilité de réaliser des tests de sensibilité qui permettent d'apprécier dans quelle mesure les éléments les plus incertains/discutés influent sur l'issue du BCA.

On se reportera à l'annexe A6.2 pour disposer de cette analyse détaillée de sensibilité.

6.2 Mise à jour des mesures de gestion – Parcelle B

Les conclusions du BCA mettent en évidence une solution de gestion par maîtrise de la pollution et des impacts, consistant en un reprofilage du massif, un confinement et une protection vis-à-vis des phénomènes d'érosion maritime par la mise en œuvre d'un enrochement en pied. Cette solution permettra de répondre aux différents points d'attention que représente la gestion de ce crassier et le redéveloppement de cette parcelle, comme synthétisé ci-après :

| Caractéristiques du Crassier | | | |
|------------------------------------|---|---|---|
| | Situation Actuelle | Situation en phase travaux et gestion retenue | Situation Future selon scenario de gestion retenu |
| Risque d'instabilité | Non | Non | Non |
| | Présent depuis plus de 100 ans, et n'a jamais connu d'épisode d'éboulements mettant en péril le voisinage ou les milieux | Mode opératoire de terrassement en remblais et déblais pour la réalisation des travaux en toute sécurité | Reprofilage du massif pour garantir son autostabilité à long terme |
| Erosion maritime | Oui | Non | Non |
| | Aucun ouvrage de protection à la mer n'est actuellement présent. | Mode opératoire pour la réalisation des travaux en toute sécurité | Mise en place d'un ouvrage de protection à la mer dimensionné pour permettre de supprimer tout risque d'érosion maritime du massif |
| Impact au milieu marin | Non | Non | Non |
| | Cf. études menées dans le cadre de l'AP 2017-199-PC du 20/09/2017 qui confirment que les polluants sont actuellement peu à pas mobiles, et retrouvés à des teneurs notablement plus faibles dans le milieu marin (eau de mer, sédiments et oursins) que les 6 autres stations du littoral étudiées de la Pointe rouge à l'Est, à la Calanque de la Mounine, au Sud. | Mesures de gestion des eaux en phase travaux limitant toute éventuelle voie de transfert au milieu marin (gestion des MES, risque de pollution accidentelle par les engins de chantier, ...) | Le massif reprofilé sera confiné (coupure voie de transfert de particules) et réaménagé |
| Impact par retombées de poussières | Non | Non | Non |
| | Les études menées pendant 1 an par Atmosud démontrent que les envols de poussières depuis le massif sont très limités | Mise en place des mesures de mitigations retenues (modélisation FLUIDYN et EQRS spécifique) et monitoring en temps réel, suivi et contrôle en phase travaux | Mise en place d'un confinement et aménagement de la place sur le massif |
| Risque sanitaire | Non | Non | Non |
| | Compte tenu des résultats de la qualité des milieux marin et air, il apparait que les voies de transfert aujourd'hui sont limitées et le risque sanitaire en l'état actuel faible. | Mesures de gestion en phase travaux supprimant tout risque pour l'Homme et l'Environnement avec monitoring, contrôle et suivi | Coupure pérenne des voies de transfert |
| Accès à la mer | Non | Non | Oui |
| | L'arrêté municipal d'interdiction à la mer ne le permet pas aujourd'hui. | Zone de travaux non accessible au public en phase chantier d'une durée n'excédant pas les 3 mois pour les terrassements en déblais / remblais et le confinement et 4 à 6 mois pour l'aménagement de l'enrochement | Plage artificielle résultant des éboulis localisés en pied de talus du massif. Accès à la mer aujourd'hui impossible pour tout riverain, et sera rendu possible par le projet |
| Atout pour le voisinage | Non | Non | Oui |
| | Verrue esthétique sur une parcelle privée close et non accessible. | Durée de travaux et nuisance limitée pour l'aménagement de la place du Belvédère | Aménagement qualitatif d'une place publique, restitution de la parcelle à la ville, etc... |

Le tableau suivant présente la conception et le chiffrage des mesures de gestion retenues sur la parcelle B, pour permettre l'aménagement de la parcelle en place publique (évolution du projet par rapport au Plan de Gestion), tout en garantissant la stabilisation et le confinement du volume de crassier en place, sur la base des conclusions du BCA et des études complémentaires présentées aux chapitres précédents. La mise en œuvre de cette solution de gestion est en outre conditionnée par l'obtention d'aide financière de l'Etat, le projet dans sa globalité ne permettant pas d'en absorber les coûts.

| Problématiques | Solution de gestion | Coûts de Gestion |
|--|--|------------------------------|
| Protéger la parcelle et les avoisinants immédiats de l'érosion maritime | Création d'un ouvrage de protection en enrochement, positionné en avant du crassier actuel, pour décaisser le moins de matériaux du crassier et générer le moins de nuisance La conception retient un ouvrage prolongé au-delà de la limite cadastrale afin de garantir son efficacité et d'éviter tout désordre localement sur les zones non protégées. | 1 400 à 1 600 k€ H.T. |
| Stabilisation du massif de matériaux, y compris suivi et maîtrise des matières en suspension dans l'eau de mer | Mise en œuvre d'un reprofilage avec des phases de terrassements en déblais dans les zones excédentaires et simultanément en remblais dans les zones déficitaires, puis des terrassements par passes alternées en simultané de l'ouvrage en pied | 955 à 1 100 k€ H.T. |
| Confinement physique du massif vis-à-vis de l'Environnement | Mise en œuvre d'un confinement | 92 à 106 k€ H.T. |
| Gestion des eaux et mesures de gestion des poussières | Mesures avérées bénéfiques et efficaces : arroser les zones traitées, asperger les pistes, brumiser les zones en activité, limiter les surfaces ouvertes avec utilisation quotidienne de liant cellulosique, bâcher les camions, limiter les vitesses de circulation des engins et les distances parcourues, laver les roues des engins et phaser les travaux en fonction des conditions de vent | 1 020 à 1 180 k€ H.T. |
| | Contrôles extérieurs (~ 5%) | 173 à 200 k€ H.T. |
| | Installation de chantier (~ 10%) | 347 à 400 k€ H.T. |
| | Aléas (~ 30%) | 1 040 à 1 200 k€ H.T. |
| | MONTANT ESTIME DES TRAVAUX PARCELLE B – y compris 6% MOE (Estimation stade AVP sur la base de la consultation d'entreprises de travaux spécialisées) | 5 330 à 6 130 k€ H.T. |

6.3 Mise à jour des mesures et scénarios de gestion – Parcelles A et C

Le tableau suivant présente les mesures et scénarios de gestion mis à jour à l'issue des études complémentaires du PCT.

Les hypothèses retenues au Plan de Gestion dans les conceptions de travaux se sont avérées toutes faisables et validées (hors remplissage des ouvrages historiques avec des matériaux préalablement stabilisés/solidifiés), à l'issue des études présentées et interprétées au Chapitre 4 précédent, sur l'emprise des parcelles A et C.

Dans ce contexte, il apparaît que la mise à jour (annexe A8.2) concerne essentiellement les volumes de déblais à gérer, qui impactent uniquement le coût de gestion sur le scénario 1 (gestion hors sites en filière(s) autorisée(s) des futurs déblais).

| Problématiques | Solution de gestion | Coûts de Gestion |
|--|--|--|
| Gestion des pollutions concentrées (matériaux sol) | Purge et orientation en filières autorisées de 800 m3 de matériaux fortement impactés | 240 k€ H.T. |
| Gestion des ouvrages historiques : cheminée rampante sur le linéaire | - Travaux d'obturation des accès aux tronçons de cheminée (portes et ouvertures latérales) avec des grilles en fer forgé plein galvanisé (y compris treillis soudé, ferrailage et encrage) - Travaux de gestion des encroutements sur le linéaire aérien (estimation de travaux par l'entreprise ORTEC : réalisation de nettoyages par brossage interne de la cheminée, stockage en benne et orientation en ISDD + Stabilisation des encroutements ou stabilisation au sol en grave ciment) - Opérations d'obturation des trous sur le linéaire de cheminée sur les emprises ICPE par Béton maçonné manuellement | 570 k€ H.T. |
| Gestion des terres excavées | <u>Scenario 1 mis à jour :</u> Excavation de 16 400 m3 de matériaux et évacuation en filière(s) de traitement adaptée(s) des matériaux criblés | Estimation basse : 2 400 k€H.T. Estimation haute : 3 700 k€H.T. |
| | <u>Scenario 2 mis à jour retenu :</u> Excavation de 16 400 m3 de matériaux et gestion sur site des déblais | 1 010 k€H.T. |
| | <u>Plus-value pour la préparation des matériaux avant réemploi</u> | |
| Gestion des pollutions diffuses | Maintien sur site, mise en sécurité par confinement et conservation en mémoire | 530 k€H.T. |
| Gestion des eaux et mesures de gestion des poussières | Mesures avérées bénéfiques et efficaces : arroser les zones traitées, asperger les pistes, brumiser les zones en activité, limiter les surfaces ouvertes avec utilisation quotidienne de liant cellulosique, bâcher les camions, limiter les vitesses de circulation des engins et les distances parcourues, laver les roues des engins et phaser les travaux en fonction des conditions de vent | 630 k€H.T. |
| Traitement de la parcelle A sur son secteur Sud | Mise en place d'un traitement par phytostabilisation des sols de surface sur la parcelle A : coût d'investissement pour la réalisation du sujet de thèse avec l'université | 250 k€H.T. |
| Contrôles extérieurs (hors poste de traitement par phytostabilisation) (~ 5%) | | 150 k€ H.T. |
| Installation de chantier (hors poste de traitement par phytostabilisation) (~ 10%) | | 300 k€ H.T. |
| Aléas (hors poste de traitement par phytostabilisation) (~ 30%) | | 900 k€ H.T. |
| MONTANT ESTIME DES TRAVAUX PARCELLES A ET C – y compris 6% MOE (Estimation stade AVP sur la base de la consultation d'entreprises de travaux spécialisées) Avec option de gestion sur la Phase 1 tenant compte d'une évacuation de 100% des ISDI | | 4 855 k€ H.T. |

Ces modifications n'influent pas sur les notations de chaque Scenario, selon les critères retenus (techniques et normatifs, économiques, environnementaux, socio-politiques, ainsi que juridiques et réglementaires) et le Bilan Coûts-Avantages est donc inchangé.

Le scenario retenu dans le présent PCT est le scenario 2 (gestion sur site des futurs déblais), qui retient une gestion sur site, cohérente avec l'ambition environnementale du projet et de développement durable du site, ainsi que le contexte urbain, les contraintes d'accessibilité du secteur, les attentes des riverains et les nuisances potentielles.

6.4 Sélection des dispositions constructives et identification des restrictions d'usage

6.4.1 Sélection des dispositions constructives

La méthodologie française vise en premier lieu à favoriser le traitement des sources.

Toutefois, au regard des contraintes techniques, environnementales et des analyses technico-économiques présentées dans le Plan de Gestion, le traitement de toute la pollution n'apparaît pas recevable dans les conditions techniques et économiques actuellement développées sur le site, selon le projet validé par la Ville et les services de l'Etat et pour lequel la Maitrise d'Ouvrage a sollicité le plan de relance pour équilibrer le projet déficitaire de plus de 8 millions d'euros. C'est dans ce cadre que des dispositions constructives et des restrictions d'usage sont intégrées au scénario de gestion, afin d'agir sur les transferts et les voies d'exposition.

La principale mesure de gestion constructive retenue compte tenu de la nature de la pollution consiste au recouvrement de l'intégralité de la surface des parcelles B et C à l'étude, ainsi que la parcelle A sur son emprise Nord⁶. Cette mesure, étant intégrée au projet d'aménagement, elle ne fera pas l'objet d'une analyse selon un BCA spécifique.

La mesure de recouvrement ne correspond pas à une artificialisation des sols sur le périmètre des parcelles C et A car il comprend la mise en œuvre d'une épaisseur de 0,5 m de terre. Concernant la parcelle B, le recouvrement est en lien avec la solution de confinement du massif après reprofilage, qui permet de limiter les transferts de particules aux milieux.

Rappelons qu'un type de confinement du massif, permettant de supprimer les transferts de particules éventuels, a été retenu, au regard :

- des conclusions de l'étude complémentaire de détermination des pollutions concentrées au sein du massif et particulièrement des conclusions de l'analyse de la mobilité des polluants (développé en paragraphe 4.1),
- des mesures de gestion des eaux de pluie et de ruissellement sur la place aménagée sur le crassier,
- et en l'absence de constat de circulation d'eaux horizontale au sein du massif lors des différentes phases d'investigations (ANTEA, VALGO et ERG).

Le système de confinement dédié sera dimensionné dans le détail dans le cadre de l'étude de conception.

Au niveau de la parcelle B, la solution de confinement et d'aménagement de la place du Belvédère va, certes, créer de l'artificialisation, mais elle permettra de limiter les transferts de particules en provenance du massif, qui ne sera plus disponible aux eaux météoriques ni au phénomène d'érosion maritime.

Aucune autre mesure constructive n'est prévue au regard de la qualité des gaz des sols connue et des conclusions de l'ARR. Conformément à la méthodologie une seconde campagne de gaz des sols sera réalisée, bien que les niveaux de concentrations en polluants volatils enregistrés dans les gaz des sols lors de la première campagne, soient peu susceptibles de varier suffisamment pour remettre en question des conclusions de l'ARR.

6.4.2 Identification des restrictions d'usage adaptées aux enjeux

Les restrictions d'usage servent à « informer sur les risques résiduels, encadrer les usages (notamment la réalisation de travaux ultérieurs comme par exemple l'intervention sur des canalisations), et pérenniser la conservation des informations sur l'état environnemental du site ».

Conformément aux préconisations du guide de la DGPR, la restriction d'usage retenue est la SUP car elle doit être favorisée et rien ne s'oppose à sa mise en œuvre (critère délai, nombre de propriétaire, acceptation du projet par le(s) propriétaire(s) et l'existence ou non d'un exploitant défaillant).

Un dossier de SUP sera mis en œuvre dans le cadre des deux scénarios de gestion étudiés. Les restrictions porteront sur les usages et activités possibles et préciseront que tout autre usage selon les secteurs sera soumis à études complémentaires préalables. Les objets sur lesquels elles porteront consisteront notamment en :

- L'interdiction de réaliser toute activité qui pourrait endommager un confinement mis en œuvre sur site,
- Le maintien de la pérennité du complexe de couverture,

⁶ Cette emprise intègre le Secteur de la Maison de maître, du bassin et des espaces verts attenants, ainsi que le Secteur au Nord du chemin, sur lequel est prévu l'aménagement de l'ensemble de bâtiments C et qui est également le siège d'une partie du stock de remblais (issus des opérations historiques de terrassements et de démolition). Le Secteur Sud du chemin jusqu'au canal de Marseille (correspondant à un espace de végétation spontanée, assimilable à la configuration de l'espace naturel des Calanques) n'est pas intégré (proposition d'une mesure de gestion cohérente avec les futurs usages de promenade et actions en cours sur l'espace naturel du Massif (opérations de phytostabilisation))

- L'interdiction de mettre en place des jardins potagers sur site en pleine terre (seuls des cultures en bac déconnectés des sols du site pourront être mises en œuvre),
- L'installation des canalisations d'eau potable en dehors des zones impactées ; le cas échéant, elles devront être métalliques et mises en place dans une tranchée de matériaux d'apport chimiquement inertes,
- Restrictions d'usages sur le domaine des Calanques dans la partie vouée à être rétrocédée au Parc National (parcelle A) : mise en place de panneaux d'information et obturation des accès à la cheminée rampante.
- Reprise des restrictions d'usages existantes (telles que la consommation de produits de la mer, la baignade, ...).

6.5 Rappel de la réglementation sur les contraintes juridiques

Outre les éléments présentés dans le Plan de Gestion, la nécessité de réaliser des dossiers techniques et réglementaires en lien avec la réalisation de travaux sur le DPM sera validé avec l'Administration (DREAL et la DDTM, gestionnaire du DPM), ainsi que la nécessité selon ce scénario (évalué comme le plus en adéquation avec le contexte) de supprimer la plage artificielle existante.

Pour rappel, le projet dans sa nature et sa conception s'applique à respecter l'objectif « zéro artificialisation nette », en s'inscrivant pleinement dans le renouvellement urbain et la densification de l'habitat, ainsi que la renaturation des espaces artificialisés laissés à l'abandon. Parmi les enjeux de l'artificialisation, le projet permettra de préserver la biodiversité par les traitements de phytostabilisation qui seront menés par les chercheurs de l'université. Le Maître d'Ouvrage et l'équipe de conception ont également la volonté d'intégrer au projet, en concertation avec Aix Marseille Université et la Ville de Marseille, des actions pour une gestion soucieuse de la biodiversité selon une approche intégrative rejoignant la pensée One Health (citons entre autres des espaces dédiés à des jardins verts, jardins partagés, l'analyse de la biodiversité et la sélection d'espèces adaptées, en s'inscrivant dans les actions en cours sur le périmètre de la Ville de Marseille et également au sein du Parc des Calanques).

7. ANALYSE DES RISQUES RÉSIDUELS

Aucune mise à jour de l'évaluation des risques sanitaires n'est requise dans le cadre du PCT. L'analyse des risques Résiduels sur la base de la connaissance de l'état des milieux connue à ce stade permet de mettre en évidence une compatibilité de l'état des milieux avec les usages projetés pour le risque par inhalation dans les bâtiments de plain-pied projetés au droit des parcelles A et C.

Par ailleurs, la mise en place des mesures de gestion et dispositions constructives retenues dans le Plan de Conception de Travaux permettra de supprimer les voies de transfert et d'exposition, il s'agit principalement de :

- La mise en place de recouvrement de surface et de confinement sur l'ensemble des parcelles C, B et A sur son secteur Nord, pour supprimer le risque d'exposition par contact direct des futurs usagers du site., ainsi que l'entretien / le maintien de l'intégrité des recouvrements à long terme ;
- Le maintien du couvert végétal (pour limiter les envols de poussières) dans le secteur Sud de la parcelle A, qui correspond à un espace de végétation spontanée, assimilable à la configuration de l'espace naturel des Calanques, plus éloigné des futurs logements et à usage futur de promenade. Des opérations de traitement par phytostabilisation sont prévues⁷ sur ce secteur Sud
- Le confinement du massif remodelé dans le cadre des opérations d'aménagement sur la parcelle B, afin de supprimer les voies de transfert au sable de la plage et au milieu marin
- L'aménagement, dans des sols non impactés par des composés volatils ou dans un lit de matériaux d'apports sains, des réseaux d'adduction d'eau pour supprimer tout risque d'ingestion d'eau potable pour les futurs usagers du site ;
- La restriction de l'usage potager à des cultures hors sols uniquement sur l'emprise du projet (autoproduction autorisée exclusivement en bac déconnectés des sols en place).
- Cheminée rampante sur le linéaire :
 - o Les travaux de gestion des encroutements sur le linéaire aérien (estimation de travaux par l'entreprise ORTEC : réalisation de nettoyages par brossage interne de la cheminée, stockage en benne et orientation en ISDD + Stabilisation des encroutements ou stabilisation au sol en grave ciment) permettront de supprimer les pollutions concentrées à l'intérieur du linéaire aérien de la cheminée rampante
 - o Les travaux complémentaires d'obturation des accès aux tronçons de cheminée (portes et ouvertures latérales) avec des grilles en fer forgé plein galvanisé, ainsi que les opérations d'obturation des trous sur le linéaire de cheminée du site, par béton maçonné manuellement, permettront de supprimer le risque d'exposition des promeneurs par contact direct dans la cheminée (encroutements résiduels éventuels).

Remarque : La mise en place de traitement par phytostabilisation dans les sols de surface le long du linéaire de la cheminée rampante de la parcelle A, est également prévu pour fixer les polluants métalliques, en cohérence avec les actions en cours.

⁷ Actions sur le secteur Sud de la parcelle A, en cohérence avec les actions en cours dans le Parc des Calanques. L'accès au secteur Sud de la parcelle A sera limité par une clôture pendant la phase de pilote et d'évaluation de la performance de la technique de phytostabilisation.

8. SOLUTION DE GESTION PROPOSÉE POUR LA RÉHABILITATION DU SITE

8.1 Programme de travaux retenu

Le programme des travaux proposés et son chiffrage sont présentés dans le tableau sous-jacent.

Programme des travaux et enveloppe budgétaire

| | Détails des travaux prévus | Fourchette des coûts basse (k€ H.T.) | Fourchette des coûts haute (k€ H.T.) |
|--|---|--------------------------------------|--------------------------------------|
| MOE travaux en phase conception, DCE et RAO | Pré-études, études complémentaires et conception, DCE et RAO | 300 | 340 |
| Parcelle B | <p>Travaux de terrassement par phase, selon le prédimensionnement retenu en paragraphe 5.2.</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Terrassement en déblais par talutage des zones excédentaires en matériaux (de l'ordre de 5 000 m³ de matériaux) ⇒ Terrassements par passes alternées en pied des talus de déblais et réalisation simultanée de l'ouvrage en pied ⇒ Terrassements en remblais dans les zones déficitaires en matériaux, par la mise en œuvre des déblais extraits dans la phase 1, principalement en partie Nord, depuis la côte + 9 m NGF à l'aval, et jusqu'à la côte de la future esplanade à l'amont (à environ + 17 m NGF) <p>Optimisation des travaux par la réalisation simultanée des terrassements en déblais de la phase 1, et des terrassements en remblais de la présente phase 3 à partir des matériaux extraits, de manière à limiter le stockage des déblais sur site, et ainsi les contraintes liées à la gestion de ces matériaux stockés avant leur réutilisation.</p> <p>Prédimensionnement des travaux selon une cadence de 150 à 250 m³/jours de matériaux terrassés et réemployés. Durée de travaux estimé à 40 à 60 jours pour le remodelage, au moyen de 1 pelle et deux camions à l'excavation et de 1 pelle +/- 1 bull à la mise en forme.</p> <p>Gestion des eaux météoriques en phase travaux et des nuisances tel que défini dans les paragraphes 5.4, 6.1 et 6.2, et repris dans le présent chapitre.</p> <p>Confinement du massif au moyen d'un dispositif adapté sur la base des conclusions présentées en paragraphe 5.2.3.</p> | 3 470 | 4 000 |

| | Détails des travaux prévus | Fourchette des coûts basse (k€ H.T.) | Fourchette des coûts haute (k€ H.T.) |
|--|--|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Parcelles C et A | Phase préliminaire de purge des pollutions concentrées - pollutions de surface impactée en HCT, HAP ou cyanures, qui sera produit en déblais et géré hors site en filière(s) autorisée(s). Volume de source estimé entre 500 et 1 000 m3 (800 m3 retenu à ce stade) Coût estimatif de gestion en filières autorisées | 240 | |
| Parcelles C et A | Travaux de terrassement selon le phasage retenu en paragraphe 5.3. ⇒ Terrassement de Phase 1 dans le secteur Sud-Est, au niveau de matériaux majoritairement réputés inertes, mais en limite avec le groupe scolaire. Pendant cette phase, aménagement des jardins remblai paysager, intégrés au projet, pour permettre un réemploi en flux tendu des déblais de phase 2 et 3. A partir de cette phase, installations de l'unité de criblage / concassage en confinement sur site dans bâtiment Les déblais inertes pourront être évacués hors site en flux tendu (solution retenue dans le dimensionnement au stade AVP) ou maintenus sur site (uniquement sous réserve de leur mise en stockage sécurité, bâché pour supprimer tout risque d'envol de poussières) ⇒ Terrassements de Phase 2 des voiries et VRD concernant des secteurs étendus essentiellement sur la plateforme industrielle historique avec des déblais de qualité très hétérogène. ⇒ Terrassements de Phase 3 au niveau du futur bâtiment B, secteur d'entreposage des déblais issus des démolitions en lien avec l'aménagement de la STEP sur site. Suivi des travaux de terrassements sur les Phases 2 et 3 par MOE afin de trier les matériaux et valider leur gestion en fonction de la qualité en ETM (utilisation outil de suivi de type Niton et résultats du tri analytique de phase de conception de projet) Mise en œuvre de la mesure constructive de recouvrement des espaces de pleine terre par une épaisseur de 0,5 m de terre saine compactée (sur la base d'une cadence de 800 m ² de surface traitée et mis en œuvre par jour, soit 40 jours de travaux) Optimisation des travaux par la réalisation en flux tendu des terrassements et réemplois sur site, de manière à limiter le stockage des déblais sur site, et ainsi les contraintes liées à la gestion de ces matériaux stockés avant leur réutilisation. Prédimensionnement des travaux selon une cadence de 250 à 300 m3/jours de matériaux terrassés et réemployés. Durée de travaux estimé au stade du PCT à 105 jours effectifs de travaux pour la gestion de 18 000 m3 de matériaux en place et le réemploi de 22 400 m3 de matériaux foisonnés, au moyen de 1 pelle et deux camions à l'excavation et de 1 pelle +/- 1 bull à la mise en forme. Travaux sur la cheminée rampante historique au droit du site Gestion des eaux météoriques en phase travaux et des nuisances tel que défini dans le paragraphe 4.4 et repris dans le présent chapitre. | 3 230 | |
| Gestion de chantier | - Maîtrise d'œuvre et assistance technique pour les travaux de réhabilitation - Surveillances environnementales tel que précisé dans le paragraphe 8.2 | 270 | 300 k€ |
| Suivi post-réhabilitation | - Rédaction d'un dossier de restriction d'usage et servitudes - Surveillance environnementale post travaux tel que précisé dans le paragraphe 8.2 | 20 k€ | 30 k€ |
| TOTAL GENERAL y compris le contrôle extérieur, la mise en place de base de vie et aléas sur le montant travaux et la MOE | | 10 920 k€ | 11 800 k€ |

8.2 Surveillance de la qualité des eaux souterraines

Le suivi de la qualité des eaux souterraines sera réalisé pendant les travaux et après ceux-ci, sur une période de trois mois. Il est proposé le programme de surveillance suivant dans la mesure où un niveau d'eau mesurable serait recoupé.

- Exploitation du réseau de suivi existant : constitué de 3 ouvrages de surveillance d'une profondeur de 20 m environ (positionnés en aval, en limite de site) ; pas d'ouvrage en amont les deux forages profonds réalisés s'étant avérés secs.
- Programme analytique : les métaux, HCT, HAP et Cyanures.
- Fréquence de suivi :
 - o Surveillance mensuelle pendant toute la durée des travaux de terrassement et durant 3 mois au-delà des dernières excavations ou remblaiements (hors terres d'apport saine au niveau des secteurs non revêtus) liés aux travaux de requalification du site,
 - o En fonction des résultats obtenus évaluation de la nécessité de poursuite d'une surveillance.

Les résultats de cette surveillance environnementale seront transmis régulièrement à l'administration sous 2 semaines après la réalisation des prélèvements.

Enfin, les eaux souterraines ne représentent pas une ressource en eau localement (eaux salines et absence de captages vulnérables).

8.3 Surveillance de la qualité de l'air (poussières) hors site

Le suivi de la qualité de l'air sera réalisé pendant les travaux et après ceux-ci, selon un dimensionnement qui sera défini en phase de conception Projet avec l'accompagnement d'ATMOSUD et sur la base de l'année de surveillance de « point zéro avant chantier » actuellement en cours hors site et qui sera clôturée en septembre 2020.

Notons dans ce cadre que les données seront communiquées à l'Administration et également aux riverains très régulièrement. L'inspecteur DREAL sera tenu informé dans les plus brefs délais de tout incident de nature à porter atteinte à la qualité de l'air ou de tout résultat anormal observé lors de ce suivi, ainsi que des éventuelles mesures correctives d'urgence ou plans d'action proposés pour palier à la situation.

8.4 Communication auprès des riverains

Il est prévu de poursuivre la communication auprès des riverains, afin de présenter le dimensionnement des travaux au stade du PCT et les mesures de gestion des nuisances qui seront mises en place (Cf. paragraphe 4.4) vis-à-vis de l'envol de poussières et les nuisances sonores.

Il est par ailleurs prévu de monter un comité ad hoc de suivi durant le chantier composé de 3 collègues à parité pour débattre de la gestion de chantier (avancement des travaux et points marquants avec les représentants des CIQ, la MOE/MOA et association (FNE, etc.).

8.5 Modalités opérationnelles en phase chantier

8.5.1 Clôture et gardiennage

Durant toute la durée du chantier, il sera mis en place une signalisation adaptée en regard des dangers potentiels présentés par :

- L'entrée et la sortie des véhicules du chantier (panneaux « chantier interdit au public », « port du casque obligatoire » implantés dans l'emprise de la zone de travaux), la présence de travaux, de mouvements d'engins et de véhicules sera ainsi clairement signalée aux limites des chantiers ;
- L'installation des pictogrammes adaptés aux différentes zones du chantier ;
- L'installation d'un panneau d'information à l'emplacement fixé par le Maître d'Ouvrage conforme à la législation en vigueur signalant le déroulement d'un chantier de réhabilitation ;
- L'interdiction de fumer ou de manger sur site ;
- Le port des EPI obligatoires sur le site ;
- L'interdiction de pénétrer dans les zones en cours d'excavation ou de remblaiement.

Un barriérage sera également mis en place pour permettre :

- La sécurisation du site, des travailleurs et des équipements présents sur le site vis-à-vis des tiers ;
- De garantir un accès contrôlé permanent aux entreprises intervenantes ;
- De garantir la non-intrusion de personnes non autorisées sur la zone de travail.

8.5.2 Gestion des nuisances

| | |
|--|--|
| Propreté du chantier et des voies d'accès | Le chantier sera tenu dans un état de propreté permanent : tous les moyens seront mis en œuvre pour n'engendrer aucune nuisance sur les propriétés avoisinantes du site et sur les routes d'accès. Les camions sortant de la zone seront rincés de manière à ne pas répondre de poussières contaminées en dehors de la zone de chantier. |
| Gestion des déchets | Les différents déchets éventuellement générés pendant le chantier seront triés, stockés, étiquetés et évacués vers une filière de traitement adaptée en cours de chantier de façon à éviter leur accumulation et garantir la bonne propreté du chantier. La traçabilité des évacuations sera assurée via l'émission de Bordereaux de Suivi de Déchets (BSD). |
| Bruit | Le chantier se conformera à la réglementation en vigueur et les nuisances sonores seront limitées par l'adaptation des horaires de travail au voisinage (7h30 à 18h00 du lundi au vendredi) et l'emploi d'engins produisant un niveau sonore de 85 dB maximum. |
| Gestion des poussières | Les émissions de poussières seront limitées par la mise en place des mesures de gestion retenues dans le cadre de l'étude FLUIDYN ainsi que le phasage travaux induit et retenu, tel que détaillé dans le paragraphe 4.4 du présent PCT. Le personnel employé à la dépollution du site sera pourvu d'équipements de protection spécifique (masques, gants, vêtements couvrants) afin de se protéger des envols de poussières et du contact direct avec les sols impactés. |
| Rejets liés au chantier | Tout rejet dans l'environnement, non traité ou non autorisé, sera interdit. Par ailleurs, les engins et matériels de chantier seront inspectés et maintenus en bon état afin qu'il ne puisse être à l'origine d'une pollution. Plusieurs kits anti-pollution avec absorbants seront disponibles en permanence sur le chantier afin de pouvoir pallier à une éventuelle fuite ou un éventuel déversement accidentel. |

Pour rappel, l'environnement immédiat du site est très sensible, de par la localisation de celui-ci en zone urbanisée, à proximité immédiate d'ETS. Un comité ad hoc est prévu, qui comprendra des représentants des CIQ pour piloter le dispositif de surveillance du chantier. Il est par ailleurs précisé que les travaux de dépollution pourront être interrompus au regard des conditions météorologiques (vitesse de vent maximale pour les travaux fixée à 50 km/h) et des résultats de la surveillance des milieux hors site.

De plus, tout enregistrement d'un impact aux milieux extérieurs et/ou retombées de poussières aux abords du chantier, (au regard des hypothèses retenues pour l'EQRS et des seuils qui en découleront en phase de conception de projet), constituera un point d'arrêt dans les travaux, qui ne pourra être levé que par la mise en œuvre des actions correctives idoines en concertation, sous réserve de validation par la MOE et sous son contrôle.

Le protocole d'arrêt, les délais de mise en œuvre des mesures compensatoires et la levée des points d'arrêt, ainsi que l'analyse des causes, seront définis en phase de conception de projet.

La durée prévisionnelle des travaux sur les parcelles A et C d'une part et la parcelle B d'autre part sont respectivement de 3 et 2 mois et se dérouleront sur la période d'octobre à avril.

8.6 Phasage, contrôle et récolement des travaux

8.6.1 Phasage des travaux

Afin de gérer les risques de coactivité et de s'affranchir des problématiques géotechniques liées aux bâtiments destinés à être partiellement démolis, il est prévu de réaliser les travaux de purge des sources concentrées, après les travaux de curage, de désamiantage et de démolition. Les réseaux présents à proximité des fouilles prévues pourront être déviés préalablement aux travaux d'excavation.

8.6.2 Procédures de contrôle en cours de chantier

| | |
|--|---|
| <p>Contrôle du niveau résiduel de pollution</p> | <p>Les zones de purge et secteurs excavés présentant de fortes teneurs en ETM notamment seront réceptionnées <u>lorsque cela est possible</u> sur la base d'échantillon de paroi et fond de fouille. Le protocole d'échantillonnage proposé, sous réserve d'accessibilité, c'est-à-dire en cas d'excavation <u>avec talutage</u>, est le suivant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Échantillonnage moyen sur la base de 4 prélèvements unitaires répartis sur une surface maximale de 100 m² pour les fonds de fouille et 50 m² pour les bords de fouille ; - Réalisation d'échantillon à une profondeur minimale de 30 cm afin de préserver les composés volatils éventuellement présents. <p>Le programme analytique envisagé comprendra : les métaux, HCT, HAP et Cyanures.</p> <p>Des doublons seront conservés pour analyse ultérieure sur demande des Autorités.</p> <p>En cas de blindage, des échantillons ne pourront pas être collectés et les travaux seront arrêtés sur la base des dimensionnements de sources et des indices organoleptiques en phase travaux.</p> |
| <p>Contrôle des mouvements de terres et matériaux</p> | <p>Les mouvements de terres ou matériaux sur site seront identifiés et documentés afin de connaître :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Leur origine (hors site ou sur site : repérage des lots selon une nomenclature spécifique au chantier) ; - Leurs caractéristiques (caractérisation chimique et géotechnique le cas échéant) ; - Leurs destinations : <ul style="list-style-type: none"> o Hors site : émissions de Bordereaux de Suivi de Déchets (BSD) pour les matériaux sortant du site et destinés à des centres de stockage agréés, o Sur site : repérage des zones de remblaiement selon nomenclature spécifique au chantier. |

8.6.3 Récolement des travaux

A la fin des travaux, un dossier de récolement sera rédigé. Il rassemblera notamment certificats, bordereaux, relevés, mesures, procès-verbaux, plans, et toute pièce disponible jugée utile pour la compréhension de l'état des sols et des eaux souterraines au droit du site. Ce dossier réunira en particulier les pièces suivantes :

- La description des travaux et des moyens mis en œuvre ;
- L'historique de l'exécution des travaux ;
- Les plans d'exécution ;
- Les notes techniques de dimensionnement des excavations ;
- Le bilan quantitatif et qualitatif des déchets produits et éliminés (par type de matériaux et lieux de traitement) y compris BSD ;
- Le bilan des matériaux déblayés et remblayés accompagné d'un plan de localisation permettant d'assurer une traçabilité des mouvements de terres ;
- Les quantités de matériaux livrés sur site (par type de matériaux et lieux d'origine) ainsi que les bons de livraison des matériaux ;
- Les analyses chimiques réalisées sur les matériaux d'apport et les analyses de contrôle des bords et fonds de fouille ;
- Les observations en cours de chantier, incidents... ;
- Les résultats analytiques interprétés de la surveillance environnementale du chantier (dont le milieu eaux souterraines).
- Le résultat de la surveillance des milieux, y compris le suivi des poussières et contrôles ATMOSUD
- Quitus de réception des travaux auprès des services de la DREAL.

8.6 Restrictions d'usage

A l'issue des travaux de réhabilitation, il est prévu un contrôle du niveau résiduel de pollution des sols et la vérification de la compatibilité des concentrations résiduelles avec l'usage logement projeté sur les parcelles C et A. Cependant, des précautions et restrictions d'usage des sols seront nécessaires afin de pérenniser les mesures constructives mise en œuvre sur le long terme, ainsi que la conservation en mémoire de l'état résiduel des milieux.

Les servitudes relatives à l'usage du sol et du sous-sol ont pour finalité de restreindre les possibilités d'affectation des sols à certaines activités, voire d'interdire totalement ou partiellement les possibilités de construire dans la ou les zones qu'elles délimitent. Elles peuvent également fixer les prescriptions techniques particulières auxquelles seront subordonnées les autorisations de construire. Enfin, elles ont pour objet d'interdire, de limiter ou de n'autoriser que sous certaines conditions les travaux susceptibles d'affecter le sous-sol (terrassment, affouillement, remaniement des sols, foration de puits et forages autres que ceux destinés à la surveillance des eaux souterraines et des sols).

Notamment, les prescriptions suivantes peuvent être anticipées :

- Interdiction de réaliser des constructions autres que pour l'usage défini sans réalisation d'un plan de gestion adapté au préalable ;
- Interdiction de faire passer des réseaux enterrés dédiés au transport d'eau potable dans les zones impactées sans précaution particulière et études préalables ;
- Interdiction de produire des végétaux consommables en pleine terre ;
- Interdiction de plantations autres que purement décoratives ;
- Obligation de conserver les imperméabilisations de surfaces existantes et recouvrements des sols de surface et de les maintenir en bon état ;
- Interdiction d'infiltrer les eaux au droit du site ;
- Interdiction de toutes constructions et travaux nécessitant la réalisation d'affouillements (fouilles, trous, tranchées, réalisation de fondations > 0.5m) sans réalisation d'une étude de sols préalable ;
- En cas de travaux de remaniement des sols (excavation de sols, réalisation de fondations, ...), un examen de sols devra être réalisé. Si nécessaire, des mesures relatives à la santé, à l'hygiène, à la sécurité et à la prévention des éventuels transferts de pollution devront être prises, en particulier, afin d'assurer la protection du personnel réalisant les travaux et des tiers. Des mesures de gestion des terres excavées seront également prises (évacuation des terres impactées dans les filières de traitement appropriées).



Toute personne amenée à réaliser des travaux susceptibles de toucher les sols devra être sensibilisée aux règles de préservation des sols et du sous-sol.

Notons qu'à ce stade aucune restriction sur le milieu eaux souterraines n'est envisagé.

9. SYNTHÈSE, CONCLUSIONS ET PRECONISATIONS

La SFPT MANTE, a mandaté ERG ENVIRONNEMENT pour la réalisation d'un Plan de Conception de Travaux (PCT) au droit des parcelles A et C, ainsi que de la parcelle B de l'ancien site LEGRE MANTE, localisées dans le 8^{ème} arrondissement de la ville de MARSEILLE (13).

Cette mission s'inscrit dans le cadre d'une requalification de l'ancien site industriel pour le développement d'un ensemble immobilier, ainsi que pour l'aménagement de la parcelle B, accueillant le crassier existant (qui est rattaché à l'usine).

Le présent Plan de Conception de Travaux fait suite au Plan de Gestion du site 17LES038Ab/MOK/42333 en date du 15/10/18, qui a été réalisé conformément aux prescriptions de l'arrêté préfectoral 2017-199-PC du 20/09/2017 ; il a pour objectif de :

- Présenter et interpréter les essais pilotes et études spécifiques déployées, y compris les éléments connexes (comme les aspects géotechniques et la gestion des nuisances en phase travaux),
- Définir la faisabilité des scénarios de gestion et mesures étudiées au Plan de Gestion
- Mettre à jour, le cas échéant, des éléments déjà présents dans le plan de gestion (notamment le bilan coûts-avantages, l'ARR prédictive, les modalités de contrôle et de surveillance et les restrictions d'usage)
- Définir, parmi les scénarios de gestion précédemment étudiés, la proposition de la solution à mettre en œuvre pour les travaux et la dimensionner (y compris définir les modalités des travaux de terrassement / envol des poussières et de gestion des poussières).

La méthode d'étude s'appuie, point par point, sur les préconisations des textes du Ministère de l'Environnement relatifs aux Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués établis en avril 2017.

9.1 Synthèse du Plan de Conception de travaux

9.1.1 Projet d'aménagement mis à jour

Le projet d'aménagement finalisé au stade du PCT tient compte de :

- Sur les parcelles C et A : la conservation du projet retenu initialement d'un point de vue des problématiques de Sites et Sols Pollués, avec une optimisation des ventilations en déblais remblais ainsi que de certains usages de bâtiments
Les évolutions de projet sur les parcelles C et A ne remettent pas en cause les scénarios de gestion étudiés dans le cadre du Plan de Gestion
- Sur la parcelle B : le nouveau projet prévoit la réalisation d'une esplanade piétonne, dénommée Place du Belvédère. Ce projet entre dans le cadre du projet global de réhabilitation et d'aménagement de la friche industrielle du site Legré Mante
Les besoins en stationnement pour le nouveau projet d'aménagement ont été revus à la baisse par la nouvelle municipalité qui demande de limiter les zones de parking et leur nombre (en ligne avec les actions pour le mode de déplacement doux dans le secteur). Aussi, le projet d'aménagement de la parcelle B ne nécessite-t-il plus la création d'un parking en sous-sol, initialement prévu au sein du crassier et aucune purge du massif n'est donc à considérer pour l'aménagement de la parcelle.
Dans ce contexte, les modifications de projet remettent en question les hypothèses retenues dans le Plan de Gestion et scénarios qui en découlent. Le chapitre suivant présente la mise à jour de l'étude des solutions de gestion pour la parcelle B.

9.1.2 Démarche complémentaire de détermination des pollutions concentrées sur la parcelle B

Une analyse complémentaire des données de diagnostic existantes sur le crassier a été menée, et a permis de définir que :

- Les matériaux de Remblais Industriels peuvent être considérés comme les matériaux renfermant intrinsèquement une pollution concentrée en arsenic et en plomb, qui est très peu à pas lixiviable
- Les teneurs en cyanures totaux enregistrées dans le massif sont réparties d'une manière hétérogène dans les matériaux de surface du secteur Ouest. Elles sont en outre à relativiser au regard de la concentration maximale enregistrée de 260 mg/kg MS, de la stabilité des ferrocyanures, de la présence uniquement à l'état de trace de cyanures libres (inférieur 1 mg/kg MS), ainsi que de l'absence d'impact en cyanures du milieu marin vulnérable (non détection systématique dans les eaux, les sédiments et les oursins lors de la campagne de 2017).

Cette analyse a permis de mettre à jour les scénarios de gestion à retenir sur la parcelle B.

9.1.3 Essais de faisabilité et études techniques connexes

Les études de faisabilité et de traitabilité, ainsi que les études connexes d'avant-projet se sont avérées nécessaires au titre du PCT, conformément à la méthodologie nationale, afin de valider les solutions de gestion retenues :

- Sur la parcelle B :
 - o Étude de faisabilité pour la protection par enrochements vis-à-vis du phénomène d'érosion maritime
 - o Étude géotechnique de stabilisation et de réhabilitation du remblai de crassier en vue de la réalisation d'une esplanade (place du Belvédère)
 - o Étude de solution d'étanchéité / de confinement du massif
- Sur les parcelles A et C :
 - o Essais en laboratoire de stabilisation / solidification
 - o Étude de mise en œuvre, faisabilité et renforcement, de maintien et de transformation des ouvrages historiques
 - o Etude de Gestion des sources de pollution concentrées en hydrocarbures, cyanures et mercure (purge des sources sols et conservation en mémoire de la qualité résiduelle)
 - o Etude de Gestion des pollutions diffuses en ETMM par confinement et phytostabilisation
- Sur l'ensemble des parcelles : Mesures de gestion des poussières et méthodologies induites de travaux et de terrassement

Les différentes études, ainsi que l'analyse selon un bilan coûts-avantages détaillé pour la parcelle B ont permis de mettre à jour les mesures de gestion à retenir suivantes.

| Projet | | SOLUTION RETENUE DANS LE PCT | LIMITE(S) / CONTRAINTES A RETENIR |
|---------------------|--|--|--|
| PARCELLE B CRASSIER | AMENAGEMENT DU CRASSIER | Mise en œuvre d'un ouvrage de défense, qui sera positionné en avant du crassier actuel, pour décaisser le moins de matériaux du crassier et générer le moins de nuisance. Prolongement de l'ouvrage au-delà de la limite cadastrale (en latéral Ouest), afin de garantir son efficacité et d'éviter tout désordre localement sur les zones non protégées. | Les contraintes réglementaires en lien avec la limite du Domaine Public Maritime (DPM), non déterminée à notre connaissance sur cette parcelle, devront être identifiées et prises en compte avec le gestionnaire (DDTM) et en concertation avec la DREAL. |
| | | Le projet d'aménagement du crassier avec création d'une place (La place du Belvédère) le long de l'avenue de la Madrague de Montredon, permettant un accès à la mer apparait faisable et techniquement optimisée, selon la solution retenue de positionnement de l'ouvrage de protection à l'aval du crassier actuel. Mise en œuvre du reprofilage et des terrassements selon le phasage et les préconisations retenus dans l'étude géotechnique. De manière à limiter le stockage des déblais sur site, et ainsi les nuisances et contraintes liées à la gestion de ces matériaux stockés avant leur réutilisation → réalisation simultanée des terrassements en déblais de la étape 1, et des terrassements en remblais de la étape 3, à partir des matériaux extraits (mouvements des terres en déblais/remblais en flux tendu et pratiquement à l'équilibre) | La justification du talus en remblais renforcés sera réalisée dans le cadre des études de conception G2 puis d'exécution G3, en considérant un remblai renforcé dimensionné, exécuté et contrôlé suivant de la norme NF G 038-064. Les volumes de déblais/remblais, associés à la géométrie des terrassements envisagés, seront affinés et potentiellement optimisés en phase de conception G2 puis d'exécution G3. Vigilance sur la gestion des eaux en phase chantier, qui devront faire l'objet d'un captage et d'une évacuation vers l'aval, afin d'éviter tout ruissellement ou infiltration. |
| PARCELLE B CRASSIER | AMENAGEMENT DU CRASSIER | Le confinement du massif retenu consiste en la mise en œuvre d'un Dispositif limitant les transferts de poussières. Le massif sera recouvert en totalité, soit par le dallage de la place, soit par les parements végétalisés et/ou gabions, etc. | Les vérifications de la qualité du dispositif et de la bonne réalisation de sa pose sont réalisées par un bureau de contrôle ou une société de vérification. Entretien long terme du dispositif |
| PARCELLES C ET A | GESTION SUR SITE DES MATERIAUX IMPACTES EN ETM | La stabilisation/solidification peut être retenue d'un point de vue purement chimique pour la gestion des terres excavées sur les parcelles A et C. | L'étude complémentaire de faisabilité en termes de stabilité des ouvrages historiques a été réalisée par la société FREYSSINET |
| | PRESERVATION DE LA CHEMINÉE RAMPANTE | Les conclusions de l'étude ont mis en évidence que la solution de confinement de la cheminée rampante par injection de matériaux stabilisés sur son linéaire aérien n'est pas envisageable, selon les principes de proportionnalité et bilan coûts-avantages, dans le cadre du périmètre actuel du projet, en variante aux solutions classiques de protection des ouvrages. Des solutions classiques de mise en sécurité des ouvrages sur leurs linéaires aériens seront mises en œuvre La solution retenue tient compte d'une gestion des encroutements sur le linéaire de la cheminée (nettoyages par brossage, récupération des résidus et mise en filières des encroutements ou stabilisation au sol en grave ciment) | Sans objet : Solution de comblement non retenue |

| | | |
|---|---|--|
| <p>TERRASSEMENTS POUR L'AMENAGEMENT DES PARCELLES</p> | <p>Les solutions de gestion des poussières qui sont apparues efficaces et pertinentes sont retenues dans le PCT pour le chantier, car elles apportent un bénéfice en terme d'abattement des poussières jusqu'à 80% selon les conditions de vents et permettent que les travaux impactent faiblement l'environnement du site, quelles que soient les conditions météorologiques : il s'agit d'arroser les zones traitées, asperger les pistes, brumiser les zones en activité, limiter les surfaces ouvertes avec utilisation quotidienne de liant cellulosique, bâcher les camions, limiter les vitesses de circulation des engins et les distances parcourues et laver les roues des engins. Le PCT retiendra la vitesse de 50 km/h de vent, comme limite pendant les phases de travaux.</p> <p>Les résultats des simulations de l'impact en poussières ont constitué les données d'entrée de l'évaluation quantitative des risques sanitaires dans l'environnement du chantier, dont les conclusions ont permis de valider l'efficacité et l'adéquation des mesures de mitigation des poussières retenue dans le cadre de la modélisation. Compte tenu du caractère très sécuritaire de l'étude de risques (qui retient, pour tout le chantier, le fort impact modélisé pour les travaux de la parcelle B), les mesures de mitigations pourront être adaptées en ce qui concerne les phases 1 à 3 de travaux (sur les parcelles A et C), en phase de conception de projet et en fonction notamment des enregistrements de la surveillance des poussières hors site en phase travaux. Les possibilités d'adapter les mesures de mitigations seront étudiées en s'assurant de respecter les seuils réglementaires.</p> | <p>Les paramètres chantier retenus pour définir les concentrations dans l'air et les dépôts au sol hors site lors des travaux devront être respectés. Toute modification de la conception des travaux, susceptible de modifier les impacts en poussières devra faire l'objet d'une reprise de la modélisation et d'une nouvelle évaluation des risques sanitaires, le cas échéant.</p> |
|---|---|--|

9.14 Mise à jour des mesures de gestion

| | |
|--------------------------------|--|
| <p>Parcelles A et C</p> | <p>Les hypothèses retenues au Plan de Gestion dans les conceptions de travaux se sont avérées toutes faisables et validées (hors remplissage des ouvrages historiques avec des matériaux préalablement stabilisés/solidifiés), à l'issue des essais et études connexes, sur l'emprise des parcelles A et C.</p> <p>Dans ce contexte, il apparaît que la mise à jour concerne essentiellement les volumes de déblais à gérer, qui impactent uniquement le coût de gestion sur le scénario 1 (gestion hors sites en filière(s) autorisée(s) des futurs déblais).</p> <p>Ces modifications n'influent pas sur les notations de chaque Scénario, selon les critères retenus (techniques et normatifs, économiques, environnementaux, socio-politiques, ainsi que juridiques et réglementaires) et le Bilan Coûts-Avantages est donc inchangé.</p> <p>Le scénario retenu dans le présent PCT est le scénario tenant compte de la gestion sur site des futurs déblais, cohérente avec l'ambition environnementale du projet et de développement durable du site, ainsi que le contexte urbain, les contraintes d'accessibilité du secteur, les attentes des riverains et les nuisances potentielles. Les mesures de gestion comprennent également la purge des sources concentrées (y compris sources profondes) et la gestion en filière(s) autorisée(s) des matériaux, ainsi que le confinement sur site de la pollution diffuse en ETM avec conservation en mémoire et le traitement par phytostabilisation sur la partie Sud de la parcelle A.</p> |
|--------------------------------|--|

| | |
|--------------------------|--|
| <p>Parcelle B</p> | <p>Selon le Bilan Coûts-avantages, il apparaît que les scénarios alternatifs de suppression des pollutions concentrées permettent la libération du DPM, l'enlèvement des sources concentrées et diffuses (pour partie) avec des contraintes et nuisances certaines, en phase travaux et un bilan carbone très défavorable.</p> <p>En revanche, ces scénarios de purge de la pollution concentrée constituent des options non réalistes de dépollution, notamment du fait de la durée des travaux, du nombre de camions mis sur la route, du bilan carbone catastrophique et des coûts exorbitants associés qui condamnent le projet de reconversion.</p> <p>L'analyse multicritères aboutit à un score global, nettement plus élevé pour le scénario de maîtrise des pollutions (2b2) avec mise en place d'un ouvrage de protection contre l'érosion marine sur l'emprise du DPM.</p> <p>Les solutions de gestion retenues sur la parcelle B, permettent l'aménagement de la parcelle en place publique (évolution du projet par rapport au Plan de Gestion), tout en garantissant la stabilisation et le confinement du volume de crassier en place.</p> <p>Notons que les coûts de gestion de ce scénario ne permettent pas d'équilibrer le bilan financier global de l'opération d'aménagement, sans l'obtention d'aide financière de l'Etat au titre du fond friche.</p> |
|--------------------------|--|

9.1.5 Analyse des Risques Résiduels

Aucune mise à jour de l'évaluation des risques sanitaires n'est requise dans le cadre du PCT. L'analyse des risques Résiduels sur la base de la connaissance de l'état des milieux connue à ce stade permet de mettre en évidence une compatibilité de l'état des milieux avec les usages projetés pour le risque par inhalation dans les bâtiments de plain-pied projetés au droit des parcelles A et C.

Par ailleurs, la mise en place des mesures de gestion et dispositions constructives retenues dans le Plan de Conception de Travaux permettra de supprimer les voies de transfert et d'exposition, il s'agit principalement de :

- La mise en place de recouvrement de surface et de confinement sur l'ensemble des parcelles C, B et A sur son secteur Nord, pour supprimer le risque d'exposition par contact direct des futurs usagers du site., ainsi que l'entretien / le maintien de l'intégrité des recouvrements à long terme ;
- Le maintien du couvert végétal (pour limiter les envols de poussières) dans le secteur Sud de la parcelle A, qui correspond à un espace de végétation spontanée, assimilable à la configuration de l'espace naturel des Calanques, plus éloigné des futurs logements et à usage futur de promenade. Des opérations de traitement par phytostabilisation sont prévues⁸ sur ce secteur Sud
- Le confinement du massif remodelé dans le cadre des opérations d'aménagement sur la parcelle B, afin de supprimer les voies de transfert au sable de la plage et au milieu marin
- L'aménagement, dans des sols non impactés par des composés volatils ou dans un lit de matériaux d'apports sains, des réseaux d'adduction d'eau pour supprimer tout risque d'ingestion d'eau potable pour les futurs usagers du site ;
- La restriction de l'usage potager à des cultures hors sols uniquement sur l'emprise du projet (autoproduction autorisée exclusivement en bac déconnectés des sols en place).
- Cheminée rampante sur le linéaire :
 - o Les travaux de gestion des encroutements sur le linéaire aérien (estimation de travaux par l'entreprise ORTEC : réalisation de nettoyages par brossage interne de la cheminée, stockage en benne et orientation en ISDD + Stabilisation des encroutements ou stabilisation au sol en grave ciment) permettront de supprimer les pollutions concentrées à l'intérieur du linéaire aérien de la cheminée rampante
 - o Les travaux complémentaires d'obturation des accès aux tronçons de cheminée (portes et ouvertures latérales) avec des grilles en fer forgé plein galvanisé, ainsi que les opérations d'obturation des trous sur le linéaire de cheminée du site, par béton maçonné manuellement, permettront de supprimer le risque d'exposition des promeneurs par contact direct dans la cheminée (encroutements résiduels éventuels).

⁸ Actions sur le secteur Sud de la parcelle A, en cohérence avec les actions en cours dans le Parc des Calanques. L'accès au secteur Sud de la parcelle A sera limité par une clôture pendant la phase de pilote et d'évaluation de la performance de la technique de phytostabilisation.

9.1.6 Solutions de gestion retenues pour la requalification du site

| Programme de travaux | |
|---|--|
| Parcelles A et C | <ul style="list-style-type: none">- Phase préliminaire de purge des sources concentrées selon une cadence de terrassement et évacuation en flux tendu de 100 à 200 m³/jour et orientation des matériaux en filières autorisées- Travaux de terrassement pour l'aménagement du site selon 3 phases successives, en lien avec le niveau de pollution des sols⇒ Optimisation des travaux par la réalisation en flux tendu des terrassements et réemplois sur site, de manière à limiter le stockage des déblais sur site, et ainsi les contraintes liées à la gestion de ces matériaux stockés avant leur réutilisation.⇒ Prédimensionnement des travaux selon une cadence de 300 m³/jours de matériaux terrassés et réemployés. Durée de travaux estimé au stade du PCT à 105 jours effectifs de travaux pour la gestion de 18 000 m³ de matériaux en place et le réemploi de 22 400 m³ de matériaux foisonnés, au moyen de 1 pelle et deux camions à l'excavation et de 1 pelle +/- 1 bull à la mise en forme.⇒ Mise en œuvre de la mesure constructive de recouvrement des espaces de pleine terre par une épaisseur de 0,5 m de terre saine compactée (sur la base d'une cadence de 800 m² de surface revêtue de matériaux mis en œuvre par jour, soit 40 jours de travaux)⇒ Gestion des eaux météoriques en phase travaux et des nuisances |
| Parcelle B | <ul style="list-style-type: none">- Travaux de reprofilage par des opérations de terrassement par phase, selon le prédimensionnement retenu en paragraphe 5.2.- Optimisation des travaux par la réalisation simultanée des terrassements en déblais et des terrassements en remblais à partir des matériaux extraits, de manière à limiter le stockage des déblais sur site, et ainsi les contraintes liées à la gestion de ces matériaux stockés avant leur réutilisation.- Prédimensionnement des travaux selon une cadence de 150 à 250 m³/jour de matériaux terrassés et réemployés. Durée de travaux estimé à 40 à 60 jours pour le remodelage, au moyen de 1 pelle et deux camions à l'excavation et de 1 pelle +/- 1 bull à la mise en forme.- Gestion en phase travaux des poussières, des eaux météoriques et des nuisances- Confinement du massif au moyen d'un dispositif adapté sur la base des conclusions présentées en paragraphe 5.2.3. |
| <p>Le prévisionnel du montant général de l'opération est de 12 millions d'euros. Les optimisations et variations calculées permettent d'établir une fourchette de coûts comprise entre 10 920 et 11 800 k€ H.T.</p> <p>(y compris de contrôle extérieur, de mise en place de base de vie et aléas)</p> | |

Programme de surveillance

- Un suivi de la qualité de l'air sera réalisé pendant les travaux et après ceux-ci, selon un dimensionnement qui sera défini en phase de conception Projet avec l'accompagnement d'ATMOSUD et sur la base de l'année de surveillance de « point zéro avant chantier » clôturée en septembre 2020 (communication à l'Administration du suivi avec points d'arrêt, mesures correctives d'urgence et plans d'action, le cas échéant)
- Un suivi de la qualité des eaux souterraines sera réalisé pendant les travaux de terrassement et après ceux-ci, sur une période de trois mois, au moyen de 3 ouvrages positionnés en amont et en aval du site afin de contrôler l'impact éventuel aux eaux souterraines des travaux, bien que peu probable

Communication concernant les surveillances en phase travaux : comité ad hoc de suivi durant le chantier composé de 3 collègues à parité pour débattre de la gestion de chantier (avancement des travaux et points marquants avec les représentants des CIQ, la MOE/MOA et association (FNE, etc.).

Modalités opérationnelles

- Durant toute la durée du chantier, il sera mis en place une signalisation adaptée en regard des dangers potentiels et un barriérage
- Gestion des nuisances :
 - o Propreté du chantier pour engendrer le minimum de nuisance sur les avoisinants,
 - o Gestion des déchets (tri, stockage, étiquetage et évacuation avec BSD),
 - o Bruit : le chantier se conformera à la réglementation en vigueur et les nuisances sonores seront limitées par l'adaptation des horaires de travail au voisinage
 - o Emissions de poussières : elles seront limitées par la mise en place des mesures de gestion retenues (arroser les zones traitées, asperger les pistes, brumiser les zones en activité, limiter les surfaces ouvertes avec utilisation quotidienne de liant cellulosique, bâcher les camions, limiter les vitesses de circulation des engins et les distances parcourues et laver les roues des engins) ainsi que le phasage travaux. Le personnel employé à la dépollution du site sera pourvu d'équipements de protection spécifique (masques, gants, vêtements couvrants)
 - o Rejets liés au chantier : Tout rejet dans l'environnement, non traité ou non autorisé, sera interdit
 - o Bulletin d'information régulier en ligne et sur le site des conditions de travail, de l'avancement et des éventuels incidents et accidents de chantier

Les travaux de dépollution pourront être momentanément stoppés (selon procédure) au regard des conditions météorologiques (vitesse de vent maximale fixée à 50 km/h et selon l'orientation) et des résultats de la surveillance des milieux hors site.

De plus, en cas d'un impact avéré aux milieux extérieurs et/ou retombées de poussières aux abords du chantier, (au regard des hypothèses retenues pour l'EQRS et des seuils qui en découleront en phase de conception de projet), constituera un point d'arrêt dans les travaux, qui sera levé par la mise en œuvre des actions correctives en concertation. Le protocole d'arrêt, les délais de mise en œuvre des mesures compensatoires et la levée des points d'arrêt, ainsi que l'analyse des causes, seront définis en phase de conception de projet.

La durée prévisionnelle des travaux sur les parcelles A et C d'une part et la parcelle B d'autre part sont respectivement de 3 et 2 mois et se dérouleront sur une période annuelle comprise entre les mois d'octobre à avril.

9.2 Conclusions

Le Plan de Conception a permis le dimensionnement des mesures de gestion à retenir dans le cadre du projet de requalification des parcelles A et C d'une part et de la parcelle B d'autre part.

Il fait suite au Plan de Gestion référencé 17LES038Ab/MOK/42333 en date du 15/10/18, réputé connu du lecteur, qui a été annexé au Permis de Construire déposé en décembre 2019, tous deux ne reposant alors que sur une partie du foncier uniquement. Or, en avril 2021, la nouvelle municipalité a exprimé un « refus tacite » sur ce PC. S'en est suivi une phase de négociations qui a abouti en juillet 2021 à un projet portant sur l'intégralité du foncier, et nécessitant de reprendre le PCT.

En ce qui concerne les parcelles C et A, les hypothèses retenues au Plan de Gestion dans les conceptions de travaux ont toutes été validées à l'issue des essais et études connexes, sauf l'option de remplissage de la cheminée rampante par des matériaux préalablement stabilisés/solidifiés. Une solution de mise en sécurité par purge manuelle des encroûtements et condamnation des accès a été préférée, dans ce contexte, pour sa simplicité de réalisation, ses garanties de performance technique et sa pérennité. Ce qui conduit à ne pas remettre en question le Bilan Coûts-Avantages bâti au Plan de Gestion.

Concernant la parcelle B, rappelons que l'état d'occupation actuel de la parcelle est la résultante de près d'un siècle et demi de dépôts de résidus miniers et de déchets variés provenant de la succession de diverses activités industrielles. La parcelle doit donc être considérée, étudiée et gérée dans toutes ses composantes, qu'il s'agisse

- De la composante réglementaire en matière de gestion d'un massif de déchets sur le domaine maritime, issues de diverses industries autorisées par l'Administration depuis près d'un siècle et demi
- De la composante géochimique et notamment de la nature et de la qualité chimique des matériaux, ainsi que du comportement à long terme, caractérisé par la mobilité très limitée de tous les polluants identifiés.
- De la composante sanitaire avec un impact non significatif de l'envol des poussières depuis le crassier dans sa configuration actuelle, non protégée des vents (études ATMOSUD), ainsi que sur le milieu marin (eau, sédiments et oursins (investigations 2017 dans le cadre de l'IEM (rapport référencé 17LES038Aa/43044 en date 24/04/2020)).
- De la composante géotechnique et notamment sur la stabilité générale du massif de déchets / résidus et son reprofilage
- De la composante climatique et de l'exposition induit du massif à l'érosion maritime.
- De la composante esthétique et sociologique, en tenant compte de l'aspect général et visuel des dépôts qui dégradent le paysage environnant et ne permettent pas un accès qualitatif à la mer pour les riverains et le public. A l'heure actuelle l'accès à la mer est interdit et le crassier constitue une nuisance visuelle pour les habitations situées en bord de mer.
- De composante sociétale passant par la reconstruction d'un cœur de village, d'une connexion entre la montagne et la mer et d'une plateforme belvédère pour ouvrir le panorama vers la mer et les îles.

Le projet de réhabilitation de la parcelle doit tenir compte de l'ensemble de ces composantes structurantes, en retenant un scénario de gestion qui soit le plus en adéquation avec le contexte (même s'il ne permet pas totalement de répondre à toutes les composantes) et qui constitue un optimum techniquement et économiquement viable avec le projet de requalification, élaboré sur les bases des intentions de la Ville et les souhaits des riverains.

Sur la base des conclusions de l'analyse complémentaire des pollutions concentrées au sein du massif, des scénarios de gestion ont été définis en tenant compte de la demande de libération du DPM. L'analyse des scénarios de gestion sur la parcelle B, réalisée sur la base d'un Bilan coûts-avantages par une analyse multicritères, a conduit à retenir une solution de maîtrise des pollutions concentrées, par stabilisation et confinement du massif qui se singularisait par son caractère durable et l'absence de nuisance en phase travaux pour les riverains. La conception de travaux proposée permet en outre l'aménagement de la parcelle en place publique (évolution du projet par rapport au Plan de Gestion), tout en garantissant de façon pérenne la stabilisation et la suppression des voies de transfert de particules depuis le massif.

Notons que cet optimum technique, retenu comme le plus adapté au contexte de gestion, ne permet pas d'équilibrer les bilans financiers de l'opération d'aménagement, sans l'obtention d'aide financière de l'Etat au titre du fond friche. A fortiori, une solution plus en ligne avec une libération de la plage, voir du DPM représentant des montants de 9 500 à 16 200 k€H.T. (supérieures d'un facteur 2 à 3 par rapport au scénario de gestion retenu pour la parcelle B) ne peuvent être envisagés sans une aide encore plus importante.

L'étude de nuisances poussières en lien avec les opérations de terrassement sur les parcelles B, C et A, conduit à retenir la vitesse de 50 km/h de vent, comme limite pendant les phases de travaux et a permis de définir les mesures de gestion des poussières à mettre en œuvre pendant les travaux (arroser les zones traitées, asperger les pistes, brumiser les zones en activité, limiter les surfaces ouvertes avec utilisation quotidienne de liant cellulosique, bâcher les camions, limiter les vitesses de circulation des engins et les distances parcourues et laver les roues des engins).

De plus, les conclusions de l'EQRS, basée sur la modélisation exhaustive de l'impact chronique de l'ensemble du chantier toutes conditions météorologiques confondues (données ATMOSUD et MétéoFrance), permettent de valider l'efficacité et l'adéquation des mesures de mitigation des poussières retenue dans le cadre de la modélisation. Dans un souci d'atténuation de l'impact à l'Environnement, il est en outre recommandé de réaliser l'ensemble des pistes sur les parcelles A et C au moyen des matériaux de Phase 1 dont la qualité chimique est conforme au bruit de fond local. Compte tenu du caractère très sécuritaire de l'étude de risques (qui retient, pour tout le chantier, le fort impact modélisé pour les travaux de la parcelle B), les mesures de mitigations pourront être adaptées en ce qui concerne les phases 1 à 3 de travaux (sur les parcelles A et C), en phase de conception de projet et en fonction notamment des enregistrements de la surveillance des poussières hors site en phase travaux. Les possibilités d'adapter les mesures de mitigations seront étudiées en s'assurant de respecter les seuils réglementaires.

Des servitudes et des restrictions d'usages devront être mises en place pour garantir la conservation de la mémoire de la pollution résiduelle sur site et les mesures constructives associées.

Enfin, le projet dans sa nature et sa conception s'applique à respecter l'objectif « zéro artificialisation nette », en s'inscrivant pleinement dans le renouvellement urbain et la densification de l'habitat, ainsi que la renaturation des espaces artificialisés laissés à l'abandon. Parmi les enjeux de l'artificialisation, le Maître d'Ouvrage et l'équipe de conception ont également la volonté d'intégrer au projet, en concertation avec Aix Marseille Université et la Ville de Marseille, des actions pour une gestion soucieuse de la biodiversité selon une approche intégrative rejoignant la pensée One Health (citons entre autres un programme de phytostabilisation, des espaces dédiés à des jardins verts, jardins partagés, l'analyse de la biodiversité et la sélection d'espèces adaptées, en s'inscrivant dans les actions en cours sur le périmètre de la Ville de Marseille et également au sein du Parc des Calanques).

9.3 Préconisations

Les études de conception et réglementaires nécessaires au regard des mesures de gestion validées par le présent PCT et retenues au stade AVP devront être menées.

La présente étude n'est valable que pour le projet d'aménagement prévu, et le site devra donc faire l'objet d'une nouvelle évaluation des risques sanitaires si une modification de son usage et/ou de sa configuration (par rapport à l'usage tel qu'il a été pris en compte dans le présent rapport) était envisagée.

Ainsi, dans le cas où le futur propriétaire souhaite changer l'usage des-dits terrains, les études voire travaux de réhabilitation complémentaires du site au titre de l'état du sol et du sous-sol, ainsi que les responsabilités y afférant seront à la charge exclusive de l'auteur et/ou du bénéficiaire de ce changement.

Lors de tous travaux d'aménagement, le Maître d'Ouvrage prendra toutes les précautions d'usage (caractérisation, sécurisation,...) en cas d'éventuelles découvertes suspectes voire inhabituelles d'un point de vue environnemental (ouvrage enterré de stockage, sols odorants, strate d'aspect non sain,...), notamment, en terme de gestion des terres (élimination en centre autorisé si nécessaire).

En particulier, le propriétaire de ces matériaux vérifiera que la qualité des sols extraits est compatible avec la filière d'élimination qu'il a retenue (ISDI, ISDI+, ISDND, biocentre, ISDD, etc ...).

9.4 Limite de l'étude

Les différentes études réalisées dans le cadre du présent PCT ont des limites (reportés en annexes) ; on soulignera notamment :

- Parcelle B :
 - o Les contraintes réglementaires en lien avec la limite du Domaine Public Maritime (DPM), devront être approuvées avec le gestionnaire (DDTM) et en concertation avec la DREAL.
 - o La justification du talus en remblais renforcés sera réalisée dans le cadre des études de conception G2 puis d'exécution G3, en considérant un remblai renforcé dimensionné, exécuté et contrôlé suivant de la norme NF G 038-064.
Les volumes de déblais/remblais, associés à la géométrie des terrassements envisagés, seront affinés et potentiellement optimisés en phase de conception G2 puis d'exécution G3.
Vigilance sur la gestion des eaux en phase chantier, qui devront faire l'objet d'un captage et d'une évacuation vers l'aval, afin d'éviter tout ruissellement ou infiltration.
 - o Les vérifications de la qualité de la géomembrane et de la bonne réalisation de sa pose sont réalisées par un bureau de contrôle ou une société de vérification
- Risques en lien avec les poussières :

- Les paramètres chantier retenus pour définir les concentrations dans l'air et les dépôts au sol hors site lors des travaux devront être respectés. Toute modification de la conception des travaux, susceptible de modifier les impacts en poussières devra faire l'objet d'une reprise de la modélisation et d'une nouvelle évaluation des risques sanitaires, le cas échéant.

La présente étude a été réalisée dans la limite des investigations réalisées jusqu'à présent. Les hypothèses d'estimation des cubatures sont basées sur les ventilations en déblais et remblais transmises par l'équipe projet. Les mesures de gestion constituent des principes qui seront validés et dimensionnés dans le détail au travers des études de conception.

La présente étude n'est valable que pour les aménagements et usages pris en compte. Le schéma conceptuel d'exposition devra être adapté en conséquence afin de réaliser une nouvelle étude de risques, et de mettre en place un plan de gestion en adéquation avec le nouvel aménagement proposé pour le site, si une modification de son usage et/ou de sa configuration (par rapport à l'usage tel qu'il a été pris en compte dans le présent rapport) était envisagée.

L'étude et les conclusions sont élaborées en l'état actuel des données réglementaires et des valeurs de bruit de fond (valeurs de comparaison), scientifiques (valeurs toxicologiques de référence) et techniques (méthodes de prélèvements et d'analyses notamment). Elles reposent donc sur les connaissances disponibles au moment de la rédaction de la présente étude.

Marie-Odile KHIAT - PAUL
Chef de Projet

ANNEXES

- A1. DONNEES GENERALES SUR LE SITE
- A2. RAPPORT DE PLAN DE GESTION (référéncé 17LES038Ac/ENV /MOK/BT/42333)
 - A2.1. DEMARCHE COMPLEMENTAIRE DE DETERMINATION DE POLLUTION(S) CONCENTREE(S) AU SEIN DE LA PARCELLE B
- A3. ÉTUDE DE FAISABILITE POUR LA PROTECTION PAR ENROCHEMENTS (rapport référéncé 19.7.070.R.001, dans sa révision 2 en date du 20/03/2020)
- A4. ÉTUDE GEOTECHNIQUE DE STABILISATION ET DE REHABILITATION DU REMBLAI DE CRASSIER EN VUE DE LA REALISATION D'UNE ESPLANADE (rapport référéncé 17MG570Ae/GE/MBn, en date du 20/03/2020)
- A5. ETUDE DE SOLUTION D'ETANCHEITE / DE CONFINEMENT DU MASSIF
- A6.1. PLANS ET TRAVAUX DE CALCUL DE VOLUME, SELON LE POSITIONNEMENT DU DPM FIXE PAR LA DDTM
- A6.2. ETUDE DE SENSIBILITE (Robustesse du BCA)
- A7.1 ETUDE DE STABILISATION DE SOLS POLLUES AUX METAUX LOURDS – ESSAIS EN LABORATOIRE (rapport référéncé REMEA_ERG_LegreMante_RapportEssaisEnLaboratoire_270320_vC, dans sa révision C en date du 27/03/2020)
- A7.2 ETUDE D'UN SCENARIO DE PURGE PAR DEMOLITION MECANIQUE DES ENDUITS ET MORTIERS POLLUES ET ELIMINATION EN FILIERE AUTORISEE
- A8.1 PLAN DE SYNTHESE DES CUBATURES EN DEBLAIS ET REMBLAIS SUR LES PARCELLES A ET C (Source équipe de conception projet)
- A8.2 DIMENSIONNEMENT DES MESURES DE GESTION DE LA POLLUTION DIFFUSE AUX ETM
- A9.1. MODELISATION DE L'IMPACT DES POUSSIERES DANS UN CONTEXTE D'OPERATION DE DEPOLLUTION DES SOLS (étude FLUIDYN)



**A 9.2. ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES EN
LIEN AVEC LES TRAVAUX DE TERRASSEMENT**

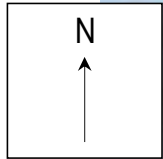
**A 10. QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES – RAPPORT REFERENCE
P05292.001 EN DATE DE 2021**

**A 11. PHYTOSTABILISATION : PLAN DE LOCALISATION DE LA ZONE
CONCERNEE ET DETAIL DU PROJET DE RECHERCHE**

A 12. CONDITIONS GENERALES DE VENTE





| | |
|-----------|--------------------------------------|
| A1 | DONNEES GENERALES SUR LE SITE |
|-----------|--------------------------------------|



Parcelles A, B et C de l'ancien site LEGRE MANTE



Échelle 1 : 17 055
0 — 500 m

| | | |
|---|---------------------|---|
| Plan de Conception de Travaux (PCT) – MARSEILLE 8 ^{ème} Art. | |  |
| Plan de localisation du site à l'étude sur fond de plan IGN | | |
| Dossier n° : 17LES038Ac | Echelle : Graphique |  |
| Version : 1.0 | Date : 30/03/2020 | |
| Etabli par : MOK | | |

Plateau

DIRECTION GÉNÉRALE DES FINANCES PUBLIQUES

EXTRAIT DU PLAN CADASTRAL

Département :
BOUCHES DU RHONE

Commune :
MARSEILLE 8EME

Section : O
Feuille : 838 O 01

Échelle d'origine : 1/1000
Échelle d'édition : 1/2500

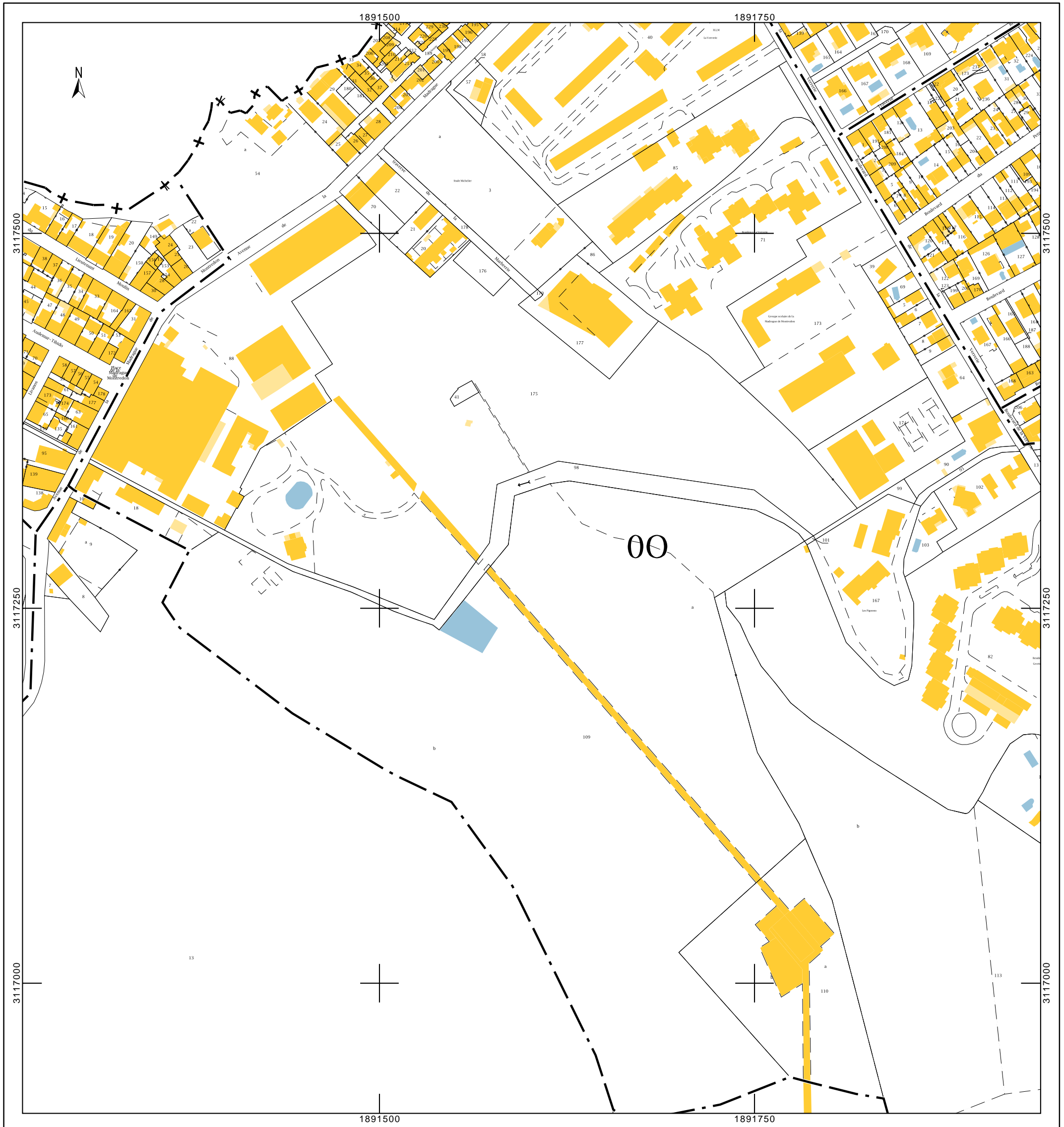
Date d'édition : 17/08/2020
(fuseau horaire de Paris)

Coordonnées en projection : RGF93CC44
©2017 Ministère de l'Action et des Comptes
publics

Le plan visualisé sur cet extrait est géré par le
centre des impôts foncier suivant :
Marseille-Sud
38 bd Baptiste Bonnet 13285
13285 Marseille Cédex 8
tél. 04 91 23 61 83 -fax 04 91 23 61 87
cdf.marseille-sud@dgif.finances.gouv.fr

Cet extrait de plan vous est délivré par :

cadastre.gouv.fr





| | |
|-----------|---|
| A2 | RAPPORT DE PLAN DE GESTION (référéncé 17LES038Ac/ENV/MOK/BT/42333) |
|-----------|---|



**SOCIETE FRANÇAISE
DES PRODUITS TARTRIQUES
MANTE (SFPTM)**

—
**ANCIEN SITE LEGRE MANTE
 ROUTE DE LA MADRAGUE MONTREDON
 MARSEILLE (13008)**

—
PLAN DE GESTION

FICHER : Y:\DOSSIERS EN COURS_LYON\2017\17LES038Ab_GINKGO_PG_MARSEILLE 13\RAPPORT\VPRO\17LES038Ab_Rapport_VDef.doc

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------|------------------|-----------------------|----------|----------|--------------------|------------|-----------|------------------|-------------------------------------|---------------|-------------|
| N° DOSSIER | 17 | LES | 038 | A | b | ENV | MOK | BT | PIECE | 1/1 | AGENCE | LYON |
| 15/10/18 | 42333 | MO. KHIAT | | | | N. SOULET | | | 96 +ann | PREMIERE DIFFUSION | | |
| DATE | CHRONO | REDACTEUR | CHEF DE PROJET | | | SUPERVISEUR | | | nb. pages | MODIFICATIONS - OBSERVATIONS | | |

ENVIRONNEMENT - DECHETS - POLLUTION - EAU - SONDAGES - GEOLOGIE - GEOTECHNIQUE

ERG Agence LYON : Bât Le Fontenay – Business Center – 83, rue André Bollée 69307 LYON CEDEX 07 – Tél. 04.72.80.87.71 – Fax 04.78.61.25.03
 ERG ENVIRONNEMENT – S.A.S AU CAPITAL DE 40 000 € - SIRET 440 345 314 - CODE NAF 7112B - RC LYON 2010B01155B

TOULON (Siège social)
 04 94 11 04 90
 le-sayne@erg-sa.fr

CAVAILLON
 04 32 50 10 67

LILLE
 03 21 64 46 82
 lille@erg-sa.fr

LYON
 04 72 80 87 71
 lyon@erg-sa.fr

MARSEILLE
 04 95 96 90 66
 environnement@erg-sa.fr

NANCY
 03 83 26 09 02
 nancy@erg-sa.fr

NICE
 04 83 72 90 00
 nice@erg-sa.fr



PREAMBULE

A la date de réalisation du présent Plan de Gestion le projet d'aménagement particulièrement en terme de constructibilité des terrains est en cours de concertation entre les différents acteurs.

C'est dans ce contexte que le Plan de Gestion a été bâti sur un Projet d'aménagement réaliste et détaillé mais qui est présenté d'une manière « générique » dans le cadre de la présente étude, en attente de validation.

SYNTHESE NON TECHNIQUE

| | |
|---|--|
| NOM SITE | ANCIEN SITE LEGRE MANTE |
| NOM CLIENT | Société Française des Produits Tartriques Mante (SFPTM) |
| N° DOSSIER | 17LES038Ab |
| TYPE D'ETUDE | Plan de Gestion des Parcelles A, B et C. |
| CODE NF 31-620 | Code de mission Globale PG (intégrant les missions élémentaires A320 et A330) |
| ADRESSE | 162 avenue de la Madrague de Montredon – 13 008 MARSIELLE |
| SUPERFICIE | 8.5 ha |
| CONTEXTE OBJECTIFS PROJET | <p>Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une requalification de l'ancien site industriel pour l'aménagement d'un ensemble immobilier, ainsi que pour la gestion du crassier existant aujourd'hui rattaché à l'usine, et répond aux exigences de l'Administration dans l'Art. 2 du projet d'arrêté préfectoral transmis le 04/07/2017.</p> <p>Ce Plan de Gestion est indissociable du diagnostic complémentaire réalisé au droit des parcelles A, B et C du site de l'ancienne usine (objet d'un rapport distinct référencé 17LES038Aa/ENV/MOK/BT/42333, reporté en annexe A1).</p> |
| OCCUPATION ACTUELLE | <p>L'ancien site LEGRE MANTE s'étend sur une superficie d'environ 8,5 ha que l'on peut décomposer en 3 parcelles de la façon suivante, du sud au nord :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Parcelle A : 5 ha environ de terrain soit « naturel » (parties sommitales du site) soit ayant fait l'objet d'une exploitation industrielle ancienne (des infrastructures de l'ancienne cheminée et les carneaux de la fonderie historique sont toujours en place), - Parcelle C : 2,7 ha environ ayant fait l'objet d'une exploitation industrielle récente (bâtiments, voiries et installations de traitement des eaux usées), - Parcelle B : 0,7 ha environ de terrain remblayé en surplomb de la mer, de l'autre côté de l'avenue de la Madrague par rapport au site industriel. <p>La parcelle B est le siège d'un crassier d'un volume de 40 000 m3 environ de déchets qui ont été entreposés dans le cadre des activités industrielles historiques, activité de stockage pour laquelle l'exploitant historique disposait d'une autorisation administrative pendant les premières activités de fonderie et jusqu'aux dernières activités de production d'acide tartrique. De la même manière, sur la parcelle C, des opérations de démolitions récentes ont été pratiquées, sous validation de l'administration pour la mise en place d'une STEP. Une très grande quantité de déblais de terrassement et de matériaux de démolition d'anciennes infrastructures de l'usine a été constitué dans ce cadre.</p> |
| SYNTHESE DE L'HISTORIQUE | <p>Le site de la S.A.S. LEGRE-MANTE ETABLISSEMENT a abrité en particulier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - une usine de traitement de plomb argentifère et de zinc par natrométallurgie et fabrication de soude (1875-1883 : Hilarion-Roux) ; - un site de production d'acide tartrique et d'acide sulfurique (LEGRE-MANTE 1888 à 2009). <p>L'étude historique a permis de détailler les procédés industriels employés par l'usine et de recenser et localiser les sources potentielles de pollution associées.</p> |
| CONTEXTE ET SYNTHESE DES DONNEES DE DIAGNOSTIC | <p>Les résultats d'analyse ont permis de distinguer en première approche les zones sources suivantes : la cheminée verticale, la cheminée rampante, les remblais du crassier Est (type démolition et industrie « chimique »), les remblais du crassier Ouest (type démolition et industrie « chimique » en surface et déchet industrie « métallique » en profondeur) et enfin, les remblais des parcelles A et C dont la signature est variable au regard des activités historiques successives sur site ainsi que des opérations historiques de démolitions, terrassement et de maintien sur site des matériaux extraits.</p> <p>Nous retiendrons :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un marquage des sols par les ETM avec particulièrement un impact diffus et concentré en Pb et en As sur les parcelles C et A, ainsi que d'une manière relativement hétérogène au sein du crassier de la parcelle B - des anomalies ponctuelles en cyanures, mercure et hydrocarbures (HCT et HAP), non associées à des anomalies dans les gaz des sols sur les parcelles C et A - un transfert limité des composés volatils vers les gaz du sol sur les parcelles C et A |
| IDENTIFICATION DES POLLUTIONS | <p>La démarche de caractérisation et d'identification des pollutions concentrées dans le cadre du Plan de Gestion a permis de retenir, outre les débris de démolition (fours, cheminée verticale historique) dans les remblais de surface des parcelles A et C :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La présence de zones concentrées limitées et accessibles dans les sols de surface en hydrocarbures, en Cyanures totaux et en mercure dont la gestion proportionnée consistera, en une purge et évacuation en filière(s) autorisée(s). - La présence de zones concentrées potentiellement non limitées et peu accessibles dans les sols profonds en Cyanures (au niveau des carneaux bas), ainsi qu'en mercure (au niveau de la cheminée rampante enterrée). Les mesures de gestion sont dans ce cadre étudiées en globalité avec les ouvrages sources associés |

| | |
|---|---|
| <p>IDENTIFICATION DES POLLUTIONS</p> | <ul style="list-style-type: none"> - La présence d'une manière diffuse et marquée de Pb et d'As dans les sols en surface comme en profondeur sur l'emprise des parcelles C et A. Au regard du projet développé et particulièrement du périmètre de reconversion une solution de maintien et recouvrement a été retenue. - Les matériaux sur la parcelle B présentent une importante hétérogénéité avec une qualité chimique également fortement hétérogène, ne permettant pas une définition rigoureuse, par classe, des pollutions concentrées. La gestion du volume global de déchets de 41 600 m3 ne constitue pas un projet réaliste de dépollution au regard des contraintes urbanistiques et des attentes de la Collectivité (création d'aménagements publics et limitation des trafics en phase travaux). La solution retenue consiste en l'extraction d'un tiers du massif de déchets et la construction d'un parking souterrain, ainsi que des aménagements d'accès à la mer et des mesures de gestion, permettant de garantir l'absence de voie de transfert au sable de la plage et au milieu marin. Le projet d'aménagement permettra aussi d'améliorer la sécurité mécanique du secteur et des constructions avoisinantes |
| <p>EVALUATION DES MESURES DE GESTION</p> | <p>Conformément aux attentes de la Collectivités et en cohérence avec l'application de mesures de gestion durables, le scénario de gestion doit tenir compte d'une limitation du trafic routier et de l'impossibilité d'employer la voie maritime directement depuis le site. C'est dans ce cadre que les solutions de gestion des déblais « sur site » ont été privilégiées, pour minimiser au maximum les exportations de matériaux : solutions de réemploi, confinement, stabilisation/solidification et/ou pythostabilisation sur site.</p> <p>De plus les mesures de gestion en phase travaux ont été dimensionnées en tenant compte des contraintes du site et risques potentiels liés aux opérations d'aménagement, à savoir :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>le risque « Poussières »</u> : mise en place de phasage de chantier, méthodologie de terrassement en fonction de la vitesse du vent, utilisation de brumisation avec agents tensio-actifs spécifiques, opérations de criblage en milieu confiné (tente de confinement), convoyage des matériaux de la parcelle B par le tunnel existant jusqu'à la zone confinée, nettoyage systématique des roues des engins et balayage régulier, surveillance environnementale de la qualité de l'air au moyen de prélèvements de poussières (jauges OWEN et plaquettes de dépôts), mais également de PM2,5 susceptibles d'être générées lors des opérations de terrassement. Le Maitre d'Ouvrage prévoit d'être assisté par ATMOSUD pour le dimensionnement de la surveillance ainsi que sa réalisation en phase travaux - <u>le risque « Ruissellement »</u> : Gestion des eaux par un système de récupération dédié, Traitement par décantation en bassin(s) (existant(s) sur site) et recyclage des eaux stockées ou rejet avec contrôle préalable. <p>Sur cette base les 2 scénarios retenus et étudiés sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Scénario 1 : excavation (intégrant les mesures de gestion détaillées dans le paragraphe précédent), tri granulométrique sous confinement et orientation en filières de traitements adaptée des matériaux criblés. - Scénario 2 : excavation (intégrant les mesures de gestion détaillées dans le paragraphe précédent), tri granulométrique sous confinement et gestion sur site selon le descriptif des traitements et confinement retenus. <p>L'analyse des scénarios a été réalisée sur la base d'un Bilan coûts-avantages par une analyse multicritères qui a abouti à un score global plus élevé pour le scénario 2, traduisant un niveau d'adéquation avec le contexte de gestion plus important, ce qui a été conforté par les tests de sensibilité qui ont été réalisés. En cas d'excédent de matériaux le principe de gestion du scénario 1 pourra être réalisé pour la gestion d'un stock excédentaire.</p> |
| <p>ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS</p> | <p>L'analyse des risques Résiduels permet de mettre en évidence une compatibilité de l'état des milieux avec les usages projetés pour le risque par inhalation dans des bâtiments de plain-pied projetés au droit des parcelles A et C.</p> <p>Par ailleurs, la mise en place des mesures de gestion et dispositions constructives retenues à ce stade, dans le cadre des deux scénarios de gestion retenus, permettra de supprimer les voies de transfert et d'exposition.</p> <p>Enfin, un dossier de Servitudes d'Utilités Publiques sera mis en œuvre dans le cadre des deux scénarios de gestion étudiés. Les restrictions porteront sur les usages et activités possibles et préciseront que tout autre usage, selon les secteurs, sera soumis à études complémentaires préalables.</p> |
| <p>PRECONISATIONS</p> | <p>Des études complémentaires sont préconisées afin de permettre :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'analyse des mesures de gestion et de leur faisabilité au niveau de la cheminée rampante sur son linéaire enterré ainsi que des carneaux bas également enterrés. - La confirmation de la qualité des gaz des sols par une 2^{ème} campagne sur le site et la validation de l'analyse de risques - L'étude de la traitabilité par stabilisation/solidification des sols et de la faisabilité de la mise en œuvre dans les ouvrages (cheminées rampantes et éventuellement carneaux bas) - L'étude de de la faisabilité pour la mise en œuvre des opérations de phytostabilisation sur le site, qui seront réalisées par les équipes scientifiques de l'IMBE. <p>Les études de conception ultérieures porteront également sur : la stabilité des ouvrages historiques le dimensionnement du système de gestion des eaux météoriques en phase chantier, la méthodologie de terrassement, de brumisation, la mesure de gestion des poussières sous tente ou dans le bâtiment 1, le système de gestion des poussières, les phasages induits, ...</p> <p>Enfin, et avant toute validation définitive, la communication et la concertation avec les riverains, la collectivité et les services de l'État, étape par étape, garantira la bonne prise en compte des attentes et l'acceptation sociétale des travaux et aménagements à vocation public et privé.</p> |

Cette synthèse non technique, volontairement simplificatrice, fait partie intégrante et est indissociable de notre rapport. Pour une bonne compréhension du présent document, une lecture intégrale de ce dernier est nécessaire.

S O M M A I R E

LISTE DES ABREVIATIONS

| | |
|--|-----------|
| 1. CADRE DE L'ETUDE | 10 |
| 1.1 CADRE DE L'INTERVENTION | 10 |
| 1.2 CADRE DE LA MISSION « PLAN DE GESTION » | 11 |
| 1.3 LISTE DES PRINCIPAUX RAPPORTS ET DOCUMENTS CONSULTES | 11 |
| 2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE | 13 |
| 2.1 CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA ZONE D'ETUDE | 13 |
| 2.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE ET TOPOGRAPHIQUE | 14 |
| 2.3 PRESENTATION DU PROJET D'AMENAGEMENT | 15 |
| 3. DIAGNOSTIC DE LA QUALITE DES MILIEUX | 16 |
| 3.1 VOLET DOCUMENTAIRE ET HISTORIQUE | 16 |
| 3.2 PRINCIPALES CONCLUSIONS DU DIAGNOSTIC DE LA QUALITE DES MILIEUX AU DROIT DU SITE | 17 |
| 4. SYNTHESE DE L'ETAT DES MILIEUX – ANALYSE DES ENJEUX | 18 |
| 4.1 PRINCIPE DE LA DEMARCHE | 18 |
| 4.2 IDENTIFICATION DES SOURCES DE LA POLLUTION CONCENTREE HORS METAUX LOURDS SUR LES PARCELLES A ET C | 19 |
| 4.2.1 APPROCHE BASEE SUR L'INTERPRETATION DES CONSTATS DE TERRAIN | 19 |
| 4.2.2 APPROCHE STATISTIQUE | 19 |
| 4.2.2.1 Approche Graphiques de répartition des teneurs en composés organiques et cyanures et Approche statistique simplifiée | 20 |
| 4.2.2.2 Approche statistique par pourcentage cumulé de population d'analyse | 24 |
| 4.2.3 APPROCHE CARTOGRAPHIQUE | 28 |
| 4.2.4 APPROCHE BILAN MASSIQUE | 32 |
| 4.2.5 DETAIL DE L'ESTIMATION DES VOLUMES DES ZONES SOURCES EN POLLUANTS ORGANIQUES ET CYANURES | 37 |
| 4.3 IDENTIFICATION DES SOURCES DE POLLUTION CONCENTREE EN METAUX LOURDS SUR LES PARCELLES A ET C | 37 |
| 4.3.1 APPROCHE STATISTIQUE - GRAPHIQUES DE REPARTITION DES TENEURS EN METAUX LOURDS ET APPROCHE STATISTIQUE SIMPLIFIEE ET PAR POURCENTAGE CUMULE DE POPULATION D'ANALYSE | 37 |
| 4.3.2 APPROCHE CARTOGRAPHIQUE ET BILAN MASSIQUE | 45 |
| 4.3.3 DETAIL DE L'ESTIMATION DES VOLUMES DES ZONES SOURCES POUR LES ETM | 55 |
| 4.3.4 INTEGRATION DE LA CONTRAINTE FINANCIERE | 55 |
| 4.3.5 CARACTERISATION DE LA MOBILITE : LOCALISATION ET QUANTIFICATION DES POLLUTIONS DANS LES GAZ DES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES | 57 |
| 4.4 IDENTIFICATION DES SOURCES DE POLLUTION CONCENTREE SUR LA PARCELLE B | 58 |
| 4.5 IDENTIFICATION DES AUTRES SOURCES LIEES AUX ANCIENNES ACTIVITES INDUSTRIELLES | 58 |
| 5. EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES (EQRS) ET SCHEMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION CONSTATE | 59 |
| 5.1 ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES POUR LA VOIE D'EXPOSITION PAR INHALATION | 59 |
| 5.2 SCHEMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION CONSTATE | 59 |
| 6. EVALUATION DES MESURES DE GESTION | 61 |
| 6.1 PREAMBULE - CONTEXTE SPECIFIQUE DU SITE | 61 |
| 6.2 METHODOLOGIE GENERALE | 62 |
| 6.2.1 OBJECTIFS DES MESURES DE GESTION | 62 |
| 6.2.2 PRESELECTION DES TECHNIQUES DE DEPOLLUTION EN FONCTION DES SUBSTANCES RENCONTREES | 62 |
| 6.2.3 PRESELECTION DES TECHNIQUES DE DEPOLLUTION EN FONCTION DU LIEU DE TRAITEMENT | 63 |
| 6.2.4 PRESELECTION DES TECHNIQUES DE DEPOLLUTION EN FONCTION DES CONTRAINTES DU SITE | 63 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 6.3 | MESURES DE GESTION DES FUTURS DEBLAIS ET BILAN COUT-AVANTAGE | 65 |
| 6.3.1 | ESTIMATION DES VOLUMES GENERES PAR LE PROJET | 65 |
| 6.3.1.1 | Documents ayant servi à l'estimation des volumes de déblais / remblais | 65 |
| 6.3.1.2 | Méthodologie appliquée pour l'estimation des volumes de déblais / remblais | 65 |
| 6.3.1.3 | Limites des estimations des volumes de déblais / remblais | 66 |
| 6.3.2 | PRESENTATION DE LA SYNTHÈSE DES CUBATURES ET DES ORIENTATIONS | 66 |
| 6.3.3 | PRESENTATION DES TECHNIQUES DE DEPOLLUTION APPLICABLES A LA GESTION DES FUTURS DEBLAIS ET BILAN COUT-AVANTAGE | 67 |
| 6.3.3.1 | Types de traitement retenu | 67 |
| 6.3.3.2 | Intégration des contraintes du site pour dimensionnement des scénarios de gestion étudiés | 70 |
| 6.3.4 | SCENARIO DE GESTION RETENUS | 71 |
| 6.3.5 | POLLUTIONS RESIDUELLES ET RISQUES SANITAIRES OU ENVIRONNEMENTAUX | 71 |
| 6.3.6 | SELECTION DES DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES ET IDENTIFICATION DES RESTRICTIONS D'USAGE | 72 |
| 6.3.6.1 | Sélection des dispositions constructives | 72 |
| 6.3.6.2 | Identification des restrictions d'usage adaptées aux enjeux | 73 |
| 6.3.6.3 | Impact juridique des dispositions constructives / restrictions d'usage | 73 |
| 6.3.7 | CRITERES DE COMPARAISON RETENUS | 73 |
| 6.3.8 | HYPOTHESES D'ESTIMATION DES COUTS | 74 |
| 6.3.8.1 | Scenario 1 | 74 |
| 6.3.8.2 | Scenario 2 | 75 |
| 6.3.8.3 | Cas particulier du crassier de la parcelle B | 75 |
| 6.3.9 | BILAN COUTS-AVANTAGES (BCA) | 75 |
| 6.3.10 | TEST DE SENSIBILITE | 78 |
| 6.4 | MESURES DE GESTION DES SOURCES CONCENTREES ENCORE EN PLACE | 83 |
| 6.4.1 | MESURES DE GESTION DES SOURCES SOLS ENCORE EN PLACE APRES GESTION DES FUTURS DEBLAIS | 83 |
| 6.4.2 | SOURCES LIEES AUX ANCIENNES ACTIVITES HISTORIQUES : ANCIENS CARNEAUX BAS PARTIELLEMENT ENFOUIS ET CHEMINÉES | 83 |
| 6.5 | RAPPEL DE LA REGLEMENTATION SUR LES CONTRAINTES JURIDIQUES | 84 |
| 7. | ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS | 85 |
| 8. | MESURES MINIMALES DE GESTION ET ETUDES COMPLEMENTAIRES | 86 |
| 8.1 | DISPOSITIONS DE GESTION MINIMALES A METTRE EN ŒUVRE | 86 |
| 8.2 | ÉTUDES COMPLEMENTAIRES ET PLAN DE CONCEPTION DE TRAVAUX | 86 |
| 8.2.1 | INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES DES SOLS | 86 |
| 8.2.1.1 | Sources cheminée horizontale sur son tronçon enterré sur site et carneaux bas | 86 |
| 8.2.1.2 | Zones de terrassement et d'aménagement en général dans le cadre du projet à l'étude | 87 |
| 8.2.2 | INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES DES GAZ DES SOLS | 87 |
| 8.2.3 | ESSAIS DE FAISABILITE | 87 |
| 8.2.4 | ÉTUDES DE CONCEPTION | 87 |
| 8.2.5 | ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS | 87 |
| 8.2.6 | AXES D'OPTIMISATION | 88 |
| 9. | SYNTHÈSE, CONCLUSIONS ET PRECONISATIONS | 89 |
| 9.1 | SYNTHÈSE DU PLAN DE GESTION | 89 |
| 9.1.1 | CONTEXTE ET SYNTHÈSE DES DONNEES DE DIAGNOSTIC | 89 |
| 9.1.2 | IDENTIFICATION DES SOURCES DE POLLUTION CONCENTREES SUR L'EMPRISE DE L'ANCIENNE ICPE | 90 |
| 9.1.3 | ÉVALUATION DES MESURES DE GESTION | 91 |
| 9.1.4 | ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS | 92 |
| 9.2 | CONCLUSIONS | 93 |
| 9.3 | PRECONISATIONS | 94 |
| 9.3.1 | ÉTUDES COMPLEMENTAIRES ET PLAN DE CONCEPTION DE TRAVAUX | 94 |
| 9.3.1.1 | Sources cheminée horizontale sur son tronçon enterré sur site et carneaux bas | 94 |
| 9.3.1.2 | Zones de terrassement et d'aménagement en général dans le cadre du projet à l'étude | 94 |
| 9.3.2 | ESSAIS DE FAISABILITE | 94 |
| 9.3.3 | ÉTUDES DE CONCEPTION | 94 |
| 9.3.4 | ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS | 95 |
| 9.3.5 | AXES D'OPTIMISATION | 95 |
| 9.4 | LIMITE DE L'ÉTUDE | 95 |
| | SOMMAIRE DES ANNEXES | 96 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1 - Liste des abréviations..... | 9 |
| Tableau 2 – Codification au sens de la norme NF X 31-620 pour les offres de prestations de la phase 3..... | 11 |
| Tableau 3 - Caractéristiques générales du site | 13 |
| Tableau 4 - Situation géographique et topographique..... | 14 |
| Tableau 5 : Echantillons anomaux selon les Graphiques de répartition des teneurs en HCT et l'approche statistique simplifiée..... | 21 |
| Tableau 6 : Echantillons anomaux selon les Graphiques de répartition des teneurs en HAP et l'approche statistique simplifiée..... | 22 |
| Tableau 7 : Présentation des gammes de concentration retenues selon l'approche des pourcentages cumulés de population | 27 |
| Tableau 8 : Sélection des zones sources selon les gammes de concentration retenues et l'analyse cartographique | 32 |
| Tableau 9 : Estimation de l'emprise et des volumes des zones sources concentrées | 37 |
| Tableau 10 : Présentation des gammes de concentration retenues selon l'approche des pourcentages cumulés de population | 44 |
| Tableau 11 : Estimation de l'emprise et des volumes des zones sources concentrées | 55 |
| Tableau 12 : Pertinence des différentes voies d'expositions sur site..... | 60 |
| Tableau 13 : Présélection des techniques de dépollution en fonction des contraintes et caractéristiques du site | 64 |
| Tableau 14 : Bilan Coûts – Avantages (BCA) - GESTION DES FUTURS DEBLAIS GENERES PAR LES OPERATIONS D'AMENAGEMENT DU SITE | 76 |
| Tableau 15 : Hypothèses prises en compte pour l'étude d'incertitude..... | 78 |
| Tableau 16 : Résultats de l'analyse de sensibilité sur les notes des scenario 1 et 2 (SC1 et SC2)..... | 79 |
| Tableau 17 : Contribution des différents paramètres à la variance (prise en compte des contributions > 4,7%)... | 79 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1 – Plan de localisation du site de l'ancienne usine LEGRE MANTE avec délimitation des parcelles A, B et C | 14 |
| Figure 2 : Esquisse du projet d'aménagement considéré..... | 15 |
| Figure 3 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en HCT C10-C40 dans les sols..... | 24 |
| Figure 4 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en HAP dans les sols..... | 25 |
| Figure 5 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Cyanures totaux dans les sols..... | 26 |
| Figure 6 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Cyanures totaux dans les sols..... | 27 |
| Figure 7 : Cartographies des teneurs en HCT dans les sols de surface (a)(c) et en profondeur (b)(d) – Représentation des teneurs supérieures à 500 mg/kg (c) et (d)..... | 29 |
| Figure 8 : Cartographies des teneurs en HAP dans les sols de surface (a) et en profondeur (b)..... | 30 |
| Figure 9 : Cartographies des teneurs en Cyanures totaux dans les sols de surface (a) et en profondeur (b)..... | 31 |
| Figure 10 : Évolution du pourcentage de volume de sol et du pourcentage de la masse de polluant contenue dans chaque plage de concentration en hydrocarbures dans les sols..... | 33 |
| Figure 11 : Évolution du pourcentage de volume de sol et du pourcentage de la masse de polluant contenue dans chaque plage de concentration en HAP dans les sols..... | 34 |
| Figure 12 : Évolution du pourcentage de volume de sol et du pourcentage de la masse de polluant contenue dans chaque plage de concentration en Cyanures totaux dans les sols..... | 35 |
| Figure 13 : Évolution du pourcentage de volume de sol et du pourcentage de la masse de polluant contenue dans chaque plage de concentration en Cyanures libres dans les sols..... | 36 |
| Figure 14 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en As dans les sols..... | 38 |
| Figure 15 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Cd dans les sols..... | 39 |
| Figure 16 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Cu dans les sols..... | 40 |
| Figure 17 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Hg dans les sols..... | 41 |
| Figure 18 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Pb dans les sols..... | 42 |
| Figure 19 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Hg dans les sols..... | 43 |
| Figure 20 : Cartographies des teneurs en Hg dans les sols de surface (a) et en profondeur (b)..... | 46 |
| Figure 21 : Évolution du pourcentage de volume de sol et du pourcentage de la masse de polluant contenue dans chaque plage de concentration en Mercure dans les sols..... | 47 |
| Figure 22 : Cartographies d'extrapolation de la qualité chimique en Pb dans les 2 premiers horizons de sols des parcelles A et C (Horizon 1 de surface (a) et Horizon 2 profond (b))..... | 49 |
| Figure 23 : Cartographies d'extrapolation de la qualité chimique en As dans les 2 premiers horizons de sols des parcelles A et C (Horizon 1 de surface (a) et Horizon 2 profond (b))..... | 50 |
| Figure 24 : Représentation des pourcentages d'effectif « Remblais » et « TN » par gamme de concentration en Pb dans les sols – Commentaires concernant les horizons de « TN » pour les anomalies supérieures à 500 mg/kg MS de Pb..... | 51 |
| Figure 25 : Représentation des pourcentages d'effectif « Remblais » et « TN » par gamme de concentration en Pb dans les sols – Commentaires concernant les horizons de « Remblais » pour les anomalies supérieures à 4000 mg/kg MS de Pb..... | 52 |
| Figure 26 : Évolution du pourcentage de volume de sol et du pourcentage de la masse de polluant contenue dans chaque plage de concentration en Plomb dans les sols..... | 53 |
| Figure 27 : Évolution du pourcentage de volume de sol et du pourcentage de la masse de polluant contenue dans chaque plage de concentration en Plomb dans les sols..... | 54 |
| Figure 28 : volumes de sol et coûts de réhabilitation associés en fonction des gammes de concentration..... | 56 |
| Figure 29 : Stratégie des mesures de gestion (source rapport BRGM/RP-57708-FR)..... | 62 |
| Figure 30 : Présélection des techniques de dépollution (source rapport BRGM/RP-57708-FR)..... | 63 |
| Figure 31 – Représentation Schématique du principe de Gestion retenu pour la Parcelle B dans le cadre du Scénario N°2..... | 81 |
| Figure 32 – Représentation Schématique du principe de Gestion retenu pour les Parcelles C et A dans le cadre du Scénario N°2..... | 82 |

PRINCIPALES ABREVIATIONS EMPLOYEES

Tableau 1 - Liste des abréviations

| <i>Abrév.</i> | <i>Définition</i> |
|---------------|--|
| AEP | Alimentation en eau potable |
| ATSDR | Agency for Toxic Substances and Disease Registry |
| BASIAS | Base des Anciens Sites Industriels et Activités de Service |
| BASOL | Base de données sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués |
| BTEX | Benzène, Toluène, Éthylène, Xylène |
| BRGM | Bureau de Recherches Géologiques et Minières |
| DJE | Dose Journalière d'Exposition |
| DJT | Dose Journalière Tolérable |
| DDT | Direction départementale des territoires |
| DREAL | Direction Régionale de l'environnement de l'aménagement et du logement |
| ETM | Eléments Traces Métallique |
| EQRS | Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires |
| ERI | Excès de Risque Individuel |
| ERU | Excès de Risque Unitaire |
| HAP | Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques |
| COHV | Composés Organo-Halogénés Volatils |
| HCT | Hydrocarbures Totaux |
| ICPE | Installations Classées Pour la Protection de l'Environnement |
| IGN | Institut géographique national |
| INERIS | Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques |
| INRA | Institut national de recherche agronomique |
| IR | Indice de Risque |
| ML | Métaux Lourds |
| NGF | Nivellement général de France |
| OEHHA | Office of Environmental Health Hazard Assessment : antenne californienne de l'US EPA |
| OMS | Organisation Mondiale de la Santé |
| PCB | Polychlorobiphényles (pyralène) |
| PNR | Parc Naturel Régional |
| PPRI | Plan de Prévention du Risque Inondation |
| QD | Quotient de Danger |
| SAGE | Schéma d'aménagement et de gestion des eaux |
| SIC | Site d'Intérêt Communautaire |
| SPP | Sources potentielles de pollution |
| US EPA | United States Environmental Protection Agency |
| VTR | Valeur Toxicologique de Référence |

1. CADRE DE L'ETUDE

1.1 Cadre de l'intervention

La SFPT MANTE, a sollicité ERG ENVIRONNEMENT pour la réalisation pour la réalisation d'un Plan de Gestion (PG) au droit des parcelles A et C, ainsi que la parcelle B de l'ancien site LEGRE MANTE, localisées dans le 8^{ème} arrondissement de la ville de MARSEILLE (13).

Le présent Plan de Gestion est indissociable du diagnostic complémentaire réalisé au droit des parcelles A, B et C du site de l'ancienne usine (objet d'un rapport distinct référencé 17LES038Aa/ENV/MOK/BT/42333, reporté en annexe A1), le diagnostic complémentaire ayant été réalisé afin de synthétiser et de compléter les données existantes sur le site, dans le but d'élaborer un Plan de Gestion (PG) du site en adéquation avec le projet d'aménagement considéré.

Cette mission s'inscrit dans le cadre d'une requalification de l'ancien site industriel pour l'aménagement d'un ensemble immobilier, ainsi que pour la gestion du crassier existant aujourd'hui rattaché à l'usine.

Le périmètre de la mission d'ERG ENVIRONNEMENT répond aux exigences de l'Administration dans l'Art. 1.1 du projet d'arrêté préfectoral transmis le 04/07/2017, dans lequel le préfet des Bouches du Rhône prescrit :

« ...

- Art. 1 :

- o Article 1.1 - Interprétation de l'état des milieux (IEM)

La Société Française des Produits Tartriques Mante (SFPTM) est tenue de réaliser et de transmettre au préfet, dans un délai de 4 mois suivant la notification du présent arrêté, une étude d'interprétation de l'état des milieux (IEM), pour le site industriel LEGRE MANTE, conformément aux dispositions de la note ministérielle du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués mettant à jour les textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués.

Les modalités de cette étude, incluant son périmètre et la nature des investigations à mener, ainsi que le choix de l'organisme retenu pour la réaliser, seront soumis, dans un délai d'un mois suivant la notification du présent arrêté, à l'approbation de l'inspection de l'environnement.

- o Article 1.2 - Plan de gestion

Dans le cas où la démarche d'interprétation de l'état des milieux susvisée conclut à la nécessité d'engager des actions complémentaires pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et les usages constatés, la Société Française des Produits Tartriques Mante (SFPTM) réalisera, dans un délai de 6 mois suivant la transmission de l'étude d'interprétation de l'état des milieux, un plan de gestion, pour maîtriser, voire supprimer les sources de pollution qui ont été générées par l'activité du site industriel LEGRE MANTE, conformément aux dispositions de la note ministérielle du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués mettant à jour les textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués.

La compatibilité entre l'état des milieux après les travaux et les usages constatés sera démontrée à l'appui d'une analyse des risques résiduels (ARR).

- Art. 2 :

- o **La Société Française des Produits Tartriques Mante (SFPTM) est tenue d'élaborer et de transmettre au préfet, dans un délai de 6 mois suivant la notification du présent arrêté, un plan de gestion, couvrant la totalité du site industriel LEGRE MANTE, relatif aux sources de pollution situées sur le site, tel que défini par la note ministérielle du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués mettant à jour les textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués. »**

Cette mission fait suite à de nombreux diagnostics du site (listés au § 1.2) qui ont mis en évidence des anomalies en Eléments Traces Métalliques (ETM) et dans une moindre mesure en hydrocarbures ponctuellement dans les sols au droit de zones spécifiques (cuves à fuel, chaufferie, etc.).

La méthode d'étude s'appuie, point par point, sur les préconisations des textes du Ministère de l'Environnement relatifs aux Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués établis en avril 2017 (mise à jour des textes du 8 février 2007).

1.2 Cadre de la Mission « Plan de Gestion »

La présente mission aura pour base normative le document NF X 31-620 : Qualité du sol – prestations de services relatives aux sites et sols pollués :

- Partie 1 : Exigences générales.
- Partie 2 : Exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle.
- Partie 3 : Exigences dans le domaine des prestations d'ingénierie des travaux de réhabilitation.

La codification de la présente mission au sens de la norme NF X 31-620 est pour l'offre globale de prestation :

Tableau 2 – Codification au sens de la norme NF X 31-620 pour les offres de prestations de la phase 3

| CODE | OBJECTIFS GLOBAUX |
|------|---|
| PG | Plan de gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement d'un site. Définir des modalités de réhabilitation et d'aménagement d'un site pollué. Supprimer ou, à défaut, maîtriser les sources de pollution et leurs impacts. |

1.3 Liste des principaux rapports et documents consultés

1. Rapport SOCOTEC N°2733 de décembre 1996 – Diagnostic de Sols – « Parcelle A » ;
2. Rapport SOCOTEC N°2733-complément de mars 1997 – Diagnostic de Sols – « Parcelle A » ;
3. Rapport SOCOTEC de 1997 portant sur la « Parcelle B »
4. Rapport ANTEA N°NYA A09746 de mai 1998 – Complément d'investigations sur les sols et établissement d'un programme de réhabilitation sur les sols (Parcelle A) ;
5. Rapport ATE N°9/I/013/0 de novembre 1999 – Travaux de réhabilitation des Carreaux – Avant-Projet ;
6. Rapport SOBESOL N°50 433/2A d'aout 2000 – Etude géotechnique talus en bord de mer – « Parcelle B » ;
7. Rapport CERTA de janvier 2000 – Complément d'investigations des remblais de la Parcelle B – « Parcelle B » ;
8. Rapport CERTA de septembre 2001 – Diagnostic de pollution des sols pour création de la station d'épuration – « Parcelle C » ;
9. Rapport ANTEA N°A23196 d'octobre 2001 – Evaluation de l'impact sur la sécurité et l'environnement des vestiges de l'ancien conduit de cheminée de l'usine Legré-Mante à MARSEILLE (13) ;
10. Rapport ANTEA N°23967/B de novembre 2001 – Evaluation Détaillée des Risques – Parcelle A ;
11. Rapport ANTEA N°25500/A de décembre 2001 – Evaluation Simplifiée des Risques – Parcelle C ;
12. Rapport APAVE N°P6063-A/02 de février 2003 – Diagnostic et EDR complémentaire – Parcelle C ;
13. Rapport ANTEA N°A58914/A de juillet 2010 – Mise en sécurité du site – Etat d'avancement ;
14. Rapport ANTEA N°A60244/A de novembre 2010 – Mémoire de réhabilitation du Site des Etablissements LEGRE-MANTE à MARSEILLE (13) ;
15. Rapport ANTEA N°A59703/A de septembre 2010 – Dossier de Cessation d'activités des Etablissements LEGRE-MANTE à MARSEILLE (13) ;
16. Rapport VALGO N°8/ES/11 de mai 2011 – Etude Complémentaire du site en vue de : Préciser les volumes de matériaux impactés sur les parcelles A et C. Etudier les possibilités de valorisation des matériaux à extraire. Déterminer les concentrations maximales admissibles dans le cadre de la reconversion du site ;
17. Rapport VALGO N°10-B-13-004 de 2011 – Plan de Gestion – Ancienne Usine LEGRE-MANTE – 195 avenue de la Madrague MARSEILLE (13008) ;
18. Rapport VALGO N°10-B-14-002 de décembre 2011 – Plan de Gestion – Parcelle B – Ancienne Usine LEGRE-MANTE – 195 avenue de la Madrague MARSEILLE (13008) ;

19. Rapport ECOFIELD CONSULTING N°EC-25/1-SUP de mai 2012 – Dossier de demande d'institution de Servitudes d'Utilité Publique ;
 20. Rapport VALGO N°12-B-13-681 de juin 2014 – Complément opérationnel au plan de gestion.
 21. Rapports ERG Environnement relatifs au Groupe scolaire Madrague de Montredon (Ecole maternelle et école élémentaire), établis dans le cadre de la démarche nationale de diagnostics environnementaux des établissements accueillant les enfants et les adolescents construits sur des sites potentiellement pollués – Rapports en date du 31/03/2016 référencés :
 - a. N°0130887U_RNPP
 - b. N°0130887U_RT2
 - c. N°0130739H_RNPP
 - d. N°0130739H_RT2
 - e. N° 0130739H_RT3
 22. Rapport ERG GEOTECHNIQUE 17MG570Aa/GE/DJ – Rapport géotechnique sur l'emprise du crassier.
 23. Rapport ERG GEOTECHNIQUE 17MG570Ab/GE/MBn – Rapport géotechnique G2 AVP sur les bâtiments 1 à 4 sur site
 24. Rapport ERG ENVIRONNEMENT 17LES038Aa/ENV/MOK/BT/42331 – Rapport IEM hors site.
-

2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2.1 Caractéristiques générales de la zone d'étude

Tableau 3 - Caractéristiques générales du site

| Caractéristiques générales du site | Synthèse des informations collectées | Sources d'informations | Référence à l'Annexe |
|---|--|---|---|
| Dénomination usuelle du site | Site de l'ancienne Usine LEGRE MANTE adressé au 195 avenue de la Madrague de Montredon, 13008 Marseille | Visite du site | - |
| Position du site | Le site est localisé sur la frange littorale du sud de la commune de Marseille, quartier de la Madrague de Montredon. | Visite du site et plans de localisation | A1 (annexe du diagnostic A1.1 à A1.3) |
| Description du site | Le site s'étend sur une superficie d'environ 8,5 ha que l'on peut décomposer en 3 parcelles de la façon suivante, du sud au nord (cf. figure 2 ci-dessus) : <ul style="list-style-type: none"> - Parcelle A : 5 ha environ de terrain soit « naturel » (parties sommitales du site) soit ayant fait l'objet d'une exploitation industrielle ancienne (des infrastructures de l'ancienne cheminée et les carneaux de la fonderie historique sont toujours en place) ; - Parcelle C : 2,7 ha environ ayant fait l'objet d'une exploitation industrielle récente (bâtiments, voiries et installations de traitement des eaux usées du site) ; - Parcelle B : de l'autre côté de l'avenue de la Madrague par rapport au site industriel, 0,7 ha environ de terrain remblayé en surplomb de la mer. La parcelle B est le siège d'un crassier d'un volume de 41 600 m³ environ de déchets qui ont été entreposés dans le cadre des activités industrielles historiques, activité de stockage pour laquelle l'exploitant historique disposait d'une autorisation administrative pendant les premières activités de fonderie et jusqu'aux dernières activités de production d'acide tartrique. | Visite du site et plan de localisation | A1 (annexe du diagnostic A1.1 à A1.3 (localisation du site)) A1 (annexe du diagnostic A1.4 (reportage photographique du site)) |
| Accès au site | L'accès aux parcelles B et C se fait par l'avenue de la Madrague de Montredon. La parcelle A est accessible depuis la parcelle C par le Nord ou par le biais d'un portail en limite Sud de l'ancienne ICPE. Notons que le site est entièrement clôturé et fermé. Par ailleurs, la partie usine est actuellement gardiennée. | Visite du site | - |
| Urbanisme (PLU – Annexe A1.5) | Chaque zone du site est localisée en zone spécifique : <ul style="list-style-type: none"> - Parcelle A : Zone UR2 – tissus discontinus de types petits collectifs. Dans ce secteur, les tissus présentent des caractéristiques et potentiels qui permettent d'envisager une densification supérieure, tout en restant mesurée - Parcelle B : Zone UR1 – tissu discontinu d'habitats individuels. Dans ce secteur, l'objectif principal est de maintenir des formes urbaines basses aérées, d'une densité relativement faible. C'est pourquoi, dans le cas d'un lotissement ou dans celui de la construction, sur une unité foncière ou sur plusieurs unités foncières contiguës, de plusieurs bâtiments dont le terrain d'assiette doit faire l'objet d'une division en propriété ou en jouissance, les règles de PLU s'appliquent au regard non pas de l'ensemble du projet, mais de chaque unité foncière ou construction issue de cette division - Parcelle C : Zone UT1 - tissus discontinus de types collectifs denses et/ou à densifier avec une hauteur de construction autorisée n'excédant pas les 6 m. | Mairie de MARSEILLE (règlement consultable : http://www.marseille-provence.fr/index.php/documents/3253-reglement-tome-1-mrs/file#page=219) | A1 (annexe du diagnostic A1.5) |
| Usage des sites adjacents | Le site est localisé dans un environnement périurbain à caractère naturel et d'habitat résidentiel. | Visite du site | - |
| Caractère inondable du site | La consultation des bases de données du Ministère en ligne permet de mettre en évidence que le site n'est pas concerné par le risque d'inondation. | Ville de MARSEILLE | A1 (annexe du diagnostic A2.1) |
| Cadre réglementaire applicable (ICPE...) | Des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement sont répertoriées au droit du site. Elles sont détaillées dans l'étude historique. | Courriers de la préfecture, site internet du Ministère | - |

2.2 Situation géographique et topographique

Le site de l'usine se situe sur la frange littorale du sud de la commune de Marseille, 8^{ème} arrondissement quartier de la Madrague de Montredon, dans un environnement péri-urbain à caractère naturel et d'habitat résidentiel. Ses coordonnées géographiques et son altitude sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau 4 - Situation géographique et topographique

| Situation géographique et topographique | Synthèse des informations collectées ¹ | Sources d'informations | Référence à l'Annexe |
|---|---|-----------------------------|---|
| Coordonnées Lambert 93 (X, Y en m) | X : 890 639 Y : 6 239 840 | Site Géoportail | A1 (annexe du diagnostic A1.1 extrait de la carte IGN) |
| Cote, altitude Z (NGF) | Entre + 45 et 0 m NGF | | |
| Topographie du site | Le terrain est en pente vers le nord-ouest depuis le point culminant à environ +45 m NGF jusqu'à l'avenue de la Madrague à + 19 m NGF puis jusqu'à la mer | Carte IGN et visite du site | A1 (annexe du diagnostic A1.1. (Extrait de la carte IGN) et A1.4 (reportage photographique du site)) |

On se reportera à l'**annexe A1.1** du diagnostic reporté en annexe A1 du présent Plan de Gestion pour disposer de la localisation du site sur fond de plan IGN ainsi qu'à la figure page suivante pour disposer des périmètres d'étude (parcelles A, B et C).

Nous notons que la délimitation entre les parcelles A et C apparaît peu pertinente au regard des opérations de démolition, de terrassement et de stockage de matériaux sur la parcelle référencée A, qui présente dans ce cadre une situation des milieux assimilable à celle de la parcelle C sur son secteur Nord et un espace de végétation spontanée, assimilable à un prolongement du contexte retrouvé dans les Calanques sur son espace Sud.



Figure 1 – Plan de localisation du site de l'ancienne usine LEGRE MANTE avec délimitation des parcelles A, B et C

¹ Informations approximatives déduites de la carte IGN.

2.3 Présentation du projet d'aménagement

Un projet de réaménagement entrepris par la société SFPT MANTE est en cours d'élaboration. Le projet d'aménagement n'étant pas finalisé au stade de la réalisation du diagnostic complémentaire et du présent Plan de Gestion, seuls les grands principes de celui-ci sont retenus en première approche. Ces éléments sont indispensables pour l'élaboration d'une stratégie d'investigation adaptée au projet.

Dans le cadre du présent diagnostic, les éléments suivants seront pris en compte pour les parcelles A et C :

- Conservation de certains éléments « patrimoniaux » actuellement présents sur site (cheminées, façades, etc),
- Création de niveaux de sous-sol à usage de parking : terrassements des matériaux présents,
- Construction de bâtiment de plain-pied,
- Aménagement des espaces extérieurs en espaces verts et placettes.

Au niveau de la parcelle B, l'aménagement comprend la création d'un parking public au sein du massif de déchets qui sera remodelé, avec une descente en restanques jusqu'au bord de mer et deux bâtiments de faible dimension sur le secteur Est (en forme de « L »). La figure ci-dessous présente l'esquisse du projet d'aménagement considéré (en cours de validation).



Figure 2 : Esquisse du projet d'aménagement considéré

Au regard de la topographie des parcelles A et C, de la nature même de la parcelle B et du projet d'aménagement sur les parcelles à l'étude, la requalification sera à l'origine d'un important volume de déblais, de matériaux divers de nature et qualité chimique variées, qu'il sera nécessaire de gérer (d'un volume estimé à environ 40 000 m³). Notons par ailleurs, dans ce contexte, qu'un volume conséquent de remblais apparaît également nécessaire pour la création des infrastructures, voies lourdes et aménagements paysagers (de type place, cours, espaces verts paysagers, ...)

La balance déblais / remblais de l'opération est détaillée dans le cadre du chapitre d'évaluation des mesures de gestion.

3. DIAGNOSTIC DE LA QUALITE DES MILIEUX

On se reportera au rapport de diagnostic complémentaire (référéncé 17LES038Ab/ENV/MOK/42332), reporté en annexe A1. Ce rapport comprend :

- Une étude historique du site (mission A110 selon la norme NF X 31-620) avec l'analyse des sources potentielles de pollution historique retenues,
- Une étude de vulnérabilité des milieux (mission A120 selon la norme NF X 31-620) qui reprend les éléments de l'étude d'IEM précédemment réalisées (rapport référencé 17LES038Aa/ENV/MOK/BT/42331 et réputée connue du lecteur),
- Une synthèse des précédents diagnostics réalisés et de la connaissance de la qualité des milieux,
- Les investigations complémentaires réalisées sur les milieux (sols et les gaz des sols) identifiés comme vulnérables (ayant pu avoir été impactés au droit du site) et pouvant potentiellement présenter un risque pour les futurs résidents en tenant compte du volet documentaire et historique du site, mais également du projet d'aménagement retenu à ce stade,
- L'interprétation de la qualité des milieux.

Une synthèse non exhaustive de l'étude et de ses principales conclusions et préconisations est proposée ci-dessous.

3.1 Volet documentaire et historique

Le site de la S.A.S. LEGRE-MANTE ETABLISSEMENT a abrité en particulier :

- Une usine de traitement de plomb argentifère et de zinc par natrométallurgie et fabrication de soude (1875-1883 : Hilarion-Roux) ;
- Un site de production d'acide tartrique et d'acide sulfurique (LEGRE-MANTE 1888 à 2009).

L'étude historique a permis de détailler les procédés industriels employés par l'usine et de recenser et localiser les sources potentielles de pollution associées.

La seconde période d'activité a été à l'origine d'une forte transformation du schéma industriel d'une part (avec la transformation des anciens bâtiments, le changement du process, du mode d'approvisionnement des minerais (pyrites), l'ajout de cheminée, ...), ainsi que la modification de la nature des rejets et déchets générés par les nouvelles activités sur site : fabrication d'acide tartrique et de crème de tartre dont le process nécessite l'utilisation d'acide sulfurique autoproduit sur site à partir de pyrites. Ces deux nouvelles activités ne sont pas à l'origine des mêmes déchets et rejets.

De nombreuses activités historiques ayant pu générer des pollutions extérieures sont répertoriées sur le littoral et en particulier dans un rayon de moins de 400 m à 2 km de l'ancienne usine LEGRE MANTE : usines d'acide sulfurique, usines de plomb, usine de raffinage de soufre, usine d'épuration de pétrole, verrerie.

L'usine s'inscrit en limite immédiate du Massif des Calanques de Marseille, référencé en site classé depuis 1975 au titre de la loi du 2 mai 1930 et inscrit depuis le 18 avril 2012 comme Parc National à la fois terrestre, marin et périurbain, permettant le renforcement de la protection de cet espace naturel.

En termes d'usages environnant, le site est localisé :

- Dans un environnement d'habitat résidentiel avec jardins privatifs,
- À proximité d'un établissement scolaire,
- Au cœur du massif des calanques où des activités de promenade, chasse et cueillette sont pratiquées,
- À proximité du littoral, lieu de baignade, sport nautique et pêche.

Le contexte hydrologique local est représenté par la mer (absence de cours d'eau), constituant l'exutoire principal :

- Du canal de Marseille traversant le site,
- Des eaux de ruissellement sur le massif des calanques, l'ancienne usine et le crassier,
- Des eaux souterraines s'infiltrant au sein du massif calcaire karstique.

3.2 Principales conclusions du diagnostic de la qualité des milieux au droit du site

En complément des investigations réalisées dans le cadre des études antérieures sur les Parcelles A et C et compte tenu de l'historique et des sources potentielles de pollution identifiées au droit du site, ERG ENVIRONNEMENT a réalisé les investigations suivantes au droit des parcelles A et C :

- 86 sondages à la pelle mécanique ;
- 9 sondages à la tarière mécanique ;
- 34 sondages dont 15 équipés en piézajirs ;
- 36 prélèvements à la tarière manuelle.

La stratégie analytique a reposé sur la recherche des traceurs des sources potentielles de pollution identifiées et des résultats des études antérieures réalisées sur site. De manière générale, les 8 métaux lourds ont été recherchés de manière systématique au droit du site et les composés organiques ont été recherchés de manière logique au droit des SPP retenues et de manière régulière sur l'emprise des parcelles à l'étude (au vu du passif industriel et de la présence de remblais hétérogènes au droit du site).

Des prélèvements et analyses des sources « cheminées » sur les parcelles A et C et « crassier » sur la parcelle B ont été effectués dans le cadre de l'étude d'IEM précédemment réalisées (référéncée 17LES038Aa/ENV/MOK/BT/42331 et réputée connue du lecteur) et sont intégrés au diagnostic complémentaire, il s'agit :

- De la cheminée verticale encore présente sur site : 1 prélèvement et analyse des encroutements,
- De la cheminée rampante et cheminée verticale haute (zone calanques) : 5 prélèvements et analyses des encroutements,
- Du crassier présent sur la parcelle B : 5 prélèvements et analyses des sols du crassier Ouest et 3 prélèvements et analyses des sols du crassier Est répartis sur la hauteur du crassier (au moyen de deux sondages profonds réalisés sur chaque secteur de la parcelle B).

Les analyses ont porté sur un screening large de 45 ETMM incluant les 8 métaux lourds. Les résultats d'analyse pour les sources ont permis de distinguer en première approche 5 signatures différentes : la cheminée verticale, la cheminée rampante, les remblais du crassier Est (mélange type « démolition » et industrie « chimique ») et deux types de remblais différents pour le crassier Ouest (mélange type « démolition » et industrie « chimique » en surface et déchet industriel « fonderie » en profondeur).

En cohérence avec le process historiques de l'activité du site, les teneurs les plus fortes sont observées au niveau des encroutements de la cheminée rampante (accumulation sur le long terme des fumées issus des différents fours) et des déchets métalliques au sein du crassier Ouest (concentration au sein des résidus profonds). Ces deux types de matériaux sont caractérisés par leurs concentrations en :

- Plomb, arsenic, mercure et cadmium pour les encroutements,
- Plomb, arsenic, zinc, cadmium et dans une moindre mesure cuivre et nickel dans les remblais industriels métalliques.
- Le chrome ne constitue pas un traceur de la pollution du site.

Concernant la parcelle B :

- Le crassier Ouest est constitué d'un empilement de résidus témoignant des différentes activités du site avec de la base vers le sommet : des remblais de type industriel (associé au procédé d'affinage de métaux) puis de nature chimique (associé à l'activité d'acide tartrique), ces derniers étant mélangés à des déchets de démolition issus de l'usine.
- La paragenèse caractérise mieux que la signature isotopique les remblais du crassier.

Concernant les parcelles C et A (sur le secteur Nord essentiellement) :

- Un marquage des sols par les ETM avec particulièrement un impact diffus et concentré en Pb et en As sur l'ensemble du site, ainsi qu'un impact diffus en cuivre, zinc et cadmium (avec plus ponctuellement des anomalies marquées). Quelques anomalies ponctuelles en mercure ont été enregistrées dans les sols en profondeur aux abords de la cheminée rampante sur son linéaire enterré et au niveau des sols de surface de deux prélèvements dans le même secteur.
- Des indices organoleptiques caractéristiques de cyanures (associés à des concentrations en cyanures totaux supérieures à 10 mg/kg MS) ont été enregistrées uniquement dans les sols de surface au droit du stockage historique de ferrocyanures dans le bâtiment 1, ainsi que dans les sols en profondeur à proximité des carreaux bas.
- Les HCT et HAP sont présents d'une manière ponctuelle et localisée dans les sols. Les teneurs enregistrées ne sont pas associées à des anomalies dans les gaz des sols.
- Un transfert possible des composés volatils vers les gaz du sol a été mis en évidence (seul le TCE est présent à des teneurs dépassant les valeurs de comparaison retenues en première sur 3 piézajirs localisés au droit des futurs bâtiments F et D de plain-pied).
- La présence de composés volatils dans les gaz du sol pouvant entraîner des risques sanitaires pour les futurs usagers du site exposés par inhalation de ces composés, une étude de risques sanitaires a donc été réalisée dans le cadre du présent Plan de Gestion (chapitre 5).

4. SYNTHÈSE DE L'ÉTAT DES MILIEUX – ANALYSE DES ENJEUX

Conformément à la méthodologie nationale, la gestion des sites et sols pollués repose sur :

- La maîtrise des sources de pollution et des transferts,
- La maîtrise des impacts avec :
 - Le contrôle des milieux d'exposition,
 - La définition des mesures de gestion à mettre en place visant à rétablir la compatibilité du site avec l'usage projeté,
 - La réhabilitation en veillant à protéger les futurs usagers d'éventuelles pollutions résiduelles
- L'étude au cas par cas des situations rencontrées en fonction des pollutions rencontrées et des contraintes intrinsèques au site étudié.

4.1 Principe de la démarche

Selon la méthodologie nationale mise à jour en avril 2017, en tout premier lieu, les possibilités de suppression des pollutions et de leurs impacts doivent être recherchées. La maîtrise des impacts suppose la maîtrise préalable des sources de pollution et des pollutions concentrées. Ainsi lorsque des pollutions concentrées sont identifiées (flottants sur les eaux souterraines, terres fortement imprégnées de produits, produits purs), la priorité consiste d'abord à déterminer les modalités de suppression des pollutions concentrées, plutôt que d'engager des études pour justifier leur maintien en l'état.

La définition d'une source de pollution se traduit par le concept de capacité à « émettre » des pollutions, cela se traduit par le transfert de polluants dans l'environnement.

Une pollution concentrée apparaît plus difficile à définir. Elle correspond à un volume fini de milieu souterrain au sein duquel les concentrations en une ou plusieurs substances sont significativement supérieures aux concentrations de ces mêmes substances à proximité immédiate de ce volume même en l'absence d'émission dans l'environnement.

La caractérisation des sources de pollution concentrées sera donc étudiée sur la base de différentes méthodes d'interprétation des résultats. La méthodologie d'avril 2017 propose différentes méthodes d'interprétation des données de terrain et de laboratoire permettant de caractériser et d'identifier une pollution concentrée.

L'objectif est de caractériser la présence d'un éventuel bruit de fond et/ou de valeurs anormales significativement différentes dans la distribution des concentrations. Elle doit permettre de proposer un seuil de coupure « théorique » pour la pollution concentrée, au-dessus duquel il serait intrinsèquement intéressant de traiter ces sols en retirant un maximum de la masse de polluant, tout en ne traitant qu'un volume de sol limité. Ces seuils de coupure sont évalués indépendamment :

- de la mobilité des polluants,
- des techniques de dépollution disponibles,
- des usages du site, des aménagements actuels ou futurs,
- des objectifs de qualité des milieux,
- des risques sanitaires,
- des aspects financiers.

Il est généralement nécessaire de recouper plusieurs méthodes afin de valider la définition du seuil de coupure pour la définition d'une source concentrée.

Quatre de ces méthodes sont étudiées ici :

- l'approche basée les constats de terrain,
- l'analyse statistique,
- l'approche cartographique,
- le bilan massique.

4.2 Identification des sources de la pollution concentrée hors métaux lourds sur les parcelles A et C

4.21 Approche basée sur l'interprétation des constats de terrain

Les constats de terrain de 2018 reportés en annexe A2 mettent en évidence des indices de pollution (aspect, odeur, couleur) rarement associés à des teneurs notables mesurées au PID en cohérence avec les résultats d'analyse. Les indices organoleptiques ont été confirmés par des anomalies en polluants organiques ou en cyanures uniquement au niveau des horizons surlignés en jaune dans les tableaux.

Dans le cadre des précédentes campagnes seul quelques indices organoleptiques notables ont été relevés, nous avons noté :

- Dans le cadre du diagnostic ANTEA de 1998 des horizons de matériaux bleus dans les sols entre 2 et 4 m au niveau de la fouille F11.
- Dans le cadre du diagnostic ANTEA de 2011 des horizons noirâtres dans les sols au niveau des sondages T7, T8 et T10 essentiellement dans les sols de surface.

Ces indices organoleptiques ont été confirmés par des anomalies en HAP dans les sols du sondage T8 et en cyanures totaux dans les sols de la fouille F11.

Retenons que les indices organoleptiques / mesures PID les plus notables sont des odeurs et des anomalies de PID entre 0.1 et 100 ppm et une couleur bleue des sols ponctuelle et exclusivement au niveau des zones de carneaux bas et de la zone de stockage de ferrocyanures.

La présence de débris de démolition et de matériaux de type mâchefers a également été mise en évidence d'une manière régulière dans les remblais de surface des parcelles A et C.

Rappelons dans ce cadre que des travaux ont été pratiqués sur la parcelle C en 2002, sous le contrôle de l'administration pour l'aménagement de l'actuelle station de traitement des eaux usées du site. Une très grande quantité de déblais de terrassement et de matériaux de démolition d'anciennes infrastructures de l'usine a été constituée dans ce cadre, après avoir revêtu le terrain d'un complexe géosynthétique. Les ancrages du complexe géosynthétique en amont de la pente du terrain naturel sont recouverts de sols et d'un couvert végétal, mais du polyane peut être observé en différents endroits du pied de talus. Un diagnostic de la qualité des sols, effectué préalablement à la construction de la station, avait mis en évidence des teneurs localement soutenues en métaux dans les sols stockés au sein du massif de matériaux de terrassement et de démolition.

4.22 Approche statistique

Conformément aux textes en vigueur, afin de permettre une bonne appréhension des résultats obtenus dans les sols, et dans l'objectif de juger du caractère de « pollution concentrée » ou de « pollution diffuse » des anomalies enregistrées dans les sols, des graphiques de synthèse des concentrations retrouvées dans les sols sont proposés pour chacun des paramètres recherchés (présentant des concentrations supérieures aux valeurs de bruit de fond retenues quand elles existent ou à la limite de quantification du laboratoire).

On se reportera au rapport de diagnostic en annexe A1 pour disposer des valeurs d'analyse de la situation retenues.

A noter qu'au regard de la quantité de données et de leur répartition sur l'ensemble du site, l'approche statistique s'avère pertinente. La densité de sondage est d'environ 1 sondage par 300 m² sur les parcelles A et C avec une densité plus importante sur la parcelle C au niveau des anciennes activités et une densité plus faible sur la parcelle A dans le secteur Sud.

4.2.2.1 Approche Graphiques de répartition des teneurs en composés organiques et cyanures et Approche statistique simplifiée

La représentation graphique des concentrations permet de visualiser rapidement les gammes de concentration les plus représentées et d'isoler les échantillons présentant des teneurs anormalement élevées en comparaison.

On se reportera aux paragraphes 7.6 et 7.7 du diagnostic complémentaire reporté en annexe A1 pour disposer de l'ensemble des diagrammes et données statistiques simplifiées.

Remarque : pour rappel la première étape de l'approche statistique consiste en la réalisation de calculs à partir des concentrations mesurées dans les sols, exprimés en mg/kg MS, sur l'ensemble des zones du site. Les concentrations inférieures à la limite de quantification sont retenue égales à cette limite.

❖ LES HCT :

Il apparaît que 92% des 123 échantillons soumis à l'analyse des HCT, présentent des teneurs en HCT inférieures à 500 mg/kg (seuil de l'arrêté du 12/12/2014 définissant le caractère inerte de ceux-ci) et environ 87% présentent des teneurs inférieures à 250 mg/kg.

L'histogramme de répartition des concentrations en HCT met en évidence la présence d'une anomalie très significativement élevée par rapport aux autres teneurs mesurées sur le site. Il s'agit de l'échantillon prélevé de 0.1 à 0.2 m au droit de E9b (sondage réalisé à la tarière manuelle ayant pour objectif la délimitation latérale de l'impact en E9 mis en évidence lors de la première campagne).

Il apparaît que 9 échantillons présentent des teneurs comprises entre la valeur de 500 mg/kg et 4 000 mg/kg. Les autres échantillons semblent présenter des teneurs homogènes assimilables en première approche au bruit de fond du site.

Les échantillons apparaissant comme anormaux selon cette première démarche sont présentés dans le tableau 5 page suivante.

Il apparaît que ces échantillons sont prélevés dans des remblais ayant mis en évidence des constats organoleptiques particuliers (mesures PID non nulles ou traces noires ou odeurs d'hydrocarbures, etc).

En ce qui concerne l'échantillon « PM4-caniveau », il n'apparaît pas réaliste de le considérer comme représentatif d'une anomalie dans les sols étant donné qu'il s'agit d'un prélèvement de résidu de type « sédiment » dans un caniveau historique au droit du bâtiment 1. Il s'agit de déchets qui seront curés et gérés lors des travaux de démolition ou d'aménagement, mais non d'une source sol qu'il serait nécessaire de dimensionner spécifiquement. Cette anomalie ne sera donc plus prise en compte lors de l'analyse, mais elle sera gardée en mémoire et le caniveau sera curé et les matériaux gérés en filière autorisée, comme toute canalisation ou structure de rétention qui s'avèrerait souillée.

Tableau 5 : Echantillons anomaux selon les Graphiques de répartition des teneurs en HCT (en mg/kg MS) et l'approche statistique simplifiée

| Echantillons anomaux par rapport au bruit de fond du site | Lithologie | Constats organoleptiques | Concentration mesurée | Composé majoritaire | Concentration du composé majoritaire | Remarque interprétation |
|---|---|---|-----------------------|---|--------------------------------------|---|
| PM18 0 - 0,6 | Sables limoneux marron à bruns noirâtre à cailloutis et débris | Couleur noire et débris | 1130 | HCT (>nC30 - nC40) | 854 | Aucune délimitation réalisée |
| PM2 0,6 - 1,3 | Sables limoneux beiges gris à traces noirâtres plus ou moins compactes | Couleur noire | 1280 | HCT (>nC22 - nC30) | 627 | Bâtiment 1 Hall 2-3-4 instables pour seconde campagne |
| PM4 caniveau | Fond de caniveau | Matériaux noirâtres en fond | 3370 | HCT (>nC22 - nC30) | 1680 | |
| E9 0 - 0,25 | Sables à petits blocs beiges marron avec débris de briques et tache noire en surface légère odeur d'hydrocarbures Refus sur calcaire | Débris de briques et tâches noires Légère odeur d'hydrocarbures PID = 0,4 ppm | 3460 | HCT (>nC16 - nC22) | 2140 | Délimitation par E9a à E9d Impossibilité d'équiper un piézair car calcaire à 0,25m |
| PM10 0,2 - 0,8 | Scories dans matrice sablo-limoneuse grise noire à beige et briques | Scories et briques | 762 | HCT (>nC30 - nC40) | 315 | Impact modéré Délimitation nord-ouest par C5, reste inaccessible |
| E9b 0,1 - 0,2 | Sables fins argileux avec boulettes d'argiles beiges, zone noire grasse avec odeur d'HCT Refus à 20 cm S: débris végétaux | odeur d'HCT PID = 1,3 ppm | 27300 | HCT (>nC16 - nC22) | 16600 | Sondages de délimitation de E9 Délimitation de E9b par E9a, E9c et E9d Impossibilité de délimiter E9c plus au sud-est car encombrement de la zone Impossibilité d'équiper un piézair |
| E9c 0 - 0,1 | Sables légèrement limoneux bruns (3cm) puis marron avec déchets végétaux et rares cailloux calcaires avec quelques odeurs d'HCT Refus à 0,1 m S: copeaux de bois, déchets métalliques et cuve à proximité | quelques odeurs d'HCT | 3510 | HCT (>nC16 - nC22) | 2020 | |
| SD1 2,5 - 3 | Matériaux noirs humides forte odeur H2S et éléments métalliques avec calcite | odeur H2S ++ PID = 2,4 ppm | 848 | HCT (>nC22 - nC30) | 394 | Impact modéré Zone peu accessible Délimitation large par SD2, SD3 et PM8 |
| T8 E1 | - | - | 1310 | HCT (>nC20 - nC24) | 250 | Impact non retrouvé par PM14 Délimitation nord par E'22 et F'22 Equipement de Pza2 |
| S2-LM 0,2-1 | - | - | 3050 | Le bordereau annexé au rapport (A3-1) ne détaille pas les fractions HCT | | Impact non retrouvé par SD6 Equipement de Pza3 |

❖ **LES HAP :**

Il apparaît que 95.5% des 112 échantillons soumis à l'analyse des HAP présentent des teneurs inférieures à 50 mg/kg (seuil de l'arrêté du 12/12/2014).

5 échantillons présentent des teneurs supérieures à cette valeur :

- L'histogramme de répartition des concentrations en HAP² met en évidence la présence de deux anomalies significativement plus élevées que les autres teneurs mesurées sur le site. Il s'agit de l'échantillon de matériaux présents en fond de caniveau découvert lors de la réalisation de PM4 et d'un échantillon prélevé lors de l'étude ANTEA de 2010 (T8).
- 3 autres échantillons semblent se distinguer d'un bruit de fond observé sur le site.

Le prélèvement « PM4-caniveau » n'est pas retenue comme une source sol qu'il serait nécessaire de dimensionner spécifiquement, le prélèvement correspondant à un résidu de type « sédiment » dans un caniveau historique au droit du bâtiment 1 : il s'agit plus de déchets qui seront curés et gérés lors des travaux de démolition ou d'aménagement.

L'anomalie mise en évidence sur T8 n'a pas été confirmée lors des investigations réalisées par ERG en 2018 (PM14, E'22 et F'22). PM14 présente un marquage par les HAP de 0.3 à 0.9 m de profondeur (de 54 mg/kg MS) largement inférieur à la teneur mesurée par ANTEA en 2010 (de 410 mg/kg MS). Le piézair (PzA2), équipé à proximité de cette zone, a permis de lever le doute sur cet impact.

Les deux autres anomalies retrouvées sont localisées en P'19 et T11. Le piézair (PzA8), équipé à proximité de P'19, a permis de lever le doute sur cet impact.

En revanche, l'anomalie en T11 mise en évidence par ANTEA en 2010 n'a pas pu être recharacterisée du fait de l'instabilité du bâtiment 3 (charpente en bois, incendie, toiture démolie). Un piézair (PzA13) a été implanté dans la seule zone accessible du bâtiment lors des investigations et a permis de lever le doute sur un impact à l'échelle du bâtiment.

Les échantillons apparaissant comme anormaux selon cette première démarche sont présentés dans le tableau 6 suivant.

Tableau 6 : Echantillons anormaux selon les Graphiques de répartition des teneurs en HAP (en mg/kg MS) et l'approche statistique simplifiée

| Echantillons anormaux par rapport au bruit de fond du site | Lithologie | Constats organoleptiques | Concentration mesurée | Composé majoritaire | Concentration du composé majoritaire | Remarque interprétation |
|--|---|---|-----------------------|---------------------|--------------------------------------|--|
| PM4 caniveau | Fond de caniveau | Matériaux noirâtres en fond | 400 | Fluoranthène | 92 | Impact dans des matériaux présents en fond de caniveau sous dalle |
| PM14 0,3 - 0,9 | Sables limoneux beiges gris à passages noirâtres avec débris de briques et cailloutis centimétriques à décimétriques | Passages noirâtres et débris de briques | 54 | Fluoranthène | 10 | Sondage de délimitation de T8 Délimitation nord par E'22 F'22 Equipement de PzA2 |
| P'19 0 - 0,6 | Sables limoneux bruns à débris de briques et cailloutis centimétriques passage noirâtre grisâtre avec scories / mâchefers de 0,55 à 0,6 m | Scories / mâchefers de 0,55 à 0,6 m | 63 | Fluoranthène | 12 | Equipement de PzA8 |
| T8 E1 | | | 410 | Phénanthrène | 99 | Impact non retrouvé par PM14 Délimitation nord par E'22 et F'22 Equipement de PzA2 |
| T11 E1 | | | 130 | Fluoranthène | 24 | Zone inaccessible lors de l'intervention Equipement de PzA13 au plus proche dans la zone accessible |

² Histogrammes disponibles aux paragraphes 7.6 et 7.7 du diagnostic complémentaire reporté en annexe A1 du Plan de Gestion.

❖ **LES CYANURES :**

95% des 41 échantillons soumis à l'analyse des Cyanures présentent des teneurs en cyanures libres inférieures à 5 mg/kg

63% des échantillons pour les cyanures totaux et

12% présentent des teneurs en cyanures totaux supérieures à 150 mg/kg.

5 échantillons présentent des teneurs en cyanures largement supérieures aux teneurs mesurées sur le site – teneurs comprises entre 200 à 1300 mg/kg MS. Il s'agit d'échantillons prélevés soit dans la zone proche des carneaux (PMC3 – SD14 – F11) soit dans la zone de stockage des ferrocyanures du Hall 1 Bât 1 (SD1).

Les cyanures libres sont détectés uniquement au niveau des sols en profondeur de PMC3 (teneurs comprises entre 1,7 et 63 mg/kg MS), SD14 (teneurs comprises entre 1,1 et 4 mg/kg MS) et F11 (teneurs comprises entre 0.1 et 2.5 mg/kg MS).

La totalité des anomalies mises en évidence sont localisées au niveau des zones carneaux et stockage de ferrocyanures exclusivement et ne concerne uniquement que 5 sondages pour les concentrations supérieures à 10 mg/kg.

❖ **LES BTEX, LES PCB ET LES COHV :**

Ces paramètres lorsqu'ils sont rarement détectés dans les sols le sont à l'état de trace, on retiendra dans ce cadre qu'aucune source concentrée en BTEX, en PCB et en COHV n'a été mise en évidence sur le site et l'analyse ne sera pas développée plus avant (selon les approches statistique, cartographique, bilan massique, estimation des cubatures et intégration des contraintes financières).

4.2.2.2 Approche statistique par pourcentage cumulé de population d'analyse

Le graphique de l'évolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en polluants disponibles permet de déterminer une ou plusieurs ruptures de pente, qui définissent deux ou plusieurs gammes de concentrations. Cette représentation permet d'avoir une première estimation de la distribution et l'importance et de la répartition d'une pollution au droit du site.

Cette approche est établie pour les HCT, les HAP et les cyanures totaux.

Notons que pour cette approche, les concentrations inférieures à la limite de quantification sont retenues égales à cette limite et l'intégralité des analyses pour chaque famille de polluants ont été intégrées dans l'analyse des pourcentages cumulés.

Enfin dans le but de permettre une bonne lisibilité des données et une visualisation optimale des ruptures de pente sur ces représentations pour les familles de polluants à l'étude, l'axe des abscisses, représentant les teneurs en polluants, a volontairement été passé en échelle logarithmique.

❖ LES HCT :

L'évolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en HCT est présentée dans la figure suivante.

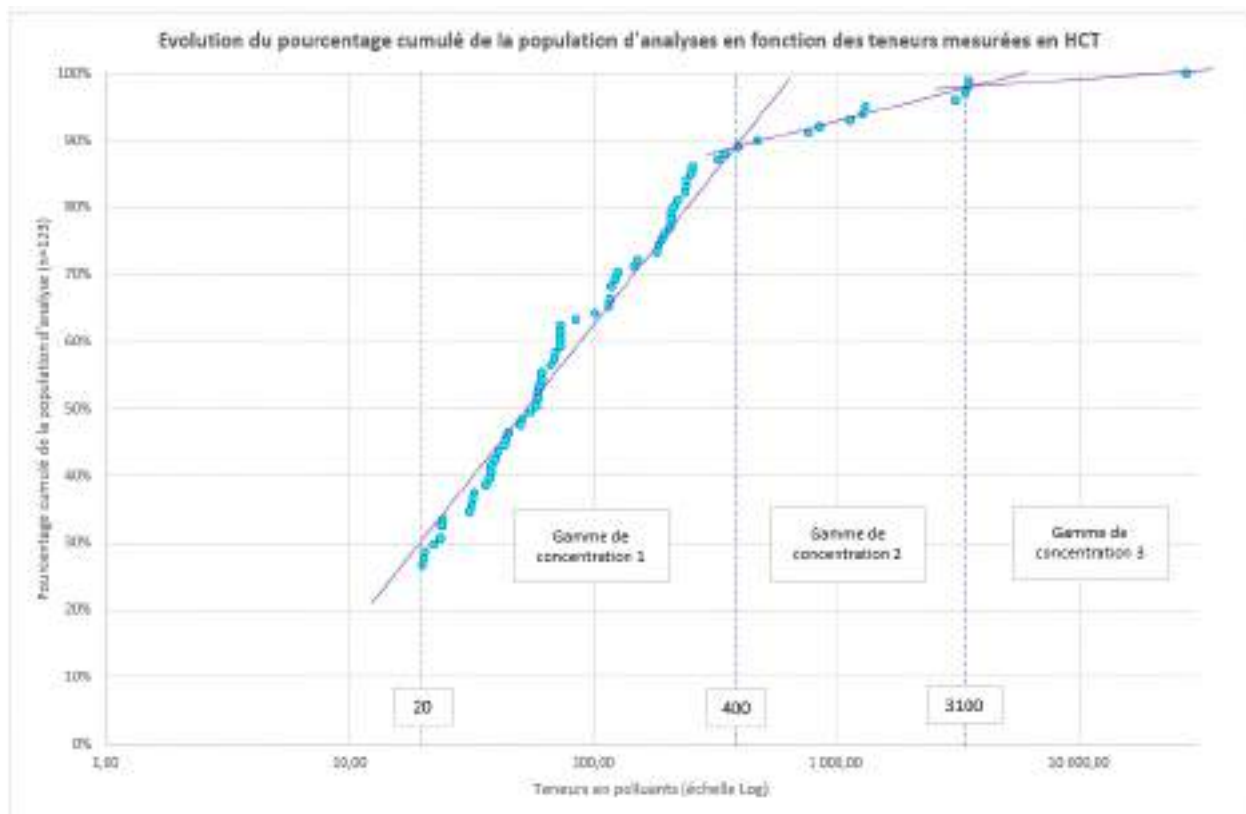


Figure 3 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en HCT C10-C40 dans les sols

Le graphique fait apparaître deux ruptures de pente :

- La gamme de concentration 1 correspond au bruit de fond moyen sur l'ensemble du projet,
- La gamme de concentration 2 distingue les sols présentant un impact avéré modéré par les activités passées,
- La gamme de concentration 3 correspond à une pollution concentrée à fortement concentrée.

Remarque : les teneurs inférieures à la gamme de concentration 1 représentent 40% des analyses et correspondent aux teneurs inférieures à la limite de détection du laboratoire (limites variables selon les diagnostics de 1998 à 2018),

❖ LES HAP :

L'évolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en HAP est présentée dans la figure suivante.

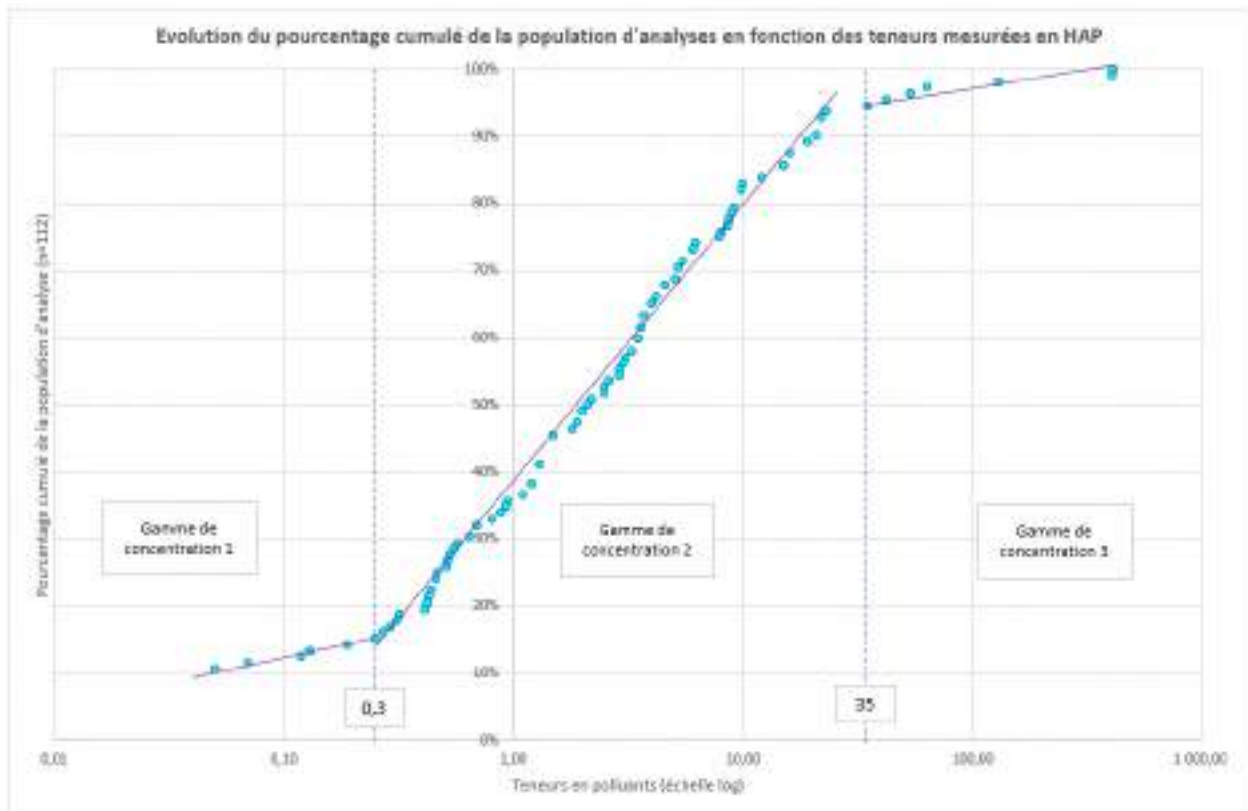


Figure 4 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en HAP dans les sols

Le graphique fait apparaître deux ruptures de pente :

- La gamme de concentration 1 représente 15% des effectifs et correspond aux teneurs inférieures à la limite de détection du laboratoire (limites variables selon les diagnostics de 1998 à 2018),
- La gamme de concentration 2 correspond au bruit de fond sur l'ensemble du projet,
- La gamme de concentration 3 distingue les sols présentant un impact avéré modéré par les activités passées, jusqu'à des pollutions plus concentrées.

❖ LES CYANURES TOTAUX :

L'évolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Cyanures Totaux est présentée dans la figure suivante.

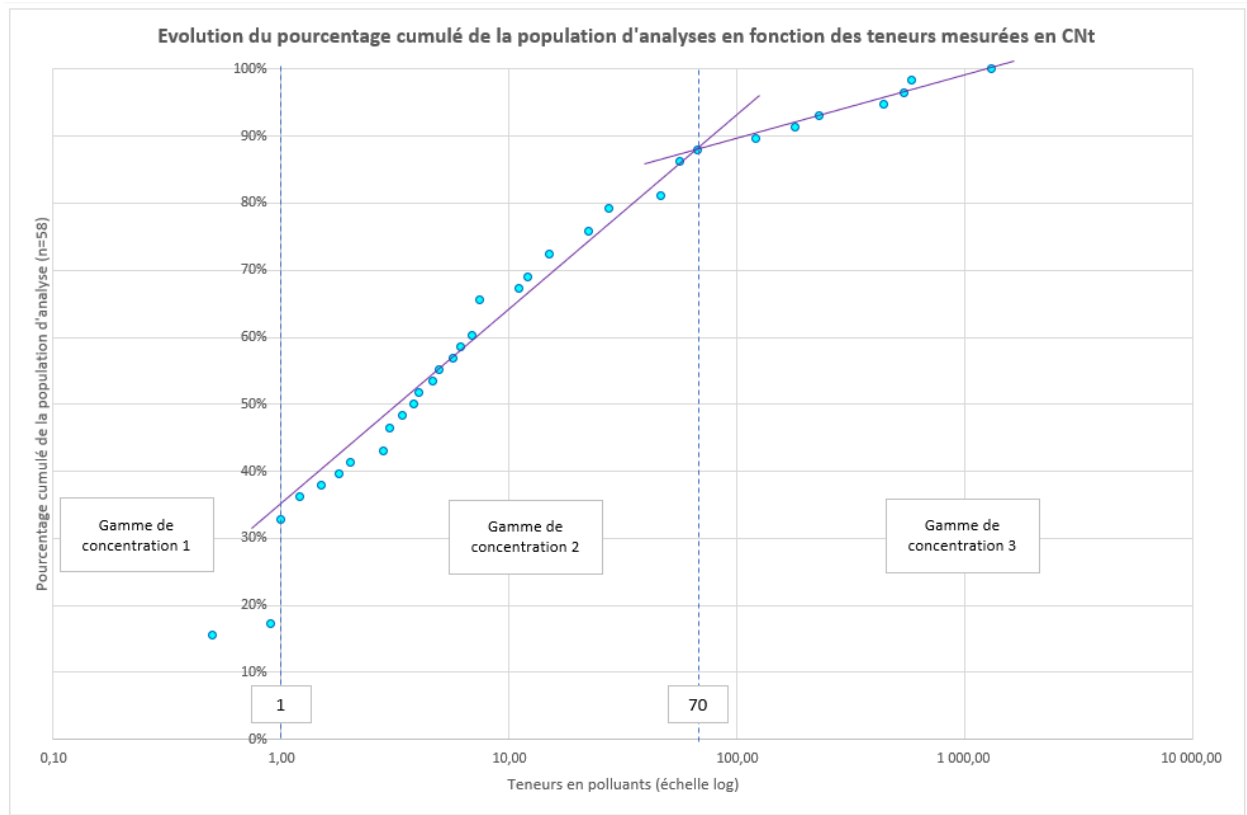


Figure 5 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Cyanures totaux dans les sols

Le graphique fait apparaître deux ruptures de pente :

- La gamme de concentration 1 représente 17% des effectifs et correspond aux teneurs inférieures à la limite de détection du laboratoire (limites variables selon les diagnostics de 1998 à 2018),
- La gamme de concentration 2 correspond au bruit de fond sur l'ensemble du projet,
- La gamme de concentration 3 distingue les sols présentant un impact avéré modéré par les activités passées, jusqu'à des pollutions plus concentrées.

❖ LES CYANURES LIBRES :

L'évolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Cyanures Libres est présentée dans la figure suivante.

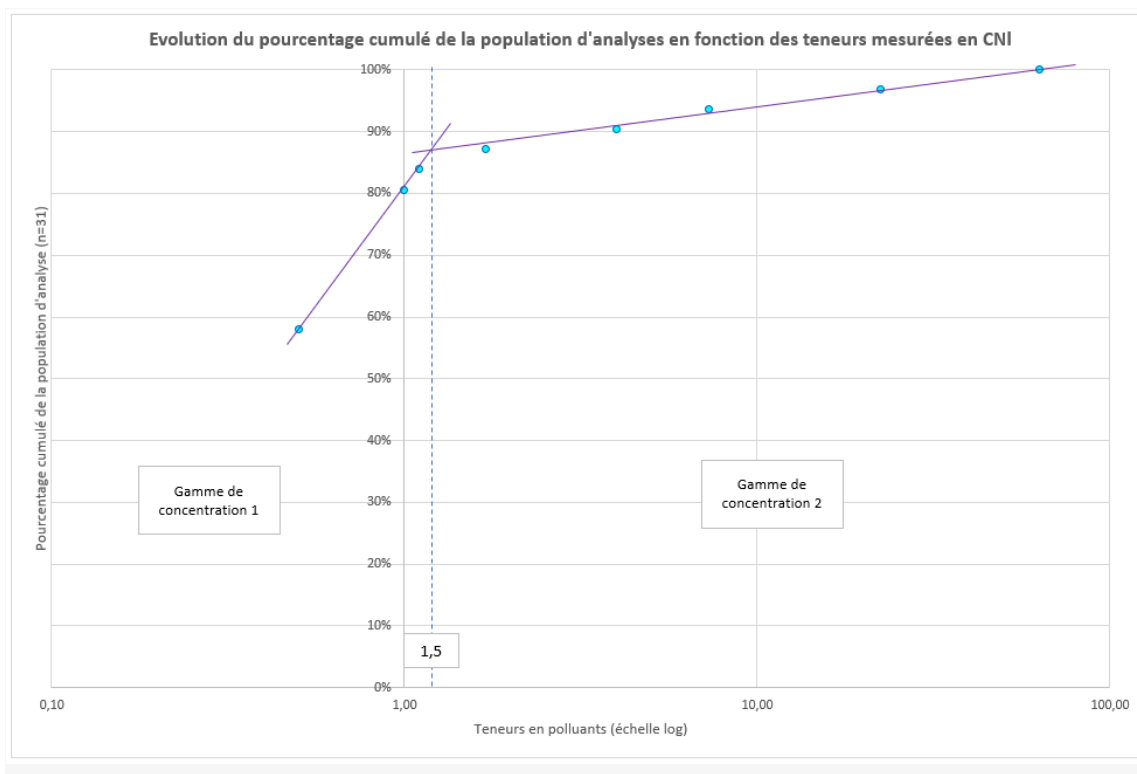


Figure 6 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Cyanures totaux dans les sols

Le graphique fait apparaître une rupture de pente :

- La gamme de concentration 1 représente 84% des effectifs et correspond aux teneurs inférieures à la limite de détection du laboratoire (limites variables selon les diagnostics de 1998 à 2018) ou dans une gamme de bruit de fond moyen,
- La gamme de concentration 2 distinguerait les sols présentant un impact avéré modéré par les activités passées, jusqu'à des pollutions plus concentrées.

Les gammes de concentration retenues sur la base de cette approche statistique sont synthétisées dans le tableau 7 suivant par polluant et famille de polluants.

Tableau 7 : Présentation des gammes de concentration retenues selon l'approche des pourcentage cumulés de population

| Composé | Gamme de concentration 1 (en mg/kg MS) | Gamme de concentration 2 (en mg/kg MS) | Gamme de concentration 3 (en mg/kg MS) | Sondage dans la gamme des plus fortes concentrations |
|-----------------|--|--|--|---|
| HCT | 20-400 | 400-3100 | > 3100 | E9b (0,1 - 0,2) avec 27300 E9c (0 - 0,1) avec 3510 E9 (0 - 0,25) avec 3460 S2-LM (0,2-1) avec 3050 |
| HAP | 1-20 | 20-65 | >65 | T8E1 (0,05-1) avec 410 T11E1 (0-1) avec 130 P'19 (0 - 0,6) avec 63 |
| Cyanures totaux | 0-1 | 1-100 | > 100 | SD14 (0,6-5) avec 180 à 1300 F11(2,5-4,5) avec 578 PMC3(1,7-4,2) avec 120 à 540 SD1 (0-1) avec 230 |
| Cyanures Libres | 0-1,5 | > 1,5 | | SD14(4-5) avec 4 PMC3(1,2-3,8) avec 7,3 à 63 F11 (>4,5) avec 2,5 |

Cette seule méthode ne permet pas de définir un seuil de coupure robuste puisqu'elle ne tient pas compte de la répartition spatiale des concentrations. Elle doit donc être confortée par l'approche cartographique et un bilan massique.

4.2.3 Approche cartographique

❖ LES HCT :

Les cartographies de répartition spatiale des concentrations en hydrocarbures dans les sols de surface et dans les sols en profondeur sont présentées en figures 7 page suivante.

L'ensemble des analyses disponibles a été représentée dans les figures (a) et (b) sans sélection de gamme de concentration. L'analyse cartographique met en évidence un bruit de fond de teneurs n'excédant pas les 500 mg/kg MS sur l'ensemble du terrain et une répartition géographiquement ponctuelle des anomalies en HCT enregistrées dans les sols de surface comme en profondeur.

Les anomalies supérieures à 500 mg/kg MS sont mises en exergue au travers des figures 7(c) et 7(d)

La cartographie met bien en évidence les 2 zones sources concentrées : E9 et S2-LM (la teneur au PM4 n'étant pas retenue comme une anomalie dans les sols) confortant ainsi les précédentes analyses statistiques des données disponibles.

Notons que parmi les anomalies comprises dans la gamme de concentration 2 (jugées modérées et non représentatives d'une « source concentrée ») pour les HCT, le secteur du sondage SD1 est concerné par une anomalie concentrée en cyanures.

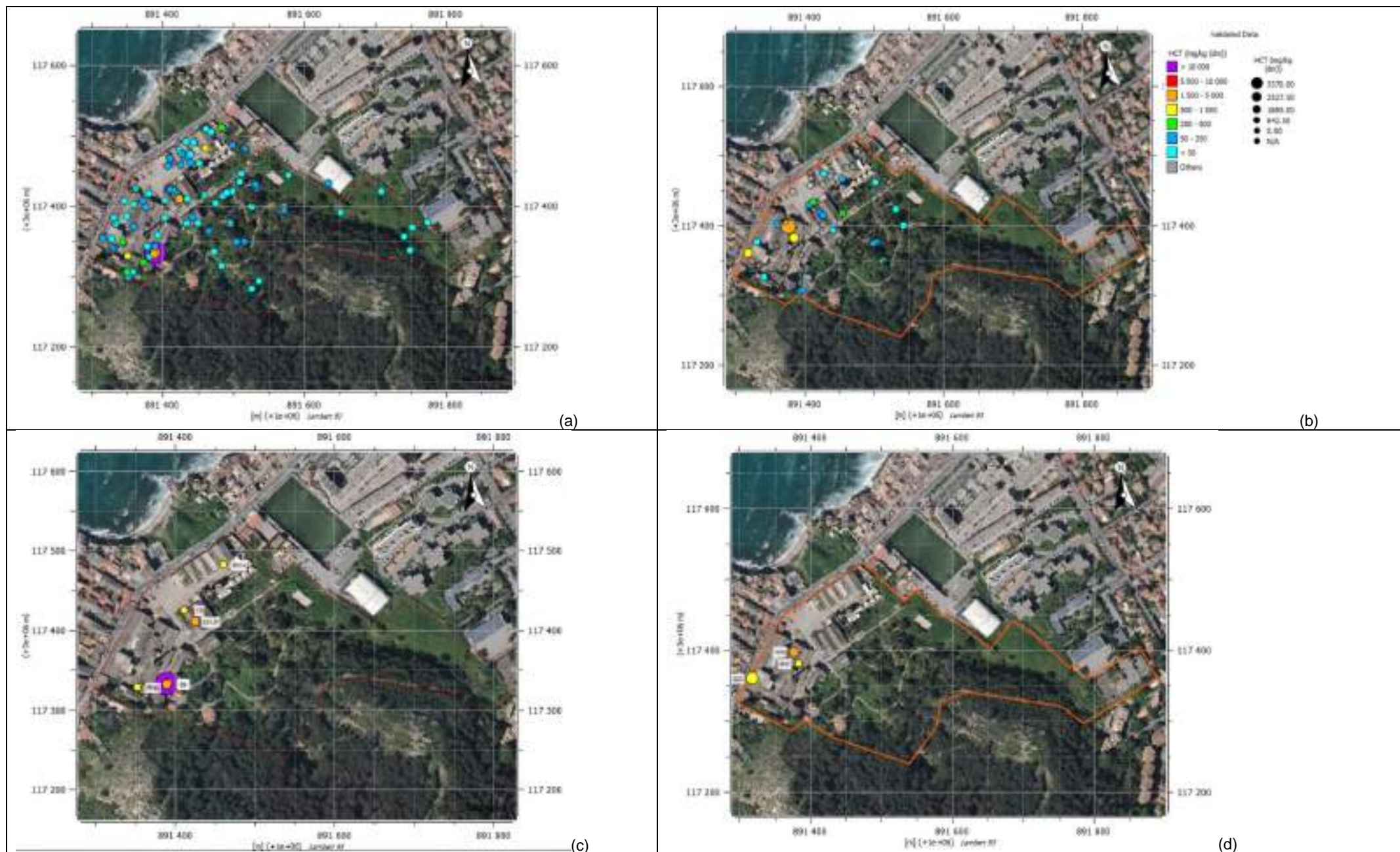


Figure 7 : Cartographies des teneurs en HCT dans les sols de surface (a)(c) et en profondeur (b)(d) – Représentation des teneurs supérieures à 500 mg/kg (c) et (d)

❖ **LES HAP :**

Les cartographies de répartition spatiale des concentrations en HAP dans les sols de surface et dans les sols en profondeur sont présentées en figure 8.

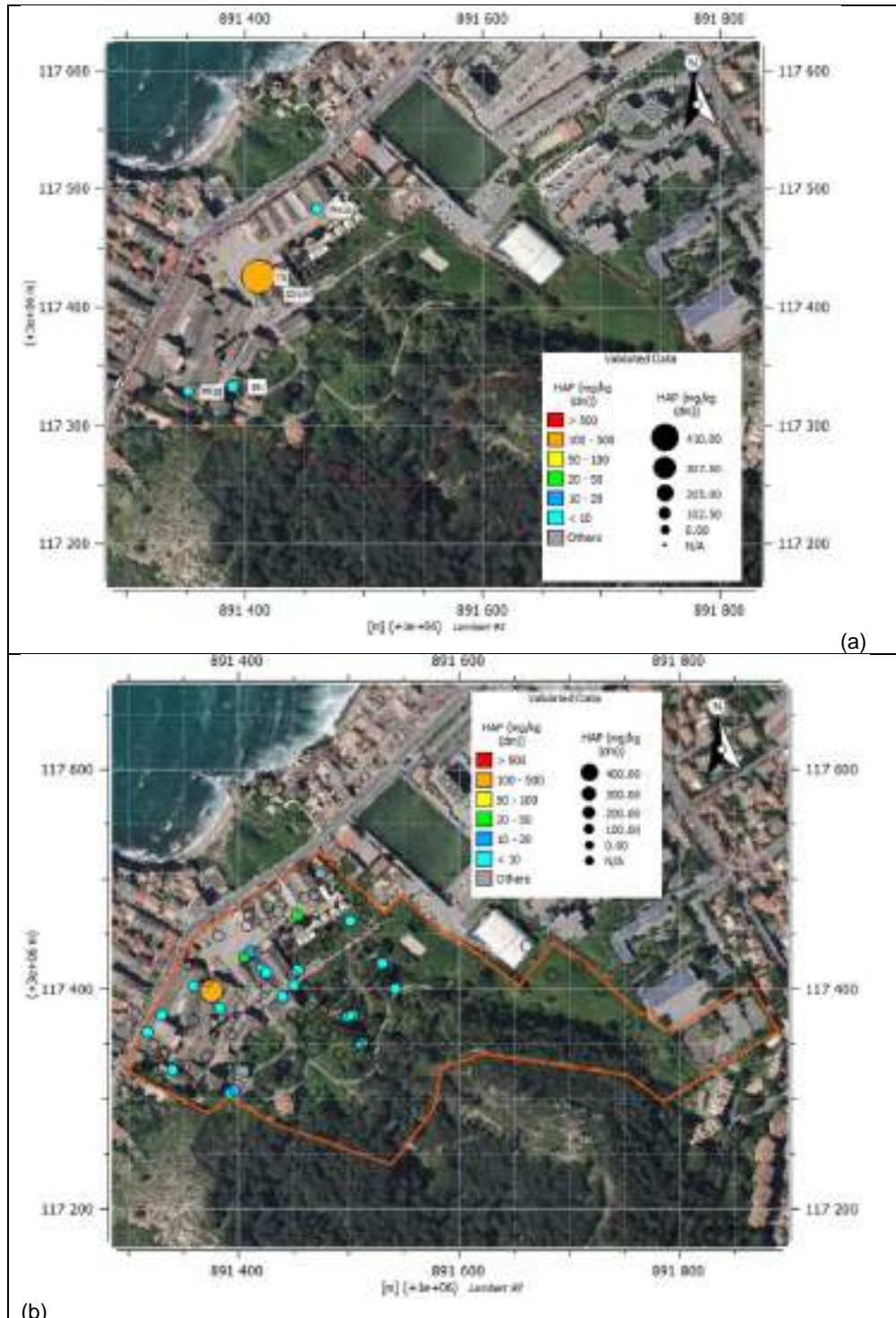


Figure 8 : Cartographies des teneurs en HAP dans les sols de surface (a) et en profondeur (b)

L'ensemble des analyses a été représenté dans les figures (a) et (b) sans sélection de gamme de concentration. L'analyse cartographique met en évidence un bruit de fond de teneurs n'excédant pas les 50 mg/kg MS sur l'ensemble du terrain et une répartition géographiquement ponctuelle des anomalies en HAP enregistrées dans les sols de surface comme en profondeur.

La cartographie met clairement en évidence les 2 zones sources concentrées (T8 dans les sols de surface et PM4-caniveau correspondant à des résidus dans un caniveau et non du sol en place sous le bâtiment 1) confortant ainsi les précédentes analyses statistiques des données disponibles.

LES CYANURES :

Les cartographies de répartition spatiale des concentrations en Cyanures dans les sols de surface et dans les sols en profondeur sont présentées en figure 9.

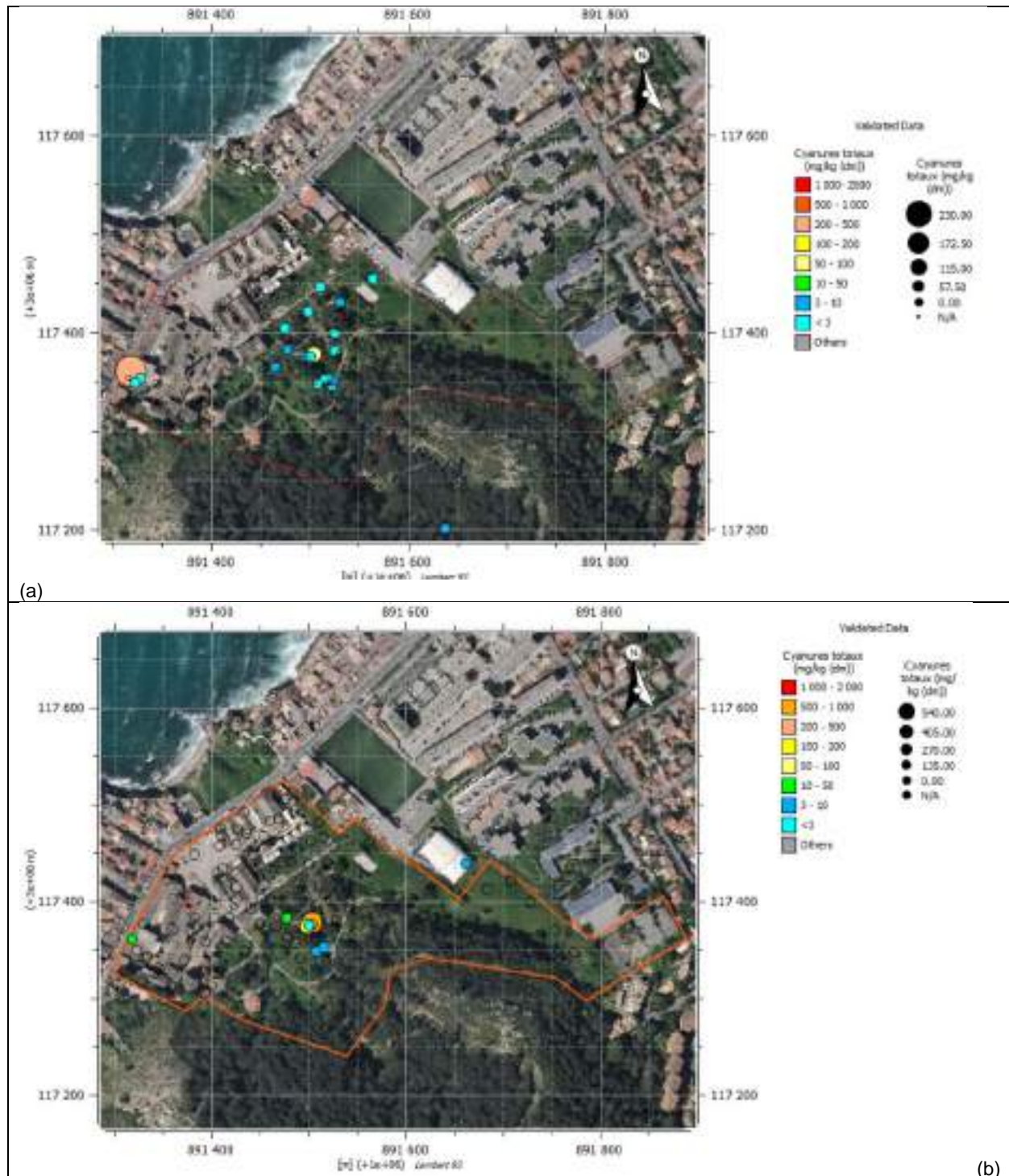


Figure 9 : Cartographies des teneurs en Cyanures totaux dans les sols de surface (a) et en profondeur (b)

L'ensemble des analyses disponibles a été représenté dans les figures (a) et (b) sans sélection de gamme de concentration. L'analyse cartographique met en évidence un bruit de fond de teneurs n'excédant pas les 5 mg/kg MS sur l'ensemble du terrain et une répartition géographiquement ponctuelle des anomalies en cyanures enregistrées dans les sols de surface comme en profondeur.

La cartographie met clairement en évidence les 2 zones sources concentrées confortant ainsi les précédentes analyses statistiques des données disponibles avec le secteur des sols de surface de SD1 dans le bâtiment 1 et le secteur des sols profonds au niveau des sondages SD14, F11 et de la fouille PMC3.

Le tableau des gammes de concentration retenues sur la base de l'approche statistique est repris et complété avec les résultats de l'analyse cartographique.

Tableau 8 : Sélection des zones sources selon les gammes de concentration retenues et l'analyse cartographique

| Composé | Gamme de concentration 2 (en mg/kg MS) | Gamme de concentration 3 (en mg/kg MS) | Sondage dans la gamme des plus fortes concentrations (en mg/kg MS) | Analyse Cartographique des données |
|-----------------|--|--|--|--|
| HCT | 400-3050 | > 3350 | E9b (0,1 - 0,2) avec 27300 E9c (0 - 0,1) avec 3510 E9 (0 - 0,25) avec 3460 S2-LM (0,2-1) avec 3050 | Zone E9 avec des anomalies entre 0 et 0,25 m sur calcaires de 3460 à 27300 Zone S2-LM avec une anomalie dans les sols de surface de 3050 (non délimitée spatialement) |
| HAP | 0.3-35 | >35 | T8E1 (0,05-1) avec 410 T11E1 (0-1) avec 130 P'19 (0 - 0,6) avec 63 PM14 (0,3 - 0,9) avec 54 P6E1 (0-1) avec 42 | Zone T8 avec 410 dans les sols de surface sur calcaires altérés (non retrouvé par PM14 - délimitation nord par E'22 et F'22) Zone T11 avec 130 dans les sols de surface |
| Cyanures totaux | 1-100 | > 100 | SD14 (0.6-5) avec 180 à 1300 F11(2.5-4.5) avec 578 PMC3(1.7-4.2) avec 120 à 540 SD1 (0-1) avec 230 | Zone SD14, F11 et PMC3 Zone SD1 (0-1) avec 230 |
| Cyanures Libres | > 1.7 | | SD14(4-5) avec 4 PMC3(1.2-3.8) avec 7.3 à 63 F11 (>4.5) avec 2.5 | Zone PMC3 et SD14 avec 4 à 63 |

4.24 Approche bilan massique

L'évaluation des surfaces de terres impactées a été effectuée sur la base d'un rapprochement avec des figures géométriques simples. Cette estimation ne tient pas compte, notamment, de la dispersion anisotropique de la pollution dans les sols et du caractère discontinue de la technique de prélèvement. En effet, il ne peut être préjugé du comportement de la contamination entre deux sondages distants, même de quelques mètres, l'un de l'autre.

Ces surfaces sont donc extrapolées sur la base de l'orientation des zones attenantes. De ce fait, les volumes estimés ici et leur orientation pourront varier dans une large mesure lors de la phase travaux. L'évaluation quantitative des volumes de terres impactées a été effectuée sur la base du maillage des sondages réalisés sur site et de la profondeur de prélèvement des échantillons analysés. Les volumes s'entendent matériaux en place et ne tiennent pas compte du phénomène de foisonnement des terres lors de leurs excavations. Rappelons enfin qu'il s'agit d'une estimation réalisée à partir de surfaces déduites sur plan.

Les concentrations retenues sont celles observées au droit des sondages réalisées. Pour les composés non quantifiés la teneur a été retenue égale au seuil de quantification analytique.

Les représentations cartographiques présentées ci-dessus ont permis une estimation des volumes de sol associés à chaque gamme de concentrations, qui ne sont pas nécessairement celles définies dans la précédente approche cartographique, conformément aux préconisations de la méthodologie nationale.

Les estimations de bilan massique ont été construites en retenant une masse volumique moyenne de 1,8 tonne/m³ pour le sol, ce qui a permis d'élaborer, pour chaque polluant et famille de polluant, le graphique de bilan massique de polluant et volume de sol correspondant, avec :

- En ordonnées (à gauche, en bleu), le pourcentage de volume de sol correspondant à chaque gamme de concentration
- En ordonnée (à droite, en orange), les pourcentages de masse de polluants contenus dans les volumes de sol définis au précédent point
- En abscisse, les plages de concentration de polluants dans les sols retenues pour cette analyse du bilan massique.

❖ LES HCT :

La représentation ci-dessous traduit fidèlement le caractère très ponctuel des anomalies les plus concentrées et l'influence de la prise en compte de l'intégralité des analyses réalisées en HCT (avec prise en compte des teneurs égales à la limite de quantification en cas de non détection).

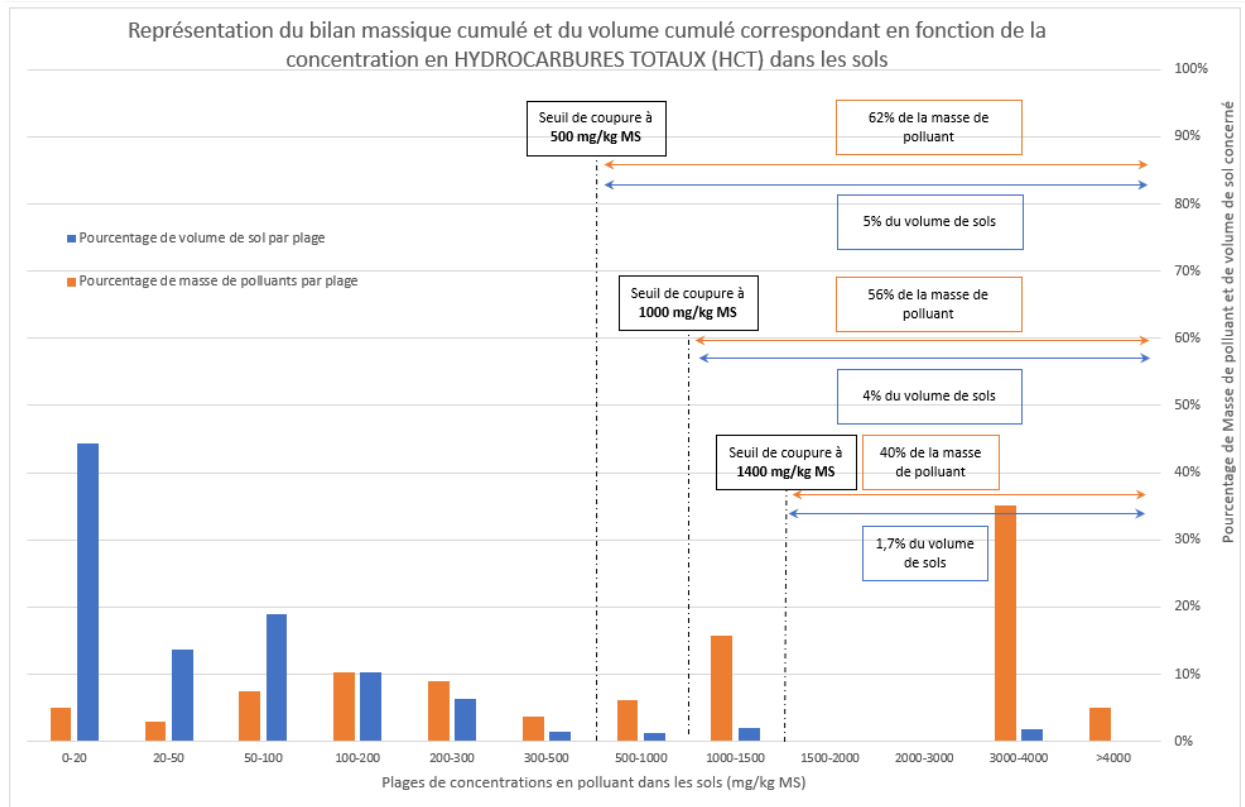


Figure 10 : Évolution du pourcentage de volume de sol et du pourcentage de la masse de polluant contenue dans chaque plage de concentration en hydrocarbures dans les sols

Nota : la prise en compte des teneurs non détectés égales à la limite de détection induit la prise en compte d'une masse de polluant peu à pas réaliste sur la gamme de 0 à 20 mg/kg MS qui n'est pas analysée plus avant.

La figure 10 ci-dessus met en évidence que :

- 62% de la masse de polluant est contenu dans 5% de volume de sol
- 56% de la masse de polluant est contenu dans 4% de volume de sol
- Le traitement d'un volume limité de sol pollué, permet donc de traiter plus de 50% de la masse de polluant,
- Au-dessus du seuil de 1000 mg/kg MS, le pourcentage de masse de polluant est 8 fois supérieur à celui du volume de sol.

Nota : Un traitement est d'autant plus efficace (techniquement et économiquement) qu'il porte sur des pollutions les plus concentrées, le ratio du pourcentage de masse de polluant traité sur le pourcentage de volume de sol traité étant élevé.

Compte tenu des volumes mis en jeu et du projet d'aménagement, retenir le seuil de coupure de 1000 mg/kg MS est pertinent.

Les zones concernées sont en cohérence avec les zones des analyses précédentes, à savoir : les sols de surface des sondages E9, E9b et E9c, S2-LM et T8.

Le projet d'aménagement nécessite la réalisation de terrassements au niveau de l'ensemble des zones concentrées en HCT, à l'exception de la zone E9 qui fera donc l'objet d'un traitement spécifique.

Conformément à la méthodologie nationale, les mesures de gestion doivent être d'une ampleur proportionnée aux pollutions et à leurs étendues.

Lorsque les volumes de terres polluées en cause sont limités et accessibles, les terres sont excavées et évacuées vers des filières de gestion appropriées sans engager d'études plus poussées qui devraient aboutir finalement à cette option de gestion. Dans ce cas, le bilan coût-avantage n'est pas nécessaire et le plan de gestion se limite à décrire les actions engagées. Pour la gestion des zones de pollutions concentrées en HCT, il est prévu de les terrasser dans le cadre du projet d'aménagement. La zone E9 (intégrant E9b et E9c) consistera donc en une extraction des matériaux pollués et une gestion en filière(s) autorisée(s).

❖ LES HAP:

La représentation ci-dessous traduit le caractère ponctuel des anomalies les plus concentrées. La représentation tient compte aussi de l'intégralité des analyses réalisées en HAP en ce compris les teneurs égales à la limite de quantification en cas de non détection).

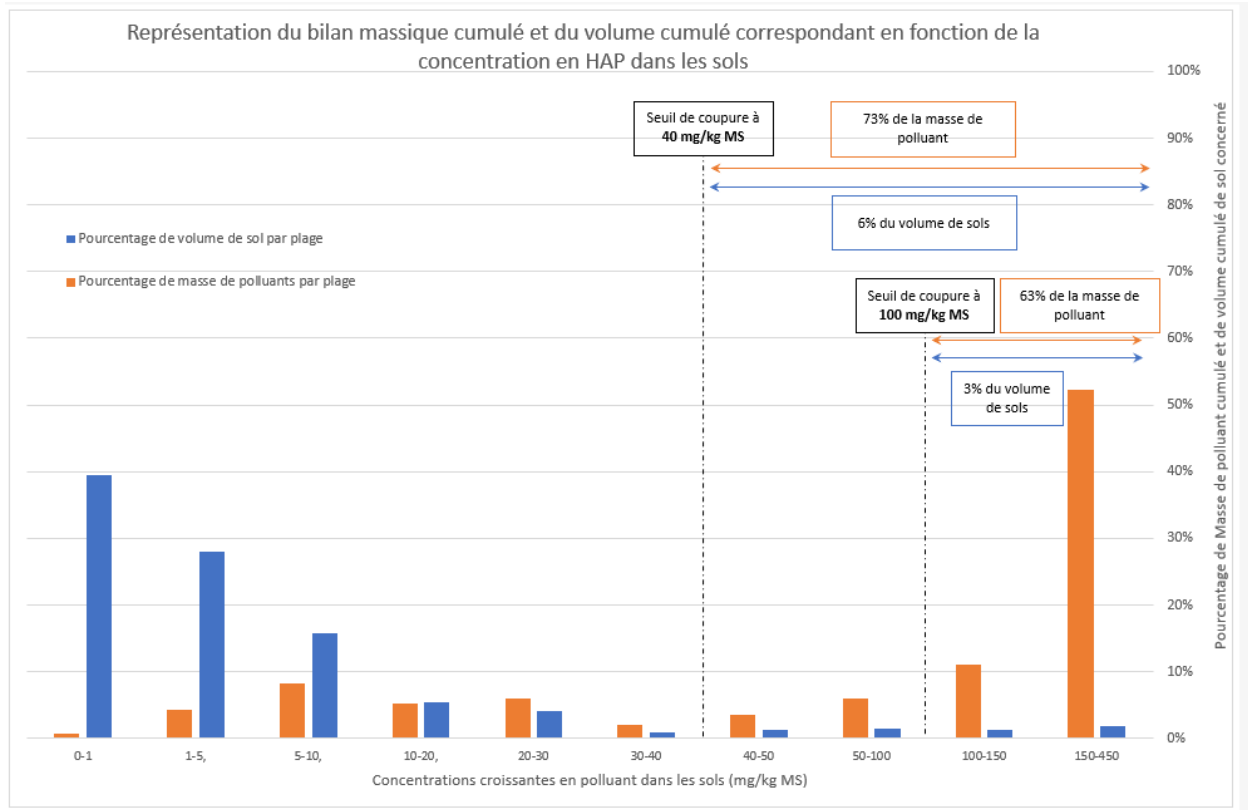


Figure 11 : Évolution du pourcentage de volume de sol et du pourcentage de la masse de polluant contenue dans chaque plage de concentration en HAP dans les sols

La figure 11 ci-dessus met en évidence que :

- 73% de la masse de polluant est contenu dans 6% de volume de sol
- 63% de la masse de polluant est contenu dans 3% de volume de sol

Le traitement d'un volume limité de sol pollué, permet de traiter plus des 3/5 de la masse de polluant, au-dessus du seuil de 100 mg/kg MS, le pourcentage de masse de polluant est 3 fois supérieur à celui du volume de sol.

Pour rappel, un traitement est d'autant plus efficace (techniquement et économiquement) qu'il porte sur des pollutions les plus concentrées, le ratio du pourcentage de masse de polluant traité sur le pourcentage de volume de sol traité étant élevé.

Compte tenu des volumes mis en jeu et du projet d'aménagement, retenir le seuil minimum de coupure de 100 mg/kg MS est pertinent.

Les zones concernées sont en cohérence avec les zones des analyses précédentes : soit les sols de surface des sondages T11 et T8.

Le projet d'aménagement comprend la réalisation de terrassements au niveau de l'ensemble des zones identifiées comme concentrée en HAP.

Pour la gestion des zones de pollutions concentrées, il est prévu de toutes les extraire dans le cadre du projet d'aménagement et d'évacuer les matériaux vers des filière(s) autorisée(s).

❖ **LES CYANURES TOTAUX (CNT) ET LIBRES (CNL) :**

La représentation ci-dessous traduit le caractère ponctuel des anomalies concentrées.
 La représentation souligne également l'influence de la prise en compte de l'intégralité des analyses réalisées en CNT à la limite de quantification en cas de non détection).

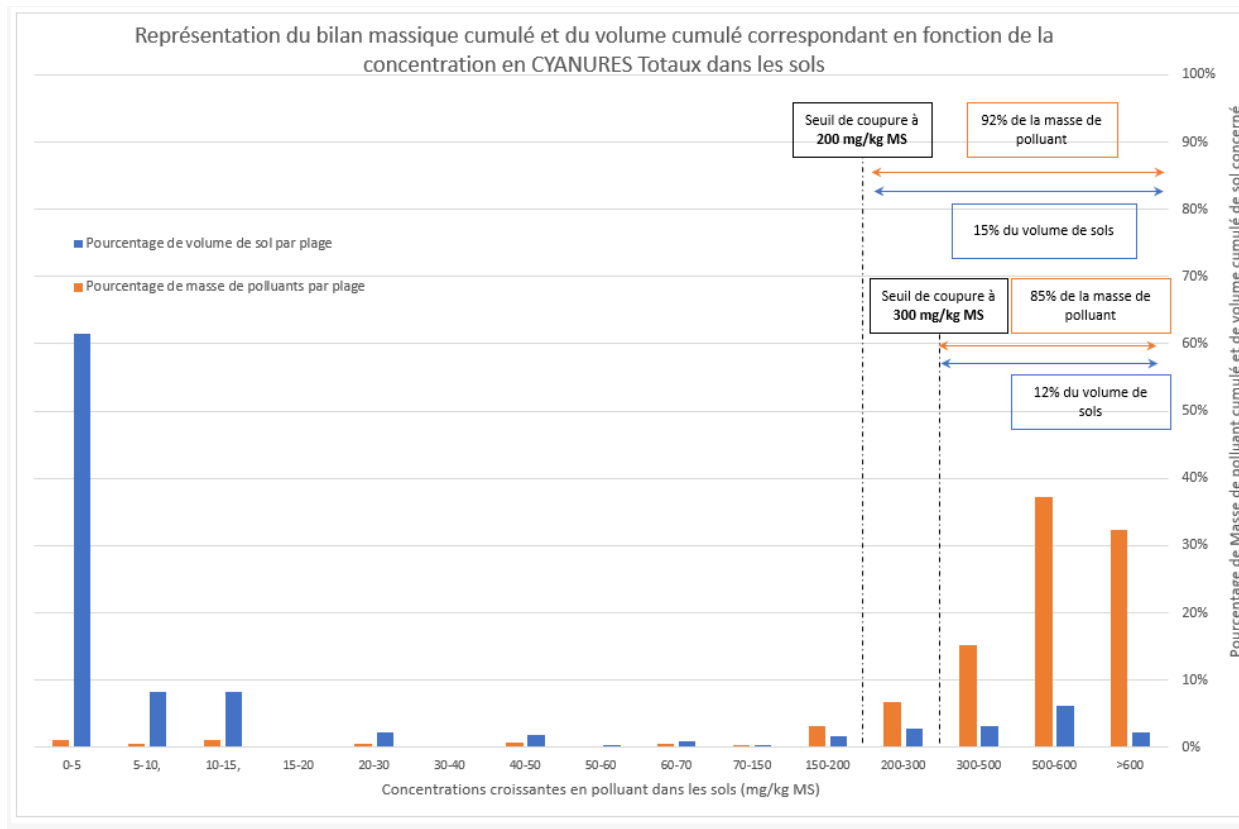


Figure 12 : Évolution du pourcentage de volume de sol et du pourcentage de la masse de polluant contenue dans chaque plage de concentration en Cyanures totaux dans les sols

La figure 12 ci-dessus met en évidence que :

- 92% de la masse de polluant est contenu dans 15% de volume de sol
- 85% de la masse de polluant est contenu dans 12% de volume de sol

Le traitement d'un volume relativement limité de sol pollué, permet de traiter plus des ¾ de la masse de polluant,

Au-dessus du seuil de 300 mg/kg MS, le pourcentage de masse de polluant est 5 fois supérieur à celui du volume de sol. Compte tenu des volumes mobilisés lors du projet d'aménagement, le seuil de coupure à 200 mg/kg MS est retenu.

Les zones concernées sont cohérentes avec les analyses précédentes :

- Les sols en profondeur des sondages F11, SD14 et PMC3
- Les sols de surface de SD1.

Le projet d'aménagement ne prévoit pas de terrassements au niveau des zones concentrées en CNT dans les sols en profondeur et particulièrement aux profondeurs de localisation des anomalies, ni d'ailleurs pour les sols de surface de SD1.

La même analyse a été réalisée pour les cyanures libres. La représentation figure 13 suivante met en évidence que :

- 70% de la masse de polluant est contenu dans 6% de volume de sol et
- 62% de la masse de polluant est contenu dans 2% de volume de sol

Le traitement d'un volume relativement limité de sol pollué, permet de traiter plus des 3/5 de la masse de polluant.

Au-dessus du seuil de 10 mg/kg MS, le pourcentage de masse de polluant est 2 fois supérieur à celui du volume de sol (ratio supérieur à 2).

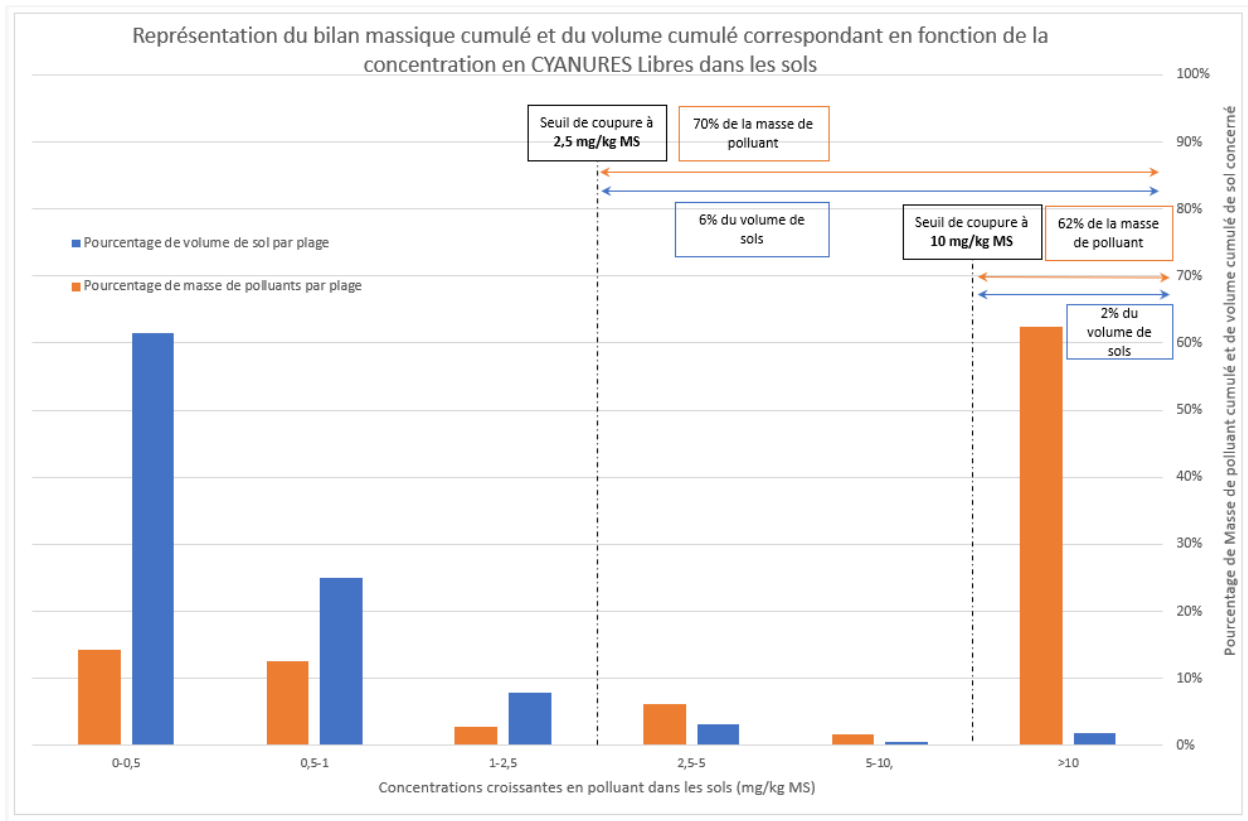


Figure 13 : Évolution du pourcentage de volume de sol et du pourcentage de la masse de polluant contenue dans chaque plage de concentration en Cyanures libres dans les sols

Compte tenu du projet d'aménagement on retient le seuil de coupure de 10 mg/kg MS.

Les zones concernées sont en cohérentes avec les analyses précédentes, à savoir : les sols en profondeur du sondage PMC3 (déjà retenus dans les zones concentrées pour les CNT).

Toujours selon le même principe de la méthodologie nationale, le plan de gestion doit être d'une ampleur proportionnée aux pollutions et à leur étendue.

Concernant les CNT et les CNI, les terres polluées sont peu accessibles (jusqu'à 5 m par rapport au niveau actuel, à proximité direct de la zone de carreaux). Le mouvement de terres pour atteindre le stock de terres polluées est disproportionné au regard de la masse à extraire. De ce fait, la solution d'excavation et d'évacuation des matériaux vers des filières de gestion appropriées n'est pas retenue d'office.

Le Plan de Gestion traitera de ces anomalies en cyanures dans les sols en profondeur.

Pour la source concentrée surfacique au droit du sondage SD1, les sols pollués seront excavés et évacués en filière autorisée.

4.25 Détail de l'estimation des volumes des zones sources en polluants organiques et cyanures

Au regard des résultats des investigations, l'emprise des zones sources concentrées est présentée dans le tableau 9 suivant. Elle intègre les sols présentant des dépassements des seuils retenus.

Tableau 9 : Estimation de l'emprise et des volumes des zones sources concentrées

| Polluants | Seuils retenus en recoupant les différentes approches | Sondage | Surface (m ²) estimation basse | Prof. m/TN | Volume (m ³) estimation basse | Volume (m ³) + incertitude |
|------------|---|---|--|------------|---|--|
| HCT | 1000 | Zone E9 | | | | |
| | | E9b (0,1 - 0,2) avec 27300 E9c (0 - 0,1) avec 3510 E9 (0 - 0,25) avec 3460 | 100 | 0,25-0,3 | 25 | 30 |
| | | Zone S2-LM | | | | |
| | | S2-LM (0,2-1) avec 3050 | 50 | 1-1,5 | 50 | 100 |
| HCT | 1000 | Zone T8 | | | | |
| HAP | 100 | Zone T8 avec 410 dans les sols de surface sur calcaires altérés (non retrouvé par PM14 - délimitation nord par E'22 et F'22) | 50 | 1-1,5 | 50 | 100 |
| HAP | 100 | Zone T11 | | | | |
| | | Zone T11 avec 130 dans les sols de surface | 70 | 1-1,5 | 50 | 100 |
| CNt CNI | 200 10 | Zone SD14, F11 - CNt | | | | |
| | | SD14 (0,6-5) avec 180 à 1300 F11(2,5-4,5) avec 578 | 70 | 2-4,5 | 150 | 350 |
| | | SD1(0-1) avec 230 | 50-100 | 1 | 50 | 100 |
| | | Zone PMC3 – CNt et CNI | | | | |
| | | PMC3 (1,7-3,8) avec 540 et 63 en CNI | 70 | 2-3 | 150 | 200 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| | | |
|--|-----|------|
| Total volume de "source de pollution concentrée" en polluants organiques et cyanures | 525 | 1000 |
|--|-----|------|

Il est à noter que certaines sources mises en évidence précédemment et dans le diagnostic en annexe A1 n'ont pu être totalement délimitées dans le cadre des investigations. Les volumes sont ainsi estimés et tiennent compte d'une marge d'incertitude.

4.3 Identification des sources de pollution concentrée en métaux lourds sur les parcelles A et C

Sur la base de l'analyse présentée dans le diagnostic, la démarche d'identification des sources de pollution concentrée en métaux lourds ne sera pas appliquée aux éléments Cr et Ni, la qualité des sols témoignant de l'absence d'impact significatif des sols par ces éléments sur les parcelles A et C.

4.3.1 Approche statistique - Graphiques de répartition des teneurs en métaux lourds et Approche statistique simplifiée et par pourcentage cumulé de population d'analyse

On se reportera au paragraphes 4.2.2.1 et 4.2.2.2 pour disposer de la présentation des méthodologies appliquées sur les ETM qui sont identiques à celles mises en œuvre pour l'analyse de la qualité chimique des sols en polluants organiques et cyanures traités précédemment.

On se reportera au paragraphe 7.5 du diagnostic complémentaire reporté en annexe A1 pour disposer de l'ensemble des diagrammes et données statistiques simplifiées.

❖ **L'ARSENIC :**

Les indicateurs statistiques (paragraphe 7.5.7 du rapport de diagnostic en annexe A1) mettent en évidence un marquage plus élevé dans les sols sous-jacents que dans les sols superficiels.

Environ 40% des 319 échantillons soumis à l'analyse de l'As, présentent des teneurs en arsenic comprises dans la gamme des sols ordinaires de l'ASPITET.

Une gamme de concentrations comprises entre 200 et 1400 mg/kg se distingue.

Un marquage généralisé du site de manière diffuse à des teneurs inférieures à 200 mg/kg transparait.

Quelques anomalies très ponctuelles sont retrouvées sur le site (teneurs supérieures à 1000 mg/kg). Notamment un échantillon profond présente une teneur en arsenic très nettement plus élevée que les autres (SP6 4-5.5 avec 9 430 mg/kg) et 8 autres échantillons, dont 6 profonds, se distinguent avec des teneurs comprises entre 1000 et 4 500 mg/kg.

L'évolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en As est présentée dans la figure 14 suivante.

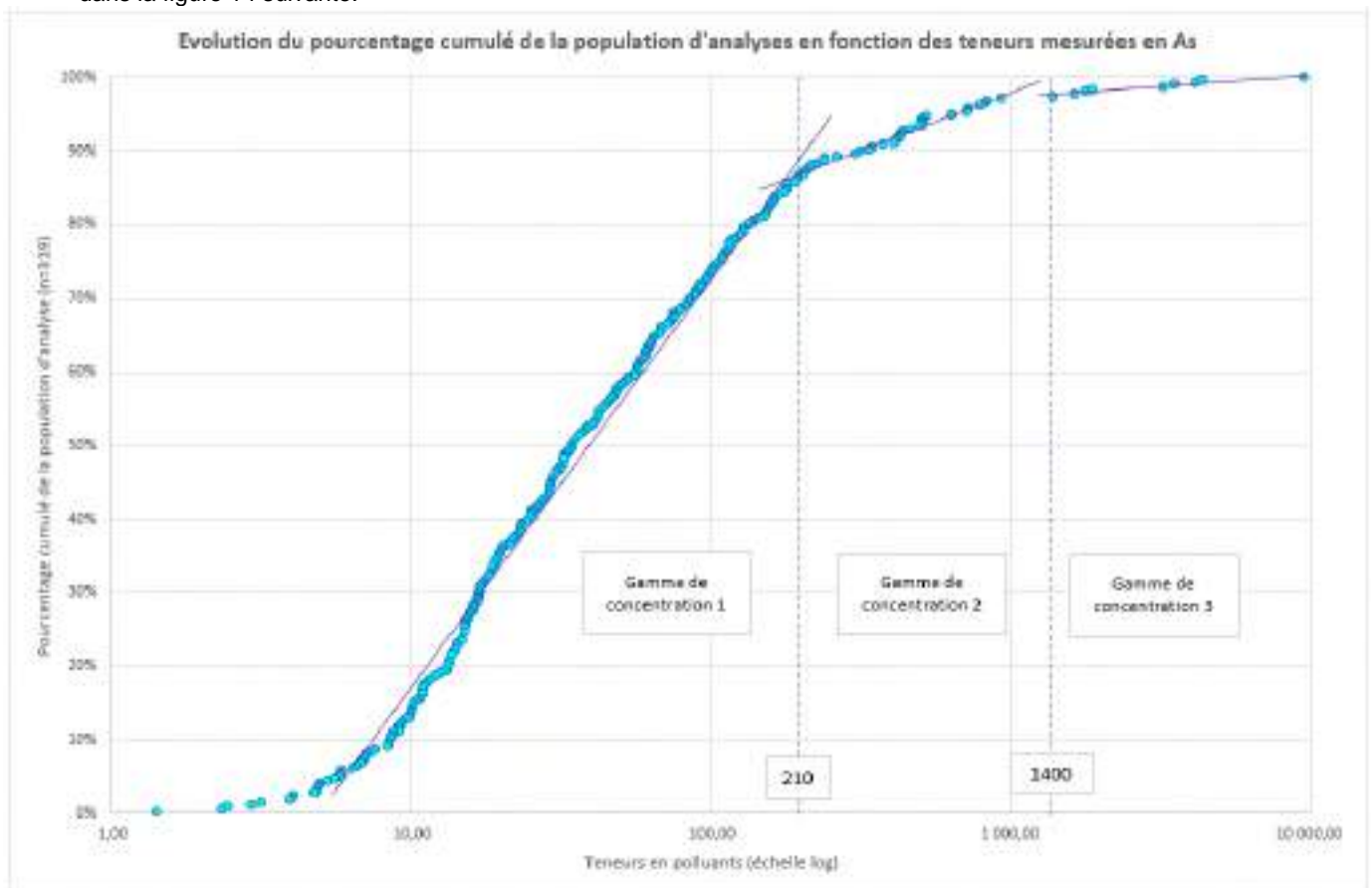


Figure 14 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en As dans les sols

Le graphique fait apparaître trois ruptures de pente :

- La gamme de concentration 1 représente 84% des effectifs et correspond au bruit de fond moyen sur l'ensemble du projet,
- La gamme de concentration 2 distingue les sols présentant un impact avéré modéré par les activités passées,
- La gamme de concentration 3 correspond à une pollution concentrée à fortement concentrée.

❖ LE CADMIUM:

Les indicateurs statistiques (paragraphe 7.5.6 du rapport de diagnostic en annexe A1) mettent en évidence un marquage plus élevé dans les sols sous-jacents que dans les sols superficiels

Environ 60% des 319 échantillons soumis à l'analyse du Cd, présentent des teneurs en cadmium inférieures aux valeurs de bruit de fond de l'environnement local témoin similaire au bruit de fond RMQS (de 0.9 mg/kg MS).

Environ 30 à 45% des échantillons sont compris dans la gamme des sols ordinaires de la base de données ASPITET.

Les cartographies mettent en évidence un marquage du site proche de 2 mg/kg. Quelques anomalies ponctuelles et isolées sont retrouvées sur le site dont 2 échantillons profonds qui présentent des teneurs en cadmium très nettement plus élevées que le reste du site (teneurs comprises entre 60 et 75 mg/kg) et 11 échantillons (dont 4 profonds) qui présentent des teneurs élevées par rapport au reste du site (teneurs comprises entre 10 et 40 mg/kg).

Les histogrammes de répartition par gamme de concentrations en Cd (paragraphe 7.5.6 du rapport de diagnostic en annexe A1) mettent en évidence un bruit de fond du site en cadmium autour de 1 à 2 mg/kg.

L'évolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Cd est présentée dans la figure 15 suivante.

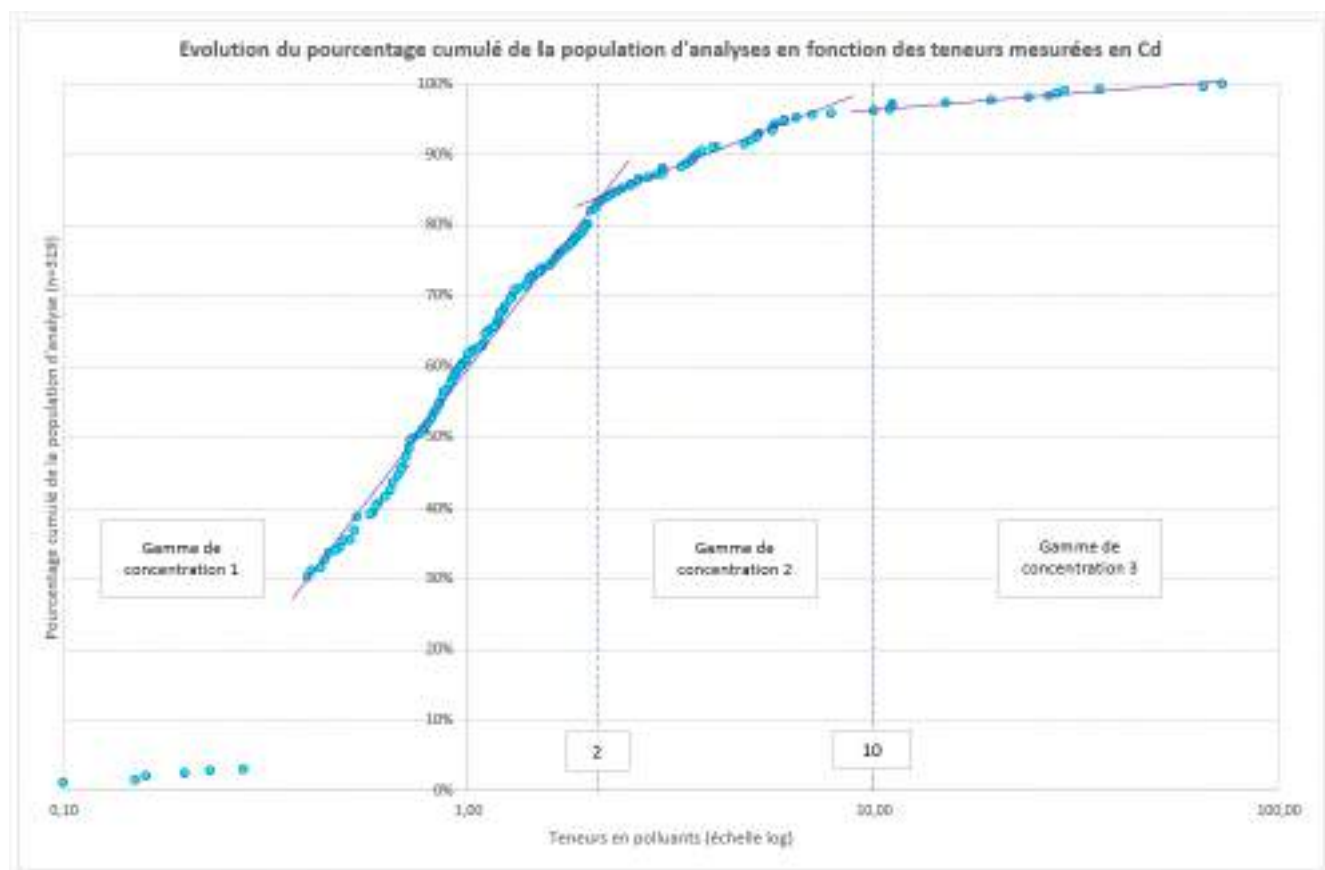


Figure 15 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Cd dans les sols

Le graphique fait apparaître deux ruptures de pente :

- La gamme de concentration 1 représente 80% des effectifs et correspond aux teneurs inférieures à la limite de détection du laboratoire et un bruit de fond moyen sur l'ensemble du projet,
- La gamme de concentration 2 distingue les sols présentant un impact avéré modéré par les activités passées,
- La gamme de concentration 3 correspond à une pollution concentrée à fortement concentrée.

❖ LE CUIVRE :

Les indicateurs statistiques (paragraphe 7.5.4 du rapport de diagnostic en annexe A1) mettent en évidence un marquage plus élevé dans les sols sous-jacents que dans les sols superficiels

44 à 53% des 319 échantillons soumis à l'analyse du Cu, présentent des teneurs en cuivre inférieures aux valeurs de bruit de fond de l'environnement local témoin similaire au bruit de fond RMQS.

10 à 40% des échantillons sont compris dans la gamme des sols ordinaires de la base de données ASPITET.

Les dépassements sont observés sur l'ensemble des bâtiments de production de l'ancienne usine, sur la Parcelle C.

Il apparait que les échantillons les plus impactés sont prélevés dans les horizons sous-jacents. 8 échantillons présentent des teneurs en cuivre très nettement plus élevées que le reste du site.

Les histogrammes de répartition par gamme de concentrations en Cu (paragraphe 7.5.4 du rapport de diagnostic en annexe A1) mettent en évidence un impact généralisé et marqué sur une grande partie des échantillons.

L'évolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Cu est présentée dans la figure 16 suivante.

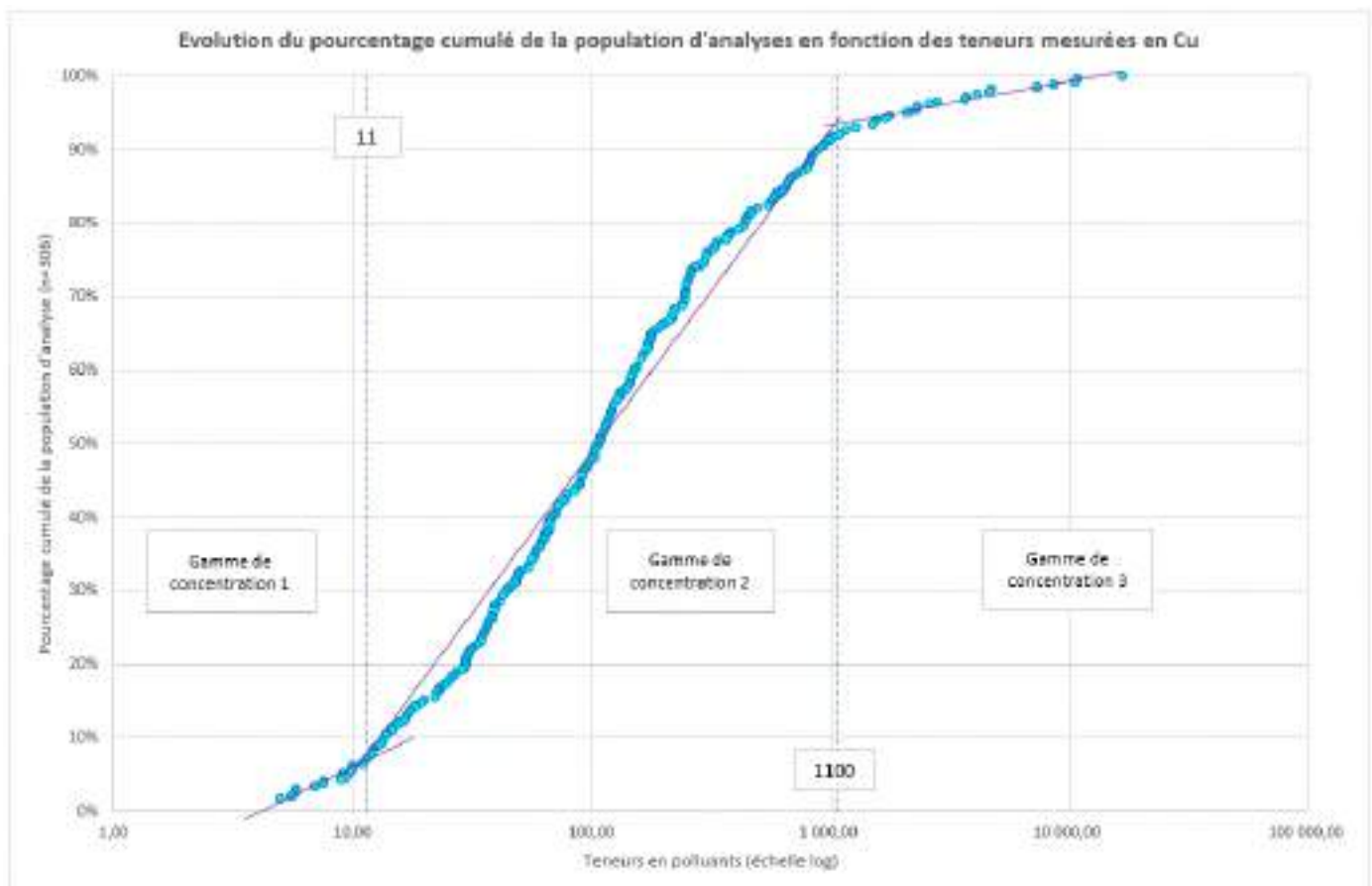


Figure 16 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Cu dans les sols

Le graphique fait apparaitre deux ruptures de pente :

- La gamme de concentration 1 représente 10% des effectifs et correspond aux teneurs inférieures à la limite de détection du laboratoire (limites variables selon les diagnostics de 1998 à 2018)
- La gamme de concentration 2 correspond à un bruit de fond moyen sur l'ensemble du projet,
- La gamme de concentration 3 distingue les sols présentant un impact avéré modéré par les activités passées jusqu'à une pollution concentrée.

❖ LE MERCURE :

Les indicateurs statistiques (paragraphe 7.5.3 du rapport de diagnostic en annexe A1) mettent en évidence des anomalies ponctuelles dans les sols superficiels et quelques anomalies ponctuelles marquées dans les sols sous-jacents.

8 échantillons (dont 3 prélevés en surface) présentent des anomalies fortement marquées par rapport au reste du site (teneurs comprises entre 10 et 95 mg/kg).

Les sondages ayant révélé des anomalies supérieures à 10 mg/kg sont localisés à proximité de l'endroit où la cheminée rampante plonge sous les matériaux. Il est probable que l'impact en mercure soit lié à la proximité de cette cheminée soit par la présence de matériaux issus de la cheminée dans les remblais, soit par un impact de la cheminée sur ces matériaux. En effet, la cheminée rampante présente localement d'anciennes ouvertures.

Les histogrammes de répartition par gamme de concentrations en Hg (paragraphe 7.5.3 du rapport de diagnostic en annexe A1) mettent en évidence 14 échantillons dont 8 prélevés en surface présentent des teneurs comprises entre 2.3 et 10 mg/kg.

L'évolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Hg est présentée dans la figure 17 suivante.

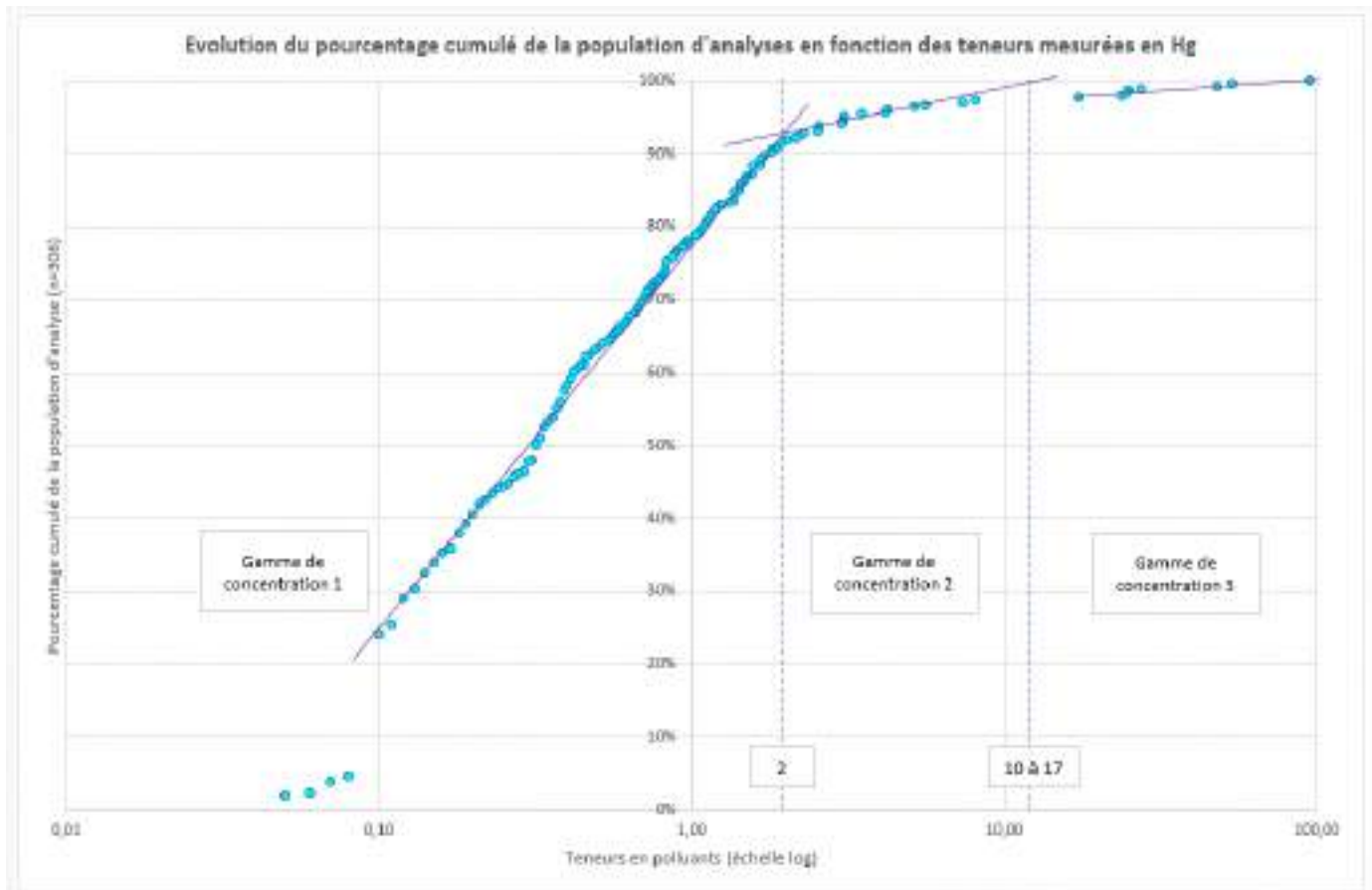


Figure 17 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Hg dans les sols

Le graphique fait apparaître deux ruptures de pente :

- La gamme de concentration 1 représente 90% des effectifs et correspond aux teneurs inférieures à la limite de détection du laboratoire et un bruit de fond moyen sur l'ensemble du projet,
- La gamme de concentration 2 distingue les sols présentant un impact avéré modéré par les activités passées,
- La gamme de concentration 3 correspond à une pollution concentrée à fortement concentrée.

❖ **LE PLOMB :**

Les indicateurs statistiques (paragraphe 7.5.8 du rapport de diagnostic en annexe A1) mettent en évidence un marquage plus élevé dans les sols sous-jacents que dans les sols superficiels

10 à 20% des 325 échantillons sont compris dans la gamme des sols ordinaires de l'ASPITET

20% à 30% des échantillons présentent des teneurs en plomb inférieures aux valeurs de bruit de fond local définies par l'environnement local proche du bruit de fond RMQS.

20% des échantillons sont conformes au seuil de vigilance défini par le HCSP (de 100 mg/kg)

40% sont conformes au seuil d'alerte déclenchant un dépistage du saturnisme (de 300 mg/kg).

Les dépassements sont observés de manière diffuse sur l'ensemble du site, à l'exception de l'extrémité sud-est.

Un échantillon profond présente une teneur en plomb plus élevées que les autres (SD13 3-3.9 avec 45 300 mg/kg).
26 autres échantillons, dont 13 profonds, se distinguent nettement du reste du site avec des teneurs comprises entre 5000 et 35 000 mg/kg.

Les histogrammes de répartition par gamme de concentrations en Pb (paragraphe 7.5.8 du rapport de diagnostic en annexe A1) mettent en évidence un marquage généralisé du site à des teneurs inférieures à 1 000 mg/kg MS.

L'évolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Pb est présentée dans la figure 18 suivante.

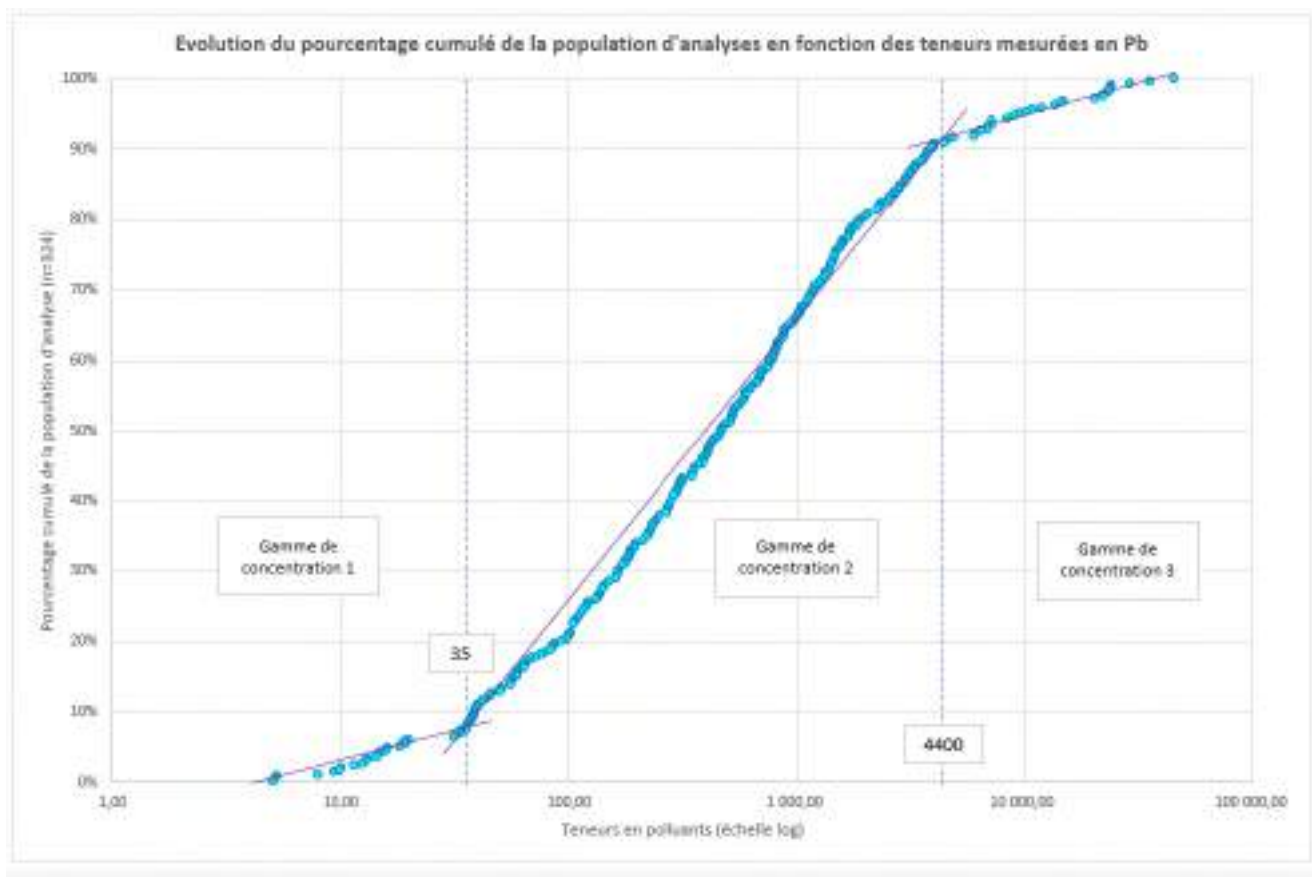


Figure 18 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Pb dans les sols

Le graphique fait apparaitre deux ruptures de pente :

- La gamme de concentration 1 représente moins de 10% des effectifs et correspond aux teneurs inférieures à la limite de détection du laboratoire (limites variables selon les diagnostics de 1998 à 2018)
- La gamme de concentration 2 correspondrait à un bruit de fond moyen sur l'ensemble du projet, intégrant les sols présentant un impact avéré modéré
- La gamme de concentration 3 distinguerait les pollutions concentrées à fortement concentrées.

❖ LE ZINC :

Les indicateurs statistiques (paragraphe 7.5.5 du rapport de diagnostic en annexe A1) mettent en évidence un marquage plus élevé dans les sols sous-jacents que dans les sols superficiels

80% des 319 échantillons présentent des teneurs en zinc inférieures aux valeurs de bruit de fond de l'environnement local témoin.

25 à 55% des échantillons sont compris dans la gamme des sols ordinaires et/ou inférieures au bruit de fond RMQS. Les dépassements sont observés majoritairement sur l'ensemble des bâtiments de production de l'ancienne usine, sur la moitié Nord du site, ainsi que le secteur de la cheminée rampante.

La cartographie met en évidence :

- Des échantillons dont les teneurs en zinc supérieures à 1600 mg/kg caractéristiques de teneurs marquées et ponctuelles (Parcelle C principalement et quelques points sur la Parcelle A) :
- Des échantillons pour lesquels les teneurs en zinc sont inférieures à 1600 mg/kg se distribuent de manière diffuse sur le site. Ces teneurs sont assimilables au bruit de fond en zinc du site.

Les échantillons les plus impactés sont prélevés dans les horizons de surface : 5 échantillons présentent des teneurs en zinc très nettement plus élevées que les reste du site.

Les histogrammes de répartition par gamme de concentrations en Zn (paragraphe 7.5.5 du rapport de diagnostic en annexe A1) mettent en évidence un impact généralisé et marqué sur une grande partie des échantillons.

L'évolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Zn est présentée dans la figure 19 suivante.

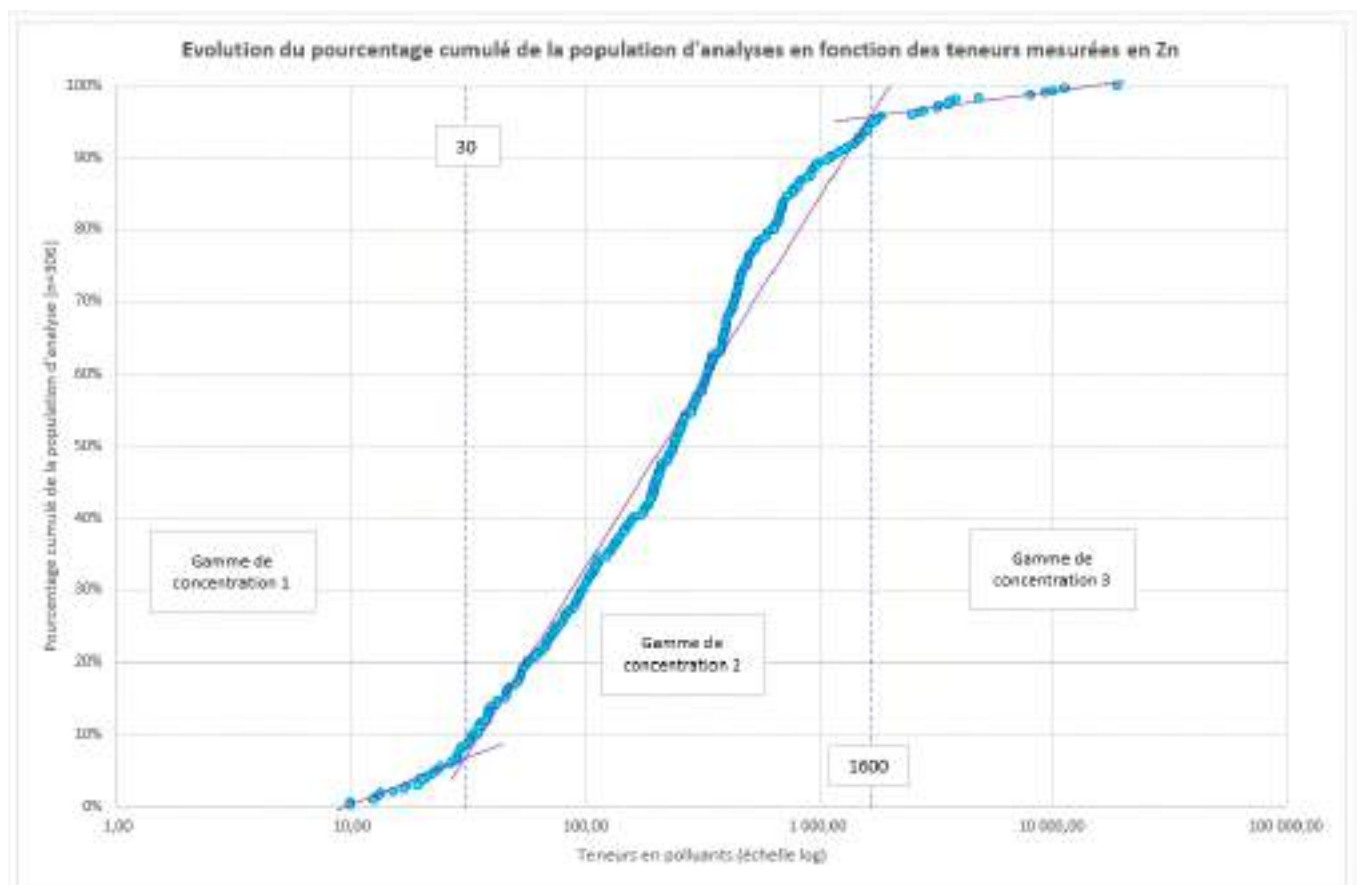


Figure 19 : Evolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées en Hg dans les sols

Le graphique fait apparaître deux ruptures de pente :

- La gamme de concentration 1 représente moins de 10% des effectifs et correspond aux teneurs inférieures à la limite de détection du laboratoire (limites variables selon les diagnostics de 1998 à 2018)
- La gamme de concentration 2 correspondrait à un bruit de fond moyen sur l'ensemble du projet, intégrant les sols présentant un impact avéré modéré
- La gamme de concentration 3 distinguerait les pollutions concentrées à fortement concentrées.

Les gammes de concentration retenues sur la base de cette approche statistique sont synthétisées dans le tableau 10 suivant par polluant.

Tableau 10 : Présentation des gammes de concentration retenues selon l'approche des pourcentages cumulés de population

| Composé | Gamme de concentration 1 (en mg/kg MS) | Gamme de concentration 2 (en mg/kg MS) | Gamme de concentration 3 (en mg/kg MS) | Sondage dans la gamme des plus fortes concentrations | |
|---------------------------------------|---|---|---|---|--|
| As | < 200 | 200 à 1400 | > 1400 | SP6 (3 - 4) avec 3190 SP6 (4 - 5,5) avec 9430 SP6 (5,5 - 7) avec 4310 SD13 (3 - 3,9) avec 4110 SD8 (3 - 3,7) avec 3500 | F'22 (1 - 1,2) avec 1860 TM18 (0 - 0,1) avec 1750 PM12 (0,9 - 1,5) avec 1610 PM19 (0 - 0,5) avec 1380 |
| Cd | < 2 | 2 à 10 | > 10 | SD8 (3 - 3,7) avec 72.5 F9 (0,33-0,4) avec 65 TM18 (0 - 0,1) avec 35.8 SD9 (0 - 1) avec 29.6 PML (2,8 - 3,8) avec 28.4 P'24 (2,7 - 3,6) avec 27.1 | PM13 (0,25 - 0,6) avec 24.1 SD13 (3 - 3,9) avec 19.5 "S2-LM (0,2-1) avec 15 N'26 (0 - 0,3) avec 11.1 PMG (0 - 0,3) avec 10.9 PM18 (0,1 - 0,6) avec 10 |
| Cu | < 11 | 11 à 1100 | > 1100 | PM12 (0,9 - 1,5) avec 16700 PM10 (1,2 - 1,7) avec 10800 PZa3 (0,8 - 1) avec 10500 SD6 (3 - 3,4) avec 8690 F'22 (1 - 1,2) avec 7370 SP6 (3 - 4) avec 1520 SP6 (4 - 5,5) avec 4730 SP6 (5,5 - 7) avec 2280 PZa10 (1,4 - 1,5) avec 4670 E'22 (1,2 - 1,35) avec 4140 PM19 (0 - 0,5) avec 3690 H'26 (0,05 - 0,5) avec 3640 | SD6 (2 - 2,5) avec 2810 PZa5 (0 - 0,5) avec 2600 PM16 (0,05 - 0,9) avec 2310 PM4 caniveau) avec 2120 P'24 (2,7 - 3,6) avec 1770 SD14 (2 - 2,7) avec 1690 N'26 (0 - 0,3) avec 1570 H'26 (1,5 - 2) avec 1500 PM silo (0,3 - 0,7) avec 1290 K'21 (0,3 - 1) avec 1160 SD1 (2,5 - 3) avec 1160 |
| Hg | < 2 | 2 à 10 | > 17 | SD13 (3 - 3,9) avec 95.1 PMA (1 - 2) avec 53.3 PMA (2,8 - 3) avec 27.5 SD8 (3 - 3,7) avec 47.9 | SD9 (0 - 1) avec 25.1 SD12 (2 - 3) avec 24.8 TM18 (0 - 0,1) avec 23.8 TM21 (0 - 0,1) avec 17.4 |
| Pb | < 35 | 35 à 4400 | > 4400 | SD13 (3 - 3,9) avec 45300 PM silo (0,3 - 0,7) avec 35200 F'22 (1 - 1,2) avec 29100 N'24 (2,6 - 3) avec 24100 B7 (0,18 - 0,5) avec 23800 SP6 (4 - 5,5) avec 23500 SP6 (5,5 - 7) avec 10800 SD8 (3 - 3,7) avec 23200 PMG (0 - 0,3) avec 22000 N'26 (0 - 0,3) avec 22000 SD1 (2,5 - 3) avec 20500 Q'26 (0 - 0,6) avec 14800 TM18 (0 - 0,1) avec 14300 PM19 (0 - 0,5) avec 13600 H'26 (0,05 - 0,5) avec 12000 | SD14 (2 - 2,7) avec 10100 PM4 caniveau) avec 9480 PMH (3 - 3,1) avec 8940 P'24 (2,7 - 3,6) avec 8460 PZa10 (1,4 - 1,5) avec 7140 SD13 (0 - 1) avec 7140 PZa5 (0 - 0,5) avec 7120 C3 (0,05 - 0,8) avec 6870 PM10 (0,2 - 0,8) avec 6860 E'22 (1,2 - 1,35) avec 6310 F9 (0,33-0,4) avec 6000 "S2-LM (0,2-1) avec 5935 PMB (0 - 0,9) avec 4860 PZa3 (0,8 - 1) avec 4520 H'26 (0,5 - 1,5) avec 4430 |
| Zn | < 30 | 30 à 1600 | > 1600 | S2-LM (0,2-1) avec 18714 PM13 (0,25 - 0,6) avec 11100 PM19 (0 - 0,5) avec 9270 PM19 (0,5 - 1,2) avec 10000 F10 (0-0,25) avec 8003 N'26 (0 - 0,3) avec 4770 PM silo (0,3 - 0,7) avec 3810 SD6 (2 - 2,5) avec 3250 SD6 (3 - 3,4) avec 3620 F'22 (1 - 1,2) avec 3540 F9 (0,33-0,4) avec 3185 | TM30 (0 - 0,1) avec 2810 SD8 (3 - 3,7) avec 2650 SD6 (0 - 1) avec 2460 PM4 (0,35 - 0,7) avec 1850 H'27 (2,4 - 3,2) avec 1760 K'21 (0,3 - 1) avec 1750 PM16 (0,05 - 0,9) avec 1670 P'24 (2,7 - 3,6) avec 1620 H'26 (0,05 - 0,5) avec 1610 T12 E1) avec 1600 PM18 (0,1 - 0,6) avec 1530 |
| XXX : échantillons de sols de surface | | | | | |

Cette seule méthode ne permet pas de définir un seuil de coupure robuste puisqu'elle ne tient pas compte de la répartition spatiale des concentrations. Elle doit donc être confortée par l'approche cartographique et un bilan massique.

4.3.2 Approche cartographique et bilan massique

Sur la base des approches statistiques précédentes, on peut conclure que :

- Le mercure se singularise des autres ETM par le fait que quelques teneurs ponctuelles dans les sols sont très largement supérieures aux valeurs de référence retenues. Une analyse spécifique pour le mercure est proposée (à l'instar des analyses de sources précédemment établies pour les polluants organiques et les cyanures).
- L'arsenic et le plomb se singularisent des autres ETM par un bruit de fond marqué et étendu dans les sols à l'échelle des parcelles A et C. Ils sont dans ce cadre retenus comme traceurs des ETM (hors mercure) et ils font l'objet d'une analyse détaillée.

❖ LE MERCURE :

Les cartographies de répartition spatiale des concentrations en mercure dans les sols de surface et dans les sols en profondeur sont présentées en figure 20 page suivante.

L'ensemble des analyses disponibles a été représenté dans les figures (a) et (b) sans sélection de gamme de concentration. L'analyse cartographique met en évidence un bruit de fond de teneurs faibles sur l'ensemble du terrain et une localisation ponctuelle des anomalies en Hg enregistrées dans les sols de surface comme en profondeur.

La cartographie met en évidence les 2 zones sources concentrées dans les sols de surface et une zone source concentrée dans les sols en profondeur, confortant ainsi les précédentes analyses statistiques des données disponibles :

- Les sols de surface et profonds : PMA et SD19 d'une part et dans le même secteur l'ensemble SD8, SD12 et SD13
- Les sols de surface : TM18 et TM21.

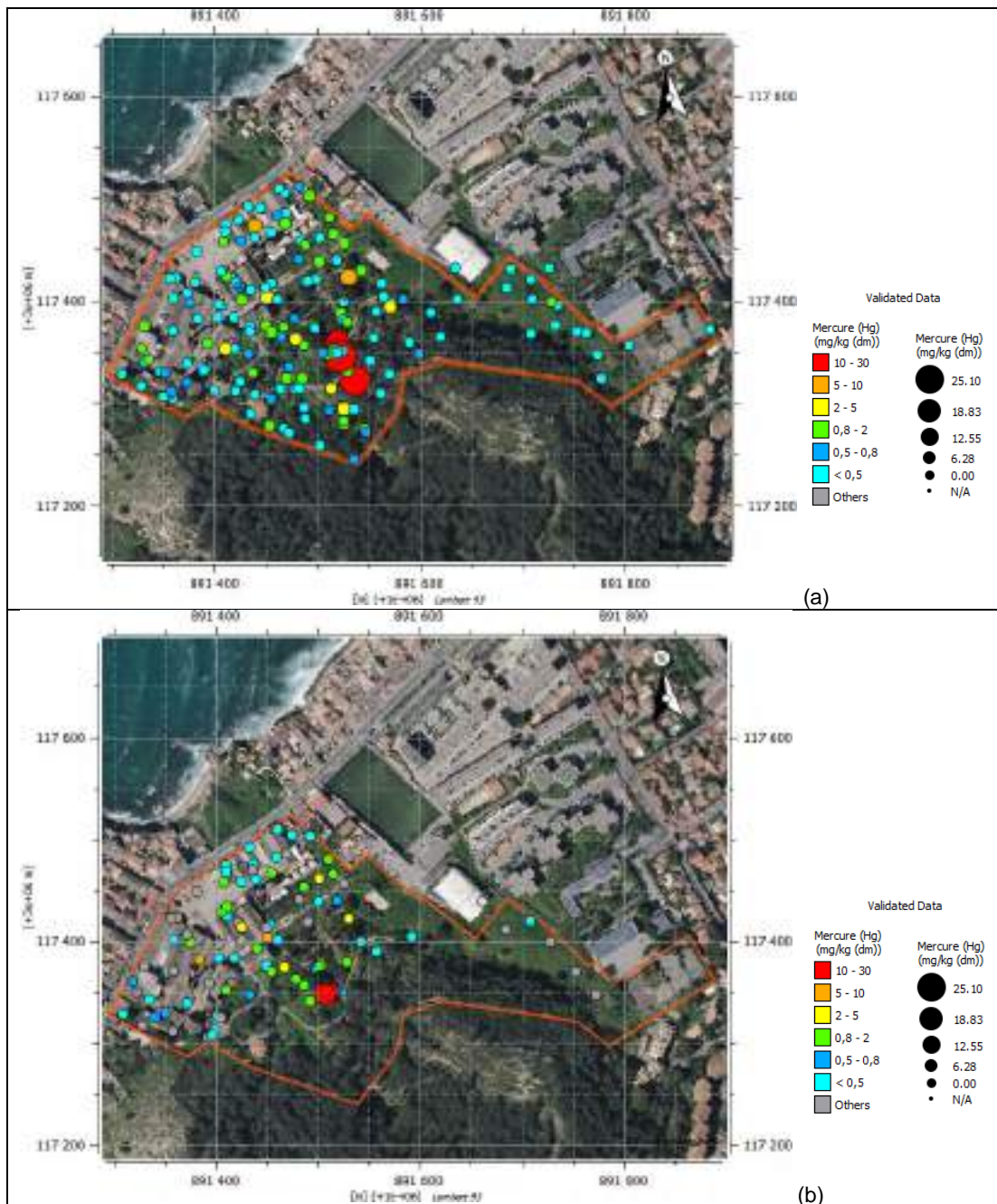


Figure 20 : Cartographies des teneurs en Hg dans les sols de surface (a) et en profondeur (b)

Le bilan massique pour le mercure est présenté dans le graphique ci-dessous.

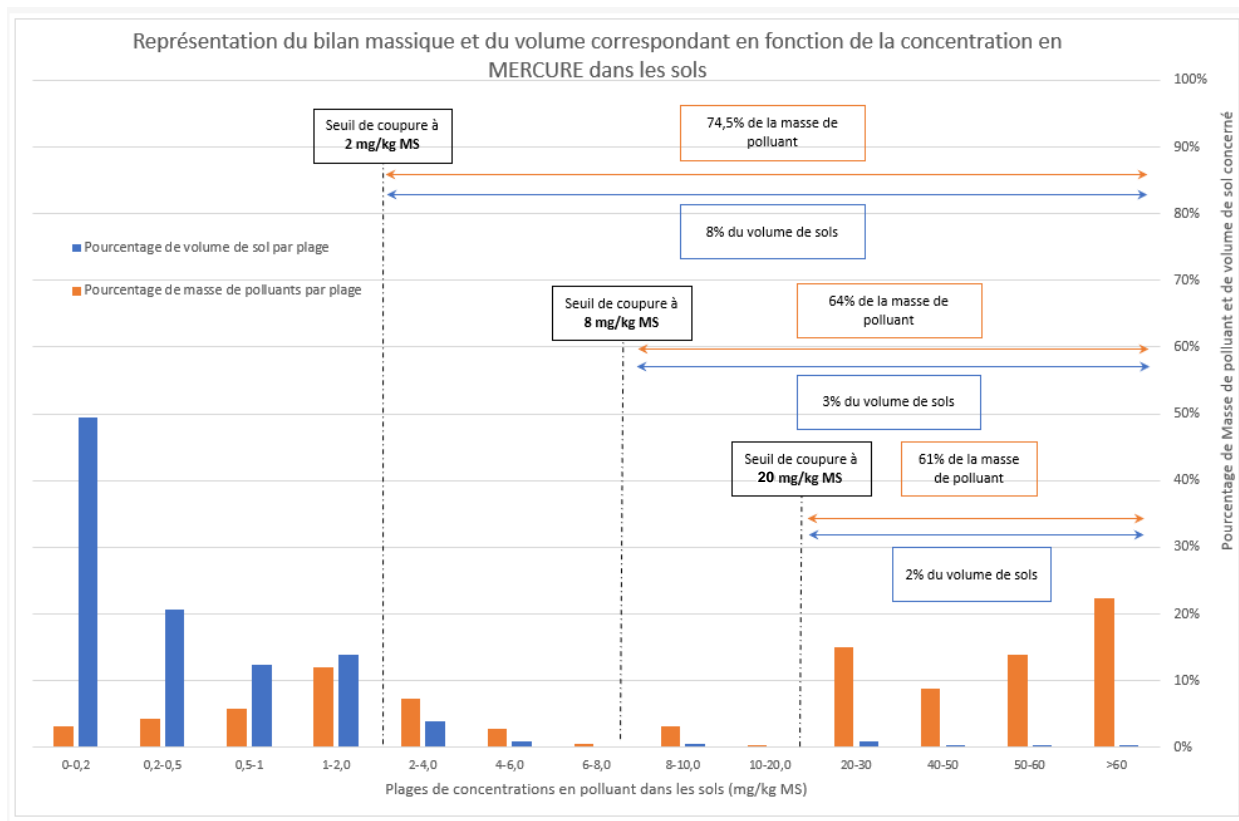


Figure 21 : Évolution du pourcentage de volume de sol et du pourcentage de la masse de polluant contenue dans chaque plage de concentration en Mercure dans les sols

La figure 21 ci-dessus met en évidence que :

- 75% de la masse de polluant est contenue dans 8% de volume de sol
- 61% de la masse de polluant est contenue dans 2% de volume de sol

Le traitement d'un volume limité de sol pollué, permet de traiter les 3/5 de la masse de polluant,

Au-dessus du seuil de 20 mg/kg MS, le pourcentage de masse de polluant est 10 fois supérieur à celui du volume de sol.

Compte tenu des volumes mis en jeu et du projet d'aménagement, retenir le seuil de coupure de 20 mg/kg MS est pertinent.

Les zones concernées sont en cohérentes avec les analyses précédentes : les sols de surface des sondages TM18 et TM21, ainsi que les sols en profondeur des sondages SD8, SD9, SD12, SD13 et PMA.

Le projet d'aménagement ne comprend pas d'opération de terrassements spécifiques au niveau des zones identifiées comme concentrées en mercure, dans les sols en profondeur et particulièrement aux profondeurs de localisation des anomalies.

Pour le mercure, les volumes de terres polluées sont limités et peu accessibles (dans les sols en profondeur jusqu'à 3.9 m par rapport au niveau actuel) et situés au voisinage de la cheminée rampante sur son linéaire enterré. Les anomalies enregistrées en profondeur sont potentiellement représentatives d'une qualité chimique des sols profonds plus étendue (potentiellement sur le linéaire au voisinage de la cheminée enterrée).

La solution d'excavation et d'évacuation des matériaux vers des filières de gestion appropriées n'est pas retenue d'office. Le présent Plan de Gestion traite de ces anomalies dans les sols en profondeur spécifiquement.

Les pollutions concentrées des sols pollués de surface des secteurs T18 et T21 seront excavées et évacuées en filière autorisée, conformément à la méthodologie (volume limité et accessible).

❖ LE PLOMB ET L'ARSENIC :

Pour les deux éléments As et Pb, l'approche cartographique et de bilan massique, sur la base des sondages réalisées, sans raisonnement à l'échelle des parcelles A et C, ne semble pas la plus pertinente.

Les résultats de l'ensemble des investigations de terrain réalisées sur le site ont été utilisés afin d'établir des cartographies d'extrapolation en 2 dimensions de la qualité chimique connue dans les sols en As et en Pb (sur les 2 premiers mètres de sol).

Cette approche est rigoureuse compte tenu de la densité de sondages sur les parcelles A et C, bien que la pertinence d'une extrapolation de concentrations en ETM puisse être discutée.

Sur la base des niveaux de concentration observés, plusieurs gammes ont été définies afin de dresser une représentation cartographique de la contamination en Pb et en As. On se référera au diagnostic de l'état des milieux reporté en annexe A1 pour disposer du détail des valeurs de références retenues.

| Gamme de concentration (Pb en mg/kg MS) | Précisions | Gamme de concentration (As en mg/kg MS) | Précisions |
|---|--|---|--|
| Pb | | As | |
| < 50 | Seuil ASPITET | < 12 | Seuil ELT |
| 50 – 170 | Seuil ELT | 12 – 25 | Seuil ASPITET |
| 170 – 300 | Seuil HCSP | 25 – 100 | - |
| 300 – 1 000 | Analyse des histogrammes (Annexe A1, figure 34), marquage généralisé à 1000 mg/kg MS | 100 – 300 | |
| 1 000 – 4 000 | Seuil approchant la gamme de concentration 3 | 300 – 500 | |
| 4000- 10 000 | - | 500 – 1 000 | |
| > 10 000 | | 1000 – 1 400 | Seuil approchant la gamme de concentration 3 |
| - | | 1 400 – 5 000 | - |
| | > 5 000 | | |

Ces cartographies sont présentées respectivement pour le Plomb et l'arsenic en figures 22 et 23 pages suivantes.

Le bilan des surfaces extrapolées par gamme de concentration dans les 2 premiers horizons de sols (de 0 à 2 m de profondeur) est présenté dans le tableau suivant.

| Gamme de concentration (Pb en mg/kg MS) | Surface Horizon 1 (m ²) | Surface Horizon 2 (m ²) | Gamme de concentration (As en mg/kg MS) | Surface Horizon 1 (m ²) | Surface Horizon 2 (m ²) |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Pb | | | As | | |
| < 50 | 925 | 8 875 | < 12 | 5 075 | 9 400 |
| 50 – 170 | 10275 | 2 675 | 12 – 25 | 7 825 | 3 425 |
| 170 – 300 | 3775 | 3 050 | 25 – 100 | 34 350 | 51 125 |
| 300 – 1 000 | 21100 | 46 300 | 100 – 300 | 27 250 | 11 600 |
| 1 000 – 4 000 | 33400 | 15 100 | 300 – 500 | 925 | 400 |
| 4000- 10 000 | 6475 | 50 | 500 – 1 000 | 500 | 100 |
| > 10 000 | 100 | 0 | 1000 – 1 400 | 125 | 0 |
| | | | 1 400 – 5 000 | 0 | 0 |
| | | | > 5 000 | 0 | 0 |
| TOTAUX | 76050 | 76050 | TOTAUX | 76050 | 76050 |

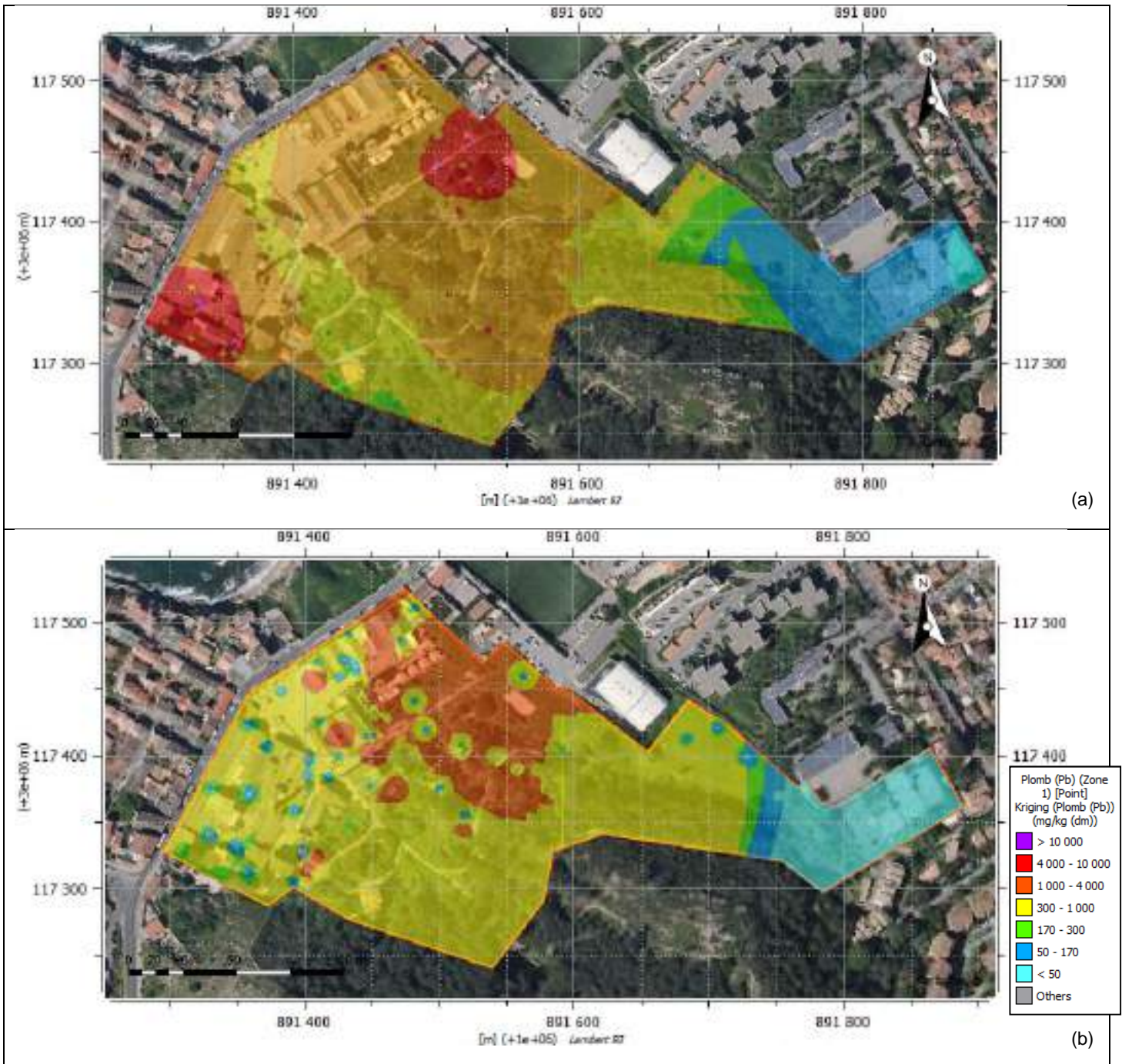


Figure 22 : Cartographies d'extrapolation de la qualité chimique en Pb dans les 2 premiers horizons de sols des parcelles A et C (Horizon 1 de surface (a) et Horizon 2 profond (b))

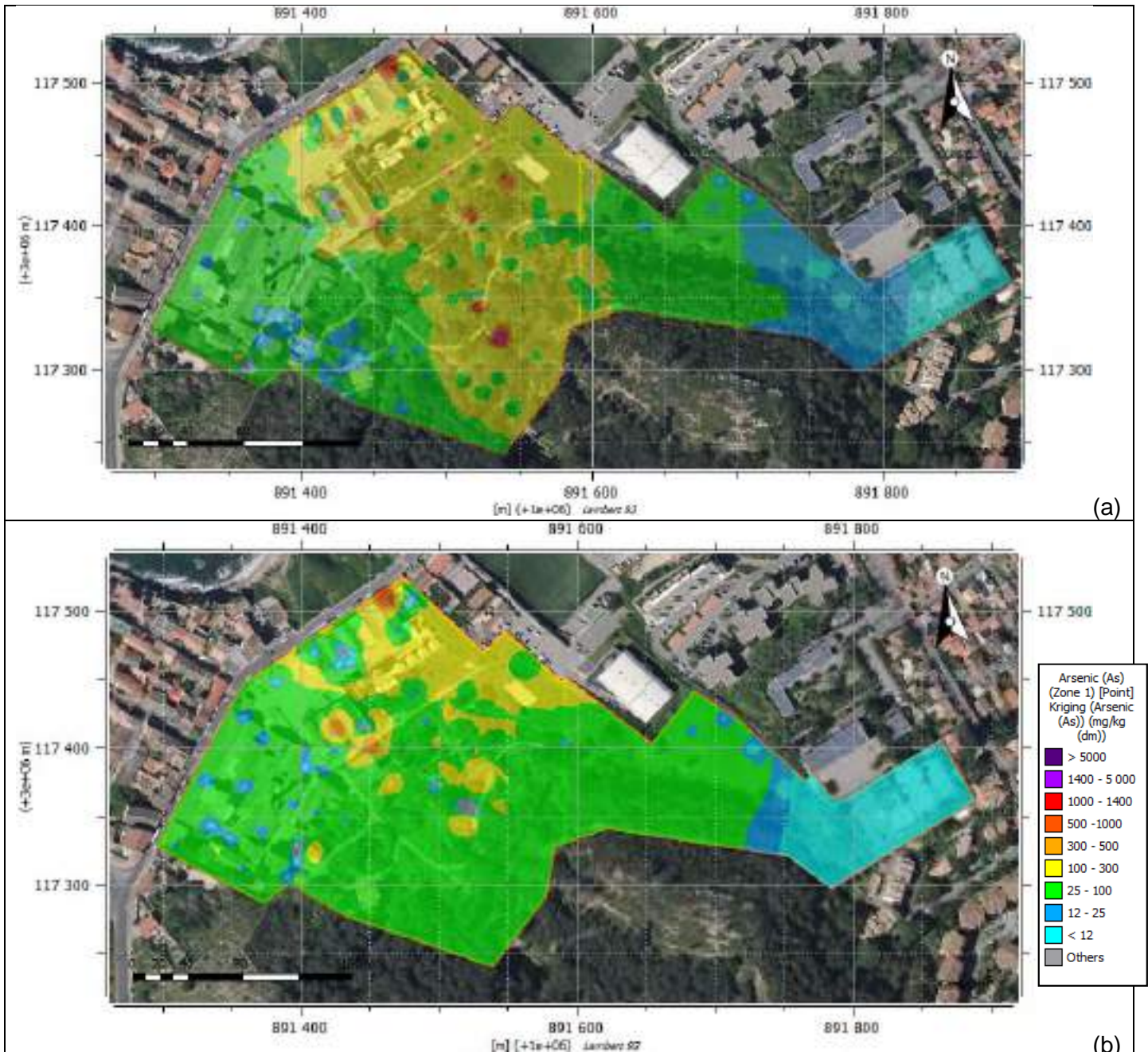


Figure 23 : Cartographies d'extrapolation de la qualité chimique en As dans les 2 premiers horizons de sols des parcelles A et C (Horizon 1 de surface (a) et Horizon 2 profond (b))

Pour le plomb :

Les extrapolations (par une méthode de krigeage³) dans les sols de surface et en profondeur mettent en évidence une pollution diffuse des sols sur les 2 premiers mètres en Plomb. Selon cette approche, le caractère de seuil de la gamme de concentration 3 est confirmé cartographiquement.

Pour l'arsenic :

Les extrapolations dans les sols de surface et en profondeur mettent en évidence une pollution diffuse en Arsenic sur les 2 premiers mètres de sol. Pour l'arsenic, les zones concernées par des anomalies supérieures à la gamme de concentration 3, sont ponctuelles sur les deux premiers mètres. .

³ Le krigeage est une méthode d'interpolation applicable à des données spatiales. Elle s'appuie sur la géostatistique linéaire, notamment le variogramme. La géostatistique permet de modéliser la structure du phénomène régionalisé étudié à l'aide d'outils simples (covariance et/ou variogramme) et de résoudre efficacement les problèmes d'interpolation.

Notons que, dans les sols de surface particulièrement, la répartition des concentrations supérieures à 1000 mg/kg MS en Pb est cohérente avec celle des concentrations supérieures à 100 mg/kg MS en As, selon une bande Nord-Sud de 3 ha environ qui recoupe les sources potentielles de pollution suivantes :

- Activités historiques de traitement du plomb :
 - o Anciens ateliers (fusion de minerais de plomb, four à coupellation, désargentation du plomb, grillage des masses, chaudronnerie et fonderie),
 - o Zones de dépôts de plomb marchand et de charbon,
 - o Fours à griller le minerai de plomb
 - o Carneaux
- Activités historiques d'acide tartrique et d'acide sulfurique :
 - o Ancienne fabrique d'acide sulfurique
 - o Petite usine et Halle attaque acide,
 - o Silo de tartre de calcium et station de traitement des eaux

Remarque : le travail d'extrapolation des teneurs en As et en Pb n'a pas pu être réalisé dans les horizons sous-jacents car la densité d'information n'apparaît pas suffisante (moins d'analyses disponibles dans les sols à plus de 2 m de profondeur). Ainsi, certaines teneurs profondes ne sont pas prises en compte dans l'analyse cartographique précédente.

L'analyse de la qualité chimique des sols en métaux a été complétée, pour le traceur Plomb, par une étude des pourcentages d'effectif par gamme de concentration, en fonction de la nature des sols (prise en compte des « Remblais » et du « TN »). Cette analyse est présentée en figures 24 et 25 suivantes.

Cette analyse a été réalisée pour le Plomb car il présente un impact plus étendu dans les sols et constitue le traceur ETM le plus représentatif des impacts liés aux activités historiques.

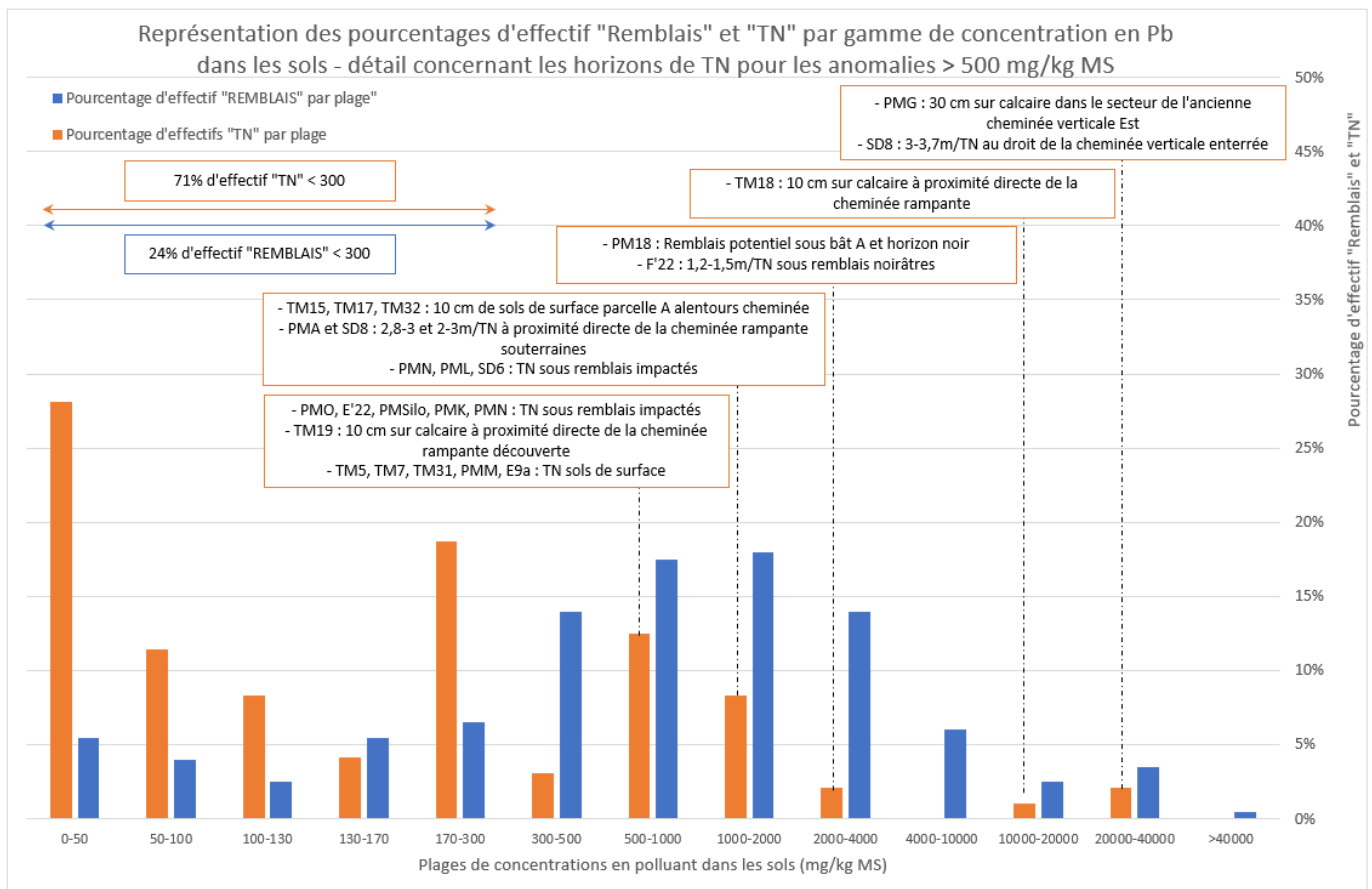


Figure 24 : Représentation des pourcentages d'effectif « Remblais » et « TN » par gamme de concentration en Pb dans les sols – Commentaires concernant les horizons de « TN » pour les anomalies supérieures à 500 mg/kg MS de Pb

Il apparaît à la lecture de ce graphique que les plus fortes anomalies enregistrées concernent d'une manière prépondérante des remblais de surface, mais également en profondeur.

En ce qui concerne spécifiquement les échantillons de « terrain naturel », la figure 24 page précédente met en évidence que :

- 71% des effectifs de terrain naturel présentent des teneurs en Pb inférieures à 300 mg/kg MS (contre 24% dans les remblais).
- Les teneurs supérieures à 500 mg/kg MS sont majoritairement retrouvées :
 - o Dans les sols de surface à proximité de la cheminée rampante sur son linéaire aérien, ainsi que ponctuellement dans les sols de surface du secteur Sud de la parcelle A et à proximité de l'ancienne cheminée verticale ;
 - o Dans les sols en profondeur à proximité de la cheminée rampante sur son linéaire enterré, ainsi que ponctuellement sous des horizons de remblais impactés.

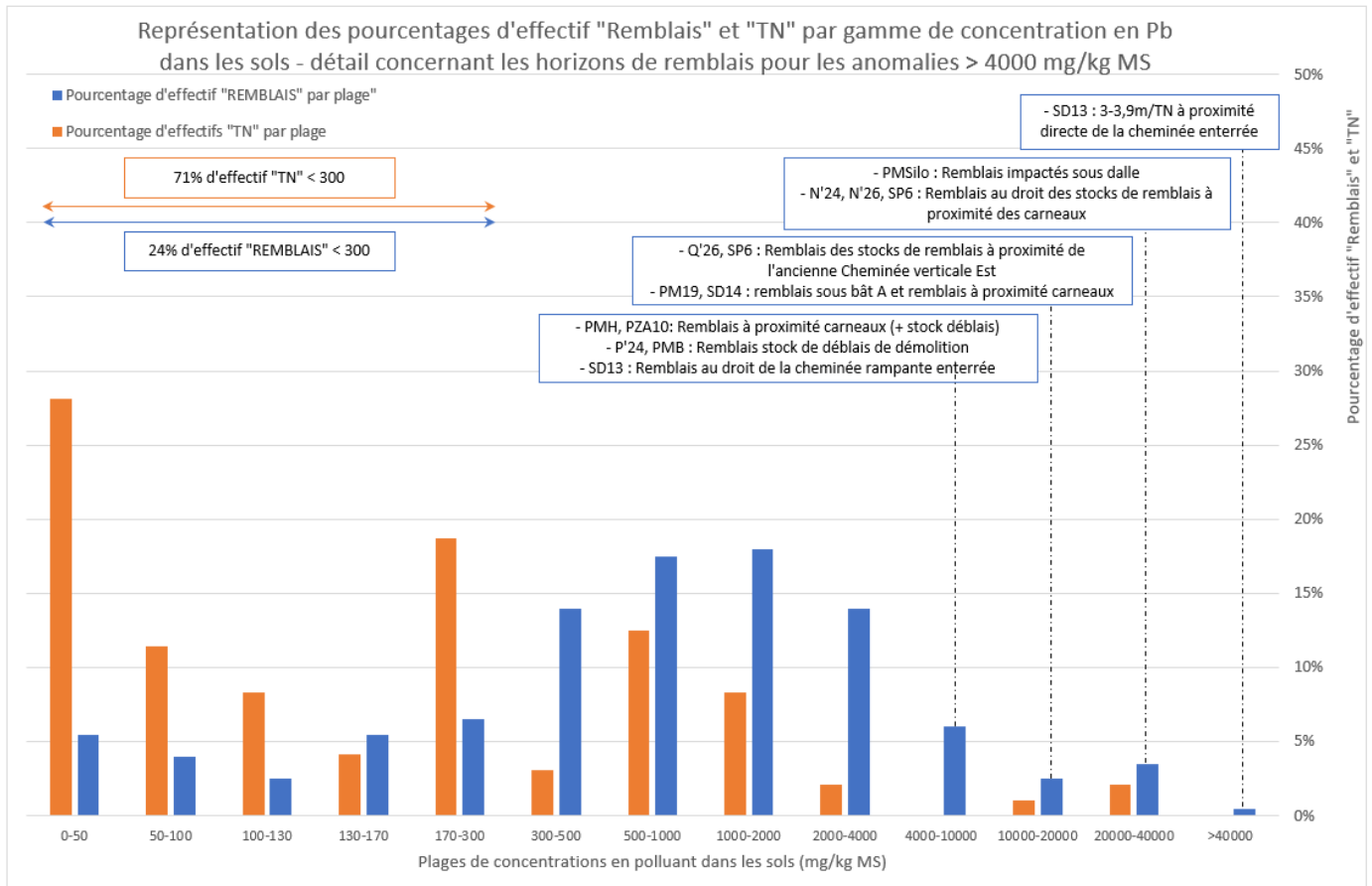


Figure 25 : Représentation des pourcentages d'effectif « Remblais » et « TN » par gamme de concentration en Pb dans les sols – Commentaires concernant les horizons de « Remblais » pour les anomalies supérieures à 4000 mg/kg MS de Pb

En ce qui concerne spécifiquement les échantillons de « Remblais » présentant les plus importantes concentrations en Plomb, la figure 25 ci-dessus met en évidence que :

- Environ ¼ des effectifs de remblais présentent des teneurs en Pb supérieures à 300 mg/kg MS
- Les teneurs supérieures à 4000 mg/kg MS sont majoritairement retrouvées dans les sols de surface et en profondeur à proximité et au droit :
 - o De la cheminée rampante sur son linéaire enterré
 - o Des carneaux bas
 - o De l'ancienne cheminée verticale Est
 - o Des déblais de démolition
 - o Ainsi que dans les sols de surface sous les bâtiments (remblaiement du site pour l'aménagement de la plateforme industrielles avec des remblais d'origine et de qualité non connue – potentiellement en provenance de sites industriels en activité avant 1875).

Un bilan massique pour le Pb et l'As, sur les deux premiers mètres de sols, reporté en figures 26 et 27 suivantes, a été établi. On se reportera au paragraphe 4.2.4 pour disposer de la méthodologie d'estimation du bilan massique et de ses limites⁴.

- **Concernant le Pb :**

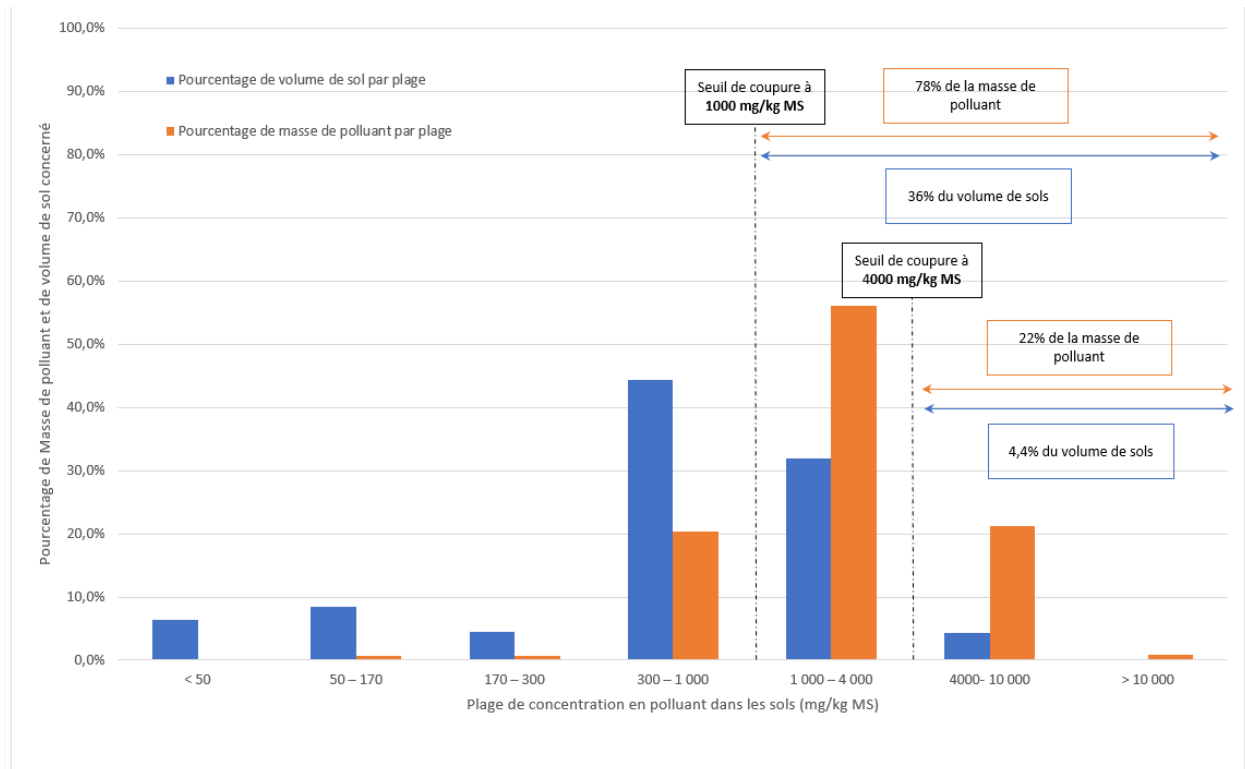


Figure 26 : Évolution du pourcentage de volume de sol et du pourcentage de la masse de polluant contenue dans chaque plage de concentration en Plomb dans les sols

La figure 26 ci-dessus met en évidence que :

- 78% de la masse de polluant est contenu dans 36% de volume de sol
- 22% de la masse de polluant est contenu dans 4.4% de volume de sol

Ainsi, pour la gestion des ¾ de la masse de polluant, il faut envisager le traitement d'un volume de sol de plus de 55 000 m³.

On note que c'est au-dessus du seuil de 1000 mg/kg MS, que le pourcentage de masse de polluant est supérieur à celui du volume de sol (facteur 1.5) et que ce volume de sol correspondant est conséquent avec plus de 55 000 m³ de matériaux. Par ailleurs, la prise en compte du seuil de 4000 mg/kg MS met également en jeu un volume important de matériaux d'environ 6 600 m³.

Compte tenu des volumes mis en jeu et du projet d'aménagement, retenir le seuil de coupure de 1000 mg/kg MS semble peu réaliste vis-à-vis du projet de requalification de la friche, bien qu'il soit en cohérence avec les approches statistique et cartographique précédentes.

⁴ Remarque : dans la limite des investigations réalisées, des hypothèses considérées et des paramètres de krigeage utilisés (simulation d'un milieu isotrope) les volumes présentés dans cette étude sont des estimations qui peuvent s'avérer majorantes ou à l'inverse inférieures à la réalité des terrains

- **Concernant l'As :**

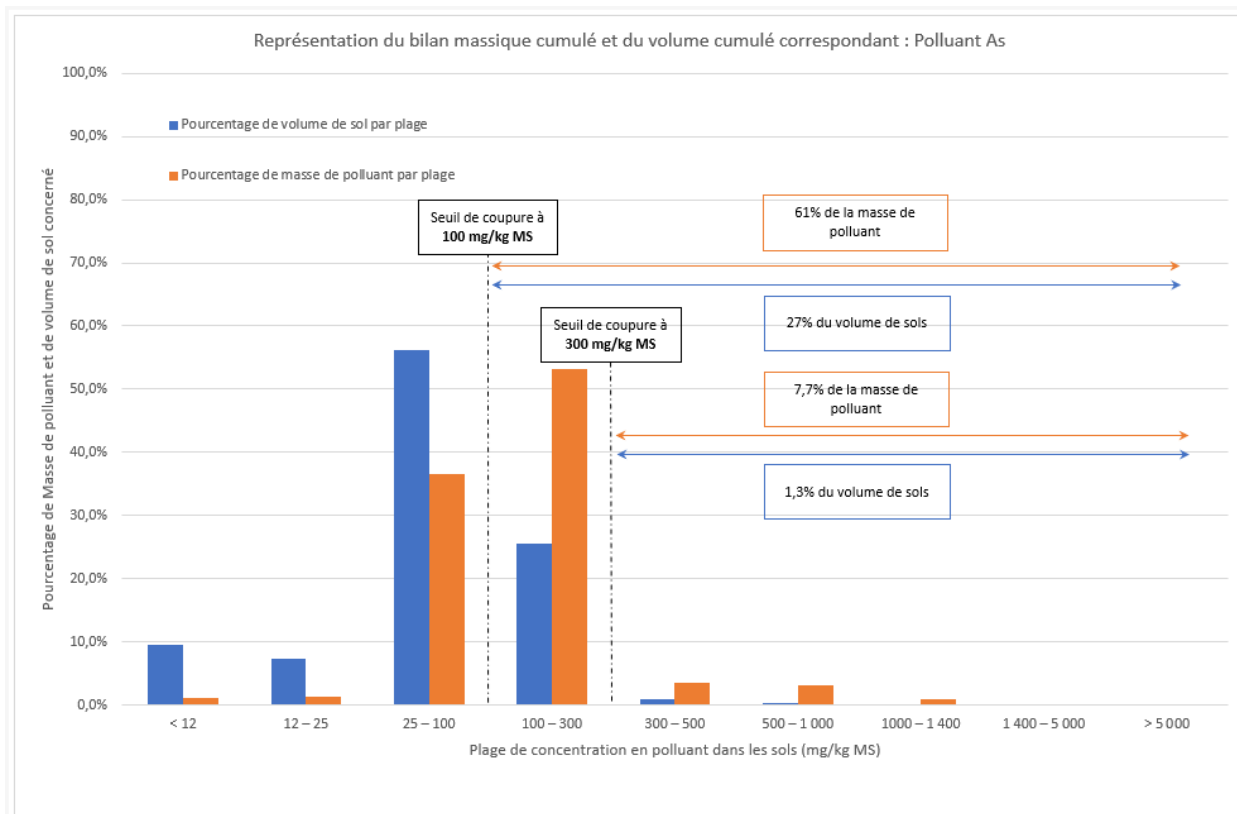


Figure 27 : Évolution du pourcentage de volume de sol et du pourcentage de la masse de polluant contenue dans chaque plage de concentration en Plomb dans les sols

La figure 27 ci-dessus met en évidence que :

- 61% de la masse de polluant est contenu dans 27% de volume de sol

Ainsi, pour la gestion des 3/5 de la masse de polluant, il faut envisager le traitement d'un volume de sol de plus de 40 000 m³.

On note que c'est au-dessus du seuil de 100 mg/kg MS, que le pourcentage de masse de polluant est supérieur à celui du volume de sol (facteur 2) et que le volume de sol correspondant est conséquent avec plus de 40 000 m³ de matériaux.

A l'instar de l'analyse sur le Pb, retenir le seuil de coupure de 100 mg/kg MS pour l'As semble peu réaliste vis-à-vis du projet de requalification de la friche, bien qu'il soit en cohérence avec les approches statistique et cartographique précédentes.

Remarque : les autres ETM sont des « accompagnants » des traceurs arsenic et plomb, retrouvés selon une logique de distribution identique et d'une manière prépondérante au droit des sources Pb et As, leur analyse n'est donc pas poussée plus avant. En effet, la gestion des anomalies en As et Pb revient à retirer la majeure partie des anomalies dans les sols en autres ETM.

4.3.3 Détail de l'estimation des volumes des zones sources pour les ETM

Au regard des résultats des investigations, l'emprise des zones sources concentrées pour les ETM est présentée dans le tableau 11 suivant. Elle intègre les sols présentant des dépassements du seuil retenu pour le mercure et des seuils de 1000 et 4000 mg/kg MS pour le Plomb ainsi que de 100 et 500 mg/kg MS pour l'Arsenic.

Tableau 11 : Estimation de l'emprise et des volumes des zones sources concentrées

| Polluants | Sondage | Surface (m ²) estimation | Prof. m/TN | Volume (m ³) estimation basse | Volume (m ³) estimation haute |
|-----------|---|---|---------------|--|--|
| Hg | Zone PMA et SD9 | | | | |
| | PMA (1 - 2) avec 53.3 PMA (2,8 - 3) avec 27.5 SD9 (0 - 1) avec 25.1 | 50-100 | 3 | 150 | 300 |
| | Zone SD8, SD12 et SD13 | | | | |
| | SD8 (3 - 3,7) avec 47.9 SD12 (2 - 3) avec 24.8 SD13 (3 - 3,9) avec 95.1 | 70-100 | 2-4 | 140 | 400 |
| | Zones TM18 et TM21 | | | | |
| | TM18 (0 - 0,1) avec 23.8 TM21 (0 - 0,1) avec 17.4 | 100-200 | 0.1-0.3 | 10 | 60 |
| Pb | Seuils de 1000 et 4000 | | | | |
| | Estimation sur la base de l'extrapolation des teneurs en Pb dans les 2 premiers horizons de sols des parcelles A et C | 6 600 à 40 000 (*) | 1-2 | 6 625 | 55 125 |
| As | Seuils de 100 et 500 | | | | |
| | Estimation sur la base de l'extrapolation des teneurs en As dans les 2 premiers horizons de sols des parcelles A et C | 625 à 28 800 (*) | 1-2 | 725 | 40 900 |

(*) Les écarts sur les volumes sont liés aux valeurs seuils considérées qui induisent des écarts importants de volumes correspondants, comme mis en évidence dans le paragraphe 4.3.2 précédent.

4.3.4 Intégration de la contrainte financière

Les coûts de gestion constituent une dimension essentielle pour la réhabilitation d'un site pollué.

Il est ainsi nécessaire de confronter les seuils de définition de pollution concentrée proposés au cout de la réhabilitation.

Ci-dessous, il est proposé un comparatif basé sur le scénario simplifié d'excavation, transport et évacuation hors site des matériaux pollués en Plomb (hors contraintes particulières de terrassement, géotechniques, de délai,...).

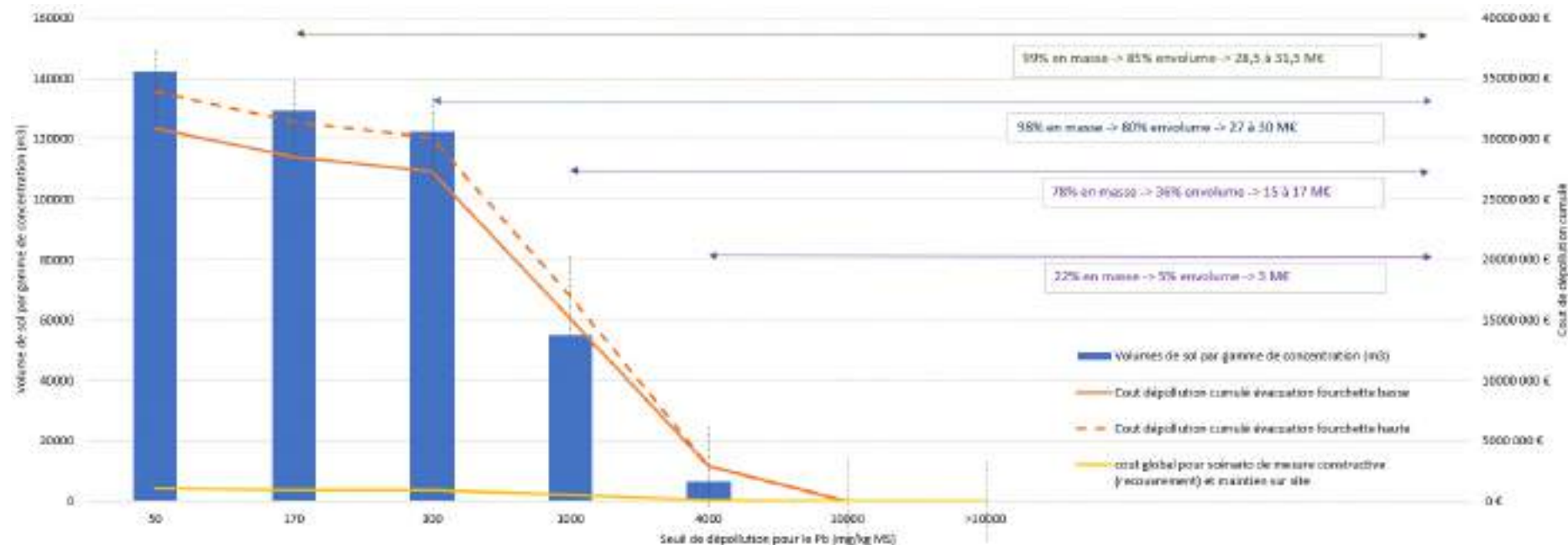


Figure 28 : volumes de sol et coûts de réhabilitation associés en fonction des gammes de concentration

L'interprétation de ce graphique aboutit aux conclusions suivantes :

- Le fait d'envisager une réhabilitation à 100% du volume de sol et de la masse en polluant sur les 2 premiers mètres de sol des parcelles A et C conduit à traiter a minima 140 000 m³ de matériaux pour un montant de l'ordre de 33 à 36 millions d'euros.
- Le fait d'envisager une réhabilitation à 78% (seuil de 1000 mg/kg MS), sur les 2 premiers mètres de sol des parcelles A et C, conduit à traiter a minima 55 000 m³ pour un montant de l'ordre de 15 à 17 millions d'euros.
- Le fait d'envisager une réhabilitation à 22% (seuil de 4000 mg/kg MS), sur les 2 premiers mètres de sol des parcelles A et C, conduit à traiter a minima 6700 m³ pour un montant de près de 3 millions d'euros.

Compte tenu des montants de coûts de gestion, ce scénario est comparé à une alternative de maintien sur site des anomalies en ETM (courbe jaune sur le graphique ci-dessus), hors mercure, qui pourrait être retenue, au regard :

- Des résultats d'analyse sur éluat qui mettent en évidence que les métaux lourds restent peu mobiles (hors antimoine et ponctuellement le sélénium), qu'ils n'impactent pas la qualité des eaux souterraines (sur la base des prélèvements et analyses précédemment réalisés sur le seul ouvrage fonctionnel sur le site) et l'absence d'utilisation de cette eau sur le site et en aval hydraulique du site compte tenu du caractère saumâtre des eaux (biseau salin).
- Du projet d'aménagement qui prévoit le recouvrement de l'intégralité de la parcelle C et la parcelle A en partie Nord, limitant l'infiltration des eaux météoriques et supprimant le contact direct.

Cette alternative tient compte du recouvrement des surfaces impactées et des servitudes associées ; le montant estimé serait de plus de 1 million d'euros.

Enfin et pour rester dans l'esprit et les préconisations de la méthodologie nationale rappelons que si les substances en cause sont uniquement des substances métalliques, non volatiles et non susceptibles d'être solubilisées, alors des mesures de gestion simples telles que le recouvrement des terres polluées par des épaisseurs suffisantes et justifiées de terres non polluées peuvent apparaître adaptées dès lors que la mémoire de ces pollutions est conservée.

Cette mesure de gestion est en cohérence avec le projet d'aménagement du site sur l'emprise de la parcelle C au droit de laquelle les sols de surface seront revêtus.

La parcelle A constitue en revanche un espace intermédiaire, entre la zone anciennement industrielle et l'espace naturelle des Calanques. Sur ce secteur, il est recommandé de travailler les mesures de gestion selon une approche, basée sur la qualité des sols de surface, le projet d'aménagement et la configuration du secteur proche de l'espace naturel des Calanques.

Cette analyse conduit à décomposer la parcelle A en trois secteurs comme décrits ci-dessous :

- Secteur de la Maison de maître, du bassin et des espaces verts attenants : la qualité des sols de surface extérieurs sur ce secteur, qui sera aménagé pour un usage de logement, nécessite la mise en place de mesures de gestion. Bien que le maintien du couvert végétal soit à privilégier (car il permet de limiter l'envol de poussières), les mesures de gestion sur ce secteur devront consister en un recouvrement des sols (au regard de la proximité avec l'habitation).
- Secteur au Nord du chemin, sur lequel est prévu l'aménagement de l'ensemble de bâtiments C et qui est également le siège d'une partie du stock de remblais (issus des opérations historiques de terrassements et de démolition) : les sols de surface sur ce secteur témoignent d'un impact en métaux lourds lié au stockage sur site des matériaux issus des démolitions et terrassements historiques⁵. De la même manière que pour le secteur de la Maison de Maître, bien que le maintien du couvert végétal soit à privilégier car il permet de limiter l'envol de poussières, les mesures de gestion sur ce secteur devront consister en un recouvrement des sols (au regard de la proximité avec l'habitation).
- Secteur Sud du chemin jusqu'au canal de Marseille, correspondant à un espace de végétation spontanée, assimilable à la configuration de l'espace naturel des Calanques : les sols de surface sur ce secteur témoignent ponctuellement d'un impact en métaux lourds. Toutefois, la situation sur ce secteur, plus éloigné des futurs logements, est assimilé à un prolongement du contexte retrouvé dans les Calanques et nous proposons une mesure de gestion cohérente avec les futurs usages de promenade du secteur et les actions en cours sur l'espace naturel du Massif (opérations de phytostabilisation).

Notons que ces deux derniers secteurs sont le siège des anomalies en mercure dans les sols de surface qui feront l'objet d'opération de purge, ainsi que du tracé souterrain de la cheminée rampante.

C'est en se basant sur les précédentes approches (statistiques, graphiques et financières), ainsi que le projet développé, que sont retenues les mesures de gestion « équilibrées » pour les sources concentrées en métaux lourds⁶. Ces mesures, en accord avec le périmètre de reconversion, consistent en la mise en œuvre de recouvrements des sols de surface et de traitements in-situ par phytostabilisation (dans le secteur Sud de la parcelle A).

Pour rappel, les sources concentrées organiques sur site seront purgées et gérées en filière(s) autorisée(s).

4.3.5 Caractérisation de la mobilité : localisation et quantification des pollutions dans les gaz des sols et les eaux souterraines

Conformément à la méthodologie nationale, les bilans massiques sur les sols doivent être mis en relation avec les milieux « gaz du sol » et « eaux souterraines » dans le cas de polluants volatils ou lorsqu'ils contribuent à dégrader les eaux souterraines.

Sur la base des investigations réalisées⁷, les eaux souterraines (quand les piézomètres se sont avérés non sec) ne présentaient pas d'anomalie en polluants organiques, comme en ETM. Ces résultats sont en cohérence avec les faibles impacts en polluants organiques dans les sols et le fait que les ETM sont peu à pas mobiles dans les sols.

Les investigations réalisées en 2018⁷ ont mis en évidence la présence ponctuelle de composés organiques volatils (HCT, BTEX, HAP et COHV) dans les gaz du sol, avec des teneurs faibles à modérées. Dans ce cadre, il n'apparaît pas pertinent de traiter plus avant les résultats de gaz des sols, en termes de « caractérisation de la mobilité ».

Nota : Une EQRS spécifique a été réalisée dans le cadre du présent Plan de Gestion (reportée en chapitre 5 suivant) et l'état de qualité des gaz des sols sera conforté par une 2^{ème} campagne de prélèvement.

⁵ Démolitions et terrassements historiques des sources potentielles de pollution (comme les fours et les cheminées verticales), ainsi que les remblais de la parcelle C pour l'aménagement de la STEP

⁶ Sources concentrées en métaux lourds non concomitantes à une source concentrée en polluants organiques, cyanures ou mercure

⁷ Présentées dans le rapport de diagnostic reporté en annexe A1 du présent Plan de Gestion

4.4 Identification des sources de pollution concentrée sur la parcelle B

On se reportera au chapitre 8 du rapport de diagnostic reporté en annexe A1 pour disposer de la présentation du crassier constituant la parcelle B.

La parcelle B est le siège d'un crassier d'un volume de 41 600 m³ environ de déchets qui ont été entreposés dans le cadre des activités industrielles historiques, activité de stockage pour laquelle l'exploitant historique disposait d'une autorisation administrative pendant les premières activités de fonderie et jusqu'aux dernières activités de production d'acide tartrique.

Les sondages carottés réalisés sur l'emprise du crassier et les résultats des analyses des matériaux constitutifs du crassier mettent évidence que :

- Le crassier est constitué de principalement 4 types de matériaux :
 - o des remblais de démolition (sablo-limoneux à cailloutis calcaires) avec des déchets ou débris anthropiques (plastiques, béton, enrobé, verres, briques, etc),
 - o des remblais de nature « chimique » (sablo-limoneux) avec des zones carbonatées blanchâtres présentant localement des coloration vertes ou lit de vin et des fragments gris bleutés,
 - o des remblais d'origine « industrielle métallique » caractérisés par des scories plus ou moins grosses dans une matrice sableuse noire, des fragments vert à noir vitreux et des fragments métalliques fondus,
 - o du terrain naturel : un horizon de type sablo-gréseux présentant des cailloutis calcaires, qui repose sur le substratum calcaire sain ou fracturé
- Les successions lithologiques sont de configuration spatiale variable en épaisseur comme en extension latérale. De plus, les remblais de nature « chimique » au sein de l'important volume de remblais de démolition ne sont pas clairement individualisé physiquement mais répartis d'une manière très hétérogène au sein du volume (pas de « couche de matériaux a proprement parlé, mais une répartition plus lenticulaire au sein de la masse de déchets).
- Les remblais présentent des anomalies en ETM particulièrement au sein de l'horizon profond de remblais « métalliques ». En revanche, les données disponibles témoignent que les métaux ne sont pas ou peu lixiviables, à l'exception de l'antimoine et du sélénium.
- Des cyanures ont également été enregistrés d'une manière ponctuelle dans des horizons de matériaux à faciès « chimique »

Il apparait une importante hétérogénéité des remblais avec une qualité chimique fortement hétérogène ne permettant pas une définition rigoureuse par classe des pollutions concentrées.

Notons que le volume de 41600 m³ de déchets a été déterminé sur la base des sondages carottés réalisés au droit de la parcelle B, au moyen d'une modélisation des horizons et une estimation des cubatures au moyen du logiciel « COVADIS ». On se reportera à l'annexe A3 pour disposer des cartographies en plan et coupes de la parcelle B ainsi que de la synthèse des cubatures induite.

Le crassier de la parcelle B est constitué d'environ 84% de matériaux en nature de remblais de démolition avec remblais « chimiques » mélangés et 16% du volume de déchets serait constitué de remblais « Industrie métallique » liés aux premières activités historiques de fonderie au droit du site.

Dans ce cadre, l'approche cartographique revient à la simulation 3D du crassier qui a été réalisée et présentée dans le cadre du diagnostic par type de matériaux. En revanche, sur la base des données existantes et compte tenu du caractère de « déchets » des matériaux stockés, la réalisation d'une approche statistique n'a que peu de sens. Nous étudierons la parcelle B au travers d'une approche essentiellement financière.

Des aménagements et des mesures de gestion devront permettre de garantir l'absence de voie de transfert au sable de la plage et milieu marin et le projet d'aménagement permettra de mettre en sécurité mécanique le crassier et des constructions avoisinantes.

4.5 Identification des autres sources liées aux anciennes activités industrielles

Parmi les installations, équipement et infrastructures liées aux anciennes activités encore présentes sur site, la cheminée verticale sur site et la cheminée horizontale, sur ses deux tronçons hors site, constituent des éléments majeurs à étudier et à retenir en tant que source. Notons par ailleurs, qu'au regard du caractère patrimoniale de ses infrastructures, une solution de suppression de ces sources ne peut être envisagée et des mesures spécifiques propres au site et intégrant la problématique générale doivent être envisagées.

Le cas particulier des carneaux bas actuellement enterrés doit également être retenu comme source, à l'instar de la cheminée rampante sur son linéaire enterré au droit de la parcelle A.

5. EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES (EQRS) ET SCHEMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION CONSTATÉ

Les investigations réalisées par ERG Environnement dans le cadre de la mission de diagnostic complémentaire ont mis en évidence la présence de composés organiques volatils (HCT, BTEX, HAP et COHV) dans les gaz du sol, ce qui conduit à envisager les risques liés à l'exposition par inhalation de composés volatils à l'intérieur des futurs bâtiments.

Conformément à la méthodologie décrite dans les textes d'avril 2017 (mise à jour de la circulaire de février 2007), la réalisation d'une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires est donc nécessaire afin de statuer sur la compatibilité du site avec son usage et son aménagement projetés.

5.1 Évaluation Quantitative des risques Sanitaires pour la voie d'exposition par inhalation

L'EQRS spécifique a été établie et on se reportera à l'annexe A4 pour disposer du détail de la méthodologie, du scénario d'aménagement étudié, de l'identification du danger, du choix des VTR, de l'évaluation des expositions, de la modélisation du transfert des substances volatiles et de la quantification des risques avec étude d'incertitude.

L'EQRS a été réalisée dans une démarche sécuritaire sur la base des teneurs maximales enregistrées dans les gaz des sols selon le scénario d'exposition le plus contraignant de bâtiment de plain-pied à usage de logement.

Par ailleurs, l'usage résidentiel suppose la présence d'adultes et d'enfants sur le site, ce qui nécessite de prendre en compte ces deux types de populations. Pour cela, nous avons considéré une cible mixte qui passe de l'âge enfant à l'âge adulte, avec une durée d'exposition totale plutôt majorante de 40 ans. Le budget espace-temps le plus majorant été retenu avec une exposition 20h par jour, 351 jours/an sur 40 ans.

Par ailleurs, il a été tenu compte que les caractéristiques du projet d'aménagement permettent d'écarter les voies d'exposition suivantes :

- Contact direct avec les sols, en raison de la mise en place d'un recouvrement de surface prévu sur l'ensemble des parcelles C, B et A pour partie (*) (dalle béton au droit des bâtiments, enrobé au droit des zones de voirie et parking, et 30 cm de terre végétale d'apport au droit des espaces verts créés) ;
- Ingestion d'eau potable : les réseaux d'adduction d'eau seront mis en place dans des sols non impactés ou dans un lit de matériaux d'apports sains ;
- Ingestion d'aliments auto-produits, une restriction d'autoproduction hors sols uniquement sur l'emprise du projet (bac, pour que les végétaux soient déconnectés des sols en place).

Par conséquent, seule la voie d'exposition par inhalation de composés volatils issus des sols et/ou des eaux souterraines a été retenue comme pertinente (voir le schéma conceptuel d'exposition).

Si l'on se réfère à l'évaluation de risques sanitaires reportée en annexe A4, on peut, donc, considérer que l'état des milieux est compatible avec les usages futurs (adultes et enfants résidents) pour l'exposition par inhalation.

(*) Le risque par contact direct doit être retenu dans le secteur Sud de la parcelle A qui correspond à un espace de végétation spontanée, assimilable à la configuration de l'espace naturel des Calanques. La situation sur ce secteur, plus éloigné des futurs logements, est assimilée à un prolongement du contexte retrouvé dans les Calanques et nous proposons une mesure de gestion cohérente avec les futurs usages de promenade du secteur et les actions en cours sur l'espace naturel du Massif (opérations de phytostabilisation). L'accès au secteur Sud de la parcelle A sera limité par une clôture pendant la phase de pilote et d'évaluation de la performance de la technique de phytostabilisation.

5.2 Schéma conceptuel d'exposition constaté

Par ailleurs, l'ensemble des informations recueillies (résultats analytiques, observations organoleptiques et mesures in situ) a permis de définir le schéma conceptuel d'exposition constatée qui intègre les informations recueillies et les voies de transfert avérées (Cf. tableau 12 page suivante)

En cas de modification d'usage du site, le présent schéma conceptuel d'exposition devra être adapté en conséquence, afin de mettre en place un plan de gestion en adéquation avec le nouvel aménagement proposé pour le site.

| MILIEU D'EXPOSITION POTENTIEL | PRINCIPALES VOIES D'EXPOSITION A ENVISAGER | PRINCIPAUX TRANSFERT(S) A ENVISAGER | CIBLE POTENTIELLE SUR SITE | MILIEUX CONTAMINES : POLLUANTS MAJORITAIRES | APPROCHE RISQUE |
|--|---|--|--|---|--|
| Intérieur des futurs bâtiments | Inhalation de substances volatiles issues des sols et/ou des eaux souterraines à travers la dalle béton | Du sol vers l'air ambiant des bâtiments | Futurs habitants et usagers (adultes et enfants) | GAZ DES SOLS | Absence de risque : Composés volatils présents dans les gaz des sols dans des teneurs modérées à faibles Compatibilité de l'état des milieux avec l'usage projeté validé par une EQRS dédiée (Chapitre 5) |
| | Transfert dans la canalisation enterrée d'alimentation en cas de parcours du réseau au travers d'une zone de sols souillés | Ingestion d'eau contaminée / contact cutané | | EAU DE CONSOMMATION | Risque à écarter par des mesures simples de gestion : Canalisations AEP à implanter dans des sols sains en cas de pollution avérée |
| Futures zones extérieurs découvertes (espaces verts) | Ingestion directe de sol / poussières | Contact direct | | SOLS | Présence d'anomalies ponctuelles en composés organiques et en métaux lourds dont les mesures de gestion à mettre en œuvre sont détaillées dans le chapitre 6 du présent PG |
| | Absorption cutanée de sol / poussières | | | SOLS | |
| | Ingestion d'aliments d'origine végétale produits sur le site Des jardins privatifs et espaces verts collectifs sont prévus par le projet | Du sol vers des aliments d'origine végétale sur le site | | GAZ DES SOLS | |
| Futures zones extérieures recouvertes (voirie, parkings) | Inhalation de substances volatiles issues du sol et/ou des eaux souterraines | Volatilisation des composés potentiellement présents dans les sols et/ou les eaux souterraines | | EAUX SUPERFICIELLES | Sans objet : Aucun usage actuel ou projeté n'est identifié |
| Eaux superficielles | Aucun usage des eaux superficielles n'est prévu par le projet | Du sol vers les eaux superficielles | | EAUX SOUTERRAINES | Sans objet : Le projet ne prévoit pas d'usage des eaux souterraines |
| Eaux souterraines | Aucun usage des eaux souterraines n'est prévu par le projet | Du sol vers les eaux souterraines | PLAGE et MER | Le transfert d'ETM depuis le crassier vers la plage et la mer doivent être limités au maximum par des mesures spécifiques en cohérence avec le projet d'aménagement, détaillées dans le chapitre 6 du présent PG | |
| Parcelle B spécifiquement Milieu marin | Activités récréatives et baignade interdites en contre-bas du crassier | Du crassier vers la mer | Pas d'usagers – plage et baignade interdite | | |

Tableau 12 : Pertinence des différentes voies d'expositions sur site

6. EVALUATION DES MESURES DE GESTION

L'étude des mesures de gestion est basée sur les documents suivants :

- La note ministérielle d'avril 2017 mettant à jour le cadre général de la politique nationale en matière de gestion des sites et sols pollués définie dans la note du 8 février 2007,
- Le guide ADEME « Elaboration des Bilans Coûts-Avantages adaptés au contexte des gestion en Sites et Sols Pollués » en date de mars 2017,
- Le rapport de l'UPDS intitulé « Travaux du GT Pollution concentrée », d'avril 2016, disponible sur le site de l'UPDS,
- Le guide établi par le BRGM « définir une stratégie de dépollution : approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage » référencé BRGM/RP-64350-FR de février 2016,
- Le guide établi par le BRGM « quelles techniques pour quels traitements – analyse coûts – bénéfiques » référencé BRGM/RP-58609-FR de juin 2010.

6.1 Préambule - contexte spécifique du site

Compte tenu de la synthèse des milieux et de l'analyse du caractère de source présenté dans le chapitre 4 précédent, et au regard du projet de requalification des parcelles A, C et B, un volume important de déblais va être généré par le projet d'aménagement et nous proposons dans ce cadre de traiter :

- en premier lieu des mesures de gestion des futurs déblais dans le contexte spécifique du site,
- dans un second temps, des mesures de gestion pour les sources résiduelles.

Nous attirons l'attention sur le contexte spécifique du site, les contraintes et les éventuelles nuisances, qui ont été prises en compte, pour l'analyse de la gestion des futurs déblais générés par le projet d'aménagement :

- Limitation au maximum du trafic routier conformément aux attentes de la Collectivités, en cohérence avec l'application de mesures de gestion durables
- Impossibilité d'exportation de matériaux par voie maritime, directement depuis le site (les données bathymétriques collectées révèlent de hauts fonds dans ce secteur, incompatibles avec le chargement en bateau des terres qui seront extraites lors des travaux de terrassement).

Les solutions de gestion des déblais « on-site » seront privilégiées pour minimiser au maximum les exportations de matériaux et le transfert de la pollution. Les solutions « on-site » seront adaptées selon la qualité chimique des futurs déblais, en privilégiant donc les solutions de réemploi, confinement, stabilisation/solidification et pythostabilisation sur site.

Notons enfin, que dans le but d'être en conformité avec la méthodologie nationale une solution alternative de gestion de la totalité des matériaux en filière(s) autorisée(s) hors site a également été étudiée.

Suite à la mise en œuvre des mesures de gestion des déblais qui seront générés par le projet, une analyse des sources encore en place est réalisée. Cette analyse et les mesures de gestion proposées tiennent compte des sources concentrées retenues (en chapitre 4), des infrastructures (dont certaines à caractère patrimonial), ainsi que des mesures de gestion actuellement en cours sur l'emprise du Parc des Calanques⁸.

⁸ Travaux en cours concernant les impacts en ETM dans les sols de surface, en lien avec les activités historiques de l'Escalette

6.2 Méthodologie générale

6.2.1 Objectifs des mesures de gestion

Le plan de gestion a pour objectif premier de maîtriser les sources et leurs impacts. La maîtrise des sources est un aspect fondamental du plan de gestion car elle participe aux deux démarches globales :

- De réduction des émissions de substances responsables d'exposition chimique,
- D'amélioration continue des milieux.

Le processus de plan de gestion est généralement progressif, itératif, évolutif et interactif, Il n'est en aucun cas définitivement figé, il doit être élaboré, avec bon sens, sur la base d'un projet d'aménagement, dans une perspective de développement durable et de bilan environnemental global.

Les possibilités de suppression de la source de pollution sont étudiées, car sans maîtrise des sources de pollution, il n'est économiquement ou techniquement pas possible de chercher à maîtriser les impacts. Ainsi lorsque des pollutions concentrées et généralement circonscrites à des zones limitées sont identifiées, la priorité consistera à les extraire.

Il apparaît cependant nécessaire, quand la suppression totale des sources de pollution n'est pas possible – après avoir réalisé une démarche « coûts/avantage » et passé en revue les meilleures techniques disponibles à un cout raisonnable – de garantir que les impacts provenant des sources résiduelles sont effectivement maîtrisés et acceptables tant pour les populations que pour l'environnement.

La stratégie des mesures de gestion est présentée par la figure suivante :



Figure 1 : Stratégie des mesures de gestion d'un site pollué (Nathanail et al., 2002)

Figure 29 : Stratégie des mesures de gestion (source rapport BRGM/RP-57708-FR)

6.2.2 Présélection des techniques de dépollution en fonction des substances rencontrées

Les différentes techniques de dépollution peuvent être classées en fonction de la nature des procédés employés, à savoir :

- les procédés physiques : le principe consiste à utiliser des fluides (eau ou gaz), présents dans le sol ou injectés, comme vecteur pour transporter la pollution vers des points d'extraction ou pour l'immobiliser,
- les procédés chimiques : ils utilisent les propriétés chimiques des polluants pour, à l'aide de réactions appropriées, les inerte, les détruire ou les séparer du milieu pollué,
- les procédés biologiques : ils consistent à utiliser des micro-organismes, le plus souvent des bactéries, pour favoriser la dégradation totale ou partielle des polluants, Certains bioprocédés permettent aussi de fixer ou solubiliser certains polluants,
- les procédés thermiques : ils utilisent la chaleur pour détruire le polluant, l'isoler, ou le rendre inerte.

La figure 30 page suivante présente les techniques de dépollution envisageables pour le cas d'une pollution est associée aux métaux lourds, ainsi que dans une moindre mesure aux hydrocarbures, HAP et cyanures.

| Réhabilitation potentielle | Milieu concerné | COV | Hydrocarbures halogénés | Hydrocarbures non halogénés | HAP | PCB | Dioxines et furannes | Pesticides et herbicides |
|---|-----------------|-----|-------------------------|-----------------------------|-----|-----|----------------------|--------------------------|
| Confinement | | | | | | | | |
| Confinement – couverture | S | + | + | + | + | + | + | + |
| Confinement hydraulique | W | + | + | + | + | + | + | + |
| Confinement vertical | S, W | + | + | + | + | + | + | + |
| Excavation et enfouissement | S | + | + | + | + | + | + | + |
| Procédés biologiques | | | | | | | | |
| Atténuation naturelle | W | + | + | + | + | - | - | + |
| Biotertre | S | - | - | + | + | - | - | + |
| Bioventing | S | + | + | + | + | - | - | + |
| Biosparging | S, W | + | + | + | + | - | - | + |
| Landfarming | S | + | - | + | + | - | - | + |
| Traitement sous forme de boue | S | + | + | + | + | - | ? | + |
| Andain | S | + | - | + | + | - | - | + |
| Procédés chimiques | | | | | | | | |
| Oxydation chimique | S, W | + | + | + | + | - | - | + |
| Déhalogénéation chimique | S | + | + | - | - | + | + | - |
| Lavage chimique | S | + | + | + | + | - | - | - |
| Extraction par solvants | S | + | + | + | + | + | + | + |
| Amendements en surface | S | - | - | - | - | - | - | - |
| Procédés physiques | | | | | | | | |
| Extraction multiphase | S, W | + | + | + | - | - | - | - |
| Air sparging | W | + | + | + | - | - | - | - |
| Venting | S | + | + | + | - | - | - | - |
| Barrière perméable réactive | W | + | + | + | + | + | + | + |
| Lavage | S | - | + | + | + | + | + | + |
| Procédés de solidification et de stabilisation | | | | | | | | |
| Liants hydrauliques (ciment...) | S | - | - | ? | + | + | + | ? |
| Vitrification | S | + | + | + | + | + | + | + |
| Procédés thermiques | | | | | | | | |
| Incinération | S | + | + | + | + | + | + | + |
| Désorption thermique | S | + | + | + | + | + | + | + |

+ : envisageable ; - : non envisageable ; S : zone non saturée et sédiments ; W : zone saturée et eaux superficielles

| Réhabilitation potentielle | Milieu concerné | Métaux lourds | Non métaux | Amiante | Cyanures | Explosifs |
|---|-----------------|---------------|------------|---------|----------|-----------|
| Confinement | | | | | | |
| Confinement – couverture | S | + | + | + | + | + |
| Confinement hydraulique | W | + | + | + | + | + |
| Confinement vertical | S, W | + | + | + | + | + |
| Excavation et enfouissement | S | + | + | + | + | + |
| Procédés biologiques | | | | | | |
| Atténuation naturelle | W | + | + | - | - | + |
| Biotertre | S | - | - | - | - | + |
| Bioventing | S | - | - | - | - | - |
| Biosparging | S, W | - | - | - | - | - |
| Landfarming | S | - | - | - | - | + |
| Traitement sous forme de boue | S | - | - | - | + | + |
| Andain | S | - | - | - | - | + |
| Procédés chimiques | | | | | | |
| Oxydation chimique | S, W | - | + | - | - | - |
| Déhalogénéation chimique | S | - | - | - | - | - |
| Lavage chimique | S | + | - | - | - | - |
| Extraction par solvants | S | - | - | - | - | + |
| Amendements en surface | S | + | + | - | - | - |
| Procédés physiques | | | | | | |
| Extraction multiphase | S, W | - | - | - | - | - |
| Air sparging | W | - | - | - | - | - |
| Venting | S | - | - | - | - | - |
| Barrière perméable réactive | W | + | + | - | + | + |
| Lavage | S | + | + | - | + | - |
| Procédés de solidification et de stabilisation | | | | | | |
| Liants hydrauliques (ciment...) | S | + | + | + | ? | - |
| Vitrification | S | + | + | + | + | + |
| Procédés thermiques | | | | | | |
| Incinération | S | + | + | + | + | + |
| Désorption thermique | S | + | - | - | + | - |

+ : envisageable ; - : non envisageable ; S : zone non saturée et sédiments ; W : zone saturée et eaux superficielles

Figure 30 : Présélection des techniques de dépollution (source rapport BRGM/RP-57708-FR)

6.2.3 Présélection des techniques de dépollution en fonction du lieu de traitement

Il existe trois grandes familles de traitement de sols pollués.

❖ TRAITEMENT « IN SITU » :

Il s'agit de traiter les sols pollués en place, sans aucuns travaux de terrassement. Ces procédés in-situ permettent de détruire les polluants organiques biodégradables localisés dans la zone insaturée (phase pure, adsorbée, gazeuse et dissoute dans l'eau interstitielle). Les polluants doivent être biodégradables. Au regard de la qualité des milieux, des polluants mis en jeux et des volumes associés, ce type de traitement semble adapté au contexte du site à l'étude au niveau du secteur sud de la parcelle A (espace de végétation spontanée, assimilable à la configuration de l'espace naturel des Calanques).

❖ TRAITEMENT « ON SITE » :

Cette technique, consistant à excaver les sols pollués et à les traiter sur site, est adaptée au contexte du site.

❖ TRAITEMENT « HORS SITE » :

Cette technique consistant à excaver les sols pollués et les orienter en centres de traitement agréés, est adaptée au contexte du site.

6.2.4 Présélection des techniques de dépollution en fonction des contraintes du site

L'applicabilité et la pertinence des techniques de pollution doivent également être considérées en fonction d'un ensemble de contraintes propres au site telles que :

- Les niveaux de concentration et la répartition spatiale des polluants,
- Les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques (profondeur nappe, perméabilité, teneur en matière organique...),
- L'aménagement actuel du site et les contraintes spatiales de chantier,
- Le projet de revalorisation du site (contraintes temporelles),
- Le rendement environnemental et éco-bilan,
- Les risques de nuisances,
- Les contraintes d'acceptation sociétales.

Le tableau 13 page suivante synthétise l'applicabilité et la pertinence des techniques de pollution en fonction des 4 grands procédés employés :

Tableau 13 : Présélection des techniques de dépollution en fonction des contraintes et caractéristiques du site

| Type de procédé | Technique | Applicabilité théorique | Pertinence |
|---|--|---|---|
| 1-méthodes physiques par évacuation de la pollution | Excavation et traitement on site ou hors site <i>La technique consiste à excaver les zones sources et évacuer ces sols vers la filière de traitement adaptée (ou traiter les sols par une unité de traitement sur site)</i> | OUI | +++ (solution très contrainte par le contexte routier dans le quartier de Montredon) |
| 1-méthodes physiques par piégeage de la pollution (in situ) | Confinement par couverture <i>Le but de l'isolation de surface est multiple :</i> - Empêcher ou limiter la percolation des eaux de pluie à travers la zone saturée, puis l'infiltration des eaux souillées vers les eaux souterraines - Supprimer le risque de contact direct et le risque d'envol de poussières - Limiter les flux de gaz vers l'air ambiant | Un recouvrement est déjà prévu sur la majeure partie du site (parcelle C et B et A pour partie) | ++ Adaptée pour le site à l'étude au regard de l'analyse des sources pour les ETM. Non adapté pour la gestion des sources HCT, HAP et cyanures |
| | Confinement vertical <i>Le confinement vertical consiste à mettre en place une barrière entourant la source de pollution</i> <i>Le confinement consiste à :</i> - isoler les contaminants de façon à prévenir d'une manière pérenne leur propagation, - contrôler, c'est-à-dire s'assurer du maintien des mesures mises en place, - suivre et s'assurer de l'efficacité de ces mesures | NON | --- Pas de présence de nappe d'eau en grand avérée au droit du site et seuls prélèvements d'eaux souterraines réalisés exempts de pollution |
| | Confinement on site : « mise en tombeau » sur site ou encapsulation <i>Il consiste à maintenir les eaux souterraines polluées dans un espace prédéfini afin de ne pas générer de pollution en aval ; il ne s'agit ainsi pas d'un traitement en tant que tel. Ce confinement peut être réalisé de manière active (par pompage) ou de manière passive (via des tranchées drainantes)</i> | OUI Adapté à la pollution diffuse marquée en ETM | +++ Le bilan déblais remblais de l'opération permet d'envisager au regard des possibilités de réemploi et des contrainte le confinement de certain lot de matériaux non inertes, voir impactés en ETM |
| | Solidification/stabilisation <i>La solidification/stabilisation in situ consiste à étancher un sol perméable par remplissage des vides au moyen de produits liquides (coulis à base de liants hydraulique) qui se solidifient dans le temps,</i> <i>Les produits d'injection sont mis en place dans le sol par l'intermédiaire de forages avec contrôles informatiques de l'injection,</i> <i>La technique particulière de de soil mixing consiste à mélanger mécaniquement par l'intermédiaire de tarières ou d'outils spéciaux le sol et un liant au moyen de procédé permettant simultanément une désagrégation du sol sans extraction, une injection d'un liant à basse pression et un mélange (malaxage) avec le terrai</i> | OUI Adapté à la pollution diffuse marquée en ETM | +++ Selon la qualité chimique des matériaux, une solidification stabilisation permettra le maintien sur site de certain lot de matériaux en nature de résidus de fonderie ou particulièrement marqués chimiquement |
| 2-méthodes chimiques (in situ) | - Lavage in-situ <i>Ce procédé consiste à lessiver les sols (zones saturées et non saturé) par injection d'eau (et agents mobilisateurs en solution) en amont ou au droit de la source de pollution. Par la suite les eaux polluées sont pompées, traitées en surface puis rejetées dans les réseaux d'eaux usées/pluviales, les eaux superficielles ou dans certains cas réinjectés en nappe</i> | NON Peu de retour d'expérience sur ces techniques | - |
| | - Oxydation ou réduction chimique in situ L'oxydation est une réaction électrochimique, dans laquelle un composé perd un ou plusieurs électrons. Le type d'oxydant choisi dépend des caractéristiques environnementales (géologie, hydrogéologie, géochimie) ainsi que des caractéristiques de la source de pollution et/ou du panache (type de polluants, distribution). Les oxydants sont principalement utilisés sous forme liquide (permanganate, persulfate de sodium, peroxyde d'hydrogène ...) ; seul l'ozone est utilisé sous forme gazeuse. Les modalités d'injection influencent fortement les résultats de la dépollution ; le résultat sera d'autant meilleur que le contact entre le polluant et l'oxydant est étroit | | |
| 3-méthodes thermiques (in situ) | - Désorption thermique in situ <i>La désorption thermique in situ, issue de l'amélioration du procédé de venting, consiste à appliquer de la chaleur pour extraire du sol par volatilisation les polluants volatils et semi-volatils</i> | NON | NON Techniques peu éprouvées en France avec des problèmes d'hétérogénéité des traitements qui peuvent compliquer leur mise en œuvre – efficacité non garantie dans des délais raisonnables Contraintes d'application en milieu urbain dense Cout généralement prohibitif Efficacité trop incertaine du fait de la présence de fractions lourdes |
| | - Vitrification in situ <i>Ce procédé consiste à solidifier/stabiliser les sols par élévation de la température afin de le transformer en un matériau fondu qui se vitrifie en refroidissant</i> | NON | |
| 4-méthodes biologiques (on site) | - Phytotraitement – Landfarming Planté (utilisation des plantes pour traiter les sols impactés en hydrocarbures) - Bioterre <i>Processus consistant à mettre des sols en tas en vue d'un traitement biologique (sols pollués font l'objet d'un amendement et les conditions dans le bio tertre sont contrôlées (aération, ajouts de nutriments, ...))</i> | NON NON | Solution de Landfarming planté au niveau des sources résiduelles, n'apparaît pas pertinente au regard des volumes concernés ; la technique est par ailleurs peu éprouvée pour les HAP. Le biotertes est en revanche non retenu car peu adapté à la cubature de sols impactés |
| | - Phytostabilisation (utilisation des plantes pour traiter les sols de subsurface par dégradation, transformation, volatilisation ou stabilisation) - Atténuation Naturelle contrôlée <i>Processus se produisant naturellement dans les sols et les eaux souterraines, sans intervention humaine, visant à réduire la masse, la toxicité, la mobilité, le volume ou la concentration des contaminants dans ces milieux. Les processus pris en considération sont : la dispersion, la dilution, la volatilisation, l'adsorption, les mécanismes de stabilisation ou de destruction des polluants, qu'ils soient physiques, chimiques ou biologiques</i> | OUI OUI | |

pertinence : + faible, ++ moyenne, +++ forte

Ainsi au regard des caractéristiques du site et de la pollution, les types de mesures de gestion envisageables pour le traitement des pollutions concentrées sont l'excavation et le traitement des terres hors site ou sur site en association, des traitement in situ.

6.3 Mesures de Gestion des futurs déblais et bilan cout-avantage

On rappelle qu'à ce jour, le projet d'aménagement est en phase d'Avant-Projet. L'objectif principal de cette analyse est de donner des premières orientations, sur la base des investigations réalisées et des plans de projet établies à ce jour. Celles-ci seront amenées à être complétées en fonction de l'évolution du projet.

Ce paragraphe présente donc les mesures de gestion des futurs déblais, basée sur :

- le projet d'aménagement générique reporté en annexe A5 .
- la note de calcul des ventilations en déblais – remblais par secteurs d'aménagement

Toute évolution du projet nécessitera l'actualisation des volumes de déblais à gérer ainsi que les couts associés.

Les analyses réalisées et spécifiques à la gestion des déblais ont révélé une incompatibilité avec une mise en décharge d'inertes classiques (si l'on se réfère aux seuils limites fixés par l'arrêté du 12/12/14), pour une partie des matériaux qui pourront être éliminés en ISDI aménagée, ISDND, cimenterie, ISDD voir ISDD avec stabilisation.

Notons que proportionnellement à la surface du projet et aux volumes de déblais générés à ce stade, peu d'analyse de l'ensemble des paramètres de l'arrêté du 12/12/2014 sont disponibles. Un maillage plus fin pourra être réalisé dans le cadre d'études complémentaires préliminaires qui permettront de confirmer les hypothèses de ventilation retenue dans le cadre du Plan de Gestion.

6.3.1 Estimation des volumes générés par le projet

6.3.1.1 Documents ayant servi à l'estimation des volumes de déblais/remblais

Les estimations des volumes ont été établies sur la base des documents fournis par l'équipe projet, reportées en annexe A5 du présent rapport.

6.3.1.2 Méthodologie appliquée pour l'estimation des volumes de déblais/remblais

L'estimation des volumes de déblais / remblais a été réalisée par le cabinet PI Conseil au moyen du logiciel de modélisation et estimation des cubatures « COVADIS . Sur la base de la sectorisation élémentaire retenue par PI Conseil, pour laquelle nous disposons de cubatures projet en déblais-remblais, nous avons procédé à un recollement des sondages et des zones principales de déblais par secteur (sur la base des plans topographiques actuel et projet).

Compte tenu de l'hétérogénéité des sondages et des informations sur la qualité chimique, un rapprochement et des hypothèses de pourcentage de contribution de signature chimique, par rapport au volume total de déblais, ont été faites.

6.3.1.3 Limites des estimations des volumes de déblais / remblais

L'évaluation des surfaces de terres impactées a été effectuée sur la base d'un rapprochement avec des figures géométriques simples. Cette estimation ne tient pas compte, notamment, de la dispersion anisotropique de la pollution dans les sols et du caractère discontinu de la technique de prélèvement. En effet, il ne peut être préjugé du comportement de la contamination entre deux sondages distants, même de quelques mètres, l'un de l'autre.

Les profondeurs atteintes par les sondages et les analyses non systématiques n'offrait pas les données suffisantes pour caractériser finement les déblais générés sur toute l'emprise du projet. Ces surfaces sont donc extrapolées sur la base de l'orientation des zones attenantes. De ce fait, les volumes estimés ici et leur orientation pourront varier dans une large mesure lors de la phase travaux.

De plus, les orientations probables qui ont été présentées dans notre étude seront soumises à l'acceptation *in fine* des exploitants de filière(s).

L'évaluation quantitative des volumes de terres impactées a été effectuée sur la base du maillage des sondages réalisés sur site et de la profondeur de prélèvement des échantillons analysés.

Sont considérés comme non inertes les déblais dont au moins une analyse sur les sols n'est pas conforme aux seuils définis par l'arrêté du 12/12/2014 (avec pondération possible).

Les volumes s'entendent matériaux en place et ne tiennent pas compte du phénomène de foisonnement des terres lors de leurs excavations. Rappelons enfin qu'il s'agit d'une estimation réalisée à partir de surfaces déduites sur plan.

Remarque : *au droit de certains sondages, des indices organoleptiques de terrain (terres noires) ont été mis en évidence (cf. paragraphes 4 à 13, sous paragraphes « principales observations de terrain »). Les centres d'acceptation seront susceptibles de demander des analyses complémentaires au droit de ces mailles et un déclassement de certaines mailles pourra être envisagé.*

6.3.2 Présentation de la synthèse des cubatures et des orientations

Les volumes de déblais et remblais obtenus selon la méthodologie détaillée au paragraphe précédent sont présentés dans les tableaux reportés en annexe A6. Nous noterons que ces tableaux précisent pour chaque secteur les sondages retenus et la connaissance de la qualité chimique associée permettant de justifier des hypothèses de répartition en filières retenues.

En première approche, la synthèse des ventilations de déblais/remblais estimée est de :

| Parcelle | Volume total de déblais | Volume orientable en ISDI | Volume orientable en ISDI+ | Volume orientable en ISDND | Volume orientable en Biocentre | Volume orientable en ISDD | Volume orientable en ISDD + stabilisation | Volume total de Remblais du Projet |
|--------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------|---|------------------------------------|
| HYPOTHESE 1 | | | | | | | | |
| B Total déchets | 41600 | 1228,5 | 1228,5 | 5265 | | 17901 | 15977 | - |
| B Projet | 14700 | 2860 | 670 | 4240 | | 3380 | 3550 | 5800 |
| A et C | 24700 | 1030 | 10580 | 12080 | 70 | 1050 | - | 21600 |
| HYPOTHESE 2 | | | | | | | | |
| B Total déchets | 41600 | 0 | 1228,5 | 6493,5 | | 14952,6 | 18925,4 | - |
| B Projet | 14700 | 2500 | 600 | 4200 | | 3600 | 3800 | 5800 |
| A et C | 24700 | 780 | 6300 | 9570 | 70 | 7980 | | 21600 |

Le détail de l'estimation des orientations et des pourcentages de contribution est présenté dans le tableau de détail reporté en annexe A6.

L'hypothèse 2 présentée tient compte d'une ventilation des pourcentages de signature chimique par secteur moins favorable que la première estimation.

6.3.3 Présentation des techniques de dépollution applicables à la gestion des futurs déblais et bilan cout-avantage

6.3.3.1 Types de traitement retenu

Compte tenu de la nature de la contamination mise en exergue dans les sols du site et des volumes de matériaux à gérer dans le cadre de l'aménagement, les différents modes de gestion ou d'élimination envisageables en fonction de la nature des polluants et tenant compte des contraintes du site, sont les suivants :

- Optimisation des volumes de matériaux impactés par tri granulométrique sur site

L'optimisation par criblage concassage des déblais consiste en la réduction du volume de matériaux pollués, la pollution étant réputée sur les fractions fines de sols.

En revanche, cette technique ne peut être retenue dans le contexte du site sans prise en compte de l'utilisation d'un espace de confinement avec traitement des poussières (de type tente ou confinement dans un des bâtiments existant). En effet, dans le contexte urbain dense et au regard des chroniques de vents sur le secteur des risques d'impact en phase de terrassement et de mouvements de matériaux doivent être intégrés au dimensionnement des travaux de dépollution. Ce prétraitement sur site permettra en outre d'envisager l'utilisation de filière comme la cimenterie ou encore de retenir des solutions de stabilisation/solidification on site.

- Traitement hors site

Le traitement de sols est privilégié par rapport à l'envoi des matériaux en installation de stockage de déchets car il permet le traitement des matériaux, plutôt que leur simple stockage. Au regard des filières présentes localement, on retiendra selon les types de matériaux les filières ISDI+, ISDND, ISDD, ISDD + Stabilisation, ainsi que la filière cimenterie qui permet de recycler les déblais hors site.

Les AP des filières retenues au stade du Plan de Gestion et qui devront faire l'objet d'une validation in fine sont reportés en annexe A7 ; cette annexe comprend également la fiche de détail des critères imposés pour l'orientation de matériaux dans la cimenterie la plus proche géographiquement.

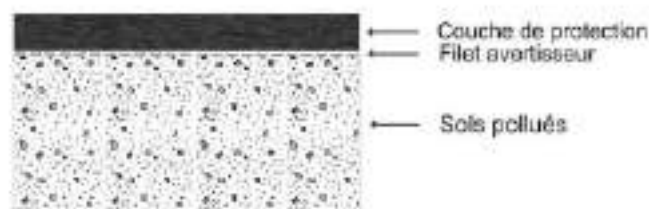
- Traitement on site

Au regard des contraintes existantes dans le secteur urbain dense et des couts de gestion des matériaux hors site, on retiendra un scénario de gestion intégrant plusieurs types de techniques adaptées selon la signature chimique retrouvées sur site et la nature des matériaux :

- Confinement par recouvrement :

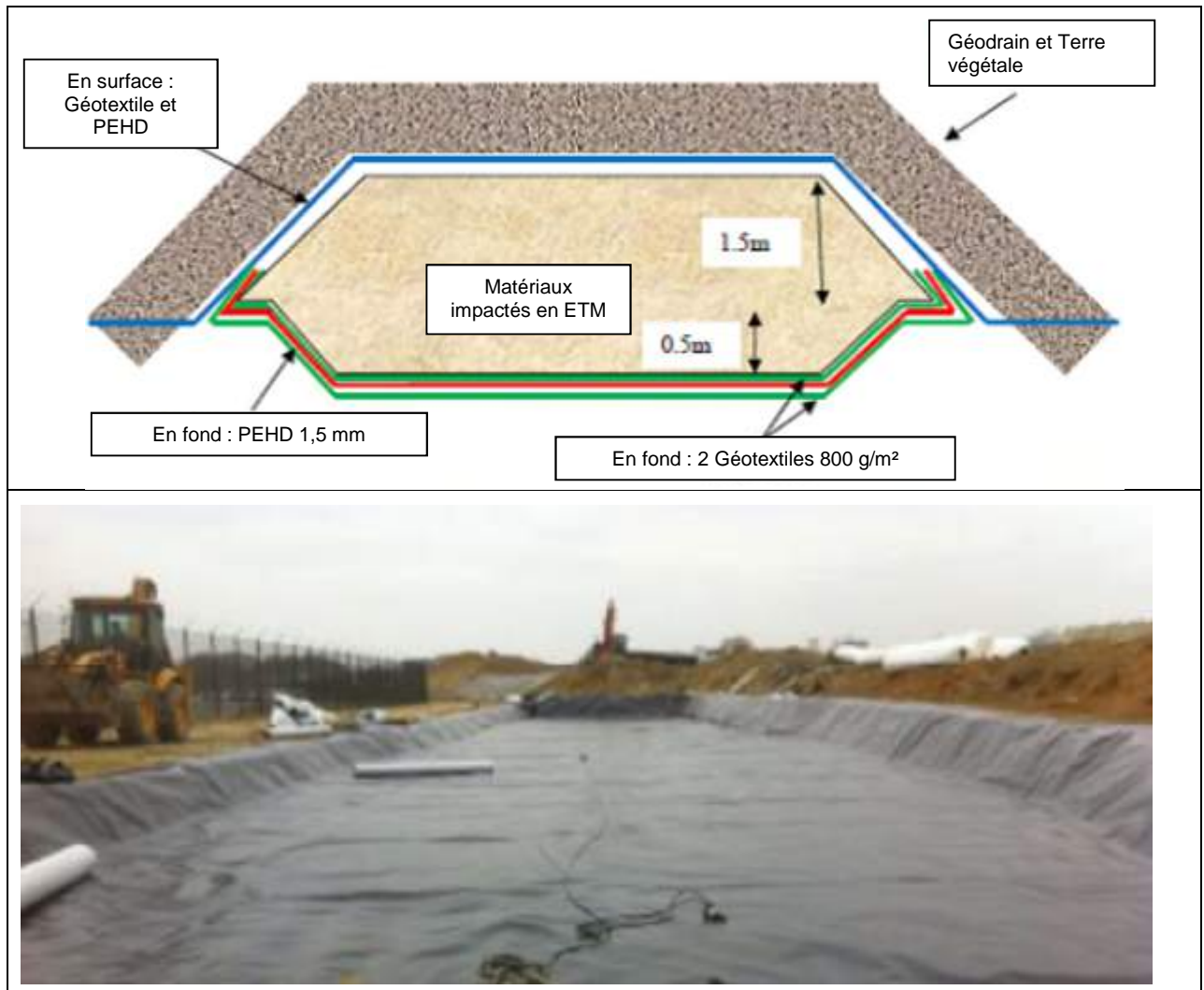
Cette technique pourra consister, sur les secteurs non concernés par des recouvrements projetés, de type dalle béton ou enrobé et en l'absence d'impact aux eaux souterraines au droit du site, en une couverture pour prévenir le contact direct l'ingestion et le réenvol de poussières (cf. schéma ci-dessous).

Couverture pour prévenir le contact direct l'ingestion et le réenvol de poussières

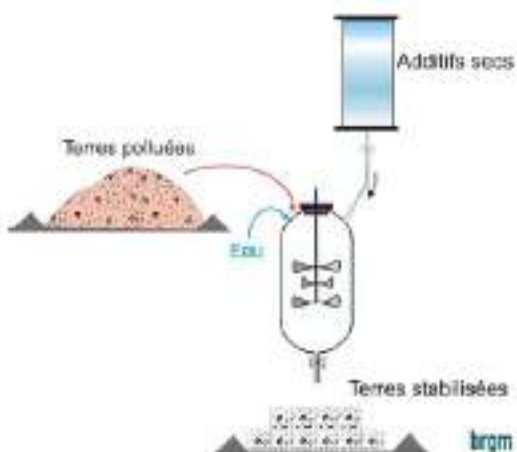


- Confinement sur site (encapsulation)

Cette technique consiste en enfermer physiquement sur site les sols par un dispositif de parois, couverture et fonds très peu perméables. Les matériaux ciblés ne comprennent pas d'anomalies en polluants volatils afin d'éviter la nécessité de gestion des volatils par la mise en place d'événements au sein des confinements.



o Solidification/stabilisation



Cette technique a pour but de piéger les polluants afin de réduire leur mobilité. Les polluants sont soit, liés physiquement, soit inclus dans une matrice stabilisée, soit liés chimiquement. Dans le cas présent de cocktail de polluants des formulations couplant plusieurs liaisons devront être envisagées.

Ce processus vise à réduire la masse, la toxicité, la mobilité, le volume ou la concentration des contaminants dans les milieux. Les processus pris en considération sont la dispersion.

Notons que la nature et la qualité chimique de certains futurs déblais nécessitera potentiellement, pour un maintien sur site et un réemploi, la mise en œuvre d'opérations de stabilisation/solidification. Ce type de traitement des futurs déblais permettra la création de volumes finis indurés. Ces volumes indurés pourraient être adaptés, selon les formulations, à une mise en œuvre dans la cheminée

rampante, ce qui permettrait, non seulement, la stabilisation d'un volume de déblais d'environ 1500 m³, mais également la mise en sécurité de la cheminée rampante (vis-à-vis des encroutements existants en parois intérieures de la cheminée, mais également vis-à-vis de l'intégrité même de l'ouvrage patrimonial à long terme). La mise en sécurité des carreaux bas par cette méthode de stabilisation/solidification est également envisagée à ce stade.

Notons que, compte tenu de la présence dans les futurs déblais d'arsenic et/ou de plomb et/ou de mercure et/ou de cyanures, des tests pilote en laboratoire devront être réalisés afin de valider, pour chaque type de matériaux et signature chimique, la faisabilité et la formulation adaptée, ainsi que la consistance optimale du coulis avec liant, pour permettre spécifiquement une mise en œuvre homogène et conforme au sein de la cheminée rampante.

Remarque : La traitabilité des futurs déblais, le test pilote de formulation et la faisabilité de la mise en œuvre devra faire l'objet d'études dédiées dans le cadre du PCT.

A ce stade, la méthodologie envisagée tient compte d'une mise en œuvre des matériaux par écoulement gravitaire (depuis des accès à créer régulièrement au sommet de la cheminée) avec un système de banche en bas de chacun des deux tronçons de cheminée, pour créer une butée pour la première phase d'injection et de remplissage.

Des matériaux stabilisés pourront également être réemployés sur site au niveau des carreaux bas, dont le sommet pourrait être terrassé dans le cadre du projet d'aménagement du bâtiment C1. De la même manière que pour la cheminée verticale, l'injection de matériaux stabilisés et solidifiés permettra un confinement des encroutements qui seront laissés en place.

- Traitement in situ

- o Phytostabilisation / Atténuation naturelle contrôlée

Cette technique de traitement a été retenue spécifiquement pour la gestion à moyen et long terme des pollutions dans les sols de surface au niveau du Massif des Calanques, en cohérence avec les mesures de gestion actuellement en cours sur l'emprise du Parc des Calanques, en ce qui concerne les impacts en ETM dans les sols de surface, en lien avec les activités historiques de l'Escalette.



La technique de phytostabilisation consiste à réduire la mobilité des polluants essentiellement métalliques (par adsorption, précipitation et maintien physique (confinement)) et par là-même à prévenir leur migration (biodisponibilité, lessivage, réenvols, ...). Rappelons que les sols phytostabilisés ne seront pas dépollués.

Elle a été sélectionnée parmi les techniques de phytoremédiation, en raison des tests de phytostabilisation actuellement en cours dans le parc des Calanques par l'IMBE et des échanges que l'équipe projet a pu avoir avec l'équipe de scientifiques travaillant sur le sujet depuis de nombreuses années (Projet Marseco entre autres).

Des techniques de phytostabilisation des métaux pourront être mises en œuvre dans le secteur Sud de la parcelle A, mais également sur le linéaire de la cheminée rampante ainsi qu'en pied de cheminée verticale haute (hors site).

L'équipe projet prévoit pour le dimensionnement de la technique, sa mise en œuvre et son **contrôle, de missionner le laboratoire de recherche de l'IMBE pour garantir la cohérence des mesures de gestion dans le Parc des Calanques et en limite sur l'emprise de la parcelle A, avec les actions en cours**

6.3.3.2 Intégration des contraintes du site pour dimensionnement des scénarios de gestion étudiés

Sur l'ensemble du site (Parcelles A, B et C), les contraintes à intégrer et mesures de gestion spécifiques à prévoir sont les suivantes :

- **RISQUES « POUSSIÈRE » LIÉS AUX TERRASSEMENTS, AUX OPÉRATIONS DE CRIBLAGE ET AU STOCKAGE DES TERRES CRIBLEES**

La gestion des poussières et la mise en sécurité de la population vis-à-vis du risque d'exposition par envol des poussières pendant les phases de travaux a été intégrée au dimensionnement des scénarios. En effet, les travaux sont susceptibles de générer des poussières au regard du régime des vents, avec des épisodes de vitesse particulièrement en ce qui concerne le Mistral.

Nous proposons après analyse des mesures de gestion pouvant être mises en œuvre de retenir la méthodologie de bon sens envisagée dans le cadre du Plan de Gestion de 2011 sur le site, qui consiste en un phasage des travaux sur les différentes parcelles en fonction des régimes de vents : lorsque le vent soufflera à une vitesse supérieure à 70 km/h (cf. Etude Valgo), les travaux de terrassement ne pourront pas être réalisés sur les zones impactées par des métaux de manière à prévenir l'envol de matériaux vers les habitations voisines, particulièrement au niveau de la parcelle B.

En effet, les relevés ayant servis à établir cette prescription, proviennent de la station de contrôle située à Marseille et ne sont donc pas spécifiques à cette zone (notons que Marseille est concernée par 100 jours de vent présentant une vitesse supérieure à 57 km/h, par an). Or le terrain se trouve au pied d'un versant du massif de Marseilleveyre qui présente une pente abrupte avec un sommet culminant à cet endroit à 320 m. Cette topographie provoque des brises thermiques orientées sud/sud est durant la journée (le vent monte le long du sommet), dont l'orientation s'inverse lorsque la température décroît en fin de journée (orientation Nord/nord-ouest). Pendant l'hiver, le Mistral rencontre une zone d'accélération à travers le massif des monts de Marseilleveyre, et un couloir favorable en fin de parcours dans l'axe du port de la Madrague.

Le régime des vents sur la zone de la Madrague nécessite l'apport de moyens compensatoires sur le site :

- Le **phasage par zones successives du chantier**, zones qui, une fois rendues compatibles, seront recouvertes d'une couverture de surface pour les constructions (concassé, bâtiments, parkings, voies d'accès...), prévient la création d'une zone décapée de 5 hectares en « un seul tenant », ce qui serait le cas si la dépollution était menée en une seule phase. Le chantier devra donc se dérouler par phases successives, et en tout état de cause les travaux devront se déployer selon la logique ci-après précisée, selon que le calcaire est affleurant ou que le terrassement nécessite des extractions en profondeur.
 - si le terrassement est réalisé sur une zone à calcaire affleurant, les matériaux seront extraits jusqu'au calcaire, au fur et à mesure de l'avancée des excavations.
 - si le terrassement est réalisé sur une zone présentant une épaisseur importante de terres impactées, l'excavation se fera verticalement, puis s'étendra horizontalement à partir du moment où la hauteur complète des matériaux aura été retirée sur un périmètre donné (au maximum 100 m²). En aucun cas, il ne sera procédé à des retraits de terre par couches successives, de la surface jusqu'aux matériaux sains en profondeur, et ce de manière à ne pas créer d'importantes surfaces à l'air libre, susceptibles de devenir des sources conséquentes d'émission de poussières

Sur l'emprise du crassier les **cadences de terrassement** retenues n'excèdent donc pas les 250 m³/jour afin d'intégrer les impossibilités de terrassement en période de vent supérieur à 70 km/h (soit terrassement 1 jour/3).

- Utilisation d'une brumisation avec adjonction d'agents tensio-actifs dédiés permettant la « fixation » sur les zones terrassées du crassier des poussières, au préalable des périodes d'arrêt de terrassement (épisodes de vents et fins de semaine non travaillées)
- Opérations de terrassements, criblage et réemploi en flux tendu selon le phasage afin de limiter au maximum le stockage de matériaux sur site, particulièrement les fractions fines réputées polluées et présentant une forte propension à l'envol
- Afin de s'affranchir du risque lié aux opérations de criblage sur site, une mesure de gestion consistant en la **mise en place d'une tente de confinement** est retenue à ce stade de l'étude. Une solution alternative confinement dans le bâtiment 1 existant pourra également être étudiée
- La **brumisation** devra être réalisée avec un minimum d'eau de sorte à ne pas générer d'écoulements importants autour des zones de terrassement.
- Le **convoyage des matériaux issus des terrassements sur le crassier**, par le biais du tunnel existant sous la voirie entre la parcelle B et la parcelle C au moyen d'un système de convoi dédié

- qui débouchera directement dans la tente de confinement sur site pour criblage (ou dans le bâtiment 1 si cette solution dans le bâtiment s'avère faisable).
- Les opérations de **nettoyage systématique des roues des engins** permettront de limiter la dispersion des poussières et de la boue éventuelle. Par ailleurs, le **balayage régulier** de la voirie limitera le risque d'empoussièrement du domaine public ainsi que de présence de boue hors site en période de pluie.
- Nécessité d'instaurer pendant toute la durée des travaux une surveillance environnementale de la qualité de l'air ambiant au moyen non seulement de prélèvements de poussières (jauges OWEN et plaquettes de dépôts), mais également de PM_{2,5} qui sont susceptibles d'être générées lors des opérations de terrassement.

Au regard de la sensibilité du contexte urbain dense et des enjeux sanitaires le Maître d'Ouvrage prévoit de s'adjoindre les services de ATMOSUD pour le dimensionnement de la surveillance (méthodologie, positionnement, périodicité, points d'arrêt, actions correctives, ...) au stade Projet ainsi que pour la réalisation de la surveillance en phase travaux.

- **RISQUES « RUISSELLEMENT » EN CAS D'ÉPISODE PLUVIEUX**

- Le terrassement des matériaux et leur gestion sur site et hors site, peut être à l'origine d'un risque d'entraînement de poussières et de terres polluées, par ruissellement de surface, en cas de pluie. Ce risque sera accru par la modification des caractéristiques d'absorption de l'eau du site, les terres limono-sableuses ayant été retirées, pour laisser apparaître le substratum crayeux. Dans ces conditions, les eaux susceptibles d'atteindre le milieu naturel après ruissellement, seraient chargées de matières en suspension contenant des métaux et des métalloïdes (colloïdes).

Compte tenu des connexions de certains réseaux avec le milieu naturel et d'un possible débordement en surverse vers la mer en cas d'orage intense, des mesures de gestion dédiées doivent être étudiées. La solution retenue dans le cadre du Plan de Gestion 2011 apparaît pertinente mais doit être dimensionner finement et adaptée au projet actuel. En revanche le principe de récupération des eaux par un système de cunette étanche en pied de crassier avec regard et pompe de relevage au travers du système de convoie (utilisation du tunnel) apparaît pertinent. L'objectif est de recycler les eaux stockées dans les formulations de stabilisation et de traiter les surplus par décantation ou traitement sur site et contrôle avant rejet. La solution d'utilisation des bassins existant sur le site doit être étudiée finement dans le cadre de la mission de dimensionnement de MOE au stade de l'AVP et du PRO.

Au stade du Plan de Gestion une gestion des eaux par un système de récupération relevage, traitement par décantation en bassin et rejet a été retenue. Une partie des eaux pourra être injectée dans le process de stabilisation solidification. La nécessité d'une solution de plus grande ampleur n'a pas été étudiée dans le détail à ce stade et donc non chiffrée.

6.3.4 Scénario de gestion retenus

Au regard des éléments développés, les 2 scénarios de gestion suivants ont été retenus et étudiés :

- Scénario 1 : excavation (intégrant les mesures de gestion détaillées dans le paragraphe précédent), tri granulométrique sous confinement et orientation en filière de traitement adaptée des matériaux criblés,
- Scénario 2 : excavation (intégrant les mesures de gestion détaillées dans le paragraphe précédent), tri granulométrique sous confinement et gestion on site selon le descriptif des traitements et confinement retenus en paragraphe 6.3.3.1.

De plus, une étude spécifique du cas particulier du crassier de la parcelle B a été réalisée selon une hypothèse alternative de gestion de 100% des déchets constitutifs du crassier sur la parcelle B a également été étudié par soucis de complétude.

6.3.5 Pollutions résiduelles et risques sanitaires ou environnementaux

Les mesures de gestion retenues dans le cadre des scénarios étudiés intègrent le maintien sur site d'une pollution. Cette pollution ne doit pas impacter les milieux ni générer un risque sanitaire.

Sur le site, les risques d'exposition par contact direct seront supprimés par recouvrement ou encapsulation et maintien du couvert végétal (pour limiter les envols de poussières) dans le secteur Sud de la parcelle A (voué à un usage de

promenade), associé à des opérations de phytostabilisation, en cohérence avec les actions en cours dans le Parc des Calanques (voir clôture et sanctuarisation du secteur Sud, pendant la phase de pilote et d'évaluation de la performance de la technique de phytostabilisation).

Concernant les sources liées aux infrastructures industrielles enterrées sur les parcelles C et A, l'analyse des mesures idoines pour leur gestion nécessite des investigations complémentaires dédiées, mais nous notons que ces sources ne génèrent pas de risques par inhalation (pas de détection de cyanures, ni de mercure volatil), ni par contact direct pour les futurs usagers (caractère enterré des structures). Par ailleurs l'impact à l'environnement lié au maintien éventuel de ces sources sur site sera vérifié dans le cadre des études complémentaires ; à ce stade, sur la base des données existantes, le caractère lixiviable des ETM est faible et la gestion des eaux de ruissellement sur les parties aménagées permettra de limiter les infiltrations d'eaux dans les sols.

Les conclusions de l'EQRS permettent de statuer sur la compatibilité de l'état des gaz des sols avec les usages projetés au droit de chaque futur bâtiment.

Par ailleurs, au niveau de la parcelle B, le projet d'aménagement intégrera la mise en place d'un système de confinement des déchets laissés en place (selon le projet de maintien des 2/3 du volume de déchets) qui seront recouverts et encapsulés. Par ailleurs, un système dédié permettra la gestion des eaux de ruissellement qui seront prises en charge et ne pourront être en contact avec les remblais résiduels laissés en place (et potentiellement impacter les milieux (plage et milieu marin)).

Enfin le risque d'exposition par envol de poussières depuis les parcelles B et C, ainsi que le secteur Nord de la parcelle A, sera supprimé par le recouvrement de l'intégralité des parcelles (par dalle béton au droit des futurs bâtiments, enrobé au niveau des voies de circulation et parking aérien, 30 cm de terre végétale au droit des futurs espaces verts à usage d'ornementation et espaces non revêtus).

Concernant le secteur Sud de la parcelle A, le risque d'envol de poussières sera limité par le maintien du couvert végétal et le traitement de phytostabilisation. La pertinence de réaliser des prélèvements et analyses de poussières en provenance de ce secteur pourra être discutée à l'issue des travaux d'aménagement.

6.3.6 Sélection des dispositions constructives et identification des restrictions d'usage

6.3.6.1 Sélection des dispositions constructives

Rappelons que la méthodologie française vise en premier lieu à favoriser le traitement des sources.

Toutefois, au regard des analyses technico-économiques présentées dans le présent Plan de Gestion, le traitement de toute la pollution n'apparaît pas recevable dans les conditions techniques et économiques actuellement développées sur le site. C'est dans ce cadre que des dispositions constructives et des restrictions d'usage sont intégrées au scénario de gestion, afin d'agir sur les transferts et les voies d'exposition.

La principale mesure de gestion constructive retenue consiste au recouvrement de l'intégralité de la surface des parcelles B et C à l'étude, ainsi que la parcelle A sur son emprise Nord⁹. Cette mesure, étant intégrée au projet d'aménagement, elle ne fera pas l'objet d'une analyse selon un BCA spécifique. Par ailleurs, au niveau de la parcelle B, les aménagements devront permettre de garantir le confinement des déchets qui seront laissés en place et supprimer toute voie de transfert au sable de la plage et milieu marin et le projet d'aménagement permettra de mettre en sécurité mécanique le crassier et les constructions avoisinantes. Un système de confinement dédié devra être étudié dans le cadre de l'étude de conception.

Aucune autre mesure constructive n'est prévue au regard de la qualité des gaz des sols connue et des conclusions de l'ARR. Ce point sera confirmé par la seconde campagne de prélèvement des gaz des sols au droit du site.

⁹ Cette emprise intègre le Secteur de la Maison de maître, du bassin et des espaces verts attenants, ainsi que le Secteur au Nord du chemin, sur lequel est prévu l'aménagement de l'ensemble de bâtiments C et qui est également le siège d'une partie du stock de remblais (issus des opérations historiques de terrassements et de démolition). Le Secteur Sud du chemin jusqu'au canal de Marseille (correspondant à un espace de végétation spontanée, assimilable à la configuration de l'espace naturel des Calanques) n'est pas intégré (proposition d'une mesure de gestion cohérente avec les futurs usages de promenade et actions en cours sur l'espace naturel du Massif (opérations de phytostabilisation))

6.3.6.2 Identification des restrictions d'usage adaptées aux enjeux

Rappelons que les restrictions d'usage servent à « informer sur les risques résiduels, encadrer les usages (notamment la réalisation de travaux ultérieurs comme par exemple l'intervention sur des canalisations), et pérenniser la conservation des informations sur l'état environnemental du site ».

Conformément aux préconisations du guide de la DGPR, la restriction d'usage retenue est la SUP car elle doit être favorisée et rien ne s'oppose à sa mise en œuvre (critère délai, nombre de propriétaire, acceptation du projet par le(s) propriétaire(s) et l'existence ou non d'un exploitant défaillant).

Un dossier de SUP sera mis en œuvre dans le cadre des deux scénarios de gestion étudiés. Les restrictions porteront sur les usages et activités possibles et préciseront que tout autre usage selon les secteurs sera soumis à études complémentaires préalables. Les objets sur lesquels elles porteront consisteront notamment en :

- **L'interdiction de réaliser toute activité qui pourrait endommager un confinement mis en œuvre sur site,**
- **Le maintien de la pérennité du complexe de couverture,**
- **L'interdiction de mettre en place des jardins potagers sur site en pleine terre (seuls des cultures en bac déconnectés des sols du site pourront être mises en œuvre,**
- **L'installation des canalisations d'eau potable en dehors des zones impactées ; le cas échéant, elles devront être métalliques et mises en place dans une tranchée de matériaux d'apport chimiquement inertes,**

6.3.6.3 Impact juridique des dispositions constructives /restrictions d'usage

Dans le cadre des deux scénarios de gestion, le propriétaire de la SFPTM et des parcelles A, B et C conserve la responsabilité inerrante à celle d'un ancien exploitant. En tant que propriétaire, aucune rémunération liée à la dépréciation des terrains qui pourraient résulter de la mise en place de restrictions d'usage par des servitudes d'utilités publiques ou de droit privé n'est à prévoir.

On se reportera au paragraphe 6.5 pour disposer d'un aide-mémoire pour l'identification des principaux enjeux juridiques (non exhaustif) issu du guide méthodologique ADEME pour l'élaboration du BCA en date de mars 2017.

6.3.7 Critères de comparaison retenus

5 familles de critères sont considérées :

- Critères techniques et normatifs
- Critères économiques
- Critères environnementaux
- Critères socio-politiques
- Critères juridiques et réglementaires

Les sous critères sont listés dans le Tableau 14 qui détaille également l'appréciation qualitative des avantages et inconvénients des scénarios retenus en fonction de ces critères.

Une note est attribuée pour chaque scénario étudié et pour chacun des sous-critères entre 1 et 5.

De plus une pondération a été définie pour chacun des sous-critères en collaboration avec le MOA en fonction des enjeux du projet entre 1 (faible enjeu) et 5 (fort enjeu).

Ainsi la note globale retenue peut varier entre 66 (somme des pondérations) et 330 (note maximale).

6.3.8 Hypothèses d'estimation des coûts

Les hypothèses d'estimation des coûts sont détaillées dans le tableau de synthèse des coûts par scénario tenant compte des 2 hypothèses de ventilation présentées en paragraphe 6.3.2..

Les hypothèses d'entrées suivantes ont été retenues pour l'estimation des coûts de gestion :

- Densité = 1,8
- Criblage/concassage sous tente (matériaux des parcelles A et C) : 89 €/m³
- Convoyage/criblage/concassage sous tente (matériaux de la parcelle B) : 114€/m³
- Stabilisation y compris toupie + bras : 170 €/m³
- Confinement étanche : 47 €/m³
- Remise en place sous voirie / remblaiement brut y compris reprise sur stock : 20 €/m³
- Transport et traitement en ISDI+ : 69.3 €/m³
- Transport et traitement en ISDND : 178.20 €/m³
- Transport et traitement en Biocentre : 128.70 €/m³
- Transport et traitement en ISDD : 257.40 €/m³
- Transport et traitement en ISDD+Stabilisation : 507.60 €/m³

Ces coûts ont été établis sur la base de consultation d'entreprises de dépollution (coût moyen retenu) et, dans le cas du traitement in situ, sur la base des coûts fournis par le guide établi par le BRGM « quelles techniques pour quels traitements – analyse coûts – bénéfiques » référencé BRGM/RP-58609-FR de juin 2010.

6.3.8.1 Scénario 1

Le montant globale de gestion de 11 000 à 12 000 k€H.T. respectivement pour les hypothèses 1 et 2 sur le scénario 1, ci-dessus n'intègre pas à ce stade :

- Les coûts de terrassement et particulièrement au niveau de la parcelle B, qui peuvent être estimés en première approche à 1 000 k€H.T.
- Les coûts de pulvérisation avec agent tensio-actif dédié, qui peuvent être estimé sur la base de 40 000 m³ de matériaux à terrasser à environ 200 k€H.T.
- Les coûts de système de collecte et de gestion des eaux selon un scénario simplifié ne tenant pas compte d'un bassin de décantation de grande ampleur, estimé à 100 k€H.T.
- Les coûts d'apport de matériaux rendu nécessaire au regard des besoins en déblais pour la réalisation du projet d'aménagement (le scénario 1 ne retenant pas de réemploi de matériaux sur site mais l'exportation des déblais)
- Les études complémentaires et MOE conception et travaux
- Le dossier d'instauration des servitudes

Le montant global de gestion intégrant ces postes et un pourcentage d'incertitude de 10% est de :

- 12 000 à 13 300 k€H.T. pour l'Hypothèse 1 su Scénario 1
- 13 000 à 14 400 k€H.T. pour l'Hypothèse 2 du Scénario 1

6.3.8.2 Scenario 2

La synthèse des cubatures, des mesures de gestion et coûts associés sur la base du scenario 2, selon l'Hypothèse de ventilation N°1 a permis d'estimer un budget de :

- Un montant globale de gestion de 5 800 k€H.T. qui n'intègre pas à ce stade : les coûts de terrassement (estimés en première approche à 1 000 k€H.T.), les coûts de pulvérisation avec agent tensio-actif dédié (estimé à environ 200 k€H.T.), les coûts de système de collecte et de gestion des eaux selon un scenario simplifié ne tenant pas compte d'un bassin de décantation de grande ampleur (estimé à 100 k€H.T.), les études complémentaires et MOE conception et travaux et le dossier d'instauration des servitudes
- Le montant global de gestion intégrant les estimations en première approche ci-dessus et un pourcentage d'incertitude de 10% est de : 7 100 à 7 800 k€H.T.

La synthèse des cubatures, des mesures de gestion et coûts associés sur la base du scenario 2, selon l'Hypothèse de ventilation N°2 a permis d'estimer un budget de :

- Un montant globale de gestion de 6 900 k€H.T. qui n'intègre pas à ce stade : les coûts de terrassement (estimés en première approche à 1 000 k€H.T.), les coûts de pulvérisation avec agent tensio-actif dédié (estimé à environ 200 k€H.T.), les coûts de système de collecte et de gestion des eaux selon un scenario simplifié ne tenant pas compte d'un bassin de décantation de grande ampleur (estimé à 100 k€H.T.), les études complémentaires et MOE conception et travaux et le dossier d'instauration des servitudes
- Le montant global de gestion intégrant les estimations en première approche ci-dessus et un pourcentage d'incertitude de 10% est de : 8 200 à 9 000 k€H.T.

L'étude de la parcelle B selon une approche financière, permet de mettre en évidence que la gestion du volume global de déchets, de 41 600 m³, nécessiterait un coût de gestion en filière(s) autorisée(s) de 15 000 à 16 000 k€H.T. (hors terrassement et mesures de gestion des eaux et poussières). Au regard du projet de réhabilitation de la parcelle B, la solution de gestion de l'intégralité du volume de déchet ne constitue pas une solution réaliste de dépollution. En effet, l'équilibre de l'opération de requalification de la parcelle B est trouvé en purgeant 1/3 du volume du crassier, en intégrant les contraintes urbanistiques et les attentes de la Collectivité (création d'aménagements publics et limitation des trafics en phase travaux),

Nous noterons en outre que le volume de matériaux qui sera purgé depuis la parcelle B correspond à plus de 95% à des remblais de type « démolition » mélangés à des remblais « chimiques », dont la signature peut comprendre des ETM et des cyanures mais à des teneurs moins importantes que les matériaux enfouis plus profondément, non terrassés dans le cadre du projet de requalification retenu.

6.3.8.3 Cas particulier du crassier de la parcelle B

Une hypothèse alternative de gestion de 100% des déchets constitutifs du crassier sur la parcelle B a également été étudié, conformément à la méthodologie nationale : la gestion des 41 600 m³ de déchets, nécessiterait un coût de gestion en filière(s) autorisée(s) de 15 000 à 16 000 k€H.T. (hors terrassement et mesures de gestion des eaux et poussières). Au regard du projet de réhabilitation de la parcelle B, la solution de gestion de l'intégralité du volume de déchet ne constitue pas une solution réaliste de dépollution. En effet, l'équilibre de l'opération de requalification de la parcelle B est trouvé en purgeant 1/3 du volume du crassier, en intégrant les contraintes urbanistiques et des attentes de la Collectivité (création d'aménagements publics et limitation des trafics en phase travaux).

6.3.9 Bilan Coûts-Avantages (BCA)

L'analyse des scenarios 1 et 2 a été réalisée sur la base d'un Bilan coûts-avantages par une analyse multicritères (conforme au guide ADEME de mars 2017). L'analyse multicritères (AMC) permet de comparer plusieurs scénarios de gestion de façon quantitative, par le biais de sous-critères pondérés et de notations des scénarios, en tenant compte des 5 familles de critères de notation retenues.

Tableau 14 : Bilan Coûts – Avantages (BCA) - GESTION DES FUTURS DEBLAIS GENERES PAR LES OPERATIONS D'AMENAGEMENT DU SITE

| Famille de critères | Critères | Pondération retenue entre 1 (faible enjeu) et 5 (fort enjeu) | GESTION DES FUTURS DEBLAIS GENERES PAR LES OPERATIONS D'AMENAGEMENT DU SITE | | GESTION DES FUTURS DEBLAIS GENERES PAR LES OPERATIONS D'AMENAGEMENT DU SITE | |
|---|---|--|---|---|---|---|
| | | | Evaluation du scénario | Justification | Evaluation du scénario | Justification |
| -1- Critères techniques, normatifs et organisationnels | 1.1 Adéquation avec la typologie des polluants, les milieux impactés, l'accessibilité du site, ... | 5 | 5 | Suppression des concentrations diffuses et concentrées et évacuation hors site en filière(s) autorisée(s) de plus de 35 000 m3 de matériaux non inertes. Traitement par phytostabilisation des sols de surface dans la partie Sud de la parcelle A | 4 | Excavation des concentrations diffuses et concentrées et réemploi sur site selon la qualité chimique après traitement par stabilisation/solidification, confinement en encapsulation, recouvrement, ... Solution permettant le maintien sur site dans les zones de réemploi de plus de 70% des matériaux extraits et évacuation en ISDI+ et ISDND de moins de 8000 m3 de matériaux sur les 40 000 m3 de matériaux à terrasser pour l'aménagement du site Traitement par phytostabilisation des sols de surface dans la partie Sud de la parcelle A |
| | 1.2 Nécessité de mettre en œuvre des études complémentaires selon la technique envisagée (dimensionnement, essais pilotes,...) | 1 | 3 | Des études dédiées de dimensionnement seront nécessaires pour les deux solutions de gestion concernant la méthodologie de terrassement, gestion des poussières, ... Sur ce scénario, des études de tri analytique fin des futurs déblais devront être réalisées pour fiabiliser les volumes, optimiser les orientations et les coûts de gestion La faisabilité également de trafic sur le réseau routier existant devra également être étudiée finement | 2 | Des études dédiées de dimensionnement seront nécessaires pour les deux solutions de gestion concernant la méthodologie de terrassement, gestion des poussières, ... Sur ce scénario, des essais pilotes doivent être réalisés sur les différentes signatures chimiques pour les opérations de stabilisation/solidification, des tri analytiques fin doivent également être entrepris pour fiabiliser les volumes et dimensionnement des mesures de réemploi La faisabilité également de trafic sur le réseau routier existant devra également être étudiée finement |
| | 1.3 Abattement prévisionnel / rendement | 4 | 4 | Le scénario permet de traiter la totalité des volumes envisagés Les rendements seront affectés de la même manière sur les deux scénarios par les contraintes météorologiques et les nuisances potentielles | 2 | Le scénario permet de mettre en sécurité la totalité des volumes envisagés et de traiter les volumes de matériaux les plus « pulvérulent » et/ou les plus impactés (qui seront en priorité traités par stabilisation/solidification) Les mesures de confinement et recouvrement ne sont pas des mesures de dépollution en revanche Les rendements seront affectés de la même manière sur les deux scénarios par les contraintes météorologiques et les nuisances potentielles |
| | 1.4 Temps disponible / durée du traitement | 4 | 2 | Solution soumise à un délai de travaux pouvant atteindre plus de 8 mois en fonction des conditions climatiques au regard de la limitation des terrassements en période de vent Les opérations de terrassement seront réalisées par phasage | 2 | Solution soumise à un délai de travaux pouvant atteindre plus de 8 mois en fonction des conditions climatiques au regard de la limitation des terrassements en période de vent Les opérations de traitement et réemploi des matériaux seront réalisées en flux tendu selon le phasage de chantier |
| | 1.5 Impact résiduel Suivi des travaux / surveillance | 4 | 4 | Suppression des concentrations diffuses et concentrées – compatibilité sanitaire vérifiée avec l'usage projeté Suivi des travaux pour validation de la purge des zones de pollution concentrées + réception pour ARR et servitudes éventuelles | 2 | Excavation des concentrations diffuses et concentrées et réemploi sur site selon la qualité chimique après traitement par stabilisation/solidification, confinement en encapsulation, recouvrement, ... Suivi des travaux pour validation des opérations de traitement, confinement et réemploi + validation de la purge des zones de pollution concentrées + réception pour ARR et servitudes éventuelles |
| -2- Critères économiques | 2.1 Coûts induits par les travaux de dépollution | 5 | 1 | Suppression des concentrations diffuses et concentrées et évacuation hors site en filière(s) autorisée(s) de plus de 35 000 m3 de matériaux non inertes (y compris criblage, tri sous tente). <i>Ce coût ne tient pas compte des besoins en remblais du projet qui nécessiteront des apports extérieurs</i> TOTAL : 12 000 à 14 400 K€ H.T. | 5 | Excavation des concentrations diffuses et concentrées et réemploi sur site selon la qualité chimique après traitement par stabilisation/solidification, confinement en encapsulation, recouvrement, ... (y compris criblage, tri sous tente) TOTAL : 7 100 à 9 000 K€ H.T. |
| | 2.2 Coût des suivis ultérieurs, des restrictions d'usage, des dispositions constructives et de leur maintenance | 4 | 4 | Les coûts de suivis ultérieurs sur ce scénario concernent les opérations de phytostabilisation au Sud de la parcelle A, estimés en première approche à 150 K€H.T. à ce stade du Plan de Gestion, mais également les servitudes/conservations en mémoire et entretien maintenance des zones de confinement | 2 | Les coûts de suivis ultérieurs sur ce scénario concernent les opérations de phytostabilisation au Sud de la parcelle A, estimés en première approche à 150 K€H.T. à ce stade du Plan de Gestion, mais également les servitudes/conservations en mémoire et entretien maintenance des zones de confinement |
| -3- Critères environnementaux | 3.1 Empreinte carbone / énergie / économie circulaire | 4 | 1 | Bilan carbone clairement très défavorable avec l'évacuation par camions de terres polluées hors site | 4 | Bilan carbone peu favorable : moins de trafic, et utilisation de peu d'énergie pour le traitement par solidification/stabilisation et le positionnement dans la cheminée rampante, les parkings aériens et éventuellement la zone de carreaux, comme pour le confinement ou encore les recouvrements |
| | 3.2 Déchets générés/recyclage | 4 | 1 | Les déblais qui seront générés par les travaux de terrassement seront gérés comme des déchets en filière(s) autorisée(s) | 4 | La majeure partie des déblais et particulièrement les matériaux susceptibles de générer le plus de nuisances en cas d'évacuation hors site seront traités par stabilisation/solidification pour assurer le confinement des encroutements de la cheminée rampante patrimoniale ainsi que le maintien de son intégrité. Les matériaux seront réemployés sur site pour limiter les évacuations et recycler les matériaux afin de limiter les apports de matériaux de remblais |
| | 3.3 Impact de la pollution résiduelle sur l'environnement | 5 | 3 | La pollution résiduelle essentiellement métallique sera recouverte sur site ou phytostabilisée | 2 | La pollution résiduelle essentiellement métallique sera solidifiée/stabilisée, recouverte ou encapsulée sur site ou phytostabilisée |

| Famille de critères | Critères | Pondération retenue entre 1 (faible enjeu) et 5 (fort enjeu) | GESTION DES FUTURS DEBLAIS GENERES PAR LES OPERATIONS D'AMENAGEMENT DU SITE | | GESTION DES FUTURS DEBLAIS GENERES PAR LES OPERATIONS D'AMENAGEMENT DU SITE | |
|--|---|--|---|---|---|--|
| | | | Evaluation du scénario | Justification | Evaluation du scénario | Justification |
| -3- Critères environnementaux | 3.4 Hygiène et sécurité sur site et hors site : envols de poussières, transport de terres, impacts sur les milieux | 5 | 2 | Par rapport au scénario 2, le transport de terres sera bien plus important hors site, avec des poussières à gérer dans ce cadre Pour les poussières sur site, les scénarios sont globalement équivalents | 2 | Par rapport au scénario 2, le transport de terres sera bien moins important hors site Pour les poussières sur site, les scénarios sont globalement équivalents, comme pour l'impact aux milieux au regard des mesures de confinement retenues |
| -4- Critères socio-politiques et environnementaux | 4.1 Nuisances du chantier (visuelles, sonores, olfactives, ...) | 5 | 1 | Emission de poussières, bruit par rapport au voisinage. | 1 | Emission de poussières, bruit par rapport au voisinage. |
| | 4.2 Augmentation du trafic | 5 | 1 | Très important trafic hors site (évacuation de 35 000 m3 de matériaux et importation de 20 000 m3 de remblais) | 3 | Trafic hors site moins important |
| | 4.3 Acceptabilité du projet (usage futur, servitudes éventuelles, teneurs résiduelles, ...) | 4 | 1 | L'acceptabilité du projet dans son ensemble reste identique sur les 2 scénarios, mais le fait que les matériaux soient exportés pour traitement hors site pose d'importantes difficultés d'acceptation et ne sont pas en cohérence avec les attentes de la Collectivité | 3 | L'acceptabilité du projet dans son ensemble reste identique sur les 2 scénarios, mais le fait que le confinement, le recouvrement et la phytostabilisation ne constituent pas des opérations de dépollution peut induire des difficultés de l'ordre de l'acceptation sociétale. |
| | 4.4 Bénéfices du chantier (création d'emploi, amélioration du cadre de vie, valorisation, mise en sécurité, ...) | 4 | 2 | Les bénéfices en général restent similaires sur les 2 scénarios, En terme de création d'emploi, le scénario 1 nécessite moins de personnel et d'opérations sur site (compensés par des transports). En terme de mise en sécurité, le projet permet de couper la voie de transfert du crassier vers les milieux et de garantir la stabilité mécanique de ce dernier. Des actions spécifiques supplémentaires devront être mises en œuvre pour la mise en sécurité de la cheminée rampante | 4 | Les bénéfices en général restent similaires sur les 2 scénarios, En terme de création d'emploi, le scénario 2 nécessite plus de personnel et d'opérations sur site. En terme de mise en sécurité, le projet permet de couper la voie de transfert du crassier vers les milieux et de garantir la stabilité mécanique de ce dernier. Il permet également le confinement de la cheminée rampante patrimoniale ainsi que des carneaux (au moyen des matériaux présentant une forte propension à l'envol |
| -5- Critères juridiques et réglementaires | 5.1 Contraintes résiduelles (restriction d'usage, surveillance, ...) | 3 | 3 | La portée des restrictions d'usage est similaire sur les deux scénarios en ce qui concerne les pollutions résiduelles sur site dans les sols en place. Un dossier de SUP devra être établi et la mise en place d'une surveillance pourra être envisagée en fin de travaux sur une période d'une année afin de valider l'efficacité du confinement du crassier notamment. | 2 | La portée des restrictions d'usage est similaire sur les deux scénarios en ce qui concerne les pollutions résiduelles sur site dans les sols en place. Ce scénario nécessitera en plus la conservation en mémoire des zones de confinement et des secteurs stabilisés Un dossier de SUP devra être établi et la mise en place d'une surveillance pourra être envisagée en fin de travaux sur une période d'une année afin de valider l'efficacité du confinement du crassier notamment. |
| CUMUL DES NOTES : | | | 153 | Dans le cas du scénario 1 | 185 | Dans le cas du scénario 2 |

L'analyse multicritères aboutit à un score global, notablement plus élevé pour le scénario 2 (avec 185 contre 153 pour le scénario 1), traduisant un niveau d'adéquation avec le contexte de gestion plus important pour le scénario 2 de gestion. Toutefois, afin d'apporter un regard critique sur l'issue de l'analyse multicritères, des tests de sensibilité ont été réalisés, sur les pondérations ainsi que les notations attribuées par sous-critères.

6.3.10 Test de sensibilité

Toute démarche comparative peut présenter un caractère subjectif. Le BCA ayant été réalisé par analyse multicritères, ce caractère subjectif s'exprime au travers de l'attribution des notes et des pondérations ; la subjectivité peut être amplifiée par les incertitudes associées aux critères considérés. L'un des intérêts majeurs de l'approche multicritères est la possibilité de réaliser des tests de sensibilité qui permettent d'apprécier dans quelle mesure les éléments les plus incertains/discutés influent sur l'issue du BCA.

Un calcul d'incertitude en travaillant sur les pondérations a été réalisé à l'aide du logiciel Crystal Ball en utilisant les lois de distribution indiquées dans le Tableau 15 suivant, afin de déterminer les intervalles de confiance (plages de variations possibles) des résultats.

Tableau 15 : Hypothèses prises en compte pour l'étude d'incertitude

| Paramètre | Loi de distribution | Valeur retenue dans le BCA | Valeur minimale | Valeur maximale |
|--|---------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|
| 1.1 - Adéquation avec la typologie des polluants, les milieux impactés, l'accessibilité du site, ... | Uniforme | 5 | 2 | 5 |
| 1.3 - Abattement prévisionnel / rendement | Uniforme | 4 | 2 | 5 |
| 1.4 - Temps disponible / durée du traitement | Uniforme | 4 | 2 | 5 |
| 1.5 - Impact résiduel. Suivi des travaux / surveillance | Uniforme | 4 | 2 | 5 |
| 2.1 - Coûts induits par les travaux de dépollution | Uniforme | 5 | 2 | 5 |
| 2.2 - Cout des suivis ultérieurs, des restrictions d'usage, des dispositions constructives et de leur maintenance | Uniforme | 4 | 2 | 5 |
| 3.1 - Empreinte carbone / énergie / économie circulaire | Uniforme | 4 | 2 | 5 |
| 3.2 - Déchets générés/recyclage | Uniforme | 4 | 2 | 5 |
| 3.3 - Impact de la pollution résiduelle sur l'environnement | Uniforme | 5 | 2 | 5 |
| 3.4 - Hygiène et sécurité sur site et hors site : envols de poussières, transport de terres, impacts sur les milieux | Uniforme | 5 | 2 | 5 |
| 4.1 - Nuisances du chantier (visuelles, sonores, olfactives, ...) | Uniforme | 5 | 2 | 5 |
| 4.2 - Augmentation du trafic | Uniforme | 5 | 2 | 5 |
| 4.3 - Acceptabilité du projet (usage futur, servitudes éventuelles, teneurs résiduelles, ...) | Uniforme | 4 | 2 | 5 |
| 4.4 - Bénéfices du chantier (création d'emploi, amélioration du cadre de vie, valorisation, mise en sécurité, ...) | Uniforme | 4 | 2 | 5 |

Un seul type de loi de distribution a été choisi. Avec une loi uniforme, toutes les valeurs comprises entre les valeurs minimale et maximale ont les mêmes chances de se produire, ce qui est le cas en ce qui concerne les pondérations (contrairement à une loi triangulaire où les valeurs proches du minimum et du maximum ont une probabilité moindre de se produire que celles qui se rapprochent de la valeur la plus probable).

Pour l'ensemble des paramètres de pondération « 4 » ou « 5 » dans le BCA, une plage de variation systématique de 2 à 5 est proposée par ERG ENVIRONNEMENT.

Le calcul d'incertitude réalisé avec Crystal Ball en utilisant ces données d'entrée fournit les valeurs moyennes et extrêmes présentées dans le Tableau 16 suivant.

Tableau 16 : Résultats de l'analyse de sensibilité sur les notes des scenario 1 et 2 (SC1 et SC2)

| | Valeur minimale | Quantile 10 % | Quantile 30 % | Valeur médiane | Quantile 70 % | Quantile 90 % | Valeur maximale |
|-----|-----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|
| SC1 | 97,90 | 112,99 | 118,82 | 124,02 | 128,70 | 135,35 | 150,54 |
| SC2 | 118,24 | 134,16 | 142,74 | 148,04 | 153,11 | 161,36 | 178,28 |

Ainsi, même en faisant varier les pondérations d'une manière extrême, pour tous les paramètres pris en compte dans l'étude d'incertitude, le classement des deux scenarios n'évolue pas avec, pour les valeurs minimales ou maximales, une note toujours plus importante pour le scenario SC2.

L'analyse de sensibilité permet d'identifier les paramètres qui ont le plus d'influence sur les résultats du BCA. L'ensemble des résultats de l'analyse de sensibilité des variables d'entrée est présenté dans le Tableau 17 suivant.

Il est important de préciser que cette analyse de sensibilité ne porte que sur les paramètres pour lesquels une loi de distribution a été entrée dans le logiciel Crystal Ball.

Tableau 17 : Contribution des différents paramètres à la variance (prise en compte des contributions > 4,7%)

| Paramètre | Contribution à la variance | |
|--|----------------------------|-------|
| | SC1 | SC2 |
| 1.1 - Adéquation avec la typologie des polluants, les milieux impactés, l'accessibilité du site, ... | 28,9% | 12,5% |
| 1.3 - Abattement prévisionnel / rendement | 15,5% | - |
| 1.5 - Impact résiduel. Suivi des travaux / surveillance | 15,9% | - |
| 2.1 - Coûts induits par les travaux de dépollution | - | 15,6% |
| 2.2 - Cout des suivis ultérieurs, des restrictions d'usage, des dispositions constructives et de leur maintenance | 10,2% | - |
| 3.1 - Empreinte carbone / énergie / économie circulaire | - | 10,9% |
| 3.2 - Déchets générés/recyclage | - | 13,2% |
| 3.3 - Impact de la pollution résiduelle sur l'environnement | 8,8% | - |
| 3.4 - Hygiène et sécurité sur site et hors site : envois de poussières, transport de terres, impacts sur les milieux | 4,8% | 4,7% |
| 4.1 - Nuisances du chantier (visuelles, sonores, olfactives, ...) | - | 9% |
| 4.4 - Bénéfices du chantier (création d'emploi, amélioration du cadre de vie, valorisation, mise en sécurité, ...) | 6,3% | 14,3% |

L'analyse de sensibilité réalisée à l'aide du logiciel Crystal Ball révèle que les paramètres les plus sensibles (c'est-à-dire ceux qui influencent le plus le résultat) ne sont pas les mêmes pour SC1 et SC2. A titre de comparaison, on peut noter que :

- La note SC1 est influencée d'une manière prépondérante par les paramètres 1.1, 1.3 et 1.5 ayant attiré aux critères techniques, normatifs et organisationnels (avec des contributions à la variance de 15,5 à 28,9%). Le paramètre complémentaire qui influence à plus de 10% la variance est le 2.2.
- La note SC2 est pour sa part influencée d'une manière plus équilibrée (avec des contributions à la variance de 10,9 à 15,6%) par les paramètres 1.1, 2.1, 3.1, 3.2 et 4.4 qui couvrent la quasi-totalité des critères : critères techniques, normatifs et organisationnels, critères économiques, critères environnementaux et critères socio-politiques et environnementaux.

Sur les paramètres influençant pour chaque scenario, les notes attribuées dans l'AMC sont comprises entre 4/5 et 5/5.

Le test de sensibilité a été complété par une étude de la sensibilité de la notation, focalisée sur les notes pouvant être soumises à discussion sur le SC2 (qui présentent la meilleure note selon les premières notations de l'AMC et l'étude d'incertitude) ; la variante de notation suivante a été étudiée :

| Paramètre | Notation initiale SC2 | Variante à l'étude SC2 |
|--|-----------------------|------------------------|
| 1.1 - Adéquation avec la typologie des polluants, les milieux impactés, l'accessibilité du site, ... | 4/5 | 2/5 |
| <i>L'adéquation avec la typologie des polluants n'est pas discutée, en revanche les solutions de confinement et réemploi ne constituent pas des opérations de dépollution. De ce point de vue la notation de 4/5 initiale peu apparaitre trop optimiste, même si la stabilisation/solidification sera adaptée aux cocktail de polluants à traiter</i> | | |
| 1.5 - Impact résiduel. Suivi des travaux / surveillance | 2/5 | 1/5 |
| <i>Compte tenu des mesures de gestion retenues sur le scénario 2, il peut apparait trop favorable de ne pas retenir la note de 1 sur ce sous-critère, même si les voies de transfert seront toutes supprimées.</i> | | |
| 2.1 - Coûts induits par les travaux de dépollution | 5/5 | 5/5 |
| <i>Compte tenu de l'écart de budget entre les deux scénarios et des montants en jeux, ce sous-critères bien qu'identifié comme influençant notablement la variance ne sera pas revu dans cette analyse de sensibilité sur la notation.</i> | | |
| 3.2 - Déchets générés/recyclage | 4/5 | 3/5 |
| <i>Les mesures de gestion retenues dans le cadre du scénario 2 peuvent être assimilées à un recyclage par réemploi des déblais sur site (afin de combler les besoins en remblais sur site). Toutefois, la notation de 4/5 peut apparait favorable au regard de la note de 1 imposé au scénario 1 qui consiste en l'élimination en filière(s) autorisée(s) hors site de l'intégralité des déblais générés. Une solution de recyclage des futurs déblais devra être étudiée dans le cadre du PCT sur la base des sous-maillages des futurs déblais afin de vérifier la possibilité de gestion de certains lots de déchets en cimenterie.</i> | | |
| 3.3 - Impact de la pollution résiduelle sur l'environnement | 2/5 | 1/5 |
| <i>Compte tenu du maintien sur site de lots de déblais dans le cadre du scénario 2, la notation de 2 peut-être discutable et une note minimale de 1 a été imposée dans le cadre de cette simulation</i> | | |
| 4.3 - Acceptabilité du projet (usage futur, servitudes éventuelles, teneurs résiduelles, ...) | 3/5 | 3/5 |
| <i>Les notations proposées tiennent compte des 2 scénario l'un par rapport à l'autre. Sur cette base la note de 2 initialement imposée était justifié par le scénario inacceptable pour la Collectivité d'exportation de l'intégralité des déblais. Toutefois le traitement sur site, le confinement et le réemploi de matériaux sur site peut s'avérer difficilement acceptable et la note de 3 critiquable. Toutefois, au regard des exigences de non exportation des matériaux hors site par voie routière ou maritime, le scénario de gestion on site ont été naturellement privilégiée. Nous proposons de maintenir la note de 3 dans ce cadre.</i> | | |
| 4.4 - Bénéfices du chantier (création d'emploi, amélioration du cadre de vie, valorisation, mise en sécurité, ...) | 4/5 | 3/5 |
| <i>Les bénéfices du chantier sur le scénario 2 qui ont motivé la notation de 4/5 sont proches des bénéfices sur le scénario 1 et l'écart de 2 points entre les 2 scénario peut être critiqué.</i> | | |

Le score global du scénario 2, présentant dans l'AMC du BCA la meilleure note, a été réestimé et reste supérieur à la note sur le scénario 1 avec un écart de 10 points.

Notons que le BCA est adaptable au fil de la réalisation des études et sera notamment mis à jour lors de l'établissement du plan de conception des travaux (PCT), qui a ce stade n'est pas intégré dans le présent plan de gestion.

A titre d'illustration sont proposés en figures 31 et 32, pages suivantes les schémas de principe de gestion du scénario 2 qui présente le plus important niveau d'adéquation avec le contexte de gestion.



Figure 31 – Représentation Schématique du principe de Gestion retenu pour la Parcelle B dans le cadre du Scénario N°2



Figure 32 – Représentation Schématique du principe de Gestion retenu pour les Parcelles C et A dans le cadre du Scenarion N°2

6.4 Mesures de Gestion des sources concentrées encore en place

6.4.1 Mesures de Gestion des sources sols encore en place après gestion des futurs déblais

Conformément à la méthodologie nationale, le plan de gestion doit être d'une ampleur proportionnée aux pollutions et à leur étendue. Ainsi, lorsque les volumes de terres polluées en cause sont limités et accessibles, les terres sont excavées et évacuées vers des filières de gestion appropriées sans engager d'études plus poussées qui devraient aboutir finalement à cette option de gestion. Dans ce cas précis, le bilan coût-avantage n'est pas nécessaire et le plan de gestion se limite à décrire les actions engagées. Une purge et une gestion en filière autorisée des matériaux impactés sera donc retenue comme gestion des zones sources qu'il est prévu de terrasser dans le cadre du projet d'aménagement (T8, S2-LM, T11) ainsi que des zones sources dans les sols de surface au niveau de :

- E9 (intégrant E9b et E9c) impactés en HCT
- SD1 impacté en CNt
- TM18 et TM21 impactés en Hg.

Le coût de gestion en filières autorisées de ces zones source (hors terrassement et MOE travaux), basés sur les dimensionnements estimés en paragraphe 4.2.5 est estimé à un coût de gestion de 19 à 38 k€H.T..

Concernant les CNt et les CNi, les volumes de terres polluées en cause sont localisés à proximité directe des carreaux bas dont l'emprise précise a été repositionné rappelons-le sur la base des plans historiques disponibles. Dans ce cadre et au regard du caractère hétérogène des remblais dans ce secteur, les anomalies enregistrées en profondeur sont potentiellement non limitées spatialement.

Sur cette base, il apparaît plus pertinent d'étudier les mesures de gestion des anomalies en cyanures dans les sols en profondeur dans le cadre de l'analyse des mesures de gestion et de mise en sécurité de la zone source des carreaux bas potentiellement à l'origine des anomalies en cyanures enregistrées dans les sols profonds.

Concernant le Hg, les volumes de terres polluées en cause semblent limités mais peu accessibles (dans les sols en profondeur jusqu'à 3.9 m par rapport au niveau actuel), c'est pourquoi une solution d'excavation et d'évacuation des matériaux vers des filières de gestion appropriées n'est pas retenue d'office.

Notons par ailleurs que ces anomalies ont été enregistrées exclusivement au voisinage de la cheminée rampante sur son linéaire enterré. Dans ce cadre les anomalies enregistrées en profondeur sont potentiellement représentatives d'une qualité chimique des sols profonds plus étendue (potentiellement sur le linéaire au voisinage de la cheminée enterrée).

Sur cette base et à l'instar de l'analyse conjointe des cyanures profonds avec les carreaux bas, il apparaît plus pertinent d'étudier les mesures de gestion des anomalies en mercure dans les sols en profondeur dans le cadre de l'analyse des mesures de gestion et de mise en sécurité de la zone source de la cheminée rampante sur son linéaire enterré (potentiellement à l'origine d'anomalies dans les sols profonds au voisinage de la cheminée enterrée).

6.4.2 Sources liées aux anciennes activités historiques : Anciens carreaux bas partiellement enfouis et cheminées

Concernant la source cheminée verticale sur site, il est proposé d'en murer l'accès. La solution technique pour le nettoyage des encroutements intérieurs sur parois de la cheminée n'a pas été étudiée en l'absence de voie de transfert depuis la cheminée verticale. En revanche l'intégrité de la structure devra être garantie pendant les phases de travaux et des études dédiées doivent être réalisées en phase de conception.

Concernant la source cheminée horizontale sur son tronçon enterré sur site, des investigations complémentaires ciblées sur l'ouvrage devront être réalisées, dans le cadre du PCT.

En effet, en fonction de son état, des mesures spécifiques de gestion pourront être envisagées (comme des injections dans les vides existants par exemple afin d'inertiser les structures), aucun aménagement n'étant prévu au droit du linéaire souterrain de la cheminée rampante. Les investigations préconisées consistent en des campagnes de prospections géophysiques, voir des investigations de découverte de l'ouvrage à la pelle mécanique. Par ailleurs, des analyses du caractère lixiviable particulièrement de la source en mercure dans les sols devront également être réalisées afin de permettre d'étudier les solutions de gestion, dans une démarche de validation de l'absence d'impact aux milieux, et selon une démarche conforme de BCA.

Sur la base des investigations réalisées au niveau de la cheminée rampante sur son linéaire aérien, des opérations de démolition et extraction de la cheminée sur son linéaire souterrain ne sont pas recommandées au regard du caractère peu lixiviable des substances en présence et de la propension à l'envol potentiel des encroutements de parois en cas de démolition pour extraction. Les investigations complémentaires et particulièrement la validation du caractère non lixiviable des anomalies connues au droit et aux abords de la cheminée rampante sur son linéaire enterré, permettront l'analyse des mesures de gestion idoines, qui comprendront une solution d'injection dans les vides de la cheminée et une solution de maintien sur site avec l'instauration de servitudes et de conservation en mémoire. La faisabilité des solutions envisagées devra faire l'objet d'études dédiées dans le cadre du PCT.

Concernant la source carneaux, des investigations complémentaires ciblées sur l'ouvrage devront être réalisées, dans le cadre du PCT. De la même manière, les investigations préconisées consistent en des campagnes de prospections géophysiques, voir des investigations de découverte de l'ouvrage à la pelle mécanique. Par ailleurs, des analyses du caractère lixiviable particulièrement de la source en CNt et CNi dans les sols devront également être réalisées afin de permettre d'étudier les solutions de gestion, dans une démarche de validation de l'absence d'impact aux milieux, et selon une démarche conforme de BCA. Il conviendra en outre de réaliser des investigations géotechniques complémentaires, un bâtiment projeté étant implanté en partie au droit des carneaux.

Sur la base des investigations réalisées au niveau de la zone de carneaux, des opérations de démolition et extraction ne sont pas recommandées au regard du caractère peu lixiviable des substances en présence et de la propension à l'envol potentiel des encroutements de parois en cas de démolition pour extraction. Les investigations complémentaires et particulièrement la validation du caractère non lixiviable des anomalies connues au droit et aux abords des carneaux, permettront l'analyse des mesures de gestion idoines, qui comprendront une solution d'injection dans les vides des carneaux et une solution de maintien sur site avec l'instauration de servitudes et de conservation en mémoire. La faisabilité des solutions envisagées devra faire l'objet d'études dédiées dans le cadre du PCT.

6.5 Rappel de la réglementation sur les contraintes juridiques

Le tableau suivant, issu du guide méthodologique ADEME de mars 2017 « élaboration des bilans coûts-avantages adaptés aux contextes des gestion des sites et sols pollués », constitue un aide-mémoire pour l'identification des principaux enjeux juridiques (non exhaustif).

| Thématique | Implications possibles pour le MO et/ou le responsable juridique de la pollution |
|---|--|
| Hygiène Sécurité Environnement (HSE) | Le MO conserve une part de responsabilité juridique relative aux éventuelles problématiques HSE en lien avec la réhabilitation entreprise au droit du site. |
| Autorisations administratives | La mise en œuvre de certaines techniques de dépollution requiert l'obtention préalable d'autorisations administratives. |
| Loi sur l'eau | Dans les contextes hors ICPE, il convient de vérifier les rubriques de l'article R214-1 du code de l'environnement pour déterminer si un dossier « loi sur l'eau » doit être établi. Dans le contexte d'un site ICPE, le cas échéant, un porté à connaissance ICPE devra être transmis à l'administration en lieu et place du « dossier loi sur l'eau » (conformément à l'article L214-1). Dans le cas d'une pollution accidentelle, il n'est par ailleurs pas nécessaire d'établir un « dossier loi sur l'eau ». Le préfet doit néanmoins être informé (conformément à l'article R214-44 du code de l'environnement). |
| Déchets | Le MO conserve la responsabilité des déchets générés sur le site d'étude jusqu'à leur valorisation ou élimination finale selon des filières adaptées. |
| Pollutions résiduelles | Le responsable de la pollution au sens juridique (propriétaire, exploitant, MO...) conserve une responsabilité juridique à long terme dans le cas où une pollution résiduelle est laissée en place sur site après la réhabilitation. Des surveillances ultérieures pourront être nécessaires. Il sera alors du ressort du responsable de la pollution d'en assurer (y compris financièrement) l'organisation régulière. |
| Restrictions d'usage | La mise en place de restrictions peut engendrer un coût lié à la dépréciation des terrains. Dans certains cas, le responsable de la pollution devra indemniser les propriétaires concernés par la mise en place d'une restriction d'usage les concernant. |

7. ANALYSE DES RISQUES RÉSIDUELS

L'analyse des risques Résiduels sur la base de la connaissance de l'état des milieux connue à ce stade permet de mettre en évidence une compatibilité de l'état des milieux avec les usages projetés pour le risque par inhalation dans les bâtiments de plain-pied projetés au droit des parcelles A et C.

Une campagne complémentaire de contrôle des gaz du sol est préconisée, conformément au guide des bonnes pratiques, au regard de la variabilité de ce milieu, afin de valider l'état du milieu est l'analyse des risques.

Par ailleurs, la mise en place des mesures de gestion et dispositions constructives retenues à ce stade dans le cadre des deux scénarios de gestion retenus permettra de supprimer les voies de transfert et d'exposition, il s'agit principalement de :

- La mise en place de recouvrement de surface et encapsulation sur l'ensemble des parcelles C, B et A sur son secteur Nord, pour supprimer le risque d'exposition par contact direct des futurs usagers du site ;
- Le maintien du couvert végétal (pour limiter les envols de poussières) dans le secteur Sud de la parcelle A, qui correspond à un espace de végétation spontanée, assimilable à la configuration de l'espace naturel des Calanques, plus éloigné des futurs logements et à usage futur de promenade. Des opérations de traitement par phytostabilisation sont prévues¹¹ sur ce secteur Sud
- Le confinement de la masse de déchets résiduelles qu'il est prévu de laisser en place dans le cadre des opérations d'aménagement sur la parcelle B, afin de supprimer les voies de transfert au sable de la plage et au milieu marin
- L'aménagement, dans des sols non impactés ou dans un lit de matériaux d'apports sains, des réseaux d'adduction d'eau pour supprimer tout risque d'ingestion d'eau potable pour les futurs usagers du site ;
- La restriction de l'usage potager à des cultures hors sols uniquement sur l'emprise du projet (autoproduction autorisée exclusivement en bac déconnectés des sols en place).
- Le confinement des encroutements dans la cheminée rampante aérienne (remplissage de la cheminée par coulis (solidification/stabilisation de déblais impactés) qui permet de supprimer le risque par contact direct des promeneurs dans les Calanques (seule solution permettant de garantir l'absence d'intrusion dans les cheminées)

Remarque : La mise en place de traitement par phytostabilisation dans les sols de surface à proximité du linéaire de la cheminée rampante et au pied de la cheminée haute, est également prévu, afin de permettre de réduire la mobilité des polluants métalliques, en cohérence avec les actions en cours.

¹¹ Actions sur le secteur Sud de la parcelle A, en cohérence avec les actions en cours dans le Parc des Calanques. L'accès au secteur Sud de la parcelle A sera limité par une clôture pendant la phase de pilote et d'évaluation de la performance de la technique de phytostabilisation.

8. MESURES MINIMALES DE GESTION ET ETUDES COMPLEMENTAIRES

8.1 Dispositions de gestion minimales à mettre en œuvre

Afin de supprimer le contact direct avec les sols pour les futurs usagers du site (présence de métaux lourds dans les sols de surface), il conviendra de mettre en place des mesures de gestion simples, de bon sens. Ces mesures sont posées comme hypothèses pour l'analyse des risques sanitaires et sont décrites ci-dessous :

- Un **recouvrement de l'ensemble des parcelles B, C et A sur le secteur nord**, en fonction du projet, par :
 - un recouvrement pérenne des surfaces extérieures (bitume, béton...),
 - des bâtiments (dalle béton) ;
 - 30 cm minimum de terres saines au droit des espaces verts collectifs et des zones non couvertes par des revêtements (hors secteur Sud (du chemin jusqu'au canal de Marseille, correspondant à un espace de végétation spontanée, assimilable à la configuration de l'espace naturel des Calanques) de la parcelle A)

Cette disposition est déjà prévue dans le cadre du projet d'aménagement.

- **Une gestion des canalisations d'eau potable**

Conformément aux bonnes pratiques, les canalisations d'eau potable devront préférentiellement être installées en dehors des zones impactées. Si elles devaient être mises en place au droit de zones impactées, elles devront être métalliques ou mises en place dans une tranchée de matériaux propres rapportés (sablon).

Cette disposition est déjà prévue dans le cadre du projet d'aménagement.

8.2 Études complémentaires et Plan de conception de Travaux

8.2.1 Investigations complémentaires des sols

8.2.1.1 Sources cheminée horizontale sur son tronçon enterré sur site et carneaux bas

Des investigations complémentaires ciblées sur les ouvrages devront être réalisées, dans le cadre du PCT.

En effet, en fonction de leur état, des mesures spécifiques de gestion pourront être envisagées (comme des injections dans les vides existants par exemple afin d'inertiser les structures), aucun aménagement n'étant prévu au droit du linéaire souterrain de la cheminée rampante. Les investigations préconisées consistent en des campagnes de prospections géophysiques, voir des investigations de découverte des ouvrages à la pelle mécanique. Par ailleurs, des analyses du caractère lixiviable particulièrement de la source en mercure dans les sols au niveau de la cheminée et de la source en CNT et CNI dans les sols à proximité des carneaux devront également être réalisées afin de permettre d'étudier les solutions de gestion, dans une démarche de validation de l'absence d'impact aux milieux, et selon une démarche conforme de BCA. Il conviendra en outre de réaliser des investigations géotechniques complémentaires, un bâtiment projeté étant implanté en partie au droit des carneaux.

Sur la base des investigations réalisées au niveau des structures historiques, des opérations de démolition et extraction de la cheminée sur son linéaire souterrain, comme des carneaux enfouis ne sont pas recommandées au regard du caractère peu lixiviable des substances en présence et de la propension à l'envol potentiel des encroutements de parois en cas de démolition pour extraction. Les investigations complémentaires et particulièrement la validation du caractère non lixiviable des anomalies connues au droit et aux abords des structures historiques, permettront l'analyse des mesures de gestion idoines, qui comprendront une solution d'injection dans les vides de la cheminée et une solution de maintien sur site avec l'instauration de servitudes et de conservation en mémoire. La faisabilité des solutions envisagées devra faire l'objet d'études dédiées dans le cadre du PCT.

8.2.1.2 Zones de terrassement et d'aménagement en général dans le cadre du projet à l'étude

Dans le cadre de la gestion des futurs déblais, un tri préalable complémentaire est recommandé préalablement aux travaux afin de fiabiliser les volumes, optimiser les orientations et les dimensionner les mesures de gestion.

Par ailleurs, au regard des contraintes d'accès à certains secteurs du site, des contraintes d'intervention et de l'échelle d'étude (maillage), certaines zones n'ont pu être investiguées (notamment la zone du parc à cuve). Des investigations complémentaires sont préconisées au niveau de ces secteurs afin de réduire les incertitudes associées.

8.2.2 Investigations complémentaires des gaz des sols

Une campagne complémentaire de contrôle des gaz du sol est préconisée, conformément au guide des bonnes pratiques, au regard de la variabilité de ce milieu.

8.2.3 Essais de faisabilité

Dans le cas du traitement par stabilisation/solidification des essais pilotes devront être réalisées pour dimensionner et valider l'efficacité de la technique retenue selon les signatures chimiques par lot de matériaux (missions **B111**-Essais de laboratoire et **B112**-Essais en pilote de la norme NF X 31-620).

Des études spécifiques d'évaluation de la faisabilité pour la mise en œuvre des opérations de phytostabilisation sur le site seront réalisées par les équipes scientifiques de l'IMBE (tests pilote, dimensionnement, ...).

8.2.4 Études de conception

Le Plan de Gestion vise à définir les mesures de gestion et dispositions constructives à mettre en place afin de gérer les sources de pollution et de garantir la compatibilité sanitaire et environnementale des sols du site avec le projet d'aménagement envisagé. Il ne peut, toutefois, se substituer, à une conception fine des travaux de réhabilitation.

Nous soulignerons particulièrement la nécessité de réaliser les études de stabilité des ouvrages historiques pour étude de la faisabilité des mesures de gestion envisagées (stabilisation/solidification par injection), procéder à leur dimensionnement. Il en est de même concernant le dimensionnement du système de gestion des eaux météoriques en phase chantier (avec analyse cas par cas au titre de la loi sur l'eau), de la méthodologie de terrassement, de brumisation, de la mesure de gestion des poussières sous tente ou dans le bâtiment 1, du système de gestion des poussières, des phasages induit, ...

Enfin, la communication et la concertation avec les riverains, la collectivité et les services de l'Etat étape par étape, garantira l'acceptation sociétale des travaux.

8.2.5 Analyse des Risques Résiduels

Une analyse des risques résiduels devra valider la compatibilité du site avec son usage à l'issue des travaux sur la base des concentrations mesurées de manière résiduelle dans les sols et éventuellement dans les gaz des sols en fonction des résultats de la deuxième campagne ainsi qu'en cas de découverte lors des travaux d'aménagement.

8.2.6 Axes d'optimisation

Au regard des enjeux financiers, il apparaît nécessaire de poursuivre la réflexion sur les axes d'optimisation des mesures de gestion des pollutions concentrées et des futurs déblais :

- Optimisation du réemploi sur site
Le projet permet actuellement un réemploi de matériaux, mais les volumes de déblais excédentaires restent importants. Une amélioration de la balance déblais/remblais est ainsi à l'étude.
- Réemploi hors site
La possibilité de réemploi hors site peut être étudiée à condition qu'un site d'accueil localisé à faible distance, nécessitant l'utilisation de matériaux dans le cadre de son projet d'aménagement ou de sa mise en sécurité et répondant aux guides de réemploi puisse être trouvé.
Au regard du contexte du site, des solutions de mise en sécurité pourraient être étudiées particulièrement au niveau de l'ancien site industriel de l'Escalette et stockages de déchets existants localement.

Le « Guide de valorisation hors site des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués dans des projets d'aménagement » dans sa dernière version de novembre 2017 sera mis en application pour l'analyse des possibilités de valorisation hors site des terres excavées dans une optique de développement durable, de protection des populations et de l'environnement.

9. SYNTHÈSE, CONCLUSIONS ET PRECONISATIONS

La SFPT MANTE, a sollicité ERG ENVIRONNEMENT pour la réalisation pour la réalisation d'un Plan de Gestion (PG) au droit des parcelles A, B et C de l'ancien site LEGRE MANTE, localisées dans le 8^{ème} arrondissement de la ville de MARSEILLE (13).

Le présent Plan de Gestion est indissociable du diagnostic complémentaire réalisé au droit des parcelles A, B et C du site de l'ancienne usine (objet d'un rapport distinct référencé 17LES038Aa/ENV/MOK/BT/42333, reporté en annexe A1), le diagnostic complémentaire ayant été réalisé afin de synthétiser et de compléter les données existantes sur le site dans le but d'élaborer un Plan de Gestion (PG) du site, en adéquation avec le projet d'aménagement considéré.

Cette mission s'inscrit dans le cadre d'une requalification de l'ancien site industriel pour l'aménagement d'un ensemble immobilier, ainsi que pour la gestion du crassier existant aujourd'hui rattaché à l'usine.

Le périmètre de la mission d'ERG ENVIRONNEMENT répond aux exigences de l'Administration dans l'Art. 1.1 du projet d'arrêté préfectoral transmis le 04/07/2017.

La méthode d'étude s'appuie, point par point, sur les préconisations des textes du Ministère de l'Environnement relatifs aux Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués établis en avril 2017.

9.1 Synthèse du Plan de Gestion

9.1.1 Contexte et synthèse des données de diagnostic

L'ancien site ICPE, localisé sur la frange littorale du sud de la commune de Marseille, dans le quartier de la Madrague de Montredon, s'étend sur une superficie d'environ 8,5 ha décomposé en 3 parcelles (du sud au nord) :

- Parcelle A : 5 ha environ de terrain soit « naturel » (parties sommitales du site) soit ayant fait l'objet d'une exploitation industrielle ancienne (des infrastructures de l'ancienne cheminée et les carneaux de la fonderie historique sont toujours en place) ;
- Parcelle C : 2,7 ha environ ayant fait l'objet d'une exploitation industrielle récente (bâtiments, voiries et installations de traitement des eaux usées du site) ;

Nous notons que la délimitation entre les parcelles A et C apparait peu pertinente au regard des opérations de démolition, de terrassement et de stockage de matériaux sur la parcelle référencée A, qui présente dans ce cadre une situation des milieux assimilable à celle de la parcelle C sur son secteur Nord et un espace de végétation spontanée, assimilable à un prolongement du contexte retrouvé dans les Calanques sur son emprise Sud.

- Parcelle B : de l'autre côté de l'avenue de la Madrague par rapport au site industriel, 0,7 ha environ de terrain remblayé en surplomb de la mer.

Rappelons que la parcelle B est le siège d'un crassier d'un volume de 40 000 m³ environ de déchets qui ont été entreposés dans le cadre des activités industrielles historiques, activité de stockage pour laquelle l'exploitant historique disposait d'une autorisation administrative pendant les premières activités de fonderie et jusqu'aux dernières activités de production d'acide tartrique. De la même manière, sur la parcelle C, des opérations de démolitions récentes ont été pratiquées, sous le contrôle de l'administration pour la mise en place d'une STEP. Une très grande quantité de déblais de terrassement et de matériaux de démolition d'anciennes infrastructures de l'usine a été constitué dans ce cadre, après avoir revêtu le terrain d'un complexe géosynthétique.

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet de réaménagement entrepris par la société SFPT MANTE qui est en cours d'élaboration. Les grands principes retenus au stade du Plan de Gestion, tiennent compte, au niveau des parcelles A et C, de la conservation de certains éléments « patrimoniaux » (cheminées rampante, cheminée verticale, façade), la création de niveaux de sous-sol à usage de parking, la construction ou conservation de bâtiments de plain-pied, l'aménagement des espaces extérieurs en espaces verts ou placettes. L'aménagement de la parcelle B comprend la création d'un parking public au sein du massif de déchet, qui sera remodelé avec une descente en restanques jusqu'au bord de mer et deux bâtiments de faible dimension sur le secteur Est (en forme de « L »). Le crassier sera mis en sécurité mécanique (y compris avoisinants) et confiné par les aménagements.

Au regard de la topographie des parcelles A et C, de la nature même de la parcelle B et du projet d'aménagement sur les parcelles à l'étude, la requalification sera à l'origine d'un important volume de déblais, de matériaux divers de nature et qualité chimique variées, qu'il sera nécessaire de gérer (approximativement 40 000 m³). Notons par ailleurs, dans ce contexte, qu'un volume conséquent de remblais apparait également nécessaire pour la création des infrastructures, voies lourdes et aménagements paysagers (de type place, cours, espaces verts paysagers, ...).

On retiendra les points principaux suivants :

- Concernant la parcelle B :
 - o Le crassier Ouest est constitué d'un empilement de résidus témoignant des différentes activités du site avec de la base vers le sommet : des remblais de type industriel (associé au procédé d'affinage de métaux) puis de nature chimique (associé à l'activité d'acide tartrique), ces derniers étant mélangés à des déchets de démolition issus de l'usine.
 - o Le crassier Est qui comprend uniquement des dépôts récents de nature chimique (associé à l'activité d'acide tartrique), mélangés à des déchets de démolition issus de l'usine sur des épaisseurs plus modérées
- Concernant les parcelles A et C :
 - o Un marquage des sols par les ETM avec particulièrement un impact diffus et concentré en Pb et en As sur l'ensemble du site. Quelques anomalies ponctuelles en mercure ont été enregistrées dans les sols en profondeur aux abords de la cheminée rampante sur son linéaire enterré et au niveau de sols de surface dans le même secteur.
 - o Des concentrations en cyanures totaux supérieures à 10 mg/kg MS ont été enregistrées uniquement au droit du stockage historique de ferrocyanures dans le bâtiment 1 ainsi qu'à proximité des carreaux bas.
 - o Les HCT et HAP sont présents d'une manière ponctuelle et localisée dans les sols. Les teneurs qui se singularisent du bruit de fond sur ces deux familles de polluants ne sont pas associées à des anomalies dans les gaz des sols.
 - o Un transfert limité des composés volatils vers les gaz du sol avec absence de détection de cyanures ni de mercure volatils.
 - o Une EQRS, conforme à la méthodologie nationale, a été réalisée sur la base des teneurs maximales enregistrées dans les gaz des sols, selon le scénario d'exposition le plus contraignant de bâtiment de plain-pied à usage de logement. En retenant une cible mixte qui passe de l'âge enfant à l'âge adulte, selon une exposition 20h par jour, 351 jours/an sur 40 ans, l'état des milieux apparaît compatible avec les usages futurs (adultes et enfants résidants) pour l'exposition par inhalation dans les futurs bâtiments de plain-pied.
- Le site est également le siège d'infrastructures liées aux anciennes activités : la cheminée verticale sur site et la cheminée horizontale, sur ses linéaires enterré et aérien, ainsi que les carreaux bas.

9.12 Identification des sources de pollution concentrées sur l'emprise de l'ancienne ICPE

La caractérisation et l'identification des pollutions concentrées a été réalisée selon la méthodologie d'avril 2017, basée sur l'interprétation des constats de terrain et la mise en œuvre d'approches statistique, cartographique et bilan massique.

Cette méthodologie a permis de retenir sur les parcelles A et C :

- La présence de débris de démolition (fours, cheminée verticale historique) et de matériaux de type mâchefers dans les remblais des parcelles A et C. Rappelons dans ce cadre qu'une très grande quantité de déblais ont été extraits directement au droit de la zone d'activités historiques en 2002 et mis en stock en partie Nord de parcelle A à proximité des carreaux bas¹².
- La présence de zones source concentrées dans les sols de surface en HCT, en HAP, en Cyanures totaux et en mercure dont la gestion proportionnée (volumes limités et accessibles) consistera, conformément à la méthodologie nationale, en une purge et évacuation en filière(s) autorisée(s), sans analyse plus lourde de la situation (200 m3 de matériaux pour un coût de gestion d'environ 40 k€ H.T.).
- La présence de zones source concentrées dans les sols en profondeur en Cyanures totaux et libres au niveau de la zone des carreaux bas, ainsi qu'en mercure au niveau du linéaire enterré de la cheminée rampante. La gestion de ces sources (potentiellement non limitées et peu accessibles) par une solution d'excavation et d'évacuation des matériaux d'office n'est pas pertinente. Les mesures de gestion idoines seront dans ce cadre étudiées en globalité avec les zones sources associées (carreaux bas et cheminée rampantes enterrés).
- La présence de pollution concentrée en ETM et particulièrement en Pb et en As dans les sols en surface comme en profondeur sur l'emprise des parcelles C et A (hors pointe Sud-Est). En se basant sur les approches statistiques, graphiques, financières, le projet développé et particulièrement le périmètre de reconversion, les mesures de gestion de type extraction/évacuation ou traitement n'apparaissent pas réalistes. L'équilibre du projet de réhabilitation concernant les anomalies en ETM dans les sols est trouvé avec la mise en œuvre de mesures constructives et de traitements par phytostabilisation dans le secteur Sud de la parcelle A.

La cheminée verticale existante, la cheminée rampante sur site sur les linéaires enterré et aérien, ainsi que les carreaux bas constituent des sources de pollution pour lesquelles des mesures de gestion doivent être étudiées.

¹² Le stockage de déblais de terrassement et de matériaux de démolition d'anciennes infrastructures de l'usine a été constitué dans le cadre des travaux de réalisation de l'actuelle station de traitement des eaux usées du site, après avoir revêtu le terrain d'un complexe géosynthétique.

En ce qui concerne la Parcelle B, elle est le siège d'un crassier d'un volume de 41 600 m³ environ de déchets qui ont été entreposés dans le cadre des activités industrielles historiques. Il apparaît une importante hétérogénéité des remblais avec une qualité chimique également fortement hétérogène, ne permettant pas une définition rigoureuse par classe des pollutions concentrées. Sur la base des données existantes et compte tenu du caractère de « déchets » des matériaux stockés, la réalisation d'une approche statistique n'a que peu de sens c'est pourquoi la parcelle B a été étudiée au travers d'une approche essentiellement financière.

9.1.3 Évaluation des mesures de Gestion

Le contexte spécifique du site et les contraintes qui ont été prises en compte, pour l'analyse de la gestion des futurs déblais générés par le projet d'aménagement consiste en :

- La limitation au maximum du trafic routier conformément aux attentes de la Collectivités, en cohérence avec l'application de mesures de gestion durables
- L'impossibilité d'exportation de matériaux par voie maritime, directement depuis le site (les données bathymétriques collectées révèlent de hauts fonds dans ce secteur, incompatibles avec le chargement en bateau des terres qui seront extraites lors des travaux de terrassement).

Les solutions de gestion des déblais « sur site » ont été privilégiées pour minimiser au maximum les exportations de matériaux.

Les solutions « sur site » retenues, parmi les procédés physiques, chimiques, biologiques et thermiques existants et éprouvés, consistent en des solutions de réemploi, confinement, stabilisation/solidification et/ou pythostabilisation sur site, sélectionnées en fonction de la qualité mécanique et chimique des sols en place connue, des futurs déblais et des structures existantes.

L'objectif principal de cette analyse est de donner des premières orientations, sur la base des investigations réalisées et des plans de projet retenus au stade d'Avant-Projet. Celles-ci seront amenées à être complétées en fonction de l'évolution du projet.

L'estimation des volumes de déblais / remblais, transmis par l'équipe projet, met en évidence :

- un volume de 14700 m³ de déblais prévu sur la parcelle B (soit 1/3 du volume du crassier), avec un besoin en remblais pour l'aménagement de la même parcelle de 5800 m³.
- Sur les parcelles A et C, le volume total de matériaux terrassés est estimé à 24700 m³ avec un volume de remblaiement de 21600 m³¹³.

Sur la base des données disponibles (qualité chimique, granulométrie, ...) 2 hypothèses (plus ou moins majorantes) de répartition des cubatures et orientations ont été bâties.

Par ailleurs les 2 scénario de gestion ont tenu compte des attentes des riverains en terme de limitation du trafic, mais également des contraintes du site et risques potentiels liés aux opérations d'aménagement :

- Au regard du Risque « Poussières » lié au terrassement, les mesures suivantes sont retenues : mise en place de phasage de chantier, méthodologie de terrassement en fonction de la vitesse du vent, utilisation de brumisation avec agents tensio-actifs spécifiques, opérations de criblage en milieu confiné (tente de confinement), convoyage des matériaux de la parcelle B par le tunnel existant jusqu'à la zone confinée, nettoyage systématique des roues des engins et balayage régulier, surveillance environnementale de la qualité de l'air au moyen de prélèvements de poussières (jauges OWEN et plaquettes de dépôts), mais également de PM_{2,5} susceptibles d'être générées lors des opérations de terrassement. Le Maître d'Ouvrage prévoit d'être assisté par ATMOSUD pour le dimensionnement de la surveillance ainsi que sa réalisation en phase travaux
- Au regard du Risque « Ruissellement » en cas d'épisode pluvieux, les mesures suivantes sont retenues : Gestion des eaux par un système de récupération dédié, Traitement par décantation en bassin(s) (existant(s) sur site) et recyclage des eaux stockées ou rejet avec contrôle préalable.

Sur cette base les 2 scénarios retenus et étudiés selon la démarche de Bilan « coûts-avantages » sont :

- Scénario 1 : excavation (intégrant les mesures de gestion détaillées dans le paragraphe précédent), tri granulométrique sous tente et orientation en filière de traitement adaptée des matériaux criblés, dont le coût de gestion a été estimé sur la base des hypothèses et selon les limites détaillées dans le paragraphe 6.3.8 à une enveloppe de 12 à 14,4 M€H.T.
- Scénario 2 : excavation (intégrant les mesures de gestion détaillées dans le paragraphe précédent), tri granulométrique sous tente et gestion on site selon le descriptif des traitements et confinement retenus en paragraphe 6.3.3.1., dont le coût de gestion a été estimé sur la base des hypothèses et selon les limites détaillées dans le paragraphe 6.3.8 à une enveloppe de 8,2 à 9 M€H.T.

¹³ Ce dernier volume de remblaiement intègre, outre les besoins en remblais pour l'aménagement, les volumes de source à mettre en sécurité avec la prise en compte de 1500 m³ dans la cheminée rampante et 750 m³ dans les carneaux bas.

De plus, une étude spécifique du cas particulier du crassier de la parcelle B a été réalisée selon une hypothèse alternative de gestion de 100% des déchets constitutifs du crassier sur la parcelle B a également été étudiée : la gestion des 41 600 m³ de déchets, nécessiterait un coût de gestion en filière(s) autorisée(s) de 15 000 à 16 000 k€H.T. (hors terrassement et mesures de gestion des eaux et poussières). Au regard du projet de réhabilitation de la parcelle B, la solution de gestion de l'intégralité du volume de déchet ne constitue pas une solution réaliste de dépollution. En effet, l'équilibre de l'opération de requalification de la parcelle B est trouvé en purgeant 1/3 du volume du crassier, en intégrant les contraintes urbanistiques et des attentes de la Collectivité (création d'aménagements publics et limitation des trafics en phase travaux).

L'analyse des scénarios a été réalisée sur la base d'un Bilan coûts-avantages par une analyse multicritères (conforme au guide ADEME de mars 2017). L'analyse multicritères (AMC) permet de comparer plusieurs scénarios de gestion de façon quantitative, par le biais de critères pondérés et de notations des scénarios, en tenant compte des 5 familles de critères de notation retenues (critères techniques et normatifs, critères économiques, critère environnementaux, critères socio-politiques et critères juridiques et réglementaires).

L'analyse multicritères aboutit à un score global plus élevé pour le scénario 2, traduisant un niveau d'adéquation avec le contexte de gestion plus important, ce qui a été conforté par les tests de sensibilité qui ont été réalisés sur les pondérations ainsi que les notations attribuées par sous-critères.

9.14 Analyse des Risques Résiduels

L'analyse des risques Résiduels sur la base de la connaissance de l'état des milieux à ce stade permet de mettre en évidence une compatibilité de l'état des milieux avec les usages projetés pour le risque par inhalation dans des bâtiments de plain-pied au droit des parcelles A et C.

Par ailleurs, la mise en place des mesures de gestion et dispositions constructives retenues à ce stade dans le cadre des deux scénarios de gestion étudiés permettra de supprimer les voies de transfert et d'exposition, il s'agit principalement de :

- La mise en place de recouvrement de surface et encapsulation sur l'ensemble des parcelles C, B et A sur son secteur Nord, pour supprimer le risque d'exposition par contact direct des futurs usagers du site ;
- Le maintien du couvert végétal (pour limiter les envols de poussières) dans le secteur Sud de la parcelle A, qui correspond à un espace de végétation spontanée, assimilable à la configuration de l'espace naturel des Calanques, plus éloigné des futurs logements et à usage futur de promenade. Des opérations de traitement par phytostabilisation sont prévues¹⁴ sur ce secteur Sud
- Le confinement de la masse de déchets résiduelles qu'il est prévu de laisser en place dans le cadre des opérations d'aménagement sur la parcelle B, afin de supprimer les voies de transfert au sable de la plage et au milieu marin
- L'aménagement, dans des sols non impactés ou dans un lit de matériaux d'apports sains, des réseaux d'adduction d'eau pour supprimer tout risque d'ingestion d'eau potable pour les futurs usagers du site ;
- La restriction de l'usage potager à des cultures hors sols uniquement sur l'emprise du projet (autoproduction autorisée exclusivement en bac déconnectés des sols en place).
- Le confinement des encroûtements dans la cheminée rampante aérienne (remplissage de la cheminée par coulis (solidification/stabilisation de déblais impactés) qui permet de supprimer le risque par contact direct des promeneurs dans les Calanques (seule solution permettant de garantir l'absence d'intrusion dans les cheminées)

Remarque : La mise en place de traitement par phytostabilisation dans les sols de surface à proximité du linéaire de la cheminée rampante et au pied de la cheminée haute, est également prévu, afin de permettre de réduire la mobilité des polluants métalliques, en cohérence avec les actions en cours.

Conformément aux préconisations du guide de la DGPR, un dossier de Servitudes d'Utilités Publiques sera mis en œuvre dans le cadre des deux scénarios de gestion étudiés. Les restrictions porteront sur les usages et activités possibles et préciseront que tout autre usage selon les secteurs sera soumis à études complémentaires préalables. Les objets sur lesquels elles porteront consisteront notamment en :

- L'interdiction de réaliser toute activité qui pourrait endommager un confinement mis en œuvre sur site,
- L'obligation de mettre en place une couverture par des matériaux d'apport sains (ne présentant pas de risque pour la santé des futurs usagers), d'implanter et d'entretenir un couvert végétal,
- L'interdiction de mettre en place des jardins potagers sur site en pleine terre (seuls des cultures en bac déconnectés des sols du site pourront être mises en œuvre,
- L'installation des canalisations d'eau potable en dehors des zones impactées ; le cas échéant, elles devront être métalliques et mises en place dans une tranchée de matériaux d'apport chimiquement inertes,

¹⁴ Actions sur le secteur Sud de la parcelle A, en cohérence avec les actions en cours dans le Parc des Calanques. L'accès au secteur Sud de la parcelle A sera limité par une clôture pendant la phase de pilote et d'évaluation de la performance de la technique de phytostabilisation.

9.2 Conclusions

C'est sur la base de l'ensemble des investigations réalisées sur le site et du projet de requalification, que l'évaluation des mesures de gestion a pu être établie. Cette évaluation tient compte, des aspects techniques, financiers, mais également du contexte local, des contraintes urbanistiques et des attentes de la Collectivité (limitation de la surface bâtie, création d'aménagements publics, limitation des trafics en phase travaux, chantier durable).

Sur cette base, les mesures de gestion retenues permettent la mise en sécurité des parcelles (vis-à-vis de l'environnement et des futurs usagers sur site et riverains hors site) et l'équilibre de l'opération de requalification. Elles consistent en :

- La mise en œuvre d'une manière privilégiée de mesures de gestion « sur site », permettant de limiter le trafic et les nuisances induites,
- L'extraction et l'évacuation en filière(s) autorisée(s) des pollutions concentrées identifiées dans les sols de surface en hydrocarbures, cyanures et mercure
- Parcelle B :
 - o Le terrassement de 1/3 du volume du crassier sur la parcelle B (correspond à plus de 95% à des remblais issus des activités les plus récentes) et la gestion de 76% du volume terrassé sur site (traitement par stabilisation/solidification et réemploi sous confinement).
 - o Confinement des 2/3 du volume résiduel de déchets laissés en place et gestion des eaux de ruissellement pour limiter la voie de transfert aux milieux
 - o Mise en sécurité mécanique du secteur et des constructions avoisinantes
- Parcelles C et A sur le secteur Nord :
 - o Le terrassement de 24700 m3 de matériaux pour l'aménagement et le reprofilage du terrain, correspondant essentiellement à des matériaux compris dans les 2 premiers mètres de sol, dont 64% des matériaux seront gérés sur site (recyclage des déblais réemployés et confinés).
 - o Recouvrement de l'intégralité des sols de surface sur les parcelles C et A sur le secteur Nord
- Parcelle A sur le secteur Sud :
 - o Pas d'opérations de terrassement prévues pour l'aménagement et le reprofilage du terrain, hors purge ponctuelles de pollutions concentrées dans les sols de surface.
 - o Maintien du couvert végétal (pour limiter les envois de poussières) sur le secteur éloigné des futurs habitations et voué à un usage de promenade. Réalisation d'opérations de phytostabilisation en cohérence avec les actions en cours dans le Parc des Calanques. L'accès au secteur Sud de la parcelle A sera limité par une clôture pendant la phase de pilote et d'évaluation de la performance de la technique de phytostabilisation.
- Cheminée rampante : confinement des encroutements par injection des matériaux traités par stabilisation/solidification, permettant de supprimer le risque par contact direct des promeneurs dans les Calanques (seule solution permettant de garantir l'absence d'intrusion dans les cheminées)
- Mise en place de servitudes et de restrictions d'usages sur les différentes parcelles en fonction des mesures de gestions retenues.

Notons que des études complémentaires de conception (détaillées dans le paragraphe de préconisations ci-dessous) sont nécessaires afin de valider la traitabilité et la faisabilité des techniques retenues (stabilisation/solidification et phytostabilisation), de définir les mesures de gestion idoines au niveau de la cheminée rampante sur son linéaire enterré ainsi que des carneaux bas enterrés, et enfin, d'étudier la stabilité des ouvrages historiques, le dimensionnement du système de gestion des eaux météoriques en phase chantier, la méthodologie de terrassement et de brumisation, la solution de gestion des poussières sous tente ou dans le bâtiment 1, le système de gestion des poussières, les phasages induits, ...:

Enfin, et avant toute validation définitive, la communication et la concertation avec les riverains, la collectivité et les services de l'État, étape par étape, garantira la bonne prise en compte des attentes et l'acceptation sociétale des travaux et aménagements à vocation public et privé.

9.3 Préconisations

9.3.1 Etudes complémentaires et Plan de Conception de travaux

9.3.1.1 Sources cheminée horizontale sur son tronçon enterré sur site et cameaux bas

Des investigations complémentaires ciblées sur les ouvrages devront être réalisées, dans le cadre du PCT.

Sur la base des investigations complémentaires qui seront réalisées (campagnes de prospections géophysiques, voir des investigations de découverte des ouvrages à la pelle mécanique) au niveau des structures historiques, des mesures de gestion seront étudiées. Des opérations de démolition et extraction de la cheminée sur son linéaire souterrain, comme des cameaux enfouis ne sont pas recommandées au regard du caractère peu lixiviable des substances en présence, de la forte propension à l'envol potentiel des encroutements de parois en cas de démolition pour extraction (dans le contexte urbain dense, soumis au vent compte tenu du niveau de concentration en ETM des encroutements). Les investigations complémentaires et particulièrement la validation du caractère peu à pas lixiviable des anomalies connues au droit et aux abords des structures historiques, permettront l'analyse des mesures de gestion idoines, qui comprendront une solution d'injection dans les vides de la cheminée et une solution de maintien sur site avec l'instauration de servitudes et de conservation en mémoire. La faisabilité des solutions envisagées devra faire l'objet d'études dédiées dans le cadre du PCT.

9.3.1.2 Zones de terrassement et d'aménagement en général dans le cadre du projet à l'étude

Dans le cadre de la gestion des futurs déblais, un tri préalable complémentaire est recommandé préalablement aux travaux afin de fiabiliser les volumes, optimiser les orientations et les dimensionner les mesures de gestion.

Par ailleurs, au regard des contraintes d'accès à certains secteurs du site, des contraintes d'intervention et de l'échelle d'étude (maillage), certaines zones n'ont pu être investiguées (notamment la zone du parc à cuve). Des investigations complémentaires sont préconisées au niveau de ces secteurs afin de réduire les incertitudes associées.

Une campagne complémentaire de contrôle des gaz du sol est préconisée, conformément au guide des bonnes pratiques, au regard de la variabilité de ce milieu, afin de valider l'état du milieu est l'analyse des risques.

Géotechnique et géophysique sur la zone des remblais parcelle A nord

9.3.2 Essais de faisabilité

Dans le cas du traitement par stabilisation/solidification des essais pilotes devront être réalisées pour dimensionner et valider l'efficacité de la technique retenue selon les signatures chimiques par lot de matériaux. Ces essais seront intégrés au Plan de conception de travaux.

De la même manière, des études spécifiques d'évaluation de la faisabilité pour la mise en œuvre des opérations de phytostabilisation sur le site seront réalisées par les équipes scientifiques de l'IMBE (tests pilote, dimensionnement, ...). En fonction de la temporalité d'étude, les résultats pourront être intégrés dans le Plan de Conception de travaux ou dans les études de conception détaillées.

9.3.3 Études de conception

Le Plan de Gestion vise à définir les mesures de gestion et dispositions constructives à mettre en place afin de gérer les sources de pollution et de garantir la compatibilité sanitaire et environnementale des sols du site avec le projet d'aménagement envisagé. Il ne peut, toutefois, se substituer, à une conception fine des travaux de réhabilitation.

Nous soulignerons particulièrement la nécessité de réaliser les études de stabilité des ouvrages historiques pour étude de la faisabilité des mesures de gestion envisagées (stabilisation/solidification par injection), procéder à leur dimensionnement. Il en est de même concernant le dimensionnement du système de gestion des eaux météoriques en phase chantier (avec analyse cas par cas au titre de la loi sur l'eau), de la méthodologie de terrassement, de brumisation, de la mesure de gestion des poussières sous tente ou dans le bâtiment 1, du système de gestion des poussières, des phasages induit, ...

Enfin, la communication et la concertation avec les riverains, la collectivité et les services de l'Etat étape par étape, garantira la bonne prise en compte des attentes et l'acceptation sociétale des travaux et aménagements à vocation public et privé.

9.3.4 Analyse des Risques Résiduels

Une analyse des risques résiduels devra confirmer la compatibilité du site avec son usage à l'issue des travaux sur la base des concentrations mesurées de manière résiduelle dans les sols et éventuellement dans les gaz des sols en fonction des résultats de la deuxième campagne ainsi qu'en cas de découverte lors des travaux d'aménagement.

9.3.5 Axes d'optimisation

Au regard des enjeux financiers, il apparaît nécessaire de poursuivre la réflexion sur les axes d'optimisation des mesures de gestion des pollutions concentrées et des futurs déblais :

- Optimisation du réemploi sur site
Le projet permet actuellement un réemploi de matériaux, mais les volumes de déblais excédentaires restent importants. Une amélioration de la balance déblais/remblais est ainsi à l'étude.
- Réemploi hors site
La possibilité de réemploi hors site peut être étudiée à condition qu'un site d'accueil localisé à faible distance, nécessitant l'utilisation de matériaux dans le cadre de son projet d'aménagement ou de sa mise en sécurité et répondant aux guides de réemploi puisse être trouvé.
Au regard du contexte du site, des solutions de mise en sécurité pourraient être étudié particulièrement au niveau de l'ancien site industriel de l'Escalette et stockages de déchets existants localement.

9.4 Limite de l'étude

La présente étude a été réalisée dans la limite des investigations réalisées jusqu'à présent. Les hypothèses d'estimation des cubatures sont basées sur les ventilations en déblais et remblais transmises par l'équipe projet. Les mesures de gestion constituent des principes qui seront validés et dimensionnés dans le détail au travers des études de conception.

La présente étude n'est valable que pour les aménagements et usages pris en compte. Le schéma conceptuel d'exposition devra être adapté en conséquence afin de réaliser une nouvelle étude de risques, et de mettre en place un plan de gestion en adéquation avec le nouvel aménagement proposé pour le site, si une modification de son usage et/ou de sa configuration (par rapport à l'usage tel qu'il a été pris en compte dans le présent rapport) était envisagée.

L'étude et les conclusions sont élaborées en l'état actuel des données réglementaires et des valeurs de bruit de fond (valeurs de comparaison), scientifiques (valeurs toxicologiques de référence) et techniques (méthodes de prélèvements et d'analyses notamment). Elles reposent donc sur les connaissances disponibles au moment de la rédaction de la présente étude.

Marie-Odile KHIAT - PAUL
Chef de Projet

A N N E X E S

A1. RAPPORT DE DIAGNOSTIC COMPLEMENTAIRE (référéncé 17LES038Aa/ENV/MOK /BT/42333)

A2. CONSTATS DE TERRAIN DE 2018

A3. CARTOGRAPHIES EN PLAN ET COUPES DE LA PARCELLE B ET SYNTHESE DES CUBATURES

A4. EVALUATION QUANTITATIVES DES RISQUES SANITAIRES (EQRS)

A5. PROJET D'AMENAGEMENT RETENU DANS LE CADRE DU PLAN DE GESTION

A6. SYNTHESE DES CUBATURES ET DES ORIENTATIONS

A7. ARRETES PREFECTORAUX DES FILIERES RETENUES AU STADE DU PLAN DEGESTION

A8. CONDITIONS GENERALES DE VENTE

| | |
|-----------|---|
| A1 | RAPPORT DE DIAGNOSTIC COMPLEMENTAIRE (référéncé 17LES038Aa/ENV/MOK/BT/42333) |
|-----------|---|



**SOCIETE FRANÇAISE
DES PRODUITS TARTRIQUES
MANTE (SFPTM)**

**ANCIEN SITE LEGRE MANTE
 ROUTE DE LA MADRAGUE MONTREDON
 MARSEILLE (13008)**

**DIAGNOSTIC COMPLEMENTAIRE PARCELLES A, B ET C
 INVESTIGATIONS DES MILIEUX SOLS, EAUX SUPERFICIELLES, SEDIMENTS ET GAZ DES SOLS**

FICHER : W:\Environnement\Dossiers en cours\LYON\DOSSIER 2017\17LES038Ab_GINKGO_IEM_MARSEILLE 13\RAPPORT\VPRO\DIAGNOSTIC\17LES037Ab_Rapport DIAG_VDef.docx

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------|------------------|------------|-----------------------|----------|------------|--------------------|----------|------------------|------------|-------------------------------------|------------------|
| N° DOSSIER | 17 | LES | 038 | A | b | ENV | MBu | - | PIECE | 1/1 | AGENCE | MARSEILLE |
| | | | | | | | N. SOULET | | | | | |
| | 42332 | | | | | | N. SOULET | | 7 | | | |
| 07/11/18 | VPRO | M. BONNEAU | | MO. KHIAT | | | N. SOULET | | 149 +ann | | PREMIERE DIFFUSION | |
| DATE | CHRONO | REDACTEUR | | CHEF DE PROJET | | | SUPERVISEUR | | nb. pages | | MODIFICATIONS - OBSERVATIONS | |

ENVIRONNEMENT-DECHETS-POLLUTION-EAU-SONDAGES-GEOLOGIE-GEOTECHNIQUE

Agence de MARSEILLE : 59 avenue André Roussin 13016 MARSEILLE - Tél. 04 95 06 90 66 - Fax 04 91 03 65 58
ERG ENVIRONNEMENT - S.A.S AU CAPITAL DE 40 000 € - SIRET 440 245 314 00032 - CODE NAF 7112B - RC MARSEILLE 2002600789

| | | | | | | | |
|--|---|--|---|---|---|---|---|
| TOLLON (Siège social) 04 94 11 04 90 le-seyne@erg-sa.fr | HAUTS DE FRANCE 03 21 04 46 92 agence-nord@erg-sa.fr | MONTPELLIER 04 34 17 35 11 montpelier@erg-sa.fr | LYON 04 72 90 97 71 lyon@erg-sa.fr | MARSEILLE 04 95 06 90 66 environnement@erg-sa.fr | NANCY 03 83 25 09 02 nancy@erg-sa.fr | BORDEAUX 05 56 11 77 28 bordeaux@erg-sa.fr | NICE 04 93 72 90 00 nice@erg-sa.fr |
|--|---|--|---|---|---|---|---|



www.ina.fr

SYNTHESE NON TECHNIQUE

| | |
|--|--|
| NOM SITE | ANCIEN SITE LEGRE MANTE |
| NOM CLIENT | Société Française des Produits Tartriques Mante (SFPTM) |
| N° DOSSIER | 17LES038Ab |
| TYPE D'ETUDE | Diagnostic environnemental complémentaire des Parcelles A, B et C. Investigations des milieux sols, eaux superficielles, sédiments et gaz des sols. |
| CODE NF 31-620 | A200 – A220 – A230 |
| ADRESSE | 162 avenue de la Madrague de Montredon – 13 008 MARSIELLE |
| SUPERFICIE | 8.4 ha |
| CONTEXTE OBJECTIFS PROJET | Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une requalification de l'ancien site industriel pour l'aménagement d'un ensemble immobilier, ainsi que pour la gestion du crassier existant aujourd'hui rattaché à l'usine, et répond aux exigences de l'Administration dans l'Art. 2 du projet d'arrêté préfectoral transmis le 04/07/2017. Ce diagnostic complémentaire a été réalisé afin de synthétiser et de compléter les données existantes sur le site dans le but d'élaborer un Plan de Gestion (PG) du site en adéquation avec le projet d'aménagement considéré (objet d'un rapport distinct référencé 17LES038Aa/ENV/MOK/BT/42333). |
| OCCUPATION ACTUELLE | L'ancien site LEGRE MANTE s'étend sur une superficie d'environ 8,5 ha que l'on peut décomposer en 3 parcelles de la façon suivante, du sud au nord : <ul style="list-style-type: none"> - Parcelle A : 5 ha environ de terrain soit « naturel » (parties sommitales du site) soit ayant fait l'objet d'une exploitation industrielle ancienne (des infrastructures de l'ancienne cheminée et les carneaux de la fonderie historique sont toujours en place), - Parcelle C : 2,7 ha environ ayant fait l'objet d'une exploitation industrielle récente (bâtiments, voiries et installations de traitement des eaux usées), - Parcelle B : 0,7 ha environ de terrain remblayé en surplomb de la mer, de l'autre côté de l'avenue de la Madrague par rapport au site industriel. |
| SYNTHESE DE L'HISTORIQUE | Le site de la S.A.S. LEGRE-MANTE ETABLISSEMENT a abrité en particulier : <ul style="list-style-type: none"> - une usine de traitement de plomb argentifère et de zinc par natrométallurgie et fabrication de soude (1875-1883 : Hilarion-Roux) ; - un site de production d'acide tartrique et d'acide sulfurique (LEGRE-MANTE 1888 à 2009). L'étude historique a permis de détailler les procédés industriels employés par l'usine et de recenser et localiser les sources potentielles de pollution associées. |
| PRINCIPAUX COMPOSES RECHERCHES | Les composés recherchés sont les métaux lourds de manière quasi systématique et les composés organiques (HCT, HAP, BTEX, PCB, COHV) dans une moindre mesure et de manière logique au droit des Sources Potentielles de Pollution identifiées sur le site. |
| INVESTIGATIONS DE TERRAIN | En compléments des investigations réalisées dans le cadre des 5 études antérieures sur les Parcelles A et C et compte tenu de l'historique et des sources potentielles de pollution identifiées au droit du site, ERG ENVIRONNEMENT a réalisés les investigations complémentaires suivantes : <ul style="list-style-type: none"> - au droit des parcelles A et C : <ul style="list-style-type: none"> ➢ 86 sondages à la pelle mécanique ; ➢ 9 sondages à la tarière mécanique ; ➢ 34 sondages dont 15 équipés en piézairs ; ➢ 36 prélèvements à la tarière manuelle. - au droit de la Parcelle B : <ul style="list-style-type: none"> ➢ 2 sondages à la tarière mécanique, ➢ 8 sondages carottés. - dans les cheminées sur site : 6 prélèvement et analyses d'encroutements. Les investigations ont mises en évidence la présence de remblais reposant sur des sables puis du calcaire parfois fracturé et altéré sur les parcelles A et C. La Parcelle B est caractérisée par la présence de remblais de nature variée reposant sur des sables et du calcaire : remblais de « démolition » mélangés avec des remblais de type industrie « chimique » et des remblais de type Industrie « métalliques ». Un réseau de 15 piézairs a été mis en place au droit du site. Une campagne de prélèvements de gaz des sols a été réalisée les 30 et 31 août 2018. Conformément au schéma conceptuel d'exposition les milieux eaux souterraines et eaux superficielles n'apparaissent pas pertinents d'un point de vue de l'exposition des futurs usagers sur site et hors site. |

| | |
|---|---|
| PRINCIPALES CONCLUSIONS | <p>La synthèse documentaire et historique, ainsi que les investigations complémentaires ont permis de mettre en évidence la présence d'ouvrages associés aux process historiques et de déchets : la cheminée verticale, la cheminée rampante et les carneaux bas, ainsi que les remblais du crassier Est et les remblais pour le crassier Ouest (comprenant des matériaux de type industrie métallique en profondeur).</p> <p>Les modalités de gestion de ces ouvrages et déchets identifiés sur le site sont étudiées dans le cadre du Plan de Gestion du site.</p> <p>Les résultats analytiques au droit du site mettent en évidence un marquage des sols essentiellement par les métaux lourds qui s'avèrent peu à pas lixiviables.</p> <p>L'arsenic et le plomb présentent par un bruit de fond marqué et étendu dans les sols à l'échelle des parcelles A et C. Ils peuvent dans ce cadre être retenus comme traceurs des ETM.</p> <p>Les autres ETM (Cu, Zn et Cd principalement) sont des « accompagnants » des traceurs arsenic et plomb, retrouvés selon une logique de distribution identique et d'une manière prépondérante au droit des sources Pb et As.</p> <p>Le mercure se singularise des autres ETM par le fait que quelques teneurs ponctuelles dans les sols sont très largement supérieures aux valeurs de référence retenues.</p> <p>Les composés organiques sont présents de manière très ponctuelle et localisée.</p> <p>Les cyanures sont retrouvés dans les sols en profondeur à proximité immédiate des carneaux du site.</p> <p>Les résultats mettent en évidence un transfert limité des composés volatils vers les gaz du sol. Bien que les teneurs enregistrées dans les gaz des sols soient faibles, une évaluation spécifique des risques sanitaires sera réalisée dans le cadre du Plan de Gestion, afin de confirmer la compatibilité de l'état des gaz des sols avec l'usage projeté de bâtiment de plain-pied à usage de logement.</p> |
| PRINCIPALES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS | <p>Sur la base des conclusions du diagnostic complémentaire (intégrant l'ensemble des investigations réalisées sur le site à ce jour) et conformément aux prescriptions de l'arrêté préfectoral de 2017, l'établissement d'un Plan de Gestion est nécessaire afin de définir les modalités de gestion des sources de pollution situées sur le site.</p> <p>Le Plan de Gestion définira les pollutions concentrées sur le site, et tiendra compte du projet de reconversion, mais également des contraintes environnementales et des attentes de la Collectivité, pour le dimensionnement des mesures de gestion, qui seront in fine validées par un bilan coûts-avantages et une Analyse des Risques Résiduels spécifique.</p> <p>Rappelons que le Plan de Gestion doit être élaboré, avec bon sens, sur la base d'un projet d'aménagement, dans une perspective de développement durable et de bilan environnemental global.</p> <p>Il est préconisé de réaliser une seconde campagne de prélèvement des gaz des sols, afin de conforter les résultats de la première campagne.</p> |

Cette synthèse non technique, volontairement simplificatrice, fait partie intégrante et est indissociable de notre rapport. Pour une bonne compréhension du présent document, une lecture intégrale de ce dernier est nécessaire.

S O M M A I R E

LISTE DES ABREVIATIONS

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCTION | 9 |
| 1.1 CADRE DE L'ETUDE | 9 |
| 1.2 CADRE DE LA MISSION « DIAGNOSTIC DE POLLUTION DES SOLS » | 10 |
| 1.3 LISTE DES PRINCIPAUX RAPPORTS ET DOCUMENTS CONSULTES | 11 |
| 2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE | 12 |
| 2.1 CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA ZONE D'ETUDE | 12 |
| 2.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE ET TOPOGRAPHIQUE | 13 |
| 2.3 PRESENTATION DU PROJET D'AMENAGEMENT | 14 |
| 2.4 SYNTHESE DU CONTEXTE ENVIRONNEMENTALE | 15 |
| 3. ETUDE DE L'HISTORIQUE DU SITE LEGRE MANTE (PARCELLES A, B ET C) | 17 |
| 3.1 FONDERIE ET AFFINAGE DE PLOMB ET DE ZINC HILARION–ROUX, 1875-1883 | 17 |
| 3.1.1 HISTORIQUE DES PROCEDES UTILISES PAR LES USINES A PLOMB DANS LES CALANQUES EN GENERAL ET DANS L'USINE DE MONTREDON PLUS SPECIFIQUEMENT | 18 |
| 3.1.2 DECHETS ET POLLUTIONS POUVANT ETRE GENEREES PAR LES ACTIVITES DE TRAITEMENT DES GALENES ET DES PLOMBES ARGENTIFERES | 21 |
| 3.1.2.1 Process de traitement | 21 |
| 3.1.2.2 Dispositif de condensation et d'évacuation des fumées | 21 |
| 3.2 USINE D'ACIDE TARTRIQUE ET DE CREME DE TARTRE LEGRE-MANTE, 1888 -2009 | 26 |
| 3.2.1 PROCESS TARTRIQUE SUR LE SITE LEGRE MANTE | 27 |
| 3.2.2 FABRICATION D'ACIDE SULFURIQUE SUR LE SITE LEGRE MANTE | 27 |
| 3.2.3 AUTRES ACTIVITES D'ACIDE CHLORHYDRIQUE ET D'ACIDE CITRIQUE SUR LE SITE LEGRE MANTE | 28 |
| 3.2.4 SOURCES POTENTIELLES DE POLLUTION ET POLLUANTS CARACTERISTIQUES ASSOCIES | 32 |
| 3.3 PHOTOGRAPHIES AERIENNES HISTORIQUES | 35 |
| 3.4 INSTALLATIONS CLASSEES POUR L'ENVIRONNEMENT (ICPE) RECENSEES SUR LE SITE LEGRE MANTE | 43 |
| 3.5 DESCRIPTION DE L'ACTIVITE ET DE L'OCCUPATION ACTUELLE | 47 |
| 3.5.1 ASPECT REGLEMENTAIRE | 47 |
| 3.5.2 SITUATION ACTUELLE DU SITE DE L'ANCIENNE USINE LEGRE MANTE | 48 |
| 4. SYNTHESE DES SOURCES POTENTIELLES DE POLLUTION AU DROIT DU SITE | 49 |
| 4.1 SOURCES POTENTIELLES GENEREES PAR LES ACTIVITES HISTORIQUES DE L'ANCIENNE USINE LEGRE MANTE | 49 |
| 4.1.1 SOURCES POTENTIELLES DE POLLUTION HERITEES DES ACTIVITES HISTORIQUES DE TRAITEMENT DU PLOMB | 49 |
| 4.1.2 SOURCES POTENTIELLES DE POLLUTION HERITEES DES ACTIVITES HISTORIQUES D'ACIDE TARTRIQUE ET D'ACIDE SULFURIQUE | 52 |
| 4.2 SOURCES POTENTIELLES GENEREES PAR L'ACTIVITE ACTUELLE PRATIQUEE SUR L'EMPRISE DE L'ANCIENNE USINE | 54 |
| 4.3 SYNTHESE DES TRACEURS RETENUS | 55 |
| 5. MISE EN PLACE DU SCHEMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION INITIAL | 56 |
| 6. STRATEGIE DES INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES PROPOSEE | 59 |
| 7. CARACTERISATION DU MILIEU « SOLS » AU DROIT DES PARCELLES A ET C | 62 |
| 7.1 SYNTHESE DES DONNEES ANTERIEURES | 62 |
| 7.2 INVESTIGATIONS MISES EN ŒUVRE | 63 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 7.3 | COMPTE-RENDU DE TERRAIN | 65 |
| 7.4 | CRITERES D'INTERPRETATION DES RESULTATS | 66 |
| 7.5 | PRESENTATION DES RESULTATS OBTENUS ET INTERPRETATION POUR LES TENEURS EN ETM | 69 |
| 7.5.1 | CHROME | 70 |
| 7.5.2 | NICKEL | 72 |
| 7.5.3 | MERCURE | 74 |
| 7.5.4 | CUIVRE | 77 |
| 7.5.5 | ZINC | 80 |
| 7.5.6 | CADMIUM | 83 |
| 7.5.7 | ARSENIC | 86 |
| 7.5.8 | PLOMB | 89 |
| 7.5.9 | SYNTHESE DES 8 METAUX LOURDS | 92 |
| 7.6 | PRESENTATION DES RESULTATS OBTENUS ET INTERPRETATION POUR LES TENEURS EN COMPOSES ORGANIQUES | 94 |
| 7.6.1 | HCT | 94 |
| 7.6.2 | HAP | 98 |
| 7.6.3 | PCB | 101 |
| 7.6.4 | COHV | 102 |
| 7.6.5 | BTEX | 102 |
| 7.7 | PRESENTATION DES RESULTATS OBTENUS ET INTERPRETATION POUR LES TENEURS EN AUTRES COMPOSES | 103 |
| 7.7.1 | CYANURES LIBRES ET TOTAUX | 103 |
| 8. | CARACTERISATION DU MILIEU « SOLS » AU DROIT DE LA PARCELLE B | 107 |
| 8.1 | SYNTHESE DES DONNEES ANTERIEURES | 107 |
| 8.2 | INVESTIGATIONS MISES EN ŒUVRE | 110 |
| 8.3 | COMPTE-RENDU DE TERRAIN | 112 |
| 8.4 | INTERPRETATION DES DONNEES DE TERRAIN – CONFIGURATION 3D DU CRASSIER | 116 |
| 8.5 | PROGRAMME ANALYTIQUE MIS EN ŒUVRE | 119 |
| 8.6 | RESULTATS DES ANALYSES EN METAUX LOURDS SUR LES DIFFERENTS MATERIAUX DU CRASSIER | 120 |
| 9. | CARACTERISATION DES CHEMINEES SUR SITE | 124 |
| 9.1 | INVESTIGATIONS MISES EN ŒUVRE | 124 |
| 9.2 | COMPTE-RENDU DE TERRAIN | 129 |
| 9.3 | PROGRAMME ANALYTIQUE MIS EN ŒUVRE POUR LA CARACTERISATION DES SOURCES | 131 |
| 9.4 | RESULTATS DES ANALYSES EN METAUX LOURDS SUR LES ENCROUTEMENTS DE CHEMINEE | 131 |
| 10. | INVESTIGATIONS DES GAZ DU SOL | 134 |
| 10.1 | STRATEGIE D'INVESTIGATION DE L'AIR DU SOL | 134 |
| 10.2 | MISE EN PLACE DES PIEZAIRS | 135 |
| 10.3 | PROTOCOLE DE PRELEVEMENT | 135 |
| 10.4 | MESURES SUR SITE | 138 |
| 10.5 | CRITERES D'INTERPRETATION DES RESULTATS D'ANALYSES D'AIR | 139 |
| 10.5.1 | CRITERES D'INTERPRETATION DES RESULTATS D'ANALYSES DES GAZ DU SOL | 139 |
| 10.5.2 | CRITERES D'INTERPRETATION DES RESULTATS D'ANALYSES D'AIR AMBIANT | 139 |
| 10.5.2.1 | Comparaison aux valeurs de gestion | 139 |
| 10.5.2.2 | Comparaison indicative aux valeurs de bruit de fond existantes (OQAI) | 141 |
| 10.5.2.3 | Comparaison aux valeurs toxicologiques de référence (VTR) | 141 |
| 10.5.3 | RESULTATS DES ANALYSES DES GAZ DU SOL | 141 |
| 11. | SCHEMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION CONSTATEE | 143 |
| 12. | CONCLUSIONS ET PRECONISATIONS | 145 |
| 12.1 | CONCLUSIONS PRINCIPALES DU DIAGNOSTIC DE LA QUALITE DES MILIEUX SUR SITE | 146 |
| 12.2 | PRECONISATIONS | 148 |
| 12.2.1 | MISE EN SECURITE DU SITE | 148 |

| | | |
|--------|--------------------------------|-----|
| 12.2.2 | INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES | 148 |
| 12.2.3 | PLAN DE GESTION | 148 |
| 12.3 | LIMITE DE L'ETUDE | 148 |

| | |
|-----------------------------|------------|
| CONDITIONS GENERALES | 178 |
|-----------------------------|------------|

| | |
|-----------------------------|------------|
| SOMMAIRE DES ANNEXES | 149 |
|-----------------------------|------------|

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|------------|
| Tableau 1 - Liste des abréviations..... | 8 |
| Tableau 2 : Code Offres globales de prestations..... | 10 |
| Tableau 3 - Caractéristiques générales du site | 12 |
| Tableau 4 - Situation géographique et topographique..... | 13 |
| Tableau 5 – Synthèse des dispositifs d'évacuation des fumées dans les demandes d'autorisation d'usine à plomb dans les Calanques de Marseille (1851-1879) – Source : ADBdR, 410 U 81 | 22 |
| Tableau 6 - Synthèse des zones potentielles de pollutions héritées des activités historiques de traitement du Plomb..... | 50 |
| Tableau 7 - Synthèse des zones potentielles de pollutions héritées des activités historiques d'acide tartrique | 52 |
| Tableau 8 : Pertinence des différentes voies d'expositions potentielles sur site..... | 57 |
| Tableau 9 : stratégie d'investigation complémentaire détaillée pour la caractérisation des sources potentielles de pollution historiques | 60 |
| Tableau 10 : stratégie d'investigation complémentaire détaillée pour le dimensionnement d'anomalies mises en évidence par les campagnes antérieures | 61 |
| Tableau 11 - Teneurs totales en éléments traces dans les sols (France) – Gamme de valeurs « ordinaires » et d'anomalies naturelles | 67 |
| Tableau 12 : Valeurs de détection d'anomalies définies par le RMQS en mg/kg | 68 |
| Tableau 13 : Résultats des tests de lixiviation réalisés en 2011 par VALGO sur la parcelle B..... | 108 |
| Tableau 14 : Résultats des analyses réalisés en 2010 par ANTEA sur la parcelle B..... | 109 |
| Tableau 15 : Résultats des analyses en 8ML sur les prélèvements Crassier..... | 120 |
| Tableau 16 : Résultats des analyses en 8ML sur l'horizon entre remblais et substratum calcaire | 122 |
| Tableau 17 : Résultats des analyses en 8ML sur les prélèvements représentatifs des sources | 131 |
| Tableau 18 : Stratégie d'investigation du milieu air du sol..... | 134 |
| Tableau 19 : Principaux paramètres nécessaires au calcul des teneurs en substances dans l'air..... | 136 |
| Tableau 20 : Valeurs réglementaires pour le benzène | 139 |
| Tableau 21 : Valeurs guide air intérieur de l'ANSES et du HCSP | 140 |
| Tableau 22 : Données de l'observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur | 141 |
| Tableau 23 : VTR des hydrocarbures totaux | 141 |
| Tableau 24 - Teneurs quantifiées dans les gaz du sol | 142 |
| Tableau 25 : Pertinence des différentes voies d'expositions sur site..... | 144 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|-----|
| Figure 1 – Plan de localisation du site de l'ancienne usine LEGRE MANTE avec délimitation des parcelles A, B et C | 13 |
| Figure 2 : Esquisse du projet d'aménagement considéré..... | 14 |
| Figure 3 – Carte géologique des concessions de la Compagnie française des mines du Laurium (1875)..... | 19 |
| Figure 4 – Batterie de chaudières pour le traitement du Plomb d'œuvre à la soude de l'usine de la Madrague de Montredon (1882) – Source : BESMP, J 1882/2..... | 20 |
| Figure 5 - Plan général de l'usine de la Madrague de Montredon et de son condensateur (état en 1885)..... | 23 |
| Figure 6 – Extrait de plan de l'usine de la Madrague de Montredon focalisé sur les emprises de production (activités Pb) en date de 1885 | 24 |
| Figure 7 - Localisation de la propriété CANTEL ainsi que la partie endommagée par les fumées (Janvier 1878) – Source ADBdR 410 U 44..... | 25 |
| Figure 8 – Extrait de plan de fonctionnement du site joint à la demande d'autorisation du 24/10/1893 | 33 |
| Figure 9 – Plan de fonctionnement du site sur la parcelle A sur fond de plan des années 1990..... | 33 |
| Figure 10 – Plan de fonctionnement du site sur la parcelle C sur fond de plan des années 1990..... | 34 |
| Figure 11 – Localisation du site à l'étude sur fond de photographie aérienne historique de 1926..... | 36 |
| Figure 12 – Localisation du site à l'étude sur fond de photographie aérienne historique de 1943..... | 37 |
| Figure 13 – Localisation du site à l'étude sur fond de photographie aérienne historique de 1951..... | 38 |
| Figure 14 – Localisation du site à l'étude sur fond de photographie aérienne historique de 1969..... | 39 |
| Figure 15 – Localisation du site à l'étude sur fond de photographie aérienne historique de 1992..... | 40 |
| Figure 16 – Localisation du site à l'étude sur fond de photographie aérienne historique de 2003..... | 41 |
| Figure 17 – Localisation du site à l'étude sur fond de photographie aérienne récente | 42 |
| Figure 18: Localisation des zones potentielles de pollutions héritées des activités historiques de traitement du Plomb..... | 51 |
| Figure 19: Localisation des zones potentielles de pollutions héritées des activités historiques d'acide tartrique .. | 53 |
| Figure 20 : Histogramme des teneurs en Nickel pour la totalité des échantillons..... | 74 |
| Figure 21 : Histogramme des teneurs en Mercure pour la totalité des échantillons | 76 |
| Figure 22 : Histogramme des teneurs en Mercure inférieures à 10 mg/kg | 76 |
| Figure 23 : Histogramme des teneurs en Cuivre pour la totalité des échantillons | 79 |
| Figure 24 : Histogramme des teneurs en Cuivre inférieures à 4 000 mg/kg..... | 79 |
| Figure 25 : Histogramme des teneurs en Zinc pour la totalité des échantillons..... | 82 |
| Figure 26 : Histogramme des teneurs en Zinc inférieures à 4 000 mg/kg | 82 |
| Figure 27 : Histogramme des teneurs en Cadmium pour la totalité des échantillons | 85 |
| Figure 28 : Histogramme des teneurs en Cadmium inférieures à 10 mg/kg | 85 |
| Figure 29 : Graphique d'effectif cumulé des teneurs en Arsenic | 88 |
| Figure 30 : Histogramme des teneurs en Arsenic pour la totalité des échantillons..... | 88 |
| Figure 31 : Histogramme des teneurs en Arsenic inférieures à 1 000 mg/kg | 89 |
| Figure 32 : Graphique d'effectif cumulé des teneurs en Plomb | 91 |
| Figure 33 : Histogramme des teneurs en Plomb pour la totalité des échantillons | 91 |
| Figure 34 : Histogramme des teneurs en Plomb inférieures à 5 000 mg/kg | 92 |
| Figure 35 : Cartographie des concentrations en HCT dans les sols de surface | 94 |
| Figure 36 : Cartographie des concentrations en HCT dans les sols en profondeur..... | 95 |
| Figure 37 : Cartographie des concentrations en HAP dans les sols de surface | 98 |
| Figure 38 : Cartographie des concentrations en HAP dans les sols en profondeur..... | 99 |
| Figure 39 : Cartographie des concentrations en Cyanures totaux dans les sols de surface | 104 |
| Figure 40 : Cartographie des concentrations en Cyanures totaux dans les sols en profondeur..... | 104 |
| Figure 41: Implantation des sondages réalisées lors des études SOBESSOL (2000), ANTEA (2000) et VALGO (2011) – Figure extraite du rapport PG Parcelle B de VALGO-2011 | 107 |
| Figure 42: Implantation des sondages réalisées lors de l'étude ANTEA (2000) – Figure extraite du mémoire de réhabilitation de ANTEA 2010..... | 107 |
| Figure 43: Plan de localisation des investigations réalisées sur le crassier..... | 111 |
| Figure 44: Coupe transversale du crassier..... | 117 |
| Figure 45: Modèle 3D du crassier..... | 118 |
| Figure 46: Reportage photographique des investigations réalisées - cheminée verticale sur site..... | 124 |
| Figure 47: Plan de localisation des prélèvements réalisés – Cheminée rampante..... | 125 |
| Figure 48: Reportage photographique des investigations réalisées - cheminée rampante | 126 |
| Figure 49 : Cheminée rampante partie nord avec assise en brique | 127 |
| Figure 50 : Cheminée rampante partie sud constituée de deux niveaux..... | 127 |
| Figure 51 : Intersection de la cheminée par le Canal de Marseille | 127 |
| Figure 52 : Photographies des Carneaux haut en partie démolis et exposés aux vents et aux intempéries | 128 |

PRINCIPALES ABREVIATIONS EMPLOYEES

Tableau 1 - Liste des abréviations

| <i>Abrév.</i> | <i>Définition</i> |
|---------------|--|
| ATSDR | Agency for Toxic Substances and Disease Registry |
| BASIAS | Base des Anciens Sites Industriels et Activités de Service |
| BASOL | Base de données sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués |
| BDF | Bruit de fond |
| BTEX | Benzène, Toluène, Éthylène, Xylène |
| BRGM | Bureau de Recherches Géologiques et Minières |
| DJE | Dose Journalière d'Exposition |
| DJT | Dose Journalière Tolérable |
| DDT | Direction départementale des territoires |
| DIREN | Direction régionale de l'environnement |
| DREAL | Direction Régionale de l'environnement de l'aménagement et du logement |
| ELT | Environnement local témoin |
| ETMM | Éléments Traces Métallique et Métalloïdes |
| EQRS | Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires |
| ERI | Excès de Risque Individuel |
| ERU | Excès de Risque Unitaire |
| HAP | Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques |
| COHV | Composés Organo-Halogénés Volatils |
| HCT | Hydrocarbures Totaux |
| HC | Hydrocarbures |
| ICPE | Installations Classées Pour la Protection de l'Environnement |
| IGN | Institut géographique national |
| INERIS | Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques |
| INRA | Institut national de recherche agronomique |
| IR | Indice de Risque |
| ML | Métaux Lourds |
| NGF | Nivellement général de France |
| OEHHA | Office of Environmental Health Hazard Assessment : antenne californienne de l'US EPA |
| OMS | Organisation Mondiale de la Santé |
| PCBS | Polychlorobiphényles (pyralène) |
| Photo. | Photographie |
| PNR | Parc Naturel Régional |
| PPRI | Plan de Prévention du Risque Inondation |
| QD | Quotient de Danger |
| SAGE | Schéma d'aménagement et de gestion des eaux |
| SIC | Site d'Intérêt Communautaire |
| SPP | Sources potentielles de pollution |
| US EPA | United States Environmental Protection Agency |
| VTR | Valeur Toxicologique de Référence |

1. INTRODUCTION

1.1 Cadre de l'étude

La SFPT MANTE a sollicité ERG ENVIRONNEMENT pour la réalisation pour la réalisation d'un Plan de Gestion (PG) au droit des parcelles A, B et C de l'ancien site LEGRE MANTE, localisées dans le 8^{ème} arrondissement de la ville de MARSEILLE (13).

Le présent rapport présente le diagnostic complémentaire réalisé au droit des parcelles A, B et C du site de l'ancienne usine. Ce diagnostic complémentaire a été réalisé afin de synthétiser et de compléter les données existantes sur le site dans le but d'élaborer un Plan de Gestion (PG) du site en adéquation avec le projet d'aménagement considéré (objet d'un rapport distinct référencé 17LES038Aa/ENV/MOK/BT/42333).

Cette mission s'inscrit dans le cadre d'une requalification de l'ancien site industriel pour l'aménagement d'un ensemble immobilier, ainsi que pour la gestion du crassier existant aujourd'hui rattaché à l'usine.

Le périmètre de la mission d'ERG ENVIRONNEMENT répond aux exigences de l'Administration dans l'Art. 1.1 du projet d'arrêté préfectoral transmis le 04/07/2017, dans lequel le préfet des Bouches du Rhône prescrit :

« ...

- Art. 1 :

- o Article 1.1 - Interprétation de l'état des milieux (IEM)

La Société Française des Produits Tartriques Mante (SFPTM) est tenue de réaliser et de transmettre au préfet, dans un délai de 4 mois suivant la notification du présent arrêté, une étude d'interprétation de l'état des milieux (IEM), pour le site industriel LEGRE MANTE, conformément aux dispositions de la note ministérielle du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués mettant à jour les textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués.

Les modalités de cette étude, incluant son périmètre et la nature des investigations à mener, ainsi que le choix de l'organisme retenu pour la réaliser, seront soumis, dans un délai d'un mois suivant la notification du présent arrêté, à l'approbation de l'inspection de l'environnement.

- o Article 1.2 - Plan de gestion

Dans le cas où la démarche d'interprétation de l'état des milieux susvisée conclut à la nécessité d'engager des actions complémentaires pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et les usages constatés, la Société Française des Produits Tartriques Mante (SFPTM) réalisera, dans un délai de 6 mois suivant la transmission de l'étude d'interprétation de l'état des milieux, un plan de gestion, pour maîtriser, voire supprimer les sources de pollution qui ont été générées par l'activité du site industriel LEGRE MANTE, conformément aux dispositions de la note ministérielle du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués mettant à jour les textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués.

La compatibilité entre l'état des milieux après les travaux et les usages constatés sera démontrée à l'appui d'une analyse des risques résiduels (ARR).

- Art. 2 :

- o **La Société Française des Produits Tartriques Mante (SFPTM) est tenue d'élaborer et de transmettre au préfet, dans un délai de 6 mois suivant la notification du présent arrêté, un plan de gestion, couvrant la totalité du site industriel LEGRE MANTE, relatif aux sources de pollution situées sur le site, tel que défini par la note ministérielle du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués mettant à jour les textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués. »**

Cette mission fait suite à de nombreux diagnostics du site (listés au § 1.2) qui ont mis en évidence des anomalies en Eléments Traces Métalliques (ETM) et dans une moindre mesure en hydrocarbures ponctuellement dans les sols au droit de zones spécifiques (cuves à fuel, chaufferie, etc.).

La méthode d'étude s'appuie, point par point, sur les préconisations des textes du Ministère de l'Environnement relatifs aux Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués établis en avril 2017 (mise à jour des textes du 8 février 2007).

1.2 Cadre de la Mission « Diagnostic de pollution des sols »

La présente mission aura pour base normative le document NF X 31-620 : Qualité du sol – prestations de services relatives aux sites et sols pollués :

- Partie 1 : Exigences générales.
- Partie 2 : Exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle.
- Partie 3 : Exigences dans le domaine des prestations d'ingénierie des travaux de réhabilitation.

La codification, pour tout ou partie, de la présente mission au sens de la norme NF X 31-620 est pour les offres de prestations élémentaires :

Tableau 2 : Code Offres globales de prestations

| CODE | OFFRES DE PRESTATIONS ELEMENTAIRES | OBJECTIFS |
|------|---|---|
| A100 | Visite du site | Procéder à un état des lieux. Il est impératif de visiter le site une ou plusieurs fois, le plus tôt possible dans le déroulement des études, afin : - d'orienter la recherche documentaire, d'en vérifier certaines informations ou de les compléter ; - d'orienter la stratégie de contrôle des milieux ; - surtout, de dimensionner à leur juste proportion les premières mesures de précaution et de maîtrise des risques quand elles sont nécessaires. |
| A200 | Prélèvements, mesures, observations et / ou analyses sur les sols | Procéder aux prélèvements, mesures, observations et/ou analyses selon les spécifications des prestations CPIS, CONT ou PG en fonction des milieux concernés. Le contexte qui a conduit à mettre en œuvre les prélèvements et l'interprétation des résultats relèvent des prestations CPIS, CONT ou PG. |
| A230 | Prélèvements, mesures, observations et / ou analyses sur les gaz du sol | Procéder aux prélèvements, mesures, observations et/ou analyses selon les spécifications des prestations CPIS en fonction des milieux concernés. Le contexte qui a conduit à mettre en œuvre les prélèvements et l'interprétation des résultats relèvent des prestations CPIS. |
| A320 | Analyses des enjeux sanitaires | Analyse des enjeux sanitaires Evaluer les risques sanitaires en fonction des contextes de gestion |

1.3 Liste des principaux rapports et documents consultés

La synthèse des principales informations identifiées dans ces rapports est présentée en **annexe 3.1**.

1. Rapport SOCOTEC N°2733 de décembre 1996 – Diagnostic de Sols – « Parcelle A » ;
2. Rapport SOCOTEC N°2733-complément de mars 1997 – Diagnostic de Sols – « Parcelle A » ;
3. Rapport SOCOTEC de 1997 portant sur la « Parcelle B »
4. Rapport ANTEA N°NYA A09746 de mai 1998 – Complément d'investigations sur les sols et établissement d'un programme de réhabilitation sur les sols (Parcelle A) ;
5. Rapport ATE N°9/I/013/0 de novembre 1999 – Travaux de réhabilitation des Carneaux – Avant-Projet ;
6. Rapport SOBESOL N°50 433/2A d'aout 2000 – Etude géotechnique talus en bord de mer – « Parcelle B » ;
7. Rapport CERTA de janvier 2000 – Complément d'investigations des remblais de la Parcelle B – « Parcelle B » ;
8. Rapport CERTA de septembre 2001 – Diagnostic de pollution des sols pour création de la station d'épuration – « Parcelle C » ;
9. Rapport ANTEA N°A23196 d'octobre 2001 – Evaluation de l'impact sur la sécurité et l'environnement des vestiges de l'ancien conduit de cheminée de l'usine Legré-Mante à MARSEILLE (13) ;
10. Rapport ANTEA N°23967/B de novembre 2001 – Evaluation Détaillée des Risques – Parcelle A ;
11. Rapport ANTEA N°25500/A de décembre 2001 – Evaluation Simplifiée des Risques – Parcelle C ;
12. Rapport APAVE N°P6063-A/02 de février 2003 – Diagnostic et EDR complémentaire – Parcelle C ;
13. Rapport ANTEA N°A58914/A de juillet 2010 – Mise en sécurité du site – Etat d'avancement ;
14. Rapport ANTEA N°A60244/A de novembre 2010 – Mémoire de réhabilitation du Site des Etablissements LEGRE-MANTE à MARSEILLE (13) ;
15. Rapport ANTEA N°A59703/A de septembre 2010 – Dossier de Cessation d'activités des Etablissements LEGRE-MANTE à MARSEILLE (13) ;
16. Rapport VALGO N°8/ES/11 de mai 2011 – Etude Complémentaire du site en vue de : Préciser les volumes de matériaux impactés sur les parcelles A et C. Etudier les possibilités de valorisation des matériaux à extraire. Déterminer les concentrations maximales admissibles dans le cadre de la reconversion du site ;
17. Rapport VALGO N°10-B-13-004 de 2011 – Plan de Gestion – Ancienne Usine LEGRE-MANTE – 195 avenue de la Madrague MARSEILLE (13008) ;
18. Rapport VALGO N°10-B-14-002 de décembre 2011 – Plan de Gestion – Parcelle B – Ancienne Usine LEGRE-MANTE – 195 avenue de la Madrague MARSEILLE (13008) ;
19. Rapport ECOFIELD CONSULTING N°EC-25/1-SUP de mai 2012 – Dossier de demande d'institution de Servitudes d'Utilité Publique ;
20. Rapport VALGO N°12-B-13-681 de juin 2014 – Complément opérationnel au plan de gestion.
21. Rapports ERG Environnement relatifs au Groupe scolaire Madrague de Montredon (Ecole maternelle et école élémentaire), établis dans le cadre de la démarche nationale de diagnostics environnementaux des établissements accueillant les enfants et les adolescents construits sur des sites potentiellement pollués – Rapports en date du 31/03/2016 référencés :
 - a. N°0130887U_RNPP
 - b. N°0130887U_RT2
 - c. N°0130739H_RNPP
 - d. N°0130739H_RT2
 - e. N° 0130739H_RT3
22. Rapport ERG GEOTECHNIQUE 17MG570Aa/GE/DJ/SGa/41734 – Rapport géotechnique en date du 05/02/2018 sur l'emprise du crassier.
23. Rapport ERG GEOTECHNIQUE 17MG570Ab/GE/MBn/CV/41861 – Rapport géotechnique G2 AVP en date du 06/03/2018 sur les bâtiments 1 à 4 sur site
24. Rapport ERG ENVIRONNEMENT 17LES038Aa/ENV/MOK/BT/42331 – Rapport IEM hors site en date du 29/05/2019.

2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2.1 Caractéristiques générales de la zone d'étude

Tableau 3 - Caractéristiques générales du site

| Caractéristiques générales du site | Synthèse des informations collectées | Sources d'informations | Référence à l'Annexe |
|---|---|---|---|
| Dénomination usuelle du site | Site de la Madrague adressé au 195 avenue de la Madrague de Montredon, 13008 Marseille | Visite du site | - |
| Position du site | Le site est localisé sur la frange littorale du sud de la commune de Marseille, quartier de la Madrague de Montredon. | Visite du site et plans de localisation | A1.1 à A1.3 |
| Description du site | Le site s'étend sur une superficie d'environ 8,5 ha que l'on peut décomposer en 3 parcelles de la façon suivante, du sud au nord (cf. figure 2 ci-dessus) : <ul style="list-style-type: none"> - Parcelle A : 5 ha environ de terrain soit « naturel » (parties sommitales du site) soit ayant fait l'objet d'une exploitation industrielle ancienne (des infrastructures de l'ancienne cheminée et les carneaux de la fonderie historique sont toujours en place) ; - Parcelle C : 2,7 ha environ ayant fait l'objet d'une exploitation industrielle récente (bâtiments, voiries et installations de traitement des eaux usées du site) ; - Parcelle B : de l'autre côté de l'avenue de la Madrague par rapport au site industriel, 0,7 ha environ de terrain remblayé en surplomb de la mer. | Visite du site et plan de localisation | A1.1 à A1.3 (localisation du site) A1.4 (reportage photographique du site) |
| Accès au site | L'accès aux parcelles B et C se fait par l'avenue de la Madrague de Montredon. La parcelle A est accessible depuis la parcelle C par le Nord ou par le biais d'un portail en limite Sud de l'ancienne ICPE. Notons que le site est entièrement clôturé et fermé. Par ailleurs, la partie usine est actuellement gardiennée. | Visite du site | - |
| Urbanisme (PLU – Annexe A1.5) | Chaque zone du site est localisée en zone spécifique : <ul style="list-style-type: none"> - Parcelle A : Zone UR2 – tissus discontinus de types petits collectifs. Dans ce secteur, les tissus présentent des caractéristiques et potentiels qui permettent d'envisager une densification supérieure, tout en restant mesurée - Parcelle B : Zone UR1 – tissu discontinu d'habitats individuels. Dans ce secteur, l'objectif principal est de maintenir des formes urbaines basses aérées, d'une densité relativement faible. C'est pourquoi, dans le cas d'un lotissement ou dans celui de la construction, sur une unité foncière ou sur plusieurs unités foncières contiguës, de plusieurs bâtiments dont le terrain d'assiette doit faire l'objet d'une division en propriété ou en jouissance, les règles de PLU s'appliquent au regard non pas de l'ensemble du projet, mais de chaque unité foncière ou construction issue de cette division - Parcelle C : Zone UT1 - tissus discontinus de types collectifs denses et/ou à densifier avec une hauteur de construction autorisée n'excédant pas les 6 m. | Mairie de MARSEILLE (Règlement consultable : http://www.marseille-provence.fr/index.php/documents/3253-reglement-tome-1-mrs/file#page=219) | A1.5 |
| Usage des sites adjacents | Le site est localisé dans un environnement périurbain à caractère naturel et d'habitat résidentiel. | Visite du site | - |
| Caractère inondable du site | La consultation des bases de données du Ministère en ligne permet de mettre en évidence que le site n'est pas concerné par le risque d'inondation. | Ville de MARSEILLE | A2.1 |
| Cadre réglementaire applicable (ICPE...) | Des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement ont été référencés sur le site lors de l'activité de site. Elles sont détaillées dans l'étude historique. | Courriers de la préfecture, site internet du Ministère | - |

2.2 Situation géographique et topographique

Ses coordonnées géographiques et son altitude sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau 4 - Situation géographique et topographique

| Situation géographique et topographique | Synthèse des informations collectées ¹ | Sources d'informations | Référence à l'Annexe |
|---|---|-----------------------------|--|
| Coordonnées Lambert 93 (X, Y en m) | X : 890 639 Y : 6 239 840 | Site Géoportail | A1.1 (extrait de la carte IGN) |
| Cote, altitude Z (NGF) | Entre + 45 et 0 m NGF | | |
| Topographie du site | Le terrain est en pente vers le nord-ouest depuis le point culminant à environ +45 m NGF jusqu'à l'avenue de la Madrague à + 19 m NGF puis jusqu'à la mer | Carte IGN et visite du site | A1.1. (extrait de la carte IGN) A1.4 (reportage photographique du site) |

On se reportera à l'**annexe A1.1** pour disposer de la localisation du site sur fond de plan IGN ainsi qu'à la figure suivante pour disposer des périmètres d'étude (parcelles A, B et C).



Figure 1 – Plan de localisation du site de l'ancienne usine LEGRE MANTE avec délimitation des parcelles A, B et C

¹ Informations approximatives déduites de la carte IGN.

2.3 Présentation du projet d'aménagement

Un projet de réaménagement entrepris par la société SFPT MANTE est en cours d'élaboration.

Le projet d'aménagement n'étant pas finalisé au stade de la réalisation de ce diagnostic complémentaire, seuls les grands principes de celui-ci sont retenus en première approche. Ces éléments sont indispensables pour l'élaboration d'une stratégie d'investigation adaptée au projet.

Dans le cadre du présent diagnostic, les éléments suivants seront pris en compte :

- Conservation des éléments actuellement présents sur site (cheminées, façades, etc),
- Création de niveaux de sous-sol à usage de parking : terrassements des matériaux présents,
- Construction de bâtiment de plain-pied
- Aménagement des espaces extérieurs en espaces verts et placettes.

La figure 2 ci-dessous présente l'esquisse du projet d'aménagement considéré.

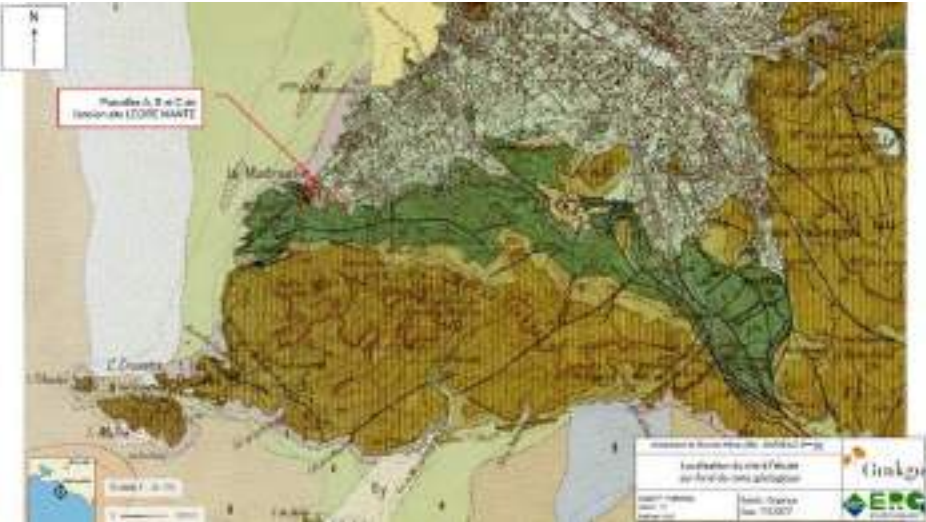


Figure 2 : Esquisse du projet d'aménagement considéré

Une étude plus détaillée et adaptée de celui-ci est réalisée dans le cadre du Plan de Gestion (rapport référencée 17LES038Ab/ENV/MOK/42333).

2.4 Synthèse du contexte environnementale

Ce volet est présenté plus en détail dans le rapport d'IEM réalisé par ERG ENVIRONNEMENT et référencé 17LES038Aa/ENV/MOK/BT/42331.

| <p>Contexte environnemental</p> | <p>L'usine s'inscrit en limite immédiate du Massif des Calanques de Marseille référencé en site classé depuis 1975 au titre de la loi du 2 mai 1930 - site dont la valeur patrimoniale relève de l'intérêt général et justifie une politique rigoureuse de préservation, toute modification de leur aspect nécessitant une autorisation préalable auprès de la préfecture. Le massif des Calanques est inscrit depuis le 18 avril 2012 comme Parc National à la fois terrestre, marin et périurbain, permettant le renforcement de la protection de cet espace naturel.</p> | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|---------------|-------------------------|---------------|-------------------|--------------------|------------------|--|----|-------------------------|------------------|-----|------------------------------------|---|---|
| <p>Contexte hydrologique</p> | <p>Il n'existe pas de cours d'eau pérenne dans le Massif de Marseilleveyre. Les vallons et talwegs entaillant le massif sont secs et sans indice d'écoulement, le caractère karstique du secteur favorisant l'infiltration rapide des eaux de ruissellement.</p> <p>Le contexte hydrologique local est synthétisé dans le tableau ci-dessous :</p> <table border="1" data-bbox="408 633 1493 801"> <thead> <tr> <th>Cours d'eau</th> <th>Nature</th> <th>Position / site</th> <th>Cote en m NGF</th> <th>Sens d'écoulement</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Canal de Marseille</td> <td>Canal artificiel</td> <td>Longe au droit et en limite les parcelles A et C dans le secteur Ouest</td> <td>45</td> <td>Vers le Nord-Nord-Ouest</td> </tr> <tr> <td>Mer méditerranée</td> <td>Mer</td> <td>A quelques mètres de la parcelle B</td> <td>0</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>Un ouvrage majeur traverse le site : le canal de Marseille. Les eaux du canal de Marseille circulent à ciel ouvert à l'est et au sud du site avant de terminer leur course dans la Méditerranée au niveau du port de la Madrague de Montredon. La gestion du canal est aujourd'hui assurée par la Société des Eaux de Marseille, qui dessert 70 communes et communautés, parmi lesquelles la Ville de Marseille est la principale bénéficiaire.</p> | Cours d'eau | Nature | Position / site | Cote en m NGF | Sens d'écoulement | Canal de Marseille | Canal artificiel | Longe au droit et en limite les parcelles A et C dans le secteur Ouest | 45 | Vers le Nord-Nord-Ouest | Mer méditerranée | Mer | A quelques mètres de la parcelle B | 0 | - |
| Cours d'eau | Nature | Position / site | Cote en m NGF | Sens d'écoulement | | | | | | | | | | | | |
| Canal de Marseille | Canal artificiel | Longe au droit et en limite les parcelles A et C dans le secteur Ouest | 45 | Vers le Nord-Nord-Ouest | | | | | | | | | | | | |
| Mer méditerranée | Mer | A quelques mètres de la parcelle B | 0 | - | | | | | | | | | | | | |
| <p>Contexte géologique</p> | <p>D'après la carte géologique de la France au 1/50 000, feuille « AUBAGNE-MARSEILLE », le site se compose principalement, en dehors des remblais, des formations suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> o De cônes torrentiels würmiens, représentés par des cailloutis et limons plus ou moins argileux, o Des formations calcaires du Portlandien (inférieur ou supérieur) constitués de dolomies et de calcaires.  <p>Les diagnostics antérieurs ont mis en évidence :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Des remblais graveleux à sablo-limoneux avec plus ou moins de débris sur une épaisseur de 0,5 à 4 m ; - Des sables plus ou moins limoneux ou limono-argileux à cailloux et cailloutis calcaires (épaisseur de 1,5 à 3 m) ; - le calcaire fracturé et altéré (épaisseur de 1 à 3 m) ; - le calcaire dont le toit est atteint entre 8 et 19 m NGF. | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---------------------------------|--|
| Contexte hydrogéologique | <p>Le secteur d'étude s'inscrit dans la masse d'eau des massifs calcaires jurassique et crétacé inférieur des calanques et du bassin du Beausset (référéncée PAC06J). Au sein du massif calcaire, les formations aquifères ont une morphologie karstique très développée (perméabilité en grand). Les écoulements sont drainés vers la mer, et sont donc globalement orientés nord-sud.</p> <p>Les piézomètres mis en place au droit du site (Rapport APAVE N°P6063-A/02 de février 2003) ont mis en évidence :</p> <ul style="list-style-type: none">- La perte totale d'eau de forage lors de la foration de l'ouvrage Pz1-LM de -5,5 m jusqu'à -21,0 m révélant la présence d'une fracturation importante,- un niveau d'eau relevé au droit de l'ouvrage Pz1-LM de 15 m de profondeur en septembre 2002 et 11 m de profondeur en janvier 2003,- La perte totale d'eau de forage lors de la foration de l'ouvrage Pz2-LM de -10,75 m jusqu'à -15,5 m révélant la présence d'une fracturation importante,- Cependant l'ouvrage Pz2-LM s'est révélé sec lors des deux contrôles en 2002 et 2003. <p>Ces caractéristiques confirment l'hétérogénéité de l'aquifère calcaire dont les circulations suivent des cheminements préférentiels en fonction du développement du réseau de fissures et de fractures. Des circulations de surface peuvent également être présentes au sein des dépôts würmiens et des remblais dont l'écoulement suit généralement la topographie, vers le Nord-Ouest.</p> <p>La formation calcaire au droit du site correspond à un aquifère karstique, dans lequel un niveau d'eau a déjà été mesuré entre 11 et 15 m de profondeur, les écoulements au sein de cet aquifère pouvant être rapides et suivre des cheminements préférentiels vers l'exutoire marin. Par ailleurs, la présence d'un biseau salé est très probable du fait de la proximité de la mer.</p> |
|---------------------------------|--|

3. ETUDE DE L'HISTORIQUE DU SITE LEGRE MANTE (PARCELLES A, B ET C)

Le site et l'environnement dans lequel s'inscrit le site à l'étude sont marqués par les activités industrielles du XVIII^{ème}, XIX^{ème} et XX^{ème} siècle. Au cours des XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles, la ville de Marseille présente un contexte industriel important et varié dans ses productions : industries du savon, du sucre, des huiles, des tuiles, de la métallurgie (plomb), des produits chimiques (soude, soufre, acide sulfurique et tartrique, etc.), extraction de matériaux d'œuvre, de fabrication de chaux, etc. Ainsi, les établissements LEGRE produisaient dès 1829 de l'acide tartrique sur la Canebière à Marseille.

Le développement du tissu industriel du massif de Marseilleveyre où se trouve le site étudié, s'ancre au XVIII^{ème} siècle avec l'exploitation d'une carrière de calcaire et d'une dizaine d'usines de produits chimiques et métallurgiques.

Le site de la Madrague a abrité en particulier :

- Une usine de traitement de plomb argentifère et de zinc par natrométallurgie et fabrication de soude (1875-1883 : Hilarion-Roux) ;
- Un site de production d'acide tartrique et d'acide sulfurique (de 1888 à 2009).

Les paragraphes suivants décrivent les principales étapes historiques et procédés industriels pratiqués entre le XVIII^{ème} et le XX^{ème} siècle sur le site étudié et leur potentiel de nuisance actuelle sur l'environnement.

Les informations présentées dans les paragraphes suivants sont issues de données collectées auprès des Service de l'Etat (particulièrement documents transmis par la Préfecture), des Archives Municipales et départementales, des bases de données du Ministère ainsi que du Livre intitulé, « les Calanques de Marseille et leurs pollutions », réalisé sous la direction de Xavier Daumalin et Isabelle Laffont-Schwob.

3.1 Fonderie et affinage de plomb et de zinc Hilarion-Roux, 1875-1883

En 1868 Julien Hilarion-Roux dépose d'un brevet pour un procédé de dézingage et la désargentation des plombs argentifères. En mai 1873, la société anonyme Métallurgique de Marseille est fondée par Julien Hilarion-Roux. La société fait l'acquisition en décembre 1873 d'une propriété rurale de 13 ha avec tunnel accès à la mer, au droit de laquelle il bâtit en 1875 une usine, principalement dédiée à l'affinage de plomb.

Celle-ci employait environ 140 ouvriers, consommait jusqu'à 50 tonnes de houille par jour pour les fours et comptait les principaux équipements suivants en 1877² :

- Machine à vapeur de 25 chevaux pour le concassage des minerais
- Four réverbère à double sole et à 12 portes (15 mètres de longueur, 3 m de largeur) pour le grillage des minerais
- 4 fours à manche circulaires de 2 mètres de hauteur pour le traitement des oxydes de plomb
- Four à cuve pour le grillage des mattes et des crasses
- Machine à vapeur de 8 chevaux pour la soufflerie des fours à manche
- Batteries de cinq chaudières pour l'épuration à la soude
- Bâches pour la revivification de la soude
- 3 batteries de chaudières pour la désargentation par le zinc
- Machine à vapeur de 12 chevaux pour la soufflerie dans les ateliers de désargentation et de zingage
- Cuves en fonte pour la condensation du zinc
- Creusets en plombagine pour dézinguification des croûtes riches
- 2 fours à coupelle anglaise pour l'extraction finale de l'argent
- Petits fours à manche pour la revivification des litharges
- Machine à vapeur de 30 chevaux pour les transports intérieurs de l'usine
- Conduit rampant de 665 mètres pour l'évacuation des fumées terminé par une chambre de condensation de 3.000 m³ et une cheminée verticale de 35 mètres.

² Source : BESMP, J 1876 (6), « Journal de voyage fait (...) par les élèves ingénieurs Monthiers et Sciama » ; J 1877, J. Roche et A Badoureau, « Journal de voyage. France, Espagne, Portugal, Algérie » et M 1878-1879 (998), Jules Petitdidier, « Usines à plomb des environs de Marseille »

Dans sa configuration initiale le dispositif de condensation et d'évacuation des fumées était d'une dimension plus limitée. En effet, c'est suite à la remise en cause de l'efficacité du condensateur de l'usine, en 1878, que Hilarion Roux a été contraint de rectifier le mauvais positionnement de la cheminée recrachant les fumées, par sa démolition et la prolongation en 1879 de la conduite de 200 m pour faire passer la nouvelle partie de carneau vers le point culminant de la montagne (voir Figure 7 page 25 montrant le dépôt d'un nuage de fumée à cette époque dans le secteur dénommé « secteur 6 » dans le cadre de la présente étude. Le dispositif dans sa configuration initiale a donc été à l'origine d'au moins un épisode d'envol fortement contaminé).

L'industrie du plomb, telle qu'elle apparaît à Marseille en 1847 et fonctionne jusqu'aux années 1880, s'appuie sur le travail de trois types de matières premières et de produits. Les deux principaux sont le minerai (ou galène) de plomb et le plomb argentifère. Occasionnellement ou de manière moins importante, le secteur traite aussi des scories, résidus de réduction et d'affinage d'anciennes exploitations minières de plomb. À la suite d'une chaîne d'opérations (décrites ci-dessous), les usines livrent au commerce du plomb marchand, métal débarrassé de ses impuretés et donc prêt à être transformé en produits industriels, et de l'argent. Le milieu des années 1880 marque la fin d'une période pour cette branche d'activités à Marseille et dans ses Calanques.

La fermeture de l'usine d'Hilarion Roux à la Madrague de Montredon en 1884 met un point final au travail des minerais et des scories de plomb dans la ville et ses proches alentours.

L'usine de l'Escalette reste alors le seul établissement industriel traitant le plomb en fonctionnement dans le secteur jusqu'à sa cessation d'activités en 1924. Soit une exploitation à proximité du site à l'étude pendant plus de 40 ans.

3.1.1 Historique des procédés utilisés par les usines à Plomb dans les Calanques en général et dans l'usine de Montredon plus spécifiquement

L'histoire des procédés utilisés par les usines à plomb marseillaises est marquée par la succession de deux périodes bien distinctes :

- La 1^{ère} entre la fin des années 1840 et la fin des années 1860 (période antérieure aux activités Hilarion Roux au droit du site à l'étude dans le quartier de Montredon) :
 - o Elle s'appuie sur un mélange de techniques déjà éprouvées en Savoie, en Bretagne et en Espagne et sur une innovation anglaise fondamentale, le « pattinsonage ».
 - o Traitement du minerai (la galène de plomb), qui est broyé puis chauffé à haute température (1 050° C) dans des fours à réverbère, afin d'éliminer le soufre qu'il contient et obtenir de l'oxyde de plomb (133). Cet oxyde est ensuite fondu dans des fours à cuve (appelés chambre de calcination à Marseille) avec du coke et de l'air, pour libérer le dioxyde de carbone et le réduire en métal. Le plomb d'œuvre ainsi obtenu passe alors dans des fours à manche chargés d'éliminer ses impuretés (antimoine, arsenic, cuivre, zinc et cadmium).
 - o Traitement du plomb affiné pour opérer la séparation du plomb brut et de l'argent, les deux produits livrés au commerce par les usines marseillaises, selon 2 étapes :
 - Pattinsonage³ méthode d'enrichissement des plombs en teneur d'argent. Le plomb d'œuvre fondu dans des chaudières, puis refroidi lentement, cristallise progressivement. Les premiers cristaux à se former sont du plomb pur et l'argent se concentre dans le résidu liquide. Par une série de cristallisations successives, une grande partie du plomb brut est retiré, de chaudière en chaudière, et peut ainsi passer au commerce. Le plomb enrichi en argent est lui conduit vers les ateliers de coupellation, afin d'extraire un argent métal suffisamment pur pour être coulé en lingots et partir à la vente.
 - Réduction des litharges, les oxydes de plomb obtenus lors de la coupellation.
- La 2^{ème} qui débute à la fin des années 1860 (période des activités Hilarion Roux au droit du site à l'étude dans le quartier de Montredon) : cette période technique se caractérise par une vague d'innovations modifiant en profondeur les équipements et les méthodes de production des établissements. La crise est venue frapper la branche d'activités et pousse les entreprises locales à renouveler leurs procédés dans l'optique d'économiser la main-d'œuvre, d'abaisser les coûts de fabrication, de limiter les pertes de métal dans la chaîne productive et de diversifier leurs approvisionnements en matières premières. Les trois avancées techniques majeures qui ont été adoptées par les usines marseillaises des Calanques durant cette période sont : brassage mécanique, natio-métallurgie et zingage :
 - o Etape de l'affinage des plombs d'œuvre : en 1869, dans leur usine de Saint-Louis, Luce fils et Gustave Rozan remplacent le procédé traditionnel d'épuration dans des fours à manche par un système recourant à la vapeur pour obtenir une action à la fois mécanique et chimique dans un bain de plomb fondu. Un courant de vapeur d'eau débouchant au fond d'une cuve de métal liquide provoque en effet un bouillonnement propre à agiter la masse en fusion et à oxyder les matières devant être éliminées (antimoine, arsenic et cuivre notamment). Ce procédé apportant des

³ Procédé mis au point par le chimiste et industriel anglais Hugh Lee Pattinson en 1833 et introduit à Marseille en 1847 par l'espagnol Luis Figueroa dans son usine du Rouet

économies conséquentes sur les coûts de production et limitant les pertes de plomb est adopté quelques années après par l'usine de l'Escalette.

- o Les recherches sur l'amélioration des techniques d'affinage monopolisent alors l'attention des ingénieurs et entrepreneurs, dont la motivation est guidée par les calculs comptables liés au récent élargissement géographique des approvisionnements en matières premières. Ces dernières sont parfois difficiles à traiter économiquement par les méthodes traditionnelles, notamment les plombs argentifères produits au Laurium par Hilarion Roux, marqués par des teneurs élevées en antimoine et en arsenic. L'enjeu est crucial « vu la quantité de plomb de Grèce importée annuellement en France ». L'invention de la natro-métallurgie vient alors à bout de ces difficultés.

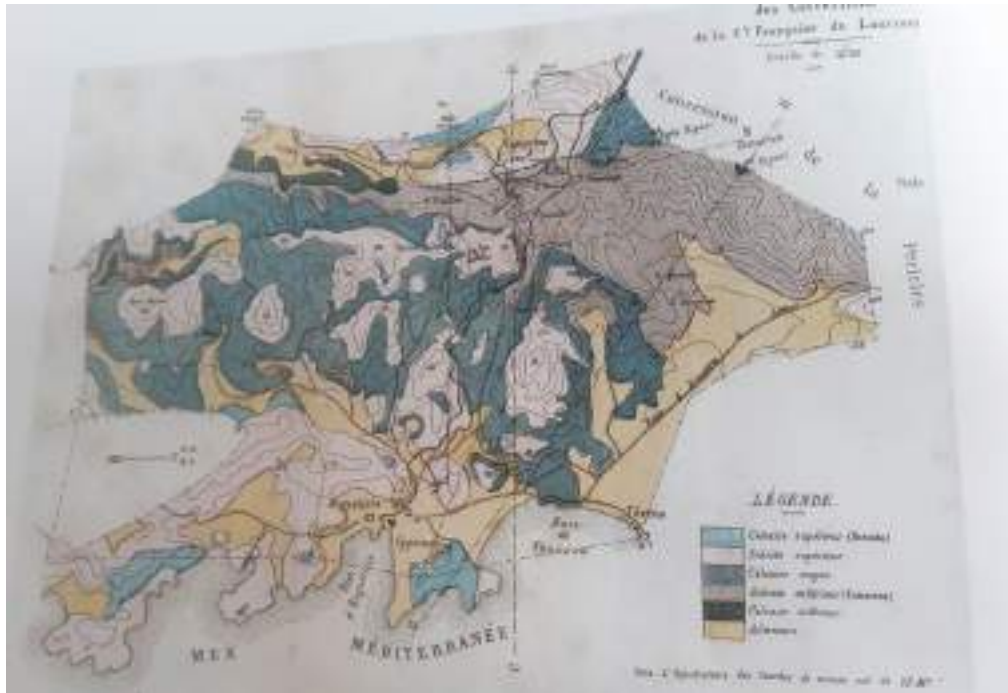


Figure 3 – Carte géologique des concessions de la Compagnie française des mines du Laurium (1875)

Mines et les sources d'approvisionnement des minerais de plomb

Pour plus d'information quant aux sources d'approvisionnement des minerais de plomb pendant les périodes d'activités des industries, l'ouvrage « construire des Mondes : Élités et espaces en méditerranée » et particulièrement le volet traitant de l' « Espace industriel et stratégie personnelle : Hilarion Roux et la construction d'une Méditerranée du plomb » a été consulté. Il a permis de mettre en évidence que :

- En 1845 Hilarion Roux, qui n'est encore ni entrepreneur minier, ni fondeur, achète des actions de mines argentifères de la sierra Almagrera, ce qui joue un rôle quasi propédeutique, puis Hilarion Roux se lance dans l'achat de parts de sociétés de mines de plomb argentifère et de petites fonderies de la sierra de Carthagène.
- Roux est intéressé par l'opportunité de l'exploitation des ecvolades qui sont des matériaux laissés par l'exploitation antique au Laurium, permettant la création d'un axe entre Carthagène et le Laurium. Roux fonde ainsi la Compagnie française des mines du Laurium, en 1875.
- Selon les informations collectées plusieurs autres initiatives de Roux viennent « épaissir » cet axe Ouest-Est pour lui donner la figure d'une large présence en Méditerranée ; notamment la construction d'une usine à Marseille, correspondant très probablement au site LEGRE MANTE à l'étude, destinée notamment à traiter les minerais complexes du Laurium, et la mise en exploitation de mines en Sardaigne dans plusieurs îles grecques.

L'ouvrage précise également que d'une manière plus générale, c'est en Méditerranée, que sont exploités les gisements avec une pluralité des points d'ancrage de l'économie du plomb sur le pourtour de la Méditerranée. Les lieux de production y sont multiples, de l'Espagne à la Grèce et aux pays du Maghreb, auxquels il faut joindre le cas original de Marseille, ville sans bassin minier, mais centre majeur de l'industrie du plomb et cœur du négoce international pendant les décennies médianes du siècle. La Méditerranée permet donc une lecture des stratégies entre les lieux, et aussi selon différentes échelles ou configurations : l'échelle locale, pertinente pour plusieurs bassins espagnols, une structuration en axes autour de Marseille, la Méditerranée dans son ensemble, l'au-delà de la Méditerranée

Les liens entre Marseille et le plomb espagnol sont très antérieurs aux années 1840. Ils ont été établis dès le début des années 1820 par des émigrés demi-soldes, Guerrero et surtout Figueroa. Cet héritage présente des caractéristiques précises : il s'agit de plomb andalou, provenant de minerai de la Sierra de Gador, dans la province d'Almería ; c'est un plomb « pauvre », non argentifère et Marseille remplit une fonction exclusivement négociante, de distribution, en France et en Méditerranée, de produits élaborés en Espagne par des entreprises sous contrôle du capital local ou du négoce. Les années 1840 voient apparaître trois changements. Le premier est un glissement vers le Nord-Est des zones productives, la sierra Almagrera et la sierra de Carthagène, celle-ci dans la province de Murcie. Le second est l'apparition de l'argent, soit comme métal dominant, en sierra Almagrera, soit comme métal annexe, dans la sierra de Carthagène. La troisième évolution est un double élargissement des intéressés, géographique avec l'apparition d'une spéculation espagnole d'envergure nationale, incluant Barcelone et surtout Madrid, professionnel avec l'intérêt nouveau d'affairistes et de banquiers intéressés surtout par le métal monétaire qu'est encore l'argent.

Ainsi les activités de fonderie au droit du site utilisaient quasi exclusivement le minerai en provenance des mines du Laurium et de Sardaigne qui ont également, très probablement, alimenté le site de l'Escalette pour ses activités de fonderie.

Nous ne disposons pas de plus d'information de détail quant à l'origine des minerais utilisés pendant la période d'activités sur le site à l'étude et sur le site de l'Escalette.

- Procédé d'affinage et d'épuration des plombs argentifères au moyen de la soude, inventé par l'ingénieur Émile Thomas Payen à Marseille au début des années 1870. **Cette méthode, permettant de traiter à moindre coût les plombs durs importés du Laurium, est testée dans une usine du Prado en 1873 et se trouve à l'origine de la fondation de l'établissement de la Madrague de Montredon l'année suivante⁴.**
- Émile Thomas Payen avait remarqué la « propriété que possède un bain d'alcali caustique hydraté fondu de dissoudre ou tout du moins d'oxyder successivement tous les métaux en les entraînant dans une scorie soluble, à l'état de fusion ignée, sauf trois qui sont le plomb, l'argent et l'or » (l'argent ayant une très grande affinité avec le plomb). La soude s'empare des impuretés dans l'ordre suivant : le zinc et l'arsenic, puis l'antimoine dont on tire parti ultérieurement.

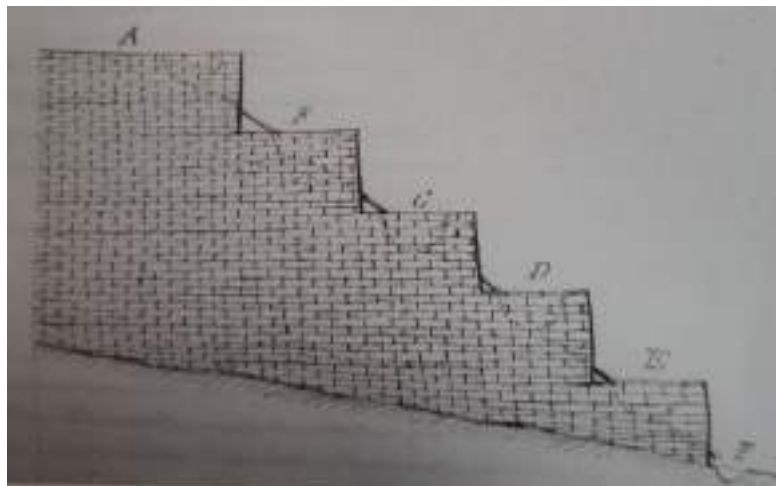


Figure 4 – Batterie de chaudières pour le traitement du Plomb d'œuvre à la soude de l'usine de la Madrague de Montredon (1882) – Source : BESMP, J 1882/2

- La dernière grande innovation, la technique dite du zingage, concerne l'étape de séparation de l'argent métal du plomb. Mise au point par l'Anglais Alexander Parkes au cours des années 1850-1852, elle est tout d'abord appliquée à Marseille dans les ateliers dirigés par Mariano Guilhem au Rouet en 1869, avant de gagner l'usine de l'Escalette au début des années 1870 et d'être **mise en place à Montredon lors de l'ouverture de l'établissement d'Hilarion Roux en 1874. La méthode présente l'avantage d'être plus économe en main-d'œuvre et en charbon de bonne qualité que le pattinsonage et s'appuie sur les propriétés particulières du zinc.**

⁴ BESMP. J 1876 (6). • Journal de voyage fait pendant l'été 1876 dans le Centre et le Midi de la France par les élèves ingénieurs Monthiers et Sciana fol. 10

3.1.2 Déchets et pollutions pouvant être générées par les activités de traitement des galènes et des plombs argentifères

3.1.2.1 Process de traitement

Les pollutions provoquées par les usines spécialisées dans le traitement des galènes et des plombs argentifères sont diverses et peuvent être importantes, sur la base des rapports de visite d'établissement et dans les traités de métallurgie :

- Toutes les étapes de production des usines à plomb ne présentent pas les mêmes natures et les mêmes niveaux de nocivité. Certaines impactaient plus lourdement les sols et les organismes vivants.
- **L'exemple des années 1850-1860 (période antérieure aux activités Hilarion Roux au droit du site à l'étude dans le quartier de Montredon), moment durant lequel les pollutions sont les plus lourdes, est révélateur à cet égard :**
 - o il y a tout d'abord les résidus carbonés (« noir de fumées »), produits à presque tous les stades de la production, avec l'utilisation de cuves, fours, fourneaux, coupelles et chaudières. Dans des foyers alimentés à la houille sans appareil fumivore, 15 % du combustible se dispersent dans l'air⁵.
 - o Entre le travail sur les minerais et l'extraction finale de l'argent, plusieurs traitements génèrent d'autres types de pollutions et de déchets. Ainsi, le grillage des galènes à haute température provoque un rejet important de soufre, avec un risque de transformation en acide sulfurique selon le taux d'hygrométrie sur zone.
 - o L'affinage du plomb brut rejette dans l'atmosphère des particules métalliques et de métalloïdes : arsenic, antimoine, fer, cuivre, zinc et cadmium.
 - o Le pattinsonage entraîne une perte de poids des plombs fondus. La coupellation provoque également une perte de métaux. La proportion de perte est du même ordre pour la dernière phase, celle correspondant à la réduction des litharges.

Les taux de perte et d'impact induit collectés dans la littérature sont à considérer avec prudence, les taux généraux avancés ne tenant pas compte d'une série d'éléments internes et externes à la production qui jouent un rôle important dans les variations des niveaux de pollution (types de galènes, de plombs et de scories argentifères traités dans le temps et dans les différentes usines ; état des cheminées rampantes et des condensateurs ; habileté et expérience des ouvriers de chaque usine ; utilisation du lignite avec ou en remplacement de la houille ; vents sur zone...)⁶.

Globalement, on retiendra que le procédé de traitement des plombs argentifères par affinage et pattinsonage entraînait environ 6 % de pertes en métaux dans les années 1850. En 1877, le passage à la méthode du zingage a permis de réduire ce chiffre d'au moins un quart (selon le tonnage des rejets de l'usine de l'Escalette en 1877 établi par un ingénieur des Mines Jules Petitdidier).

Ainsi le procédé employé pendant les 8 années d'activités au plomb (de 1875 à 1883) sur le site à l'étude présentait une meilleure performance dans le process avec des taux de perte en ETM limités par rapport aux process utilisés précédemment dans les usines de plomb des Calanques et particulièrement à l'Escalette localisée à moins de 1 km au Sud-Ouest du site (durant 25 ans, de 1852 à 1877, date de passage à la méthode de zingage).

Ainsi, sur une période équivalente à celle de l'usine LM, l'usine de l'Escalette était environ 6 à 10 fois plus émettrice que LM.

3.1.2.2 Dispositif de condensation et d'évacuation des fumées

Par ailleurs, entre la sortie du quartier de Montredon, au niveau de l'ancienne Madrague, et Callelongue, les condensateurs sont d'une grande simplicité pendant la 1^{ère} moitié du XIX^{ème} siècle. A titre d'exemple, les usines de l'Escalette et des Goudes ne sont ainsi dotées que de simples conduits, d'une longueur relativement peu importante et terminés par une cheminée verticale de faible hauteur. Ces dispositifs établis du propre chef des industriels, ne sont pas vraiment des condensateurs, mais plutôt un outil de redirection de fumées. Ainsi les fumées non épurées conservent leur nocivité. Seule une légère perte en volume de rejet est à noter du fait des crasses chargées de particules qui s'accrochent à leurs parois en chemin.

Ce qui n'est pas le cas sur le site de Montredon à l'étude. En effet, sur ce territoire bien plus peuplé et construit, doté d'une végétation et de cultures à protéger, que ce soit pour des usages agricoles ou de loisirs, la construction d'un condensateur muni de véritables chambres de condensation est une contrainte imposée par les pouvoirs publics à la construction.

⁵ ADBDR, 5M44, travaux du conseil d'hygiène et de salubrité du département des Bouches du Rhône, « Rapport de la Souchère sur les appareils fumivores », 1854

⁶ Louis Édouard Rivot, Principaux du traitement des minerais métallurgiques : traité de métallurgie théorique et pratique. Métallurgie du plomb et de l'argent, Pans, 1872

La Figure 5 présente le plan général de l'usine de la Madrague de Montredon, pendant sa première phase d'activité de Plomb et de son condensateur (état en 1885) ; la gravure suivante est également une vue d'ensemble de l'usine en 1885.



L'obligation ne se borne pas à une simple présence, il faut que le dispositif offre des garanties de bon fonctionnement et obtienne, après une expertise poussée, un avis favorable du Conseil d'hygiène et de salubrité des Bouches-du-Rhône (cf. **annexe A2.1**).

Pour information, Figueroa se voit refuser au printemps 1853 l'autorisation d'établir une usine à plomb dans le quartier, en partie à cause de l'inefficacité de son condensateur et de l'impossibilité à trouver une solution au problème, comme le montre le tableau de synthèse des dispositifs d'évacuation des fumées dans les demandes d'autorisation d'usine à plomb dans les Calanques de Marseille (1851-1879).

Tableau 5 – Synthèse des dispositifs d'évacuation des fumées dans les demandes d'autorisation d'usine à plomb dans les Calanques de Marseille (1851-1879) – Source : ADBdR⁷, 410 U 81

| Usines | Date de demande d'autorisation en Préfecture | Description du système d'évacuation des fumées | Avis du Conseil de Salubrité des B.d.R. | Modification ultérieure |
|--|--|---|---|--|
| Usine à Plomb de l'Escalette (Meynier) | 1851 | Cheminée rampante d'environ 300m terminée par une cheminée verticale (hauteur inconnue) | Favorable (17/06/1851) | - |
| Usine à Plomb de Montredon (Figueroa) | 29/10/1852 | Canal souterrain horizontal de 665 m avec coudes et cheminée de 35 m de hauteur | Défavorable (26/04 et 24/05/1853) | - |
| Usine à Plomb des Goudes (Figueroa) | 06/10/1856 | Cheminée rampante de 160 m terminée par une cheminée verticale de 15 m de hauteur | Favorable (14/07/1857) | - |
| Usine à Plomb de Montredon (Roux) | 1873 | Cheminée rampante de 800 m, chambre de condensation de 40 m de diamètre et surmontée d'une cheminée de plus de 30 m | Favorable (01/10/1873) | Déplacement du point de sortie des fumées (1873) Prolongement de 200 m (1879) |

⁷ Archives Départementales des Bouches du Rhône

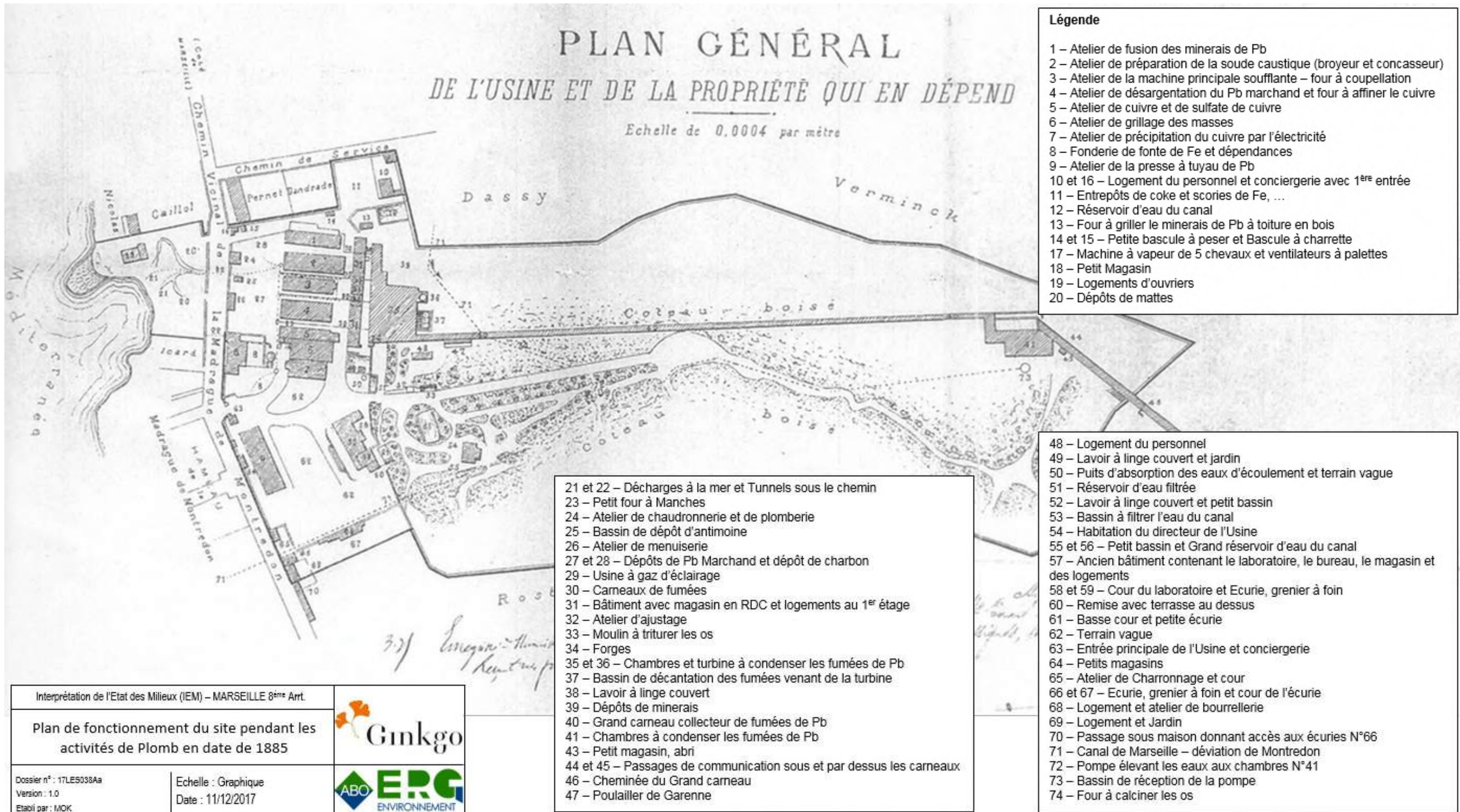


Figure 5 - Plan général de l'usine de la Madrague de Montredon et de son condensateur (état en 1885)

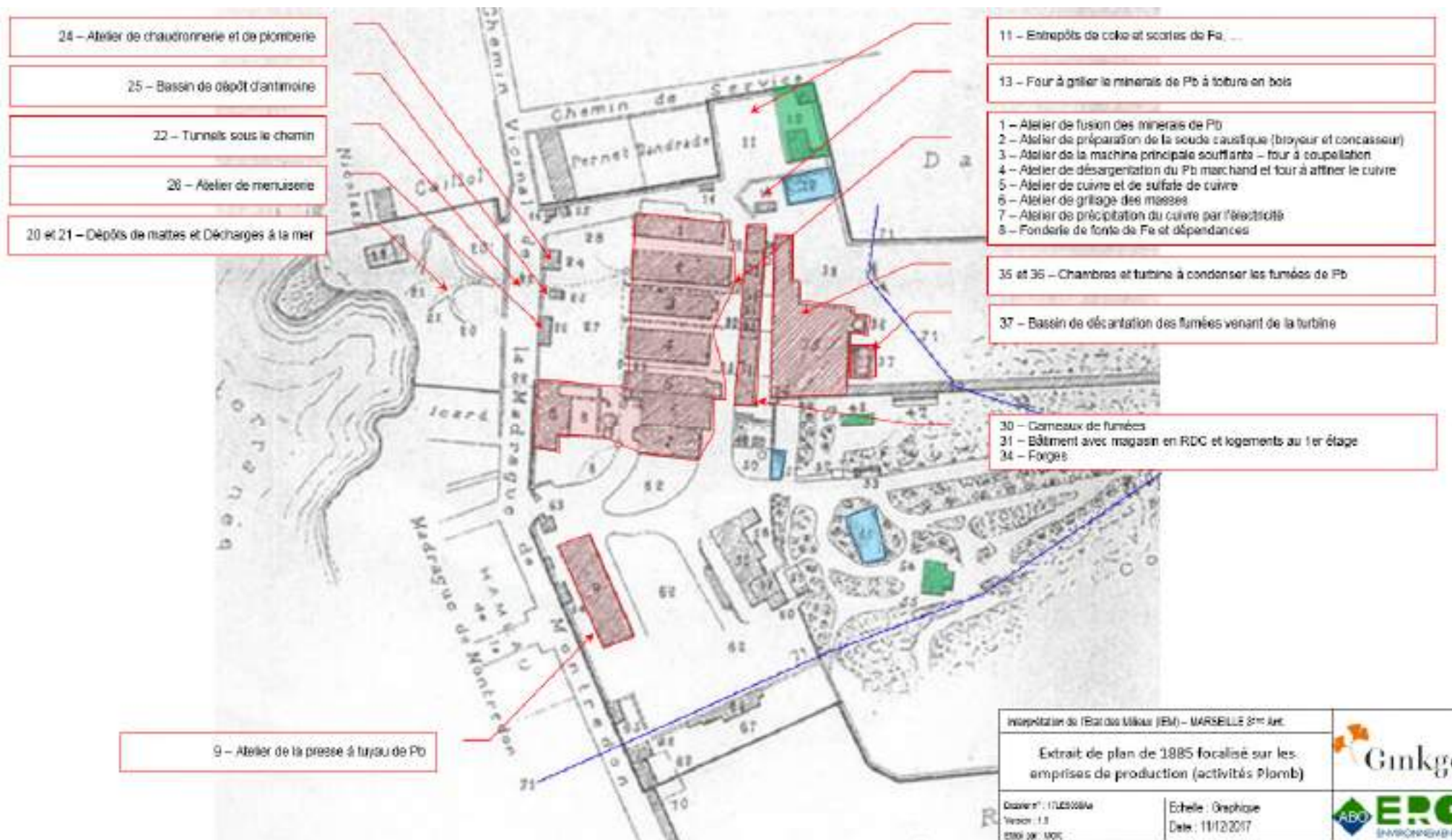


Figure 6 – Extrait de plan de l'usine de la Madrague de Montredon focalisé sur les emprises de production (activités Pb) en date de 1885

Le dispositif et son emplacement précis sont validés par le Conseil d'hygiène et de salubrité, mais la réalisation du condensateur s'effectue sur une configuration différente de celle couchée sur les plans, avec un déplacement en un lieu totalement différent de la cheminée verticale de sortie des fumées, la Société métallurgique de Marseille « ayant fait l'observation que ce point choisi (celui qui était initialement prévu) ne convenait nullement à cause du défaut de pente qui affaiblirait par trop le tirage ».

L'efficacité du condensateur de l'usine d'Hilarion Roux est remise en cause, suite à la plainte du propriétaire voisin Romain Cantel, en 1878, relative aux dommages causés dans sa propriété par le fonctionnement problématique des chambres de condensation de l'usine à plomb de la Madrague de Montredon et le mauvais positionnement de la cheminée recrachant les fumées.

L'extrait de plan présenté en figure suivante illustre la localisation de la propriété CANTEL ainsi que la partie endommagée par les fumées (Janvier 1878) – Source ADBdR 410 U 44.

La société d'Hilarion Roux se voit contrainte de prolonger le conduit de 200 m pour faire passer cette nouvelle partie de carneau vers « le point culminant de la montagne »⁸.



**Figure 7 - Localisation de la propriété CANTEL ainsi que la partie endommagée par les fumées (Janvier 1878)
– Source ADBdR 410 U 44**

Notons que sur la base des plans historiques collectés et des documents d'archive analysés, aucune cheminée ne semble présente au droit de la parcelle C, la gestion des fumées étant intégralement prise en charge par le système carnaux, de cheminée horizontale jusqu'à la cheminée verticale haute localisée au Sud de la parcelle A.

L'usine s'étend en 1876 par l'achat d'un terrain contigu et en 1879 pour la prolongation du grand carneau et la construction de la cheminée.

Les années 1883-1884 sont marquées par la faillite de la banque Roux qui entraîne la cessation d'activité de l'usine.

⁸ ADBdR. 373 E 585, 3 août 1879, bail d'Alfred Rostan d'Ancezune à Hilarion Roux pour prolonger le carneau de l'usine de la Société métallurgique de Marseille

3.2 Usine d'acide tartrique et de crème de tartre LEGRE-MANTE, 1888 -2009

La société LEGRE MANTE et Cie achète en 1888 à la société Métallurgique de Marseille en liquidation, la partie occidentale non industrielle de l'usine comprenant l'atelier de presse des tuyaux de plomb, le laboratoire et un terrain inculte entre la mer et le chemin vicinal (parcelle B).

Théodore Mante crée l'usine de Montredon pour la fabrication d'acide tartrique en partie Ouest du site et obtient l'autorisation d'exploiter en date du 13 avril 1888.

L'usine s'étend en 1889 et 1890 par le rachat à la société Métallurgique de Marseille des parcelles comprenant la fonderie, les chambres de condensation, le grand carneau, les logements ouvriers et l'entrepôt à minerai. La société est autorisée à produire de l'acide sulfurique et chlorhydrique le 24 avril 1894.

La photographie suivante présente le site de la Madrague en 1892.



Cette période induit une forte transformation du schéma industriel d'une part (avec la transformation des anciens bâtiments, le changement du process, du mode d'approvisionnement des minerais (pyrites), l'ajout de cheminée, ...) ainsi que la modification de la nature des rejets et déchets générés par les nouvelles activités sur site : fabrication d'acide tartrique et de crème de tartre dont le process nécessite l'utilisation d'acide sulfurique autoproduit sur site à partir de pyrites. Ces deux nouvelles activités ne sont pas à l'origine des mêmes déchets et rejets. Il est important de souligner, comme le met en évidence le descriptif détaillé des process ci-dessous, qu'aucune des nouvelles activités de production (à l'origine de rejets atmosphériques) n'utilise le dispositif historique de condensation et d'évacuation des fumées (carneaux et cheminée rampante) mis en place par Hilarion Roux pour la gestion des fumées de l'activité antérieure de plomb.

Nota : des productions annexes d'acide chlorhydrique et d'acide citrique ont également eu lieu sur site à cette période. A l'instar de la production d'acide tartrique et d'acide sulfurique, ces process n'utilisaient pas le dispositif de condensation et d'évacuation des fumées mis en place par Hilarion Roux pour la gestion des fumées de l'activité antérieure de plomb.

3.21 Process tartrique sur le site LEGRE MANTE

Historiquement, l'acide tartrique était produit à partir de tartres bruts importés d'Espagne et d'Italie.

Le tartre était récupéré au fond des tonneaux de vin où il se dépose après fermentation.

La purification du tartre était obtenue par deux fontes successivement effectuées dans des chaudières différentes :

- Après avoir été moulu, le tartre était d'abord mélangé avec de l'eau avant de subir une première fonte, dite « fonte au noir », pour le purifier de toutes ses impuretés.
- On le mélangeait ensuite avec de l'argile grise et on procédait à la seconde fonte, la « fonte au blanc » pour décolorer et obtenir la crème de tartre.

Pour la production d'acide tartrique par un procédé dit acide, le tartre était dissout dans l'eau bouillante acidulée par l'acide chlorhydrique, auquel est ajouté de la chaux. Le précipité de tartrate calcique ainsi obtenu était lavé, puis décomposé par l'acide sulfurique. Après séparation du sulfate de chaux, on obtenait une solution d'acide tartrique qu'il suffisait de concentrer et de refroidir pour obtenir le produit cristallisé.

A partir de 1973 ce procédé sera remplacé par un procédé dit neutre qui aura pour conséquence la diminution de la production de sulfate de chaux.

Notons que le site de la société MANTE-LEGRE et Cie fut également, à la fin du 19^{ème} et au début du 20^{ème} siècle, le siège d'autres productions arrêtées de longue date : la production d'acide sulfurique, d'acide chlorhydrique et d'acide citrique.

3.22 Fabrication d'acide sulfurique sur le site LEGRE MANTE

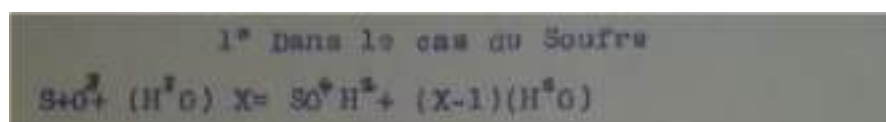
Le 24 avril 1894 la société MANTE-LEGRE et Cie fut autorisée à produire 6 t/j d'acide sulfurique sur le site qu'elle vient d'acquérir à la Madrague de Montredon. Cette auto-production permettait aux établissements de maîtriser la qualité de leur acide sulfurique entrant dans la composition des acides tartriques en fonction de la destination et l'usage de ces derniers et notamment pour un usage alimentaire ou pharmaceutique. Les usines qui produisaient de l'acide sulfurique dans le voisinage ne garantissaient pas, en effet, un faible niveau d'impureté (arsenic, antimoine, sélénium, etc.) pour un produit final correspondant à un usage moins exigeant (soude, superphosphate). La production d'acide sulfurique qui entrait dans le procédé de fabrication de l'acide tartrique s'articulait autour de deux à trois principales matières premières pour un même procédé utilisé chez MANTE- LEGRE et Cie. Ce procédé dit de Chambres de plomb, est basé sur l'oxydation du gaz sulfureux par l'oxygène de l'air par l'intermédiaire des composés oxygénés de l'azote.

La production d'acide sulfurique, à partir de soufre de silice, de pyrites et de Blende a été à l'origine de rejets atmosphériques déconnectés du dispositif de condensation et d'évacuation des fumées historiquement créé et utilisé pour les activités de Plomb Hilarion Roux (carneaux et cheminée rampante), comme le met en évidence le paragraphe suivant et le plan de recollement de la figure 15 (basé sur un plan historique vu par le Maire en 1894 –dossier archives 5M562).

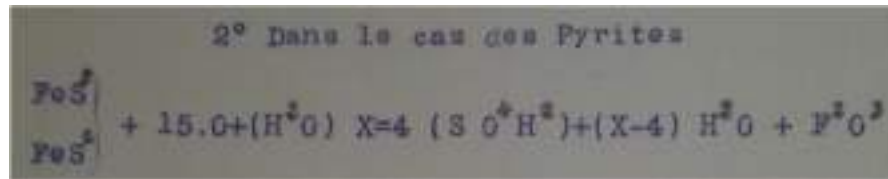
Sur la base des informations historiques collectées, il apparait donc que le système de gestion des fumées (carneaux, cheminées rampantes et cheminée haute dans les Calanques) n'a été utilisé que pour l'épuration des fumées durant la dizaine d'années d'activité historique de fonderie et affinage de Plomb Hilarion Roux.

On se reportera à l'**annexe A3.1** pour disposer des notes présentées au Conseil d'Hygiène par MANTE LEGRE et Cie à l'appui de leur demande d'autorisation d'une fabrique d'acides sulfurique et muriatique à la Madrague de Montredon (Document réceptionné par les services du Conseil d'Hygiène le 20/04/1894, selon le cachet apposé sur les notes jointes). Une synthèse du document est proposée ci-dessous avec les principaux points à noter :

- o *Matières premières et procédés de fabrication :*
 - *Utilisation pour la fabrication de l'acide sulfurique de :*
 - Soufre de Sicile
 - Pyrite de Fer
 - Sulfure de zinc (Blende)
 - « Ces matières premières ne seront pas employées simultanément mais bien successivement et cela suivant la situation commerciale de ces matières premières »
 - Les réactions chimiques qui président à la production de l'acide sulfurique peuvent être exprimées ainsi :



« Cette fabrication ne laisse aucun résidu ni solide, ni liquide ».



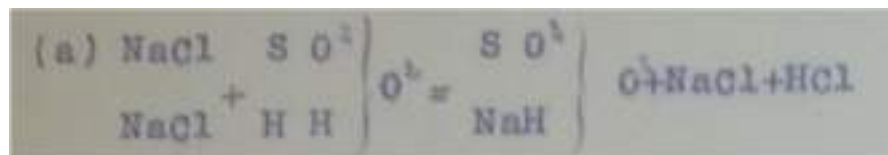
« Dans le deuxième cas (des Pyrites) **il reste un résidu solide** qui est de l'oxyde de fer, composé insoluble dans l'eau et **lequel sera employé soit dans la métallurgie du fer, soit comme remblai.** »

- « Les gaz sortant des chambres en plomb et chargés des composés nitreux seront envoyés dans un appareil d'absorption des gaz nitreux connu sous le nom de « Colonne de Gay-Lussac ». Il y en aura deux ainsi que des chambres en plomb et leur hauteur sera de 12 à 14 m »
- « Une surveillance sera organisée pour que la condensation des vapeurs sulfuriques soit constante et l'absorption des gaz nitreux la plus parfaite possible »
- Pertes à prévoir :
 - « Les gaz résiduels formés uniquement d'azote et quelques pourcents d'oxygène seront envoyés dans une cheminée de 40 m de hauteur.
 - Il a été établi par ces expériences positives et sérieuses que les pertes par la cheminée dans la fabrication de l'acide sulfurique peuvent atteindre 3 % du soufre mis en œuvre sans le dépasser, c'est-à-dire, dans notre cas particulier, si nous projetons une usine devant produire 6 t d'acide sulfurique par jour, c'est donc au maximum 0.18 t que nous perdrons avec les gaz par la cheminée »

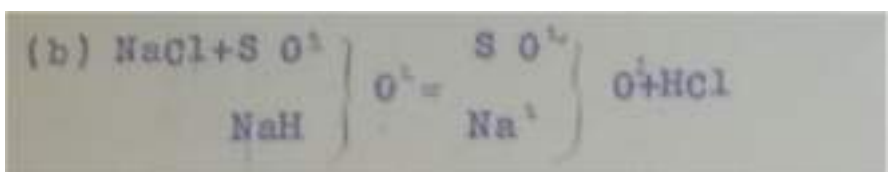
3.2.3 Autres activités d'acide chlorhydrique et d'acide citrique sur le site LEGRE MANTE

- Acide Chlorhydrique : On se reportera à l'annexe A2.1 pour disposer des notes présentées au Conseil d'Hygiène par M.M. MANTE LEGRE et Cie à l'appui de leur demande d'autorisation d'une fabrique d'acides sulfurique et muriatique à la Madrague de Montredon (Document réceptionné par les services du Conseil d'Hygiène le 20/04/1894, selon le cachet apposé sur les notes jointes). L'analyse de ce document permet de mettre en évidence les points suivants :

- Matières premières et procédés de fabrication :
 - Utilisation pour la fabrication de l'acide sulfurique de :
 - Le Sel marin
 - L'Acide Sulfurique
 - Le schéma de la réaction chimique est le suivant :



La réaction (a) de fabrication du bisulfate de soude avec production d'acide chlorhydrique se fait à une température relativement basse et l'opération se faisant en vases clos l'acide chlorhydrique est très pur et, par conséquent, sa condensation est aisée et, par suite, complète



« La deuxième phase (b) de réaction du bisulfate de soude sur l'autre moitié du sel marin. Elle ne se produit qu'à une température élevée. De plus, comme pour activer cette opération on est obligé de ringarder souvent la matière, les portes du fourneau étant ouvertes, il s'en introduit un certain volume d'air qui dilue le gaz chlorhydrique et rend sa condensation beaucoup plus difficile »

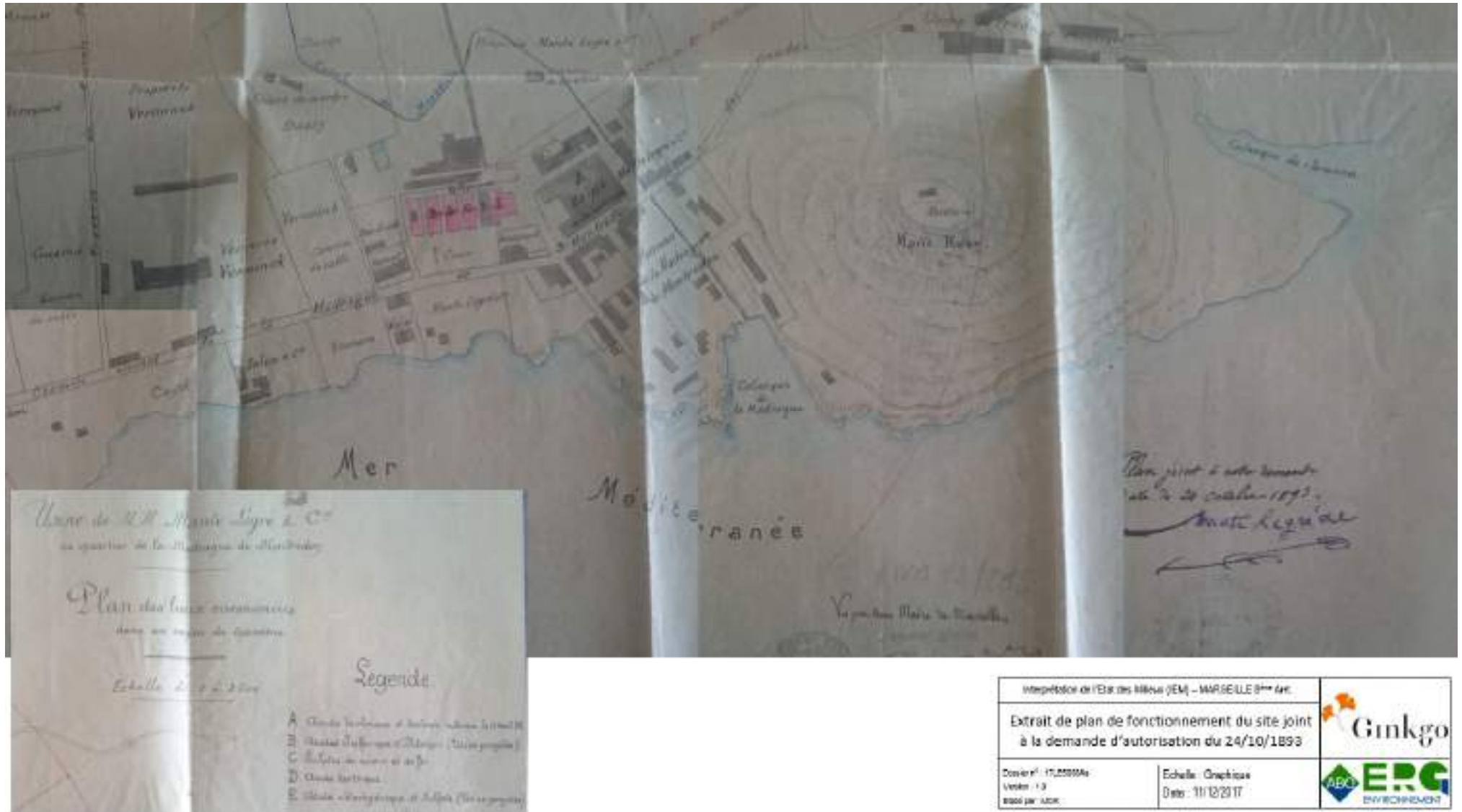
« Dans notre cas particulier nous allons appliquer un four composé d'une cuvette en fonte se trouvant dans une chambre close en maçonnerie. À la suite de cette cuvette nous établirons une cornue en briques réfractaires chauffée par-dessus et par-dessous de façon à porter la masse du bisulfate de soude et de sel marin à la température de 450° environ. Les gaz provenant de la cuvette et de la cornue (ou moufle) seront consensus séparément. L'appareil de condensation sera constitué par des colonnes de refroidissement des gaz, une série de bombonnes et, en dernier lieu, des colonnes arrosées d'eau fraîche pour absorber les dernières traces de gaz. De là les gaz résiduels du moufle et du foyer sont dirigés dans la cheminée de 40 m où ils rejoindront les fumées du foyer.

o Pertes à prévoir :

- « La condensation des gaz de la cuvette étant parfaite, la perte ne doit pas atteindre 1 % de l'acide chlorhydrique mis en œuvre. Quant aux gaz provenant du moufle les mesures constructives seront prises de telle manière que la perte ne dépasse pas 5 % de l'acide chlorhydrique mis en œuvre.
- « Sur 6t d'acide chlorhydrique que nous aurions à produire nous aurions:
 - sur 3t, 1% de perte soit 0.03 t
 - sur 3t, 5% de perte soit 0.15 t
 - soit une perte par la grande cheminée de 0.18 t/jour »
- « En effet, la chemine° de 40 m va recevoir :
 - les produits de combustion de 4 t de charbon de houille exigeant pour leur combustion 60 000 m³ d'air dans les 24 Heures.
 - 15 000 m³ de gaz inertes provenant des appareils à acide sulfurique
 - 6 000 m³ de sources diverses.

Les 0.360 t de pertes donnés par la fabrication des acides sulfurique et chlorhydrique seront dilués dans un volume total de 80 000 m³ »

- Acide citrique : une production d'acide citrique débuta en 1902 sur le site. Il était préparé avec les citrons, cédrats, bergamotes, dont la peau sert, d'autre part, à préparer une essence parfumée. Par pressage, on obtenait le suc d'où l'acide pur est précipité par la chaux. Le citrate de chaux était décomposé par l'acide sulfurique comme le tartrate.



| | | |
|--|---------------------|--|
| Interprétation de l'Etat des lieux (EML) - MARSEILLE 8 ^{ème} Arr. | | |
| Extrait de plan de fonctionnement du site joint à la demande d'autorisation du 24/10/1893 | | |
| Dossier n° : 17LES038Ab | Echelle : Graphique | |
| Valeur : 1.3 | Date : 11/12/2017 | |
| Établi par : ABO | | |

Figure 8 – Extrait de plan de fonctionnement du site joint à la demande d'autorisation du 24/10/1893

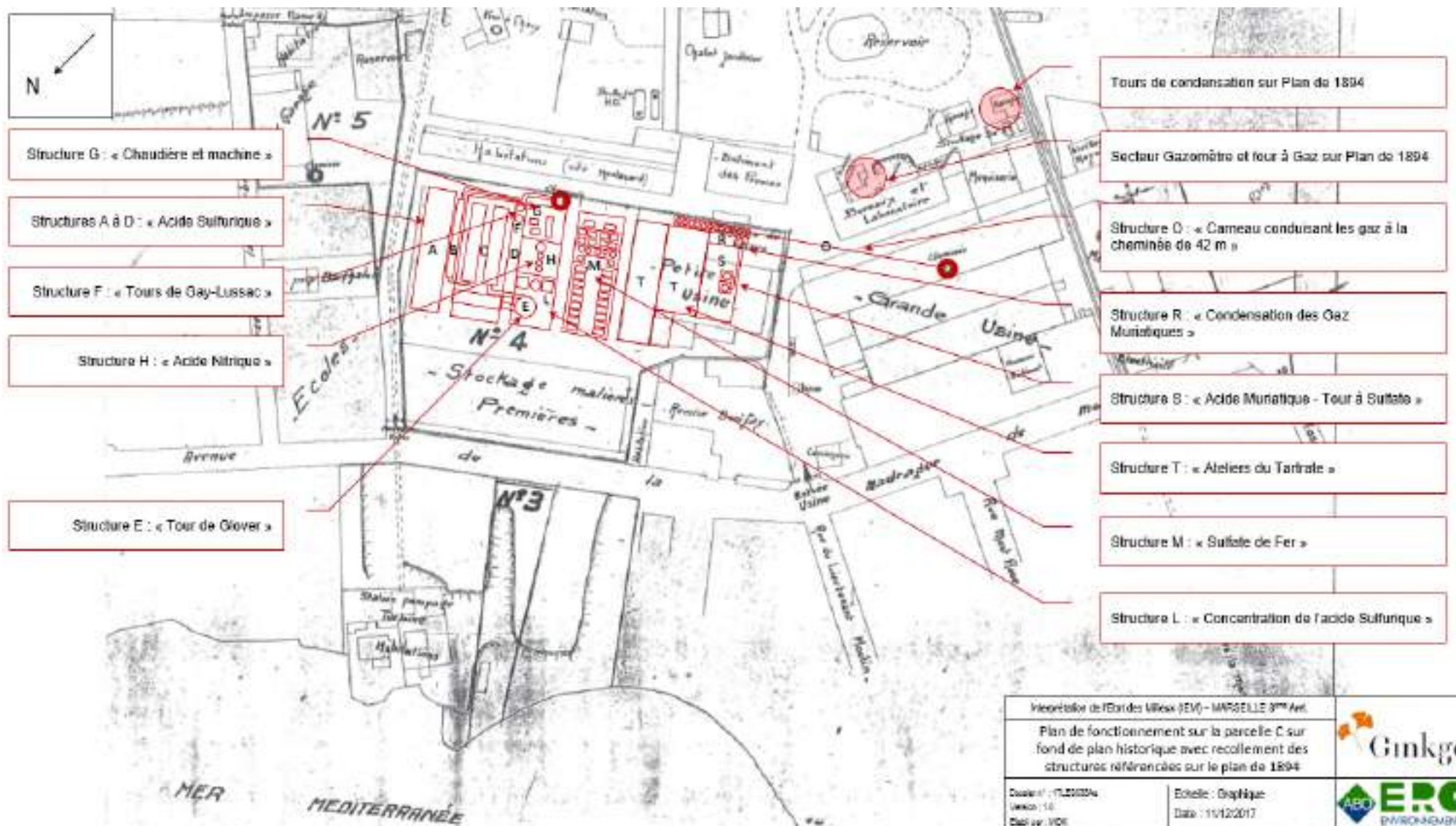


Figure 9 – Recollement des installations de production d'acide sulfurique, d'acide chlorhydrique et du système de gestion et évacuation des gaz sur la base d'un plan historique (vu par le Maire en date du 1894) sur fond du plan des installations de 1990

3.24 Sources potentielles de pollution et polluants caractéristiques associés

En 1979 la société a été rachetée par le groupe MARGNAT-TASSY qui l'exploita jusqu'à l'été 2009 sous la raison sociale SAS LEGRE MANTE ETABLISSEMENT.

Ainsi, la première production de l'usine était l'acide anhydride sulfureux par procédé de la chambre au plomb (calcination ou grillage de la pyrite). Le procédé de grillage est mis en œuvre dans des fours. Le gaz produit est le dioxyde de soufre (SO_2) qui est ensuite oxydé dans des tours pour former l'anhydride sulfurique (SO_3), puis absorbé dans l'eau pour fabriquer l'acide sulfurique (H_2SO_4). Les gaz produits étaient récupérés dans une série de galeries présentes en bordure ouest de la parcelle A, puis évacués par la cheminée parcourant le flanc de la colline sur environ 1 km de long, avant rejet atmosphérique. Les galeries étaient au nombre de 4, construites parallèlement, de longueur approximative de 50 m et de 3 m de large chacune. Elles sont construites en maçonnerie et en pierre et le sol est en terre battue.

Les figures 8 et 9 pages suivantes présentent les plans de fonctionnement du site pendant son activité de production d'acide tartrique, qui ont pu être récupérés et annotés avec les éléments de connaissance collectés dans le cadre de la présente étude.

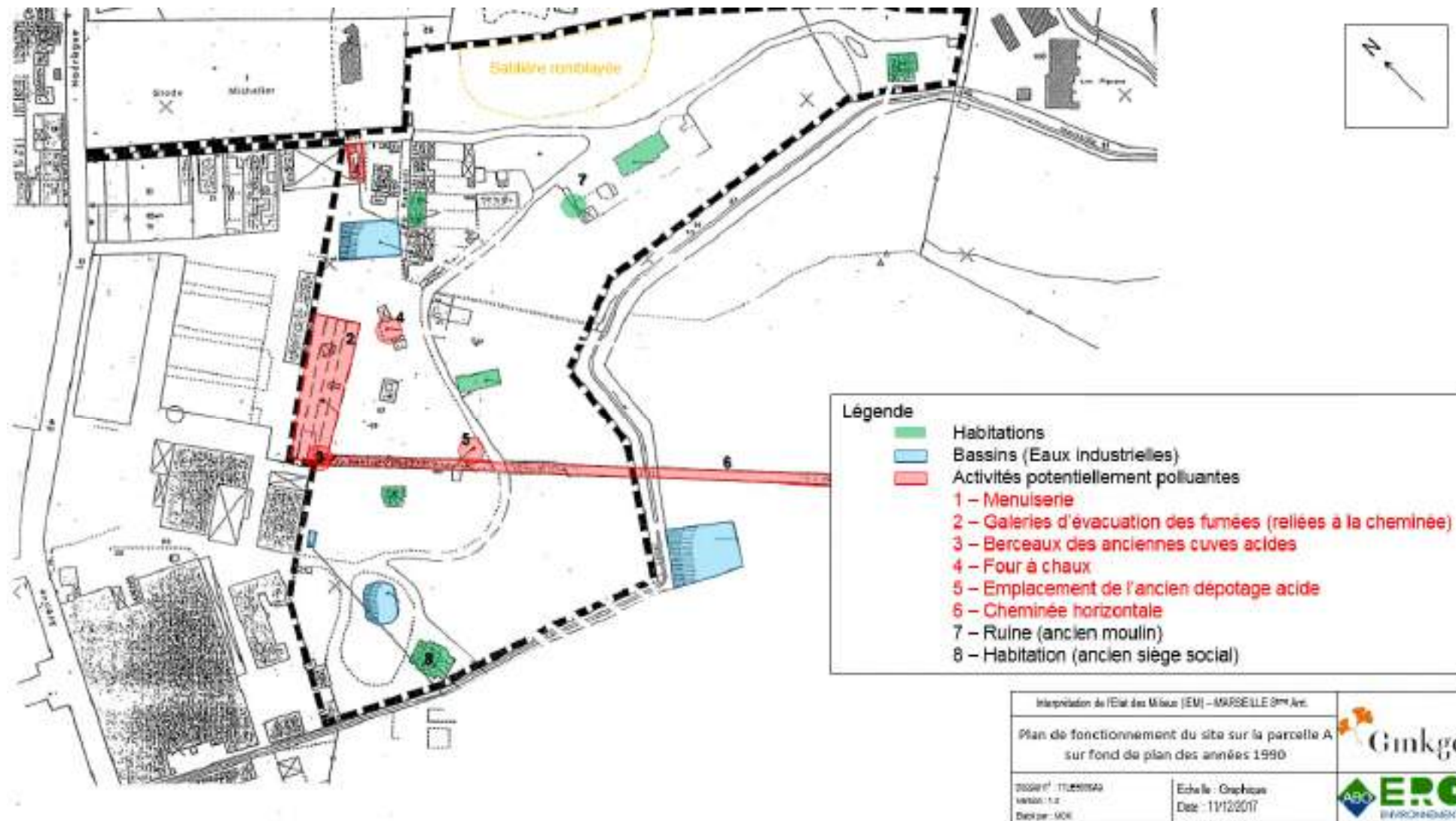


Figure 10 – Plan de fonctionnement du site sur la parcelle A sur fond de plan des années 1990

Les polluants potentiels de l'activité de production d'anhydride sulfureux/acide sulfurique sont :

- Des hydrocarbures : au droit de la zone de cuves à fioul ;
- Des ferrocyanures au droit de la zone des bains ;
- Des métaux lourds :
 - o Ni, Co, As, Fe, S, Cu, Zn, Ag, Au, Tl, Se et V, contenus en traces dans la pyrite de fer, composée de disulfure de fer (de formule FeS_2) ; notons que la brinde et le soufre de silice également employés pour la production d'acide sulfurique ne sont pas à l'origine de métaux supplémentaires. L'arsenic était en général récupéré, pour être commercialisé. Les procédés d'épuration n'étant pas absolus, on peut suspecter ce produit dans les gaz, avec une émission potentielle bien moindre par rapport aux activités antérieures Hilarion Roux.

Nota : Le Plomb n'entre pas parmi les métaux traces pouvant être retrouvés dans le soufre de silice, la Pyrite de Fer ou encore la blende qui ont été utilisés pour la production d'acide sulfurique sur le Site de la Madrague. Nous précisons par ailleurs, que dans le cadre des précédentes études, il avait été mis en avant une potentielle pollution en plomb, en lien avec l'utilisation de chambres au plomb, qui n'apparaît pas étayée scientifiquement. En effet, le procédé des chambres au Plomb n'employait pas de Plomb, il met en œuvre une réaction entre le soufre, l'oxygène de l'air et l'eau, catalysée par des oxydes d'azote, ensemble corrosif nécessitant un chemisage en plomb des réacteurs, à l'origine de l'appellation « Chambres au Plomb ». Aucun document et retour d'expérience ne permet de suspecter un impact au Plomb, lié à l'utilisation de ce type de chambres chemisées.

- Les sulfates.

Notons également que cette activité a pu être à l'origine d'éventuels remblais composés de boues et résidus de filtration chargés en ETM et éventuels cyanures.

Compte tenu des différentes activités qui ont été pratiquées sur le Site de la Madrague avec des process à l'origine de déchets et rejets de nature différente, une synthèse des polluants traceurs des différentes activités avec le détail des voies de transfert et d'exposition retenues est fournie au paragraphe 4.3. Un plan de recollement des zones d'émission majeures et les plus proches du site à l'étude, ainsi que les polluants traceurs associés, est également proposé dans un souci de synthèse en paragraphe 4.3.

3.3 Photographies aériennes historiques

Toutes les photographies aériennes disponibles ont été consultées auprès de l'IGN afin de visualiser l'évolution des aménagements sur site et hors site. Nous avons sélectionné spécifiquement les clichés aériens de 1926, 1943, 1951, 1969, 1992, 2003 et 2016 pour illustrer l'évolution du site et de ses environs proches. Les photographies aériennes sont consultables en figures pages suivantes.

L'analyse et la synthèse des clichés aériens a permis de mettre en évidence que :

- o en 1926, le terrain accueille un ensemble de bâtiments dont la configuration semble correspondre à celle observée sur le plan de masse historique du site, avec 3 cheminées distinguées sur la photographie. Les activités de verrerie sont clairement identifiées sur le cliché attenant à l'Est avec une configuration également conforme au plan historique. Compte tenu de la résolution du cliché aérien aucun commentaire quant à d'éventuels usages des espaces extérieurs sur site et hors site n'est proposé.
- o en 1943, le site apparaît aménagé de la même manière qu'en 1926 : l'ensemble des bâtiments est retrouvé ; le profond thalweg entre les deux zones de remblaiement sur la parcelle B est nettement distingué sur le cliché. Le secteur de la verrerie ne semble pas avoir évolué, bien que les activités sur site aient été arrêtées depuis 1934.
- o en 1951, le site apparaît aménagé de la même manière depuis 1926 : l'ensemble des bâtiments et occupations au sol est retrouvé ; notons que le thalweg entre les deux zones de remblaiement sur la parcelle B est toujours marqué. En revanche sur le secteur d'emprise des bâtiments de production de la verrerie VEYRMINCK au Nord, les halles de verrerie ont été démolies ainsi que la cheminée et des constructions sont en cours.
- o en 1969, le site semble aménagé de la même manière depuis 1926 : l'ensemble des bâtiments et occupations au sol est retrouvé ; le thalweg sur la parcelle B n'est plus distingué, les remblaiements devant avoir atteint le niveau sur les secteurs Est et Ouest de remblaiement. Le secteur Nord de l'ancienne verrerie VEYRMINCK a été réaménagé avec la création d'un ensemble de bâtiments à usage de logements. L'ancienne cité ouvrière et les cabanons sont en revanche toujours visibles sur le cliché de 1969.

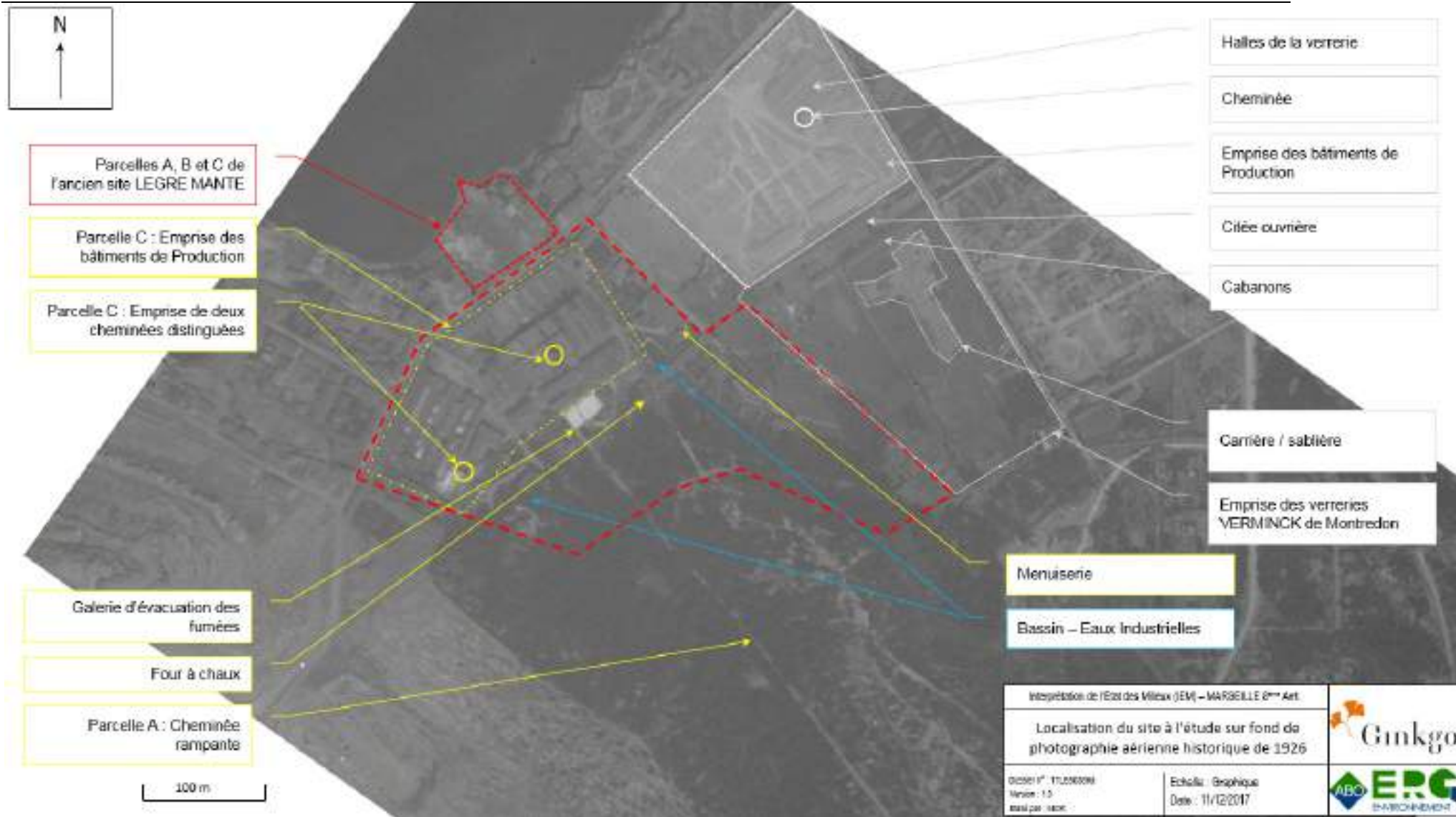


Figure 12 – Localisation du site à l'étude sur fond de photographie aérienne historique de 1926



Figure 13 – Localisation du site à l'étude sur fond de photographie aérienne historique de 1943

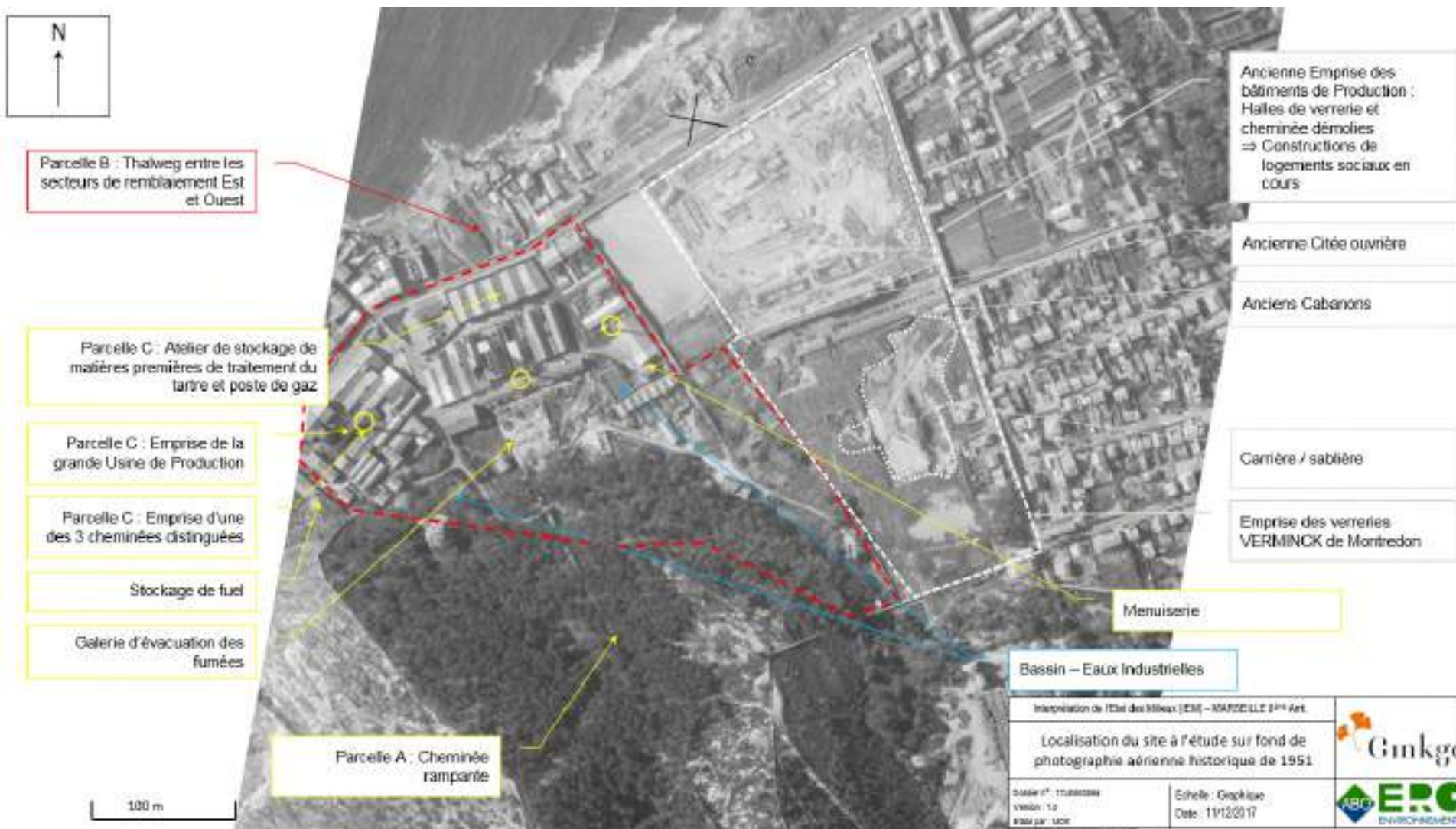


Figure 14 – Localisation du site à l'étude sur fond de photographie aérienne historique de 1951



Figure 15 – Localisation du site à l'étude sur fond de photographie aérienne historique de 1969

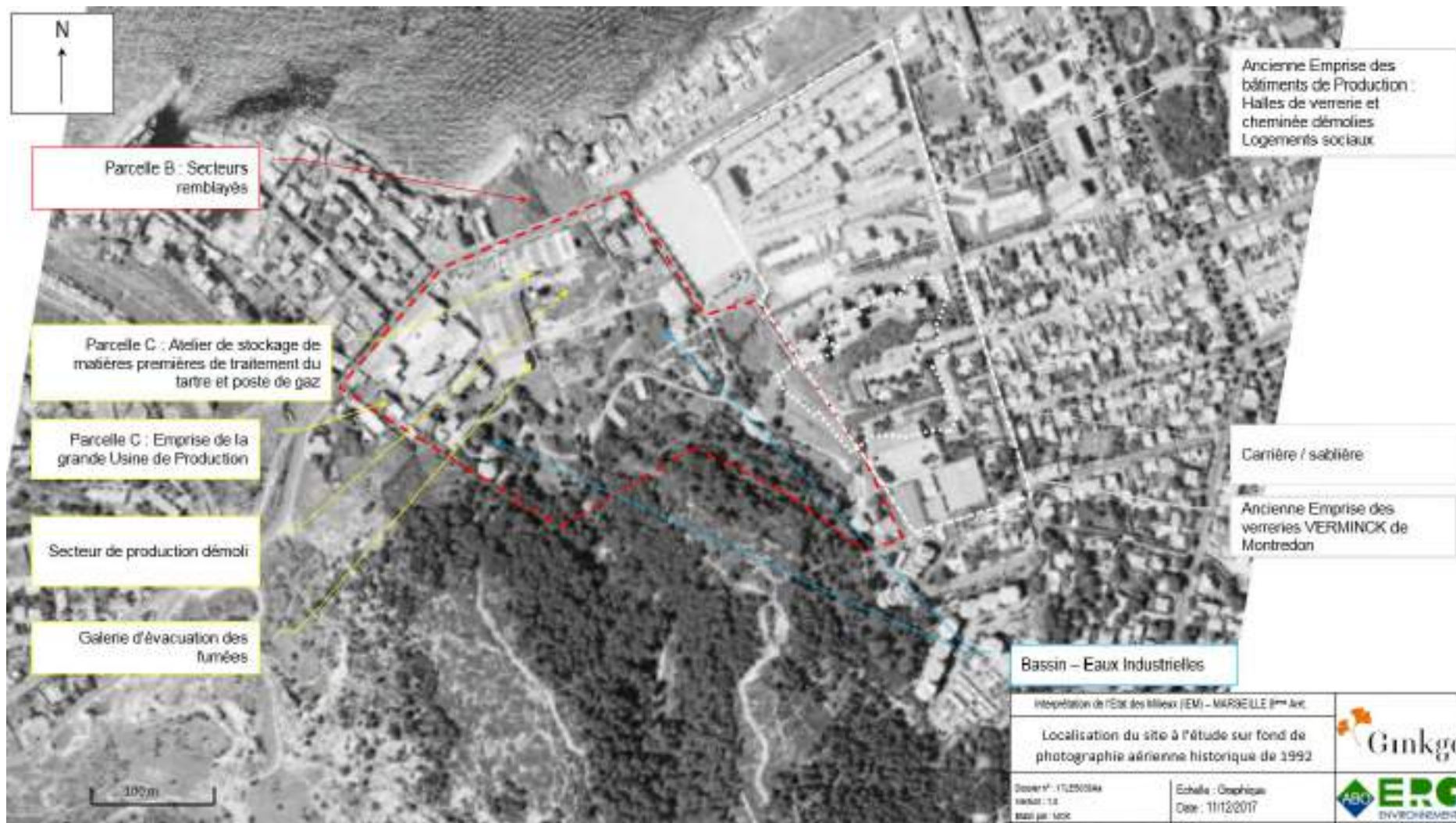


Figure 16 – Localisation du site à l'étude sur fond de photographie aérienne historique de 1992



Figure 17 – Localisation du site à l'étude sur fond de photographie aérienne historique de 2003



Figure 18 – Localisation du site à l'étude sur fond de photographie aérienne récente

- en 1992, un secteur de production sur la Parcelle C a été démoli (au droit de la future station d'épuration – les matériaux extraits ont été remblayés au sud), l'ensemble des autres bâtiments et occupations au sol semble en revanche retrouvé. Le secteur Nord de l'ancienne verrerie VEYRMINCK comprend toujours l'ensemble de bâtiments à usage de logement, mais l'ancienne cité ouvrière et les cabanons ont été démolis et le secteur Sud qui n'a a priori accueilli que des activités historiques de sablières/carrières en lien avec la verrerie a été aménagé par la création des groupes scolaires existants toujours à ce jour (déjà visible sur le cliché de 1975).
- en 2003, nous retrouvons l'ensemble des halls, infrastructures et équipements connus sur la fin d'activités de l'usine LEGRE MANTE avec la STEP, les 2 silos de stockage de tartre de calcium, les Halles successives de la grande usine comprenant acide tartrique, résines, sel de Ségnette et crème de tartre, La configuration hors site au droit de l'ancienne verrerie semble similaire à la configuration en 1992. Notons que sur le cliché récent, le gymnase qui avait été créé directement au Sud des groupes scolaire a été démoli et le terrain est actuellement en friche.

Remarque : conformément aux documents d'archives collectées, il apparait que la société LEGRE MANTE a mis en place une installation de traitement des rejets d'eaux industriels sur site, afin de permettre de respecter les objectifs fixés par l'arrêté préfectoral 98-98/28-1998 A du 22/06/1998.

3.4 Installations classées pour l'environnement (ICPE) recensées sur le site LEGRE MANTE

Conformément à la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), les activités de l'établissement LEGRE-MANTE sont soit non classées, soit soumises à déclaration ou à autorisation selon le nouveau régime.

L'arrêté préfectoral initial d'autorisation du site remonte au 18 avril 1888. Ce document présentait les conditions selon lesquelles MM. MANTE, LEGRE et Co étaient autorisés à établir une fabrique de produits chimiques.

Cette autorisation d'exploiter a été mise à jour par un arrêté préfectoral du 11 janvier 1982, abrogeant par son article 1 l'arrêté préfectoral d'autorisation du 18 avril 1888.

L'arrêté préfectoral du 11 janvier 1982 stipulait dans son article 2 que :

« La Société Française des Produits Tartriques MANTE qui fabrique à Marseille (8^{ème}) 195, avenue de la Madrague de Montredon des produits tartriques par le traitement des lies de vin est autorisée à poursuivre ses activités.

L'usine en cause qui présente une capacité de production de 3 500 à 4 000 T d'acide tartrique contenu se compose :

- d'un atelier de préparation de la matière première : 2 broyeurs à marteaux, 2 fours rotatifs de séchage à fluide caloporteur,
- d'un atelier de fabrication d'acide tartrique : cuves d'empilage, de neutralisation et de décomposition, filtre rotatif et filtre à bande sous vide,
- d'un atelier de concentration de l'acide et des sels : 3 colonnes échangeuses d'ions, 6 évaporateurs, 24 granulés et 3 filtres-presses,
- d'un atelier de conditionnement : 1 four rotatif de séchage, un tamisage broyage avec ensachage.

Les rubriques visées à la nomenclature des installations classées concernent les numéros « 89 », « 153 bis » et « 253 ». La désignation des activités relevant de ces rubriques est synthétisée dans le tableau suivant.

| NATURE DES ACTIVITES | RUBRIQUES |
|---|---|
| Broyage, concassage, criblage, déchiquetage, ensachage, pulvérisation, trituration, granulation, nettoyage, tamisage, blutage, mélange, épiluchage et décortication des substances végétales et de tous produits organiques naturels, y compris la fabrication d'aliments composés pour animaux, mais à l'exclusion des activités visées par les rubriques 2220, 2221 ou 3642. | 2260 (Annule et remplace le 29/12/1993 la rubrique 89) |
| Combustion | 2910 (Annule et remplace le 11/03/1996 la rubrique 153bis) |
| Dépôts de liquides inflammables | 1432 – supprimée (*) (Annule et remplace le 21/12/1999, la rubrique 253) |
| <i>(*) La rubrique 1432 a été supprimée par le décret 2014-285 le 03/03/2014</i> | |

Suite à la consultation de la Direction des Collectivités Locales, de l'Utilité Publique et de l'Environnement (bureau des installations et travaux réglementés pour la protection des milieux), la liste des installations classées répertoriées en date du 20/12/2017 a été récupérée.

L'extrait de la liste concernant le site de LEGRE MANTE, présenté en page suivante, permet de mettre en évidence :

- 13/04/1888 : Activités de fabrication d'acide tartrique soumise à Autorisation
- 11/01/1982 : Activités de fabrication d'acide tartrique soumise à Autorisation
- 19/08/1988 : Rubrique 1180 (Polychlorobiphényles, Polychloroterphenyles)

Remarque : le site disposait effectivement d'un transformateur historique au pyralène qui a été remplacé en 2004.

- Prescriptions complémentaires :
 - o 14/10/1992 (1992-065-A) : Contrôle des rejets aqueux
 - o 30/10/1998 (1996-061-A) : Réhabilitation Partielle
 - o 22/06/1998 (1998-028-A) : Fabrication d'acide tartrique
 - o 28/12/1998 (1998-028-A) : Etude technico-économique nuisances et risques
 - o 10/08/1999 (1998-028-A) : Station de traitement eaux industrielles
 - o 13/12/2002 (2002-128-A) : Echancier station traitement eaux industrielles
 - o 11/07/2003 (2003-063-A) : sécurité conduit de cheminée
 - o 10/07/2008 (2008-201PC) : Etude maitrise prélèvement/rejets aqueux en prévention du risque sécheresse
 - o 13/02/2012 (20111271PC) : Réhabilitation des terrains pollués hors parcelle B par la SFPTM
 - o 09/07/2012 (2012-284PC) : Réhabilitation de la parcelle B par la SFPTM

| Raison sociale | Activité | Lieu exploitation | * | Date+n° | Obs | Cessation |
|---|---|---|----|--------------------------|--------------------------|-----------|
| Legre-Mante 195 av Madrague Montredon 13008 MARSEILLE | Fabrication acide tartrique | 195 av Madrague-Montredon 13008 MARSEILLE | A | 13/04/1888 | | |
| Legre-Mante 195 av Madrague Montredon 13008 MARSEILLE | Fabrication acide tartrique | 195 av Madrague-Montredon 13008 MARSEILLE | A | 11/01/1982 | | |
| Legre-Mante 195 av Madrague Montredon 13008 MARSEILLE | 1180 Polychlorobiphenyles, polychloroterphenyles | 195 av Madrague-Montredon 13008 MARSEILLE | AN | 19/08/1986 | Lettre PCB 19/04/2001 | |
| Legre-Mante 195 av Madrague Montredon 13008 MARSEILLE | Controle rejets aqueux | 195 av Madrague-Montredon 13008 MARSEILLE | PC | 14/10/1992 1992-065-A | | |
| Legre-Mante 195 av Madrague Montredon 13008 MARSEILLE | Rehabilitation partielle | 195 av Madrague-Montredon 13008 MARSEILLE | PC | 30/10/1996 1996-061-A | | |
| Legre-Mante 195 av Madrague Montredon 13008 MARSEILLE | Fabrication acide tartrique | 195 av Madrague-Montredon 13008 MARSEILLE | PC | 22/06/1998 1998-028-A | | |
| Legre-Mante 195 av Madrague Montredon 13008 MARSEILLE | Etude technico economique nuisances et risques | 195 av Madrague-Montredon 13008 MARSEILLE | PC | 28/12/1998 1998-028-A | | |
| Legre-Mante 195 av Madrague Montredon 13008 MARSEILLE | Station traitement eaux industrielles | 195 av Madrague-Montredon 13008 MARSEILLE | PC | 10/08/1999 1998-028-A | | |
| Legre-Mante 195 av Madrague Montredon 13008 MARSEILLE | Echeancier station traitement eaux industrielles | 195 av Madrague-Montredon 13008 MARSEILLE | PC | 13/12/2002 2002-128-A | | |
| Legre-Mante 195 av Madrague Montredon 13008 MARSEILLE | Securite conduit cheminee | 195 av Madrague-Montredon 13008 MARSEILLE | PC | 11/07/2003 2003-063-A | | |
| Legre-Mante 195 av Madrague Montredon 13008 MARSEILLE | Etude maitrise prelevements/rejets aqueux en prevention du risque secheresse | 195 av Madrague-Montredon 13008 MARSEILLE | PC | 10/07/2008 2008201PC | MC | |
| Legre-Mante 195 av Madrague Montredon 13008 MARSEILLE | Réhab terrains poll hors parc B par Soc Franç des Produits Tartriques Mante | 195 avenue de la Madrague de Montredon 13008 MARSEILLE | PC | 13/02/2012 20111371PC | SFPTM | |
| Legre-Mante 195 av Madrague Montredon 13008 MARSEILLE | Réhab parcelle B (bord de mer) par Soc Franç des Produits Tartriques Mante | 195 av Madrague-Montredon 13008 MARSEILLE | PC | 09/07/2012 2012-284PC | SFPTM | |

* A : Autorisation - An : Antériorité - CE : Changement d'exploitant - D : Déclaration - DC : Déclaration avec contrôle périodique - E : Enregistrement - NN : Non Notable -
PC : Prescriptions complémentaires - PS : Prescriptions spéciales - S : Servitudes

** LISTE NON EXHAUSTIVE

Les documents que le service de la préfecture a encore en sa possession nous ont été transmis par courrier, une copie de ces documents est reportée en **annexe A2.2** du présent rapport.

La fiche BASIAS détaillée de l'ancienne usine LEGRE MANTE, reportée en **annexe A2.3**, reprend l'historique des activités sur le site, ainsi que les produits utilisés ou générés par l'activité du site, présenté ci-dessous :

Historique des activités sur le site :

| N° activité | Libellé activité | Code activité | Date début (*) | Date fin (*) | Importance | groupe SEI | Date du début | Ref. dossier | Autres infos |
|-------------|--|---------------|----------------|--------------|--------------|------------|------------------------------------|-----------------------------------|--|
| 1 | Fabrication d'autres produits chimiques n.c.a. | C20.59Z | 13/04/1888 | | Autorisation | 1er groupe | DCD=Date connue d'après le dossier | AD13XIVM12/296/PRODUITS CHIMIQUES | 1ERE CLASSE |
| 2 | Fabrication d'autres produits chimiques n.c.a. | C20.59Z | 01/01/1894 | | Autorisation | 1er groupe | AP=Arrêté préfectoral | AD13XIVM12/296/PRODUITS CHIMIQUES | |
| 3 | Industrie chimique | C20 | 28/12/1998 | | Autorisation | 1er groupe | AP=Arrêté préfectoral | AD13 2069W8 | Acide tartrique |
| 4 | Collecte et traitement des eaux usées | E37 | 28/12/1998 | | Autorisation | 1er groupe | | AD13 2069W8 | |
| 5 | Stockage de produits chimiques (minéraux, organiques, notamment ceux qui ne sont pas associés à leur fabrication, ...) | V89.01Z | 30/08/2001 | | Autorisation | 1er groupe | AP=Arrêté préfectoral | PREF - 2001 - 106 | |
| 6 | Industrie chimique | C20 | 18/11/2005 | | | 1er groupe | AP=Arrêté préfectoral | PREF - 2005 - 162A | mise en demeure : usine de fabrication d'acide tartrique |

Produit(s) utilisé(s) ou généré(s) par l'activité du site :

| n° de l'activité correspondante | Libellé produit | Code produit | Quantité m3 | Quantité tonnes/semaine |
|---------------------------------|---|--------------|-------------|-------------------------|
| 1 | Chlore, Chlorures, Hypochlorite (Hypochlorite de sodium = eau de javel) | D05 | | |
| 1 | Acides (minéraux ou organiques) | D01 | | |
| 2 | | | | |
| 3 | Acides (minéraux ou organiques) | D01 | | |
| 4 | | | | |
| 5 | PRODUITS CHIMIQUES (naturels ou synthétiques) | D | | |
| 6 | Acides (minéraux ou organiques) | D01 | | |

La fiche BASOL disponible sur le site du Ministère présente une description qualitative des études réalisées, mais fait référence au projet d'aménagement OCEANIS qui n'est plus d'actualité.

3.5 Description de l'activité et de l'occupation actuelle

3.5.1 Aspect réglementaire

La Société Française Des Produits Tartriques Mante (SFPTM) a été acquise par le Maître d'Ouvrage en vue d'une requalification des terrains pour l'aménagement d'un ensemble immobilier de dimension équivalente aux infrastructures industrielles actuellement existantes, ainsi que pour la gestion du crassier existant dans l'objectif de rétrocéder la zone de plage aujourd'hui rattachée à ce secteur de l'usine.

La présente mission répond aux exigences de l'Administration dans l'Art. 1.1 du projet d'arrêté préfectoral transmis le 04/07/2017, dans lequel le préfet des Bouches du Rhône prescrit :

« ...

- Art. 1 :

o Article 1.1 - Interprétation de l'état des milieux (IEM)

La Société Française des Produits Tartriques Mante (SFPTM) est tenue de réaliser et de transmettre au préfet, dans un délai de 4 mois suivant la notification du présent arrêté, une étude d'interprétation de l'état des milieux (IEM), pour le site industriel LEGRE MANTE, conformément aux dispositions de la note ministérielle du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués mettant à jour les textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués.

Les modalités de cette étude, incluant son périmètre et la nature des investigations à mener, ainsi que le choix de l'organisme retenu pour la réaliser, seront soumis, dans un délai d'un mois suivant la notification du présent arrêté, à l'approbation de l'inspection de l'environnement.

o Article 1.2 - Plan de gestion

Dans le cas où la démarche d'interprétation de l'état des milieux susvisée conclut à la nécessité d'engager des actions complémentaires pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et les usages constatés, la Société Française des Produits Tartriques Mante (SFPTM) réalisera, dans un délai de 6 mois suivant la transmission de l'étude d'interprétation de l'état des milieux, un plan de gestion, pour maîtriser, voire supprimer les sources de pollution qui ont été générées par l'activité du site industriel LEGRE MANTE, conformément aux dispositions de la note ministérielle du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués mettant à jour les textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués.

La compatibilité entre l'état des milieux après les travaux et les usages constatés sera démontrée à l'appui d'une analyse des risques résiduels (ARR).

- Art. 2 :

o La Société Française des Produits Tartriques Mante (SFPTM) est tenue d'élaborer et de transmettre au préfet, dans un délai de 6 mois suivant la notification du présent arrêté, un plan de gestion, couvrant la totalité du site industriel LEGRE MANTE, relatif aux sources de pollution situées sur le site, tel que défini par la note ministérielle du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués mettant à jour les textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués. »

3.52 Situation actuelle du site de l'ancienne usine LEGRE MANTE

Comme le mettent en évidence les photographies récentes du site, l'ancienne usine LEGRE MANTE, localisée au 195 avenue de la Madrague de Montredon, est à ce jour à l'arrêt. Le site est entièrement clôturé, ainsi que gardienné et des opérations d'évacuations de déchets et de débroussaillage (conformément au PRIFF), dans le cadre de sa mise en sécurité, ont été réalisées lors de la déclaration de cessation des activités fin 2009.

Deux diagnostics amiante ont été réalisés en 2017 sur les bâtis et sur les éléments du process (rapports référencés E19V0/17/1942 et E19V0/17/1967) et un diagnostic plomb a été réalisé en 2016 (rapport référencé E19V0171965).

On se reportera au dossier de cessation d'activité du site en date de septembre 2010 (rapport référencé A59703/A, réputé connu du lecteur) pour disposer de l'ensemble des documents liés à la mise en sécurité qui a été réalisée à la cessation des activités sur site.

Notons que de nombreux déchets étant encore présents sur site à l'acquisition des terrains, des opérations complémentaires ont été menées par la Maitrise d'Ouvrage et sous le contrôle de la DREAL, au dernier trimestre 2017 ; des travaux complémentaires de réfection des clôtures ont également été réalisés, ainsi que des entretiens paysagers au regard du risque incendie dans le contexte environnemental du site.

Le devenir des infrastructures existantes sur la parcelle C est actuellement à l'étude.

En effet, des diagnostics sur l'état des bâtiments, ainsi que les contraintes géotechniques sur les différentes parcelles sont actuellement en cours, afin de permettre l'établissement d'un projet d'aménagement le plus pertinent et durable possible, dans un souci de respect des attentes de la Ville et des riverains, tout en assurant la conservation du patrimoine industriel et dans le respect d'un équilibre économique viable de l'opération.

Il en est de même au niveau de la parcelle B, localisée en bord de mer, au droit de laquelle des études sont en cours afin de permettre le développement d'un projet de mise en sécurité de la parcelle, inscrit dans un aménagement conforme aux attentes de la Ville et des riverains (Plan de Gestion du secteur pour la mise en sécurité et la valorisation, toujours selon une approche durable et innovante).

4. SYNTHÈSE DES SOURCES POTENTIELLES DE POLLUTION AU DROIT DU SITE

4.1 Sources potentielles générées par les activités historiques de l'ancienne Usine LEGRE MANTE

Sur la base des informations collectées dans le cadre de l'étude historique, il apparaît que des sources potentielles de pollution sont à retenir au droit du site sur lequel se sont succédées les activités de :

- Traitement de plomb argentifère et de zinc par natrométallurgie et fabrication de soude (1875-1883 : Hilarion-Roux) ;
- Production d'acide tartrique et d'acide sulfurique (LEGRE-MANTE 1888 à 2009).

4.1.1 Sources potentielles de pollution héritées des activités historiques de traitement du Plomb

Le tableau suivant liste les sources Potentielles de Pollution mises en évidence au droit du site lors de l'activité de traitement du Plomb. Celles-ci sont localisées en **Figure 19**.

Tableau 6 - Synthèse des zones potentielles de pollutions héritées des activités historiques de traitement du Plomb

| n° SPP | Activité | Observations actuelles | Localisation sur site | Produits / déchets caractéristiques de l'activité | Principaux polluants associés à cette activité |
|------------------|--|--|---|--|--|
| Totalité du site | Remblais pour création de la plateforme industrielle <i>A l'instar des dépôts de matériaux issus des activités de Plomb sur le littoral, dont il sera fait mention dans le paragraphe suivant, les remblais qui ont pu être mis en place au droit de la parcelle C pour la création de la plateforme industrielle sont probablement en provenance de sites industriels sur les Calanques et très probablement de l'Escalette.</i> | - | Particulièrement emprise de la parcelle C, ayant accueilli les activités de production sur site | - | ETM, hydrocarbures |
| 1 | Atelier de fusion des minerais de Pb | Zone démolie et potentiellement remblayée | Parcelle C <i>Pas d'information sur le conditionnement et le confinement des stockages et dépôts</i> | Scories, résidus de fonderie, poussières, fumées Matières premières (coke, scorie de Fe, Minerais, ...) | ETM, hydrocarbures |
| 2 | Atelier de préparation de la soude caustique (broyeur et concasseur) | | | | |
| 3 | Atelier de la machine principale soufflante - four à coupellation | | | | |
| 4 | Atelier de désargentation du Pb marchand et four à affiner le cuivre | | | | |
| 5 | Atelier de cuivre et de sulfate de suivre | | | | |
| 6 | Atelier de grillage des masses | | | | |
| 7 | Atelier de précipitation du cuivre par l'électricité | | | | |
| 8 | Fonderie de fonte de Fe et dépendances | | | | |
| 9 | Atelier de la presse à tuyau de Pb | | | | |
| 11 | Entrepôts de coke et scories de Fe | | | | |
| 13 | Four à griller le minerai de Pb à toiture en bois | Actuel Bâtiment 1 Hall 1 partiel | Emprise incertaine - partiellement hors site | | |
| 17 | Machine à vapeur de 5 chevaux et ventilateurs à palettes | Emprise incertaine | | | |
| 18 | Petit magasin | Non retrouvé sur plan | | | |
| 20 | Dépôt de matras | Échange possible avec n° 26 | | | |
| 21 | Décharge à la mer | Actuel crassier | Parcelle B, essentiellement secteur Ouest qui a reçu en priorité les déchets sur cette période d'activité | Scories, résidus de fonderie, poussières, ... | ETM, hydrocarbures |
| 23 | Petit four à manches | Non retrouvé sur plan | | | |
| 24 | Atelier de chaudronnerie et de plomberie | Actuel bâtiment 2 Hall 3 | | | |
| 25 | Bassin de dépôt d'antimoine <i>dans la limite des documents et plans collectés dans le cadre de la présente étude, nous ne disposons pas d'information sur l'état de ce bassin. Notons que le figuré sur le plan laisse penser que le bassin constituait une infrastructure qui devait limiter les possibilités d'impact aux milieux (impermeabilisation supposée)</i> | Actuel bâtiment 2 Hall 3 | Parcelle C <i>Pas d'information sur le conditionnement et le confinement des stockages et dépôts</i> | Scories, résidus de fonderie, poussières, fumées Matières premières (coke, scorie de Fe, Minerais, ...) | ETM, hydrocarbures |
| 26 | Atelier de menuiserie | Non retrouvé sur plan | | | |
| 27 | Dépôts de Pb marchand et dépôt de charbon | Partiellement au droit de l'actuel bâtiment 2 | | | |
| 28 | Dépôts de Pb marchand et dépôt de charbon | | | | |
| 29 | Usine à gaz d'éclairage | | Non retrouvé sur plan | | |
| 30 | Carneaux de fumées | Encore présents actuellement | Carneaux sur site En limite Sud de Parcelle C | Résidus, poussières, fumées | ETM |
| 32 | Atelier d'ajustage | Non retrouvé sur plan | Parcelle C | Scories, résidus de fonderie, poussières, fumées | ETM, hydrocarbures |
| 33 | Moulin à triturer les os | Non retrouvé sur plan | | | |
| 34 | Forges | Emprise incertaine - localisation dans les carneaux actuellement présents | Carneaux sur site En limite Sud de Parcelle C | Résidus, poussières, fumées | ETM |
| 35 | Chambres et turbine à condenser les fumées de Pb | Encore présents actuellement - emprise incertaine Prélèvement à proximité | | | |
| 36 | Chambres et turbine à condenser les fumées de Pb | | | | |
| 37 | Bassin de décantation des fumées venant de la turbine | | | | |
| 39 | Dépôt de minerais | Zone actuellement remblayée par déblais issus de la mise en place de la STEU | Parcelle C <i>Pas d'information sur le conditionnement et le confinement des stockages et dépôts</i> | Scories, résidus de fonderie, poussières, fumées Matières premières (coke, scorie de Fe, Minerais, ...) | ETM, hydrocarbures |
| 40 | Grand carneau collecteur de fumées de Pb | Cheminée actuellement partiellement enfouie | | | |
| 41 | Chambres à condenser les fumées de Pb | Non retrouvé sur plan | Parcelle A traversant les coteaux boisés jusqu'à la grande cheminée Sud | Résidus, poussières, fumées | ETM |



Figure 19: Localisation des zones potentielles de pollutions héritées des activités historiques de traitement du Plomb

4.1.2 Sources potentielles de pollution héritées des activités historiques d'acide tartrique et d'acide sulfurique

Le tableau suivant liste les sources Potentielles de Pollution mises en évidence au droit du site lors de l'activité de traitement du Plomb. Celles-ci sont localisées à la figure qui suit.

Tableau 7 - Synthèse des zones potentielles de pollutions héritées des activités historiques d'acide tartrique

| n° SPP | Activité | Observations actuelles | Localisation sur site | Produits / déchets caractéristiques de l'activité | Principaux polluants associés à cette activité |
|--------|--|--|--|---|--|
| A | Petite usine | Actuel bâtiment 3 partiel | Parcelle C nord-est | Tartre, acides chlorhydrique et sulfurique, chaux, soufre, Pyrite de Fer, Sulfate de zinc | ETM, Ca, Na, sulfates |
| B | Extinction de Chaux | Actuel bâtiment 3 partiel | | | |
| C | Hall matière première | Actuel bâtiment 2 - Hall 3 et 4 et zone extérieure | | | |
| D | Hall attaque acide | Actuel bâtiment 2 - Hall 1 et 2 | | | |
| E | Parc à déchets | Zone peu remaniée | En limite Sud-Ouest de la Parcelle C | Déchets divers liés aux activités de fabrication d'acide tartrique et acide sulfurique | ETM, cyanures, hydrocarbures |
| F | Stockage de fuel | Toujours présent mais non accessible Cuves suspectées | | Hydrocarbures | HCT, HAP, BTEX |
| G | Atelier mécanique | Actuel bâtiment H10 | Limite Ouest de la parcelle C (directement au Nord de la zone de stockage de fioul) | Huiles, hydrocarbures, ... | ETM, HCT, HAP, BTEX |
| H | Hall crème de tartre | Actuel bâtiment 1 Hall 4 | Parcelle C nord-ouest | Tartre, acides chlorhydrique et sulfurique, chaux, soufre, Pyrite de Fer, Sulfate de zinc | ETM, Ca, Na, sulfates |
| I | Hall sel de ségnette | Actuel bâtiment 1 Hall 3 | | | |
| J | Hall de résine | Actuel bâtiment 1 Hall 2 | | | |
| K | Hall acide tartrique | Actuel bâtiment 1 Hall 1 - est | | | |
| L | Stockage de ferrocyanures | Actuel bâtiment 1 Hall 1 - ouest | | | |
| M | Four à soufre ou à pyrite | Emprise incertaine - bâtiment 1 Hall 3 et 4 | Parcelle C | Déchets cyanurés | ETM, cyanures |
| N | 3 cheminées identifiées sur site | Localisation des deux cheminées ouest incertaine - démolie aujourd'hui | | Résidus, poussières, fumées | ETM |
| O | Carneaux | Carneaux actuellement présents partiellement recouverts | Carneaux sur site En limite Sud de Parcelle C | Poussières, fumées | ETM |
| P | Four à chaux | Située à proximité ouest du bassin bas - Zone potentiellement remaniée | En limite Sud de Parcelle C | Résidus, poussières, fumées | ETM |
| Q | Emplacement de l'ancien dépotage acide | Zone peu remaniée | Parcelle A le long de la cheminée rampante | Acides chlorhydrique et sulfurique | Chlorures, sulfates |
| R et S | Berceaux des anciennes cuves acides | Zone proche du bâtiment 4 partiellement remblayée | Limite nord de la Parcelle A | | |
| T | Station de traitement des eaux usées | Présente et à priori purgée | Limite sud-est de la Parcelle C | Eaux polluées, boues | ETM, cyanures, hydrocarbures, sulfates |
| U | Silos (2) de tartes de calcium et installations connexes | Présence de cuves à priori pour la STEU | Sud de la Parcelle C | | |
| V | Zone remblayée avec les déblais de démolition lié à l'aménagement de la STEP (90 000 m3 de matériaux) | Gros stock de remblais difficilement accessible par endroit A priori déblais issus de la mise en place de la STEU | Nord de la Parcelle A | Déblais de démolition et remblais d'origine non connue (*) potentiellement impactés en outre par les activités historiques sur site | ETM, hydrocarbures |
| W | Sablrière remblayée | Zone située à proximité de l'école primaire | Limite est de la Parcelle A | (*) à l'instar des dépôts de matériaux issus des activités de Plomb sur le littoral, dont il sera fait mention dans le paragraphe suivant, les remblais qui ont pu être mis en place au droit de la parcelle C pour la création de la plateforme industrielle sont probablement en provenance de sites industrielles sur les Calanques et très probablement de l'Escalette. | |
| X | Ancienne fabrique d'acide sulfurique (au niveau de l'ancienne fonderie) | Secteur démoli et terrassé pour création de la STEP | Stock de matériaux avec déblais de démolition de l'ancienne fonderie et fabrique d'acide en limite Sud de la parcelle C (sur emprise de la parcelle A) | | |
| Y | Menuiserie | Située à proximité est du bassin bas | Limite est de la Parcelle A | Huiles, hydrocarbures, ... | ETM, HCT, HAP, BTEX |
| Z | Dépôts de résidus et déchets issus des activités de production d'acide sulfurique à partir de pyrites et de tartre sur la parcelle B | Crassier | Parcelle B : - secteur Ouest sur les déchets et résidus des activités de Plomb - secteur Est directement sur le terrain naturel | Scories, résidus de fonderie, poussières, ... | ETM, cyanures, hydrocarbures |
| A' | Cuves à fioul domestique aériennes | non retrouvé | Entre le bâtiment laboratoire et l'usine, et à côté du poste de relevage de la STEP | Hydrocarbures | HCT, HAP, BTEX |
| B' | Bains de ferrocyanures | non retrouvé | En limite Sud de Parcelle C | Déchets cyanurés | ETM, cyanures |



Figure 20: Localisation des zones potentielles de pollutions héritées des activités historiques

d'acide tartrique

4.2 Sources potentielles générées par l'activité actuelle pratiquée sur l'emprise de l'ancienne Usine

En l'absence d'activité actuelle sur le site de l'ancienne usine, aucune source potentielle de pollution actuelle ne sera retenue.

On rappelle néanmoins que le crassier (parcelle B) – zone Z7 et les carneaux (altérés en certains secteurs) – zone Z3 sont actuellement toujours présents et peuvent être à l'origine de transferts de pollution.

Les cheminées (verticales et horizontales) considérées comme des sources de pollution au droit du site ont été caractérisées lors des études antérieures (diagnostics sur les parcelles A et C et lors de l'IEM hors site réalisée par ERG ENVIRONNEMENT).

Ces vestiges de construction industrielles présentent de fortes teneurs en métaux principalement. L'**annexe A5.4** détaille les investigations menées sur les deux cheminées encore présentes actuellement sur le site.

Le site présente d'autres vestiges de constructions industrielles et des éléments non démantelés sont toujours présents sur site actuellement (cuves, machines, etc). Ces éléments seront listés dans le diagnostic déchets – *en cours* - du site faisant l'objet d'une prestation distincte.

4.3 Synthèse des traceurs retenus

| Activité générale | Activité détaillée | Matière première | Composés principaux | Impuretés | Composés présents dans les fumées | Composés présents dans les résidus de fonderie et déchets d'usine | Traceurs retenus sols sur site (dont crassier) | Commentaires | |
|--|--|--|---|---|---|--|--|---|---|
| - | - | Remblais mis en place sur la plateforme d'aménagement de l'usine | 8ML, hydrocarbures | Eléments traces métalliques | - | - | | | |
| Fonderie et affinage de plomb et de zinc Hilarion-Roux, 1875-1883 | Minerai de Plomb : galène et Plomb argentifère | Pb S Ag | Majoritairement As, Sn Mais également Cu, Zn, Cd, Hg, Fe | Pb, S, Ag, As, Sn, Cu, Zn, Cd, Hg, Ba, B Eléments traces métalliques | Pb, S, Ag, As, Sn, Cu, Zn, Cd, Hg Eléments traces métalliques En proportion différente de celles des fumées | | Pb, S, Ag, As, Sn, Cu, Zn, Cd, Hg | Parmi les éléments métalliques, seuls les 8 métaux lourds les plus toxiques ont été recherchés. D'après les informations des études antérieures, ce sont ces éléments qui sont le plus représentés sur ce site avec la présence majoritaire de plomb. | |
| | Coke et houille (pour alimentation des fours à combustion) | HAP, HCT, BTEX, phénol | As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn | HAP, HCT, BTEX, phénol As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn Dioxines et furanes | HAP, HCT, BTEX, phénol As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn | | | | |
| Usine d'acide tartrique et de crème de tartre y compris fabrication d'acides sulfurique et chlorhydrique utilisés dans les process de l'acide tartrique, 1888-2009 | Production d'acide tartrique (*) | Tartre Acides chlorhydrique et sulfurique Chaux | CaSO4 (diminution rejet après 1973) | - | - | Ca, sulfates | Autres éléments traces métalliques | Les composés HCT, HAP, BTEX, et dans une moindre mesure les PCB, ont été recherchés sur une large majorité du site. | |
| | Production d'acide sulfurique | Soufre Pyrite de Fer Sulfate de zinc | S, Fe, Zn | As, Sn, Se, Ni, Co, Cu, Ag, Au, Ti, V | S, Fe, Zn As, Sn, Se, Ni, Co, Cu, Ag, Au, Ti, V Autres éléments traces métalliques | S, Fe, Zn, As, Sn, Se, sulfates Autres éléments traces métalliques En proportion différente de celles des fumées | HAP, HCT, BTEX, indice phénol | Les cyanures ont été recherchés de manière ciblée sur les zones suspectes. | |
| | Production d'acide chlorhydrique | Sel marin Acide sulfurique | Na S | - | - | S | Na, S | Cyanures | Les COHV, bien que non identifiés comme traceurs des activités, ont été recherchés à titre sécuritaire. |
| | Alimentation des fours à combustion | Coke et houille | HAP, HCT, BTEX, phénol | As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn | HAP, HCT, BTEX, phénol As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn Dioxines et furanes | HAP, HCT, BTEX, phénol As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn | Dioxines et furanes | L'indice phénol et les dioxines et furanes étant des traceurs secondaires, ils n'ont pas été recherchés. | |
| | Bains de ferrocyanures | CN | FeCN | - | - | FeCN | | | |
| | Zone de stockage historique de fioul et cuves à fioul domestique aériennes | fioul | HCT, HAP, BTEX | Eléments traces métalliques | - | HCT, HAP, BTEX, 8ML | | | |
| | Atelier mécanique | Huiles, hydrocarbures, ... | HCT, HAP, BTEX | Eléments traces métalliques | - | HCT, HAP, BTEX, 8ML | | | |
| | Transformateur | Huiles isolantes | HCT, PCB | - | - | HCT, PCB | | | |

(*) : des activités de production d'acide citrique et malique ont aussi eu lieu. Celles-ci ne sont pas retenues ici comme potentiellement polluantes.

5. MISE EN PLACE DU SCHEMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION INITIAL

Le schéma conceptuel d'exposition, établi pour un aménagement du site donné, permet d'établir le lien entre trois facteurs D (Source / Danger) – T (Transfert) et C (Cible).

Selon le principe de l'évaluation des risques, le risque R est le résultat de l'existence de ces trois facteurs complémentaires. Dès lors qu'un de ces facteurs n'existe pas, le risque est absent.

Le schéma conceptuel d'exposition a pour but de mettre en exergue de manière qualitative (et non quantitative : objet d'une Evaluation des Risques Sanitaires) les risques potentiellement encourus par les occupants du site et le cas échéant par d'éventuelles cibles extérieures au site.

Le schéma conceptuel d'exposition permet ainsi de définir les milieux environnementaux sur lesquels doivent porter les investigations de terrain (analyses des milieux pertinents).

Sur la base des données historiques, des études réalisées au droit du site et pour lesquelles nous avons pu disposer d'informations, nous proposons un schéma conceptuel d'exposition tenant compte du projet d'aménagement retenu.

Note : le Schéma Conceptuel d'Exposition pour les usages hors site est présenté dans le rapport d'IEM référencé 17LES038Aa/ENV/MOK/BT/42331.

Tableau 8 : Pertinence des différentes voies d'expositions potentielles sur site

| MILIEU D'EXPOSITION POTENTIEL | PRINCIPALES VOIES D'EXPOSITION A ENVISAGER | PRINCIPAUX TRANSFERT(S) A ENVISAGER | CIBLE POTENTIELLE SUR SITE | MILIEUX CONTAMINES : POLLUANTS MAJORITAIRES | APPROCHE RISQUE |
|--|--|--|---|---|--|
| Intérieur des futurs bâtiments | Inhalation de substances volatiles issues des sols et/ou des eaux souterraines à travers la dalle béton | Du sol vers l'air ambiant des bâtiments | Futurs habitants et usagers (<i>adultes et enfants</i>) | GAZ DES SOLS | Vérification de la présence de composés toxiques dans les sols de manière généralisée et dans les gaz des sols de manière ciblée par rapport au projet |
| | Transfert dans la canalisation enterrée d'alimentation en cas de parcours du réseau au travers d'une zone de sols souillés | Ingestion d'eau contaminée / contact cutané | | EAU DE CONSOMMATION | Risque à écarter par des mesures simples de gestion : Canalisations AEP à implanter dans des sols sains en cas de pollution avérée |
| Futures zones extérieures découvertes (espaces verts) | Ingestion directe de sol / poussières | Contact direct | | SOLS | Vérification de la présence de composés toxiques dans les sols superficiels et sous-jacents |
| | Absorption cutanée de sol / poussières | | | | |
| | Ingestion d'aliments d'origine végétale produits sur le site Sans objet : Pas de jardins potagers en pleine terre - seuls des cultures en bac, déconnectés des sols du site pourront être mises en œuvre. | Du sol vers des aliments d'origine végétale sur le site | | SOLS | |
| Futures zones extérieures recouvertes (voirie, parkings) | Inhalation de substances volatiles issues du sol et/ou des eaux souterraines | Volatilisation des composés potentiellement présents dans les sols et/ou les eaux souterraines | | GAZ DES SOLS | Vérification de la présence de composés toxiques dans les sols de manière généralisée et dans les gaz des sols de manière ciblée par rapport au projet |
| Eaux superficielles | Aucun usage des eaux superficielles n'est prévu par le projet | Du sol vers les eaux superficielles | | EAUX SUPERFICIELLES | Sans objet : Aucun usage actuel ou projeté n'est identifié |
| Eaux souterraines | Aucun usage des eaux souterraines n'est prévu par le projet | Du sol vers les eaux souterraines | | EAUX SOUTERRAINES | Sans objet : le projet ne prévoit pas d'usage des eaux souterraines |

D'après le Schéma Conceptuel d'Exposition initial (SCEi), les voies d'exposition retenues dans le cadre de ce diagnostic environnemental complémentaire sur site sont :

- **le contact direct par voie cutanée ou ingestion de substances non volatiles** issues des sols, au niveau des futures zones extérieures découvertes des jardins privatifs et espaces verts ;
- **l'inhalation de composés volatils issus des sols** dans les futurs bâtiments.

L'exposition par ingestion d'aliments auto-produits (élevages et potagers) n'est pas envisagée dans le cadre de la présente étude. Des mesures de gestions spécifiques sont préconisées dans le cadre de l'aménagement de jardins potagers. Celles-ci consistent en la mise en œuvre de cultures uniquement en bac déconnectées des sols du site.

6. STRATÉGIE DES INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES PROPOSÉE

La stratégie d'investigations détaillée adaptée aux sources potentielles de pollution identifiées sur site (identification des sondages réalisés au droit de chaque source potentielle de pollution) est synthétisée dans le Tableau 9.

Le détail des investigations proposées afin de confirmer voire dimensionner les anomalies mises en évidence dans le cadre des études antérieures est présenté dans le Tableau 10.

Le détail des échantillons prélevés et des analyses réalisées est présenté dans le compte rendu d'intervention en **annexe A4.2**.

Tableau 9 : stratégie d'investigation complémentaire détaillée pour la caractérisation des sources potentielles de pollution historiques

| Source Potentielle de pollution (n°) PLOMB | | Source Potentielle de pollution (n°) CHIMIE | | Investigations antérieures SOCOTEC 1997 / ANTEA 1998 / APAVE 2003 / ANTEA 2010 / VALGO 2011 | Sondages ERG | Traceurs recherchés |
|---|--|--|--|--|---|--|
| 20, 21 | Dépôt de matras Décharge à la mer | Z | Dépôts de résidus et déchets issus des activités de production d'acide sulfurique à partir de pyrites et de tartre sur la parcelle B | | SPIEM 1 SCIEM 1 à 8 SDIEM 1 et 2 | 8 ML |
| 9 | Atelier de la presse à tuyau de Pb | H I J K M N | Hall crème de tartre Hall sel de Seignette Hall de résine Hall acide tartrique Four à souffre ou à pyrite Cheminée sur site | T2 à T4 TG6 | PM1 à PM4 et PM6 à PM10 PM silo SP1 Pza1 | HCT HAP BTEX 8ML COHV PCB |
| | | L | Stockage de ferrocyanures | T1 | SD1 à SD3 | HCT HAP BTEX 8ML Cyanures libres et totaux |
| | | F | Stockage de fuel | S3-LM et S4-LM | SD17 | HCT HAP BTEX 8ML |
| | | G | Atelier mécanique | | A2 A4 A6 C3 C5 B7 Pza14 Pza15 | HCT HAP BTEX 8ML COHV PCB |
| 8 | Fonderie de fonte de Fe et dépendances | E | Parc à déchets | L2 P45 | D'19 G'20 H'19 SP3 | HCT HAP BTEX 8ML COHV PCB |
| 6 7 | Atelier de grillage des masses Atelier de précipitation du cuivre par l'électricité | A B | Petite usine Extinction de Chaux | T8 T12 S2-LM | PM13 à PM15 SD4 à SD6 Pza3 | HCT HAP BTEX 8ML COHV PCB Cyanures libres et totaux |
| 11 | Entrepôts de coke et scories de Fe | Y N | Menuiserie Cheminée identifiée sur site | P43 F10 SD4 | | |
| 13 | Four à griller le minerai de Pb à toiture en bois | | | F8 | PMG | 8 ML |
| 18 25 27 28 | Petit magasin Bassin de dépôt d'antimoine Dépôts de Pb marchand Dépôts de charbon | D | Hall attaque acide | T13 S1-LM TG4 | PM16 PM17 J'21 K'21 SP3bis SD7 SD19 Pza4 Pza5 | HCT HAP BTEX 8ML COHV PCB |
| 24 25 27 28 | Atelier de chaudronnerie et de plomberie Bassin de dépôt d'antimoine Dépôts de Pb marchand Dépôts de charbon | C | Hall matière première | T14 T15 PZ1-LM | PM18 PM19 SP4 N'21 Pza6 Pza7 | HCT HAP BTEX 8ML COHV PCB |
| 1 2 3 4 5 | Atelier de fusion des minerais de Pb Atelier de préparation de la soude caustique (broyeur et concasseur) Atelier de la machine principale soufflante - four à coupellation Atelier de désargentation du Pb marchand et four à affiner le cuivre Atelier de cuivre et de sulfate de suivre | X N | Ancienne fabrique d'acide sulfurique (au niveau de l'ancienne fonderie) Cheminée identifiée sur site | P3 P4 P5 TG5 | L'25 M'24 M'25 N'24 P'24 N'26 SP6 | HCT HAP BTEX 8ML COHV PCB |
| | | U T | Silos (2) de tartes de calcium et installations connexes Station de traitement des eaux usées | TG4 | | |
| 30 34 25 26 27 | Carneaux de fumées Forges Bassin de dépôt d'antimoine Atelier de menuiserie Dépôts de Pb marchand | O | Carneaux | P7 à P11 P25 P27 P28 F5 F8 F11 F12 | H'27 L'27 O'28 PMC1 à PMC5 SD14 Pza10 | HCT HAP BTEX 8ML COHV PCB |
| | | R | Berceaux des anciennes cuves acides | | Zone inaccessible | |
| | | S | Berceaux des anciennes cuves acides | P29 SD9 | PM11 PMN | HCT HAP BTEX 8ML COHV PCB |
| | | Q | Emplacement de l'ancien dépotage acide | P20 V8 | PMA SD8 à SD13 Pza9 | HCT HAP BTEX 8ML COHV 12 ML sur éluat Cyanures libres et totaux |
| | | V | Zone remblayée avec les déblais de démolition lié à l'aménagement de la STEP (90 000 m3 de matériaux) | P22 P23 SD5 SD7 F9 F13 | PMA à PML et PMN PMO | HCT HAP BTEX 8ML COHV PCB |
| 39 | Dépôt de minerais | P | Four à chaux | | Zone inaccessible depuis démolition et création de la STEU cf "V" | |
| | | W | Sablère remblayée | P31 P32 SD1 SD2 SD3 V6 | PMstA à PMstH | HCT HAP BTEX 8ML COHV PCB |
| 40 | Grand carneau collecteur de fumées de Pb | | | Voir investigations cheminées (annexe A5.4) | Investigation cheminée IEM | 8 ML |
| | Retombées atmosphériques sur la totalité du site pendant les activités industrielles du site | | | - | TM1 à TM32 | 8 ML |
| | Observations particulières lors de la visite de site non identifiées dans l'étude historique (Silo, Cuves, fosse mécanique,) | | | | PM silo, E9, E9a à E9d SD15 SD16 Pza11 Pza12 | HCT HAP BTEX 8ML |
| | Remblais sur site pour création de la plateforme industrielle | | | - | Totalité des sondages | HCT HAP BTEX 8ML COHV PCB |

La stratégie spécifique adaptée aux investigations antérieures est synthétisée dans le tableau suivant. Le détail des échantillons prélevés et des analyses réalisées est présenté dans le compte rendu d'intervention en **annexe A4.2**.

Tableau 10 : stratégie d'investigation complémentaire détaillée pour le dimensionnement d'anomalies mises en évidence par les campagnes antérieures

| Campagne concernée | Echantillon concerné | Impact mis en évidence | Localisation de la zone concernée | Sondages de recharacterisation réalisé par ERG | Traceurs recherchés | Remarque | Profondeur des sondages |
|--------------------|----------------------|------------------------|---|--|------------------------------|--|--|
| ANTEA 2010 | T8 E1 | HCT 1310 HAP 410 | Extérieur nord du bâtiment 3 | PM14 E'22 F'22 SD4 Pza2 | HCT HAP BTEX 8ML COHV PCB | Zone sous enrobé Dénivelé important (1 à 2 m) entre la zone de T8 et SD4 | 1,5 à 1,8 m 3 m pour SD4 mais dénivelé de 1,5 m environ |
| | T11 E1 | HAP 130 | Centre du bâtiment 4 | PM11 PM12 (loin) Pza13 (loin) | HCT HAP BTEX 8ML COHV PCB | Zone inaccessible lors des investigations en 2018 Investigation au plus proche | 1,4 à 2,2 m |
| APAVE 2003 | S2-LM 0,2-1 | HCT 3050 | Centre du bâtiment 3 | SD4 SD5 SD6 Pza3 | HCT HAP BTEX 8ML COHV PCB | - | 3 à 3,4 m |
| ANTEA 1998 | F11 2,3-2,5 | Cyanures t 27,5 | Zone proche départ de la cheminée depuis les carreaux | PMC 1 à 5 SD14 et Pza10 | Cyanures | Délimitation nord impossible carreaux Délimitation est impossible végétation pins | 4,2 à 5 m |
| | F11 2,5-4,5 | Cyanures t 578 | | | | | |
| | F11 >4,5 | Cyanures t 22,4 | | | | | |

Les composés COHV ne sont pas suspectés historiquement, ils ont toutefois été recherché dans certains échantillons à titre sécuritaire.

7. CARACTÉRISATION DU MILIEU « SOLS » AU DROIT DES PARCELLES A ET C

7.1 Synthèse des données antérieures

Des nombreuses investigations ont été réalisées dans le cadre des études antérieures réalisées au droit de ces zones. La synthèse des études pertinentes est présentée en **annexe A3.1**.

Le détail des investigations menées sur les parcelles A et C est présenté en **annexe A3.2** et **A3.3**. Celles-ci correspondent aux plans d'implantation des investigations réalisées ainsi qu'aux résultats analytiques présentées dans les rapports.

Les données antérieures récoltées sur le site ont été prises en compte pour le dimensionnement des campagnes d'investigations réalisées par ERG ENVIRONNEMENT en 2018.

L'ensemble des résultats analytiques antérieurs et complémentaires a été utilisé pour l'interprétation de l'état du milieu sol au droit du site.

Les données des campagnes suivantes ont été considérées :

| Date de la campagne | Nature de la campagne | Nom des sd. réalisés | Stratégie | Nombre d'échantillons prélevés |
|---|---|-----------------------------------|---|---|
| SOCOTEC 1997 Diagnostic de la qualité des sols « Parcelle A » 2733-complément | Réalisation de 9 sondages <i>Aucune information sur la nature des sondages n'est précisée.</i> | SD1 à SD9 | -sondages répartis de manière logique au droit de zones d'activités spécifiques | <u>6 échantillons analysés :</u> 3 / pH, MO, Cu, Cr, Pb, sulfates, cyanures tot 3 / Pb |
| ANTEA 1998 Complément d'investigation sur les sols A09746 | Réalisation de 13 fouilles <i>Aucune information sur la nature des sondages n'est précisée.</i> | F1 à F13 | -sondages complémentaires à la campagne de SOCOTEC 1997 pour vérifier l'extension de la zone potentiellement contaminée | <u>9 échantillons analysés :</u> 9 / Cu, Zn, As, Cd, Sn, Sb, Ba, Pb |
| APAVE 2003 Diagnostic et EDR complémentaires P6063-A/02 | Réalisation de 4 sondages à la tarière hélicoïdale et de deux piézomètres | S1-LM à S4-LM PZ1-LM et PZ2-LM | -sondages implantés au niveau de la zone de stockage d'hydrocarbures pétroliers, de la zone de stockage d'acides et de l'atelier de traitement tartre -confirmer/infirmer la présence d'eaux souterraines et suivi de leur qualité | <u>5 échantillons de sols analysés :</u> 5 / HCT 4 / ETM <u>1 échantillon d'eaux souterraines analysé (PZ2 sec) :</u> 1 / HCT, ETM |
| ANTEA 2010 Mémoire de réhabilitation A60244/A | Réalisation de : -15 sondages à la tarière mécanique – Parcelle C -44 sondages à la pelle mécanique – ¼ Parcelle A et ¼ Parcelle C -équipement de 4 piézaires – Parcelle C | T1 à T15 P1 a P45 | -investigations complémentaires pour réalisation du mémoire de réhabilitation et réalisation d'un plan de gestion | <u>36 échantillons de sols analysés :</u> 36 / HCT, HAP, BTEX, PCB, COT 90 / 12 métaux sur éluât, IP, COT, fluorures, FS, pH 24 / 8ML 19 / cyanures totaux 12 / cyanures libres 4 / TPH |
| VALGO 2011 Étude complémentaire du site 8 / ES / 11 | Réalisation de sondages à la pelle mécanique | V1 à V10 TG1 à TG6 | -affiner la carte des concentrations en métaux dans les sols -déterminer la granulométrie, les pollutions | <u>15 échantillons de sols analysés :</u> 10 / As, Cd, Ob, Zn, Hg 8 / HCT 5 / HAP, PCB, BTEX 4 / paramètres sur éluât de l'arrêté du 12/12/ 5 / As, Ba, Pb, Zn, Hg, Sn et Cd sur éluât |

7.2 Investigations mises en œuvre

Le plan en **annexe A4.1** synthétise la totalité des investigations réalisées au droit des parcelles A et C prises en compte dans ce rapport de diagnostic complémentaire.

L'implantation des sondages a tenu compte des investigations déjà réalisées sur site et du projet d'aménagement défini au stade de la réalisation des investigations.

Les investigations réalisées par ERG ENVIRONNEMENT dans le cadre de ce diagnostic complémentaire sont :

- 86 sondages à la pelle mécanique réalisés du 30 janvier au 23 février et le 12 juillet ;
- 9 sondages à la tarière mécanique réalisés du 30 janvier au 23 février ;
- 34 sondages dont 15 équipés en piézajirs réalisés à la GEOPROBE par la société ABYSSE du 23 au 25 juillet ;
- 36 prélèvements à la tarière manuelle réalisés du 23 au 27 juillet.

La totalité des sondages ont été géoréférencé au GPS et sont reportés sur le plan en **annexe A4.1**.

Les sondages ont été poussés jusqu'au refus⁹ ou en limite de bras de pelle selon les zones investiguées. Ces sondages ont permis le prélèvement de sol jusqu'à 7 m de profondeur maximum.

La stratégie mise en œuvre est détaillée au paragraphe 6 du présent rapport.

La technique de forage à la tarière mécanique est basée sur la réalisation de sondages verticaux d'environ 63 mm de diamètre. Cette technique permet la remontée de matériaux le long de la vis sans fin. Les matériaux sont ainsi récupérés en surface selon la succession lithologique.

L'utilisation d'une pelle mécanique permet de réaliser des tranchées d'environ 2 m de longueur et 0.6 m de largeur. Cette technique de sondages permet d'apprécier au mieux la nature des matériaux présents au droit du site par une visualisation directe de ceux-ci. Les matériaux sont ainsi récupérés en surface et triés par godet selon la lithologie.

La technique de forage à la GEOPROBE est basée sur la réalisation de sondages verticaux au carottier poinçonneur d'environ 60 mm de diamètre avec remontée des sols sous gaine PEHD à usage unique.

La technique de prélèvement à la tarière manuelle ou à la pelle manuelle est limitée par la lithologie des horizons investigués. Si les matériaux ne présentent pas une bonne cohésion ou s'ils contiennent des blocs ou gros cailloux il est difficile de remonter des matériaux.

Après la réalisation du sondage, les observations et les descriptions lithologiques des horizons rencontrés et le prélèvement des échantillons, le sondage est rebouché avec les matériaux extraits dans leur ordre inverse de sortie. La zone a été aplanie après rebouchage afin de ne pas laisser un trou en place après l'intervention et aucun excédent n'est généré. Les matériaux peuvent s'affaisser en cas de pluie après les travaux.

Un prélèvement de sol est réalisé en moyenne par tranche de 1 mètre ou par couche lithologique rencontrée, sauf lors d'observations organoleptiques franches. Les échantillons ont été confectionnés à partir des prélèvements réalisés sur un même horizon. Les échantillons ainsi obtenus sont représentatifs des matériaux rencontrés sur toute l'épaisseur investiguée. Entre chaque sondage, les outils sont soigneusement nettoyés afin d'éviter toute contamination croisée.

Chaque sondage de sol effectué a fait l'objet d'une coupe lithologique, d'un relevé des observations organoleptiques (couleur et aspect) des matériaux rencontrés et d'un prélèvement de sol caractéristique. Les informations pour chaque sondage sont présentées en **annexe A4.2**.

⁹ Refus : arrêt d'avancement du forage lors de la foration de terrain trop compacts

Les investigations de terrain ont été réalisées par ERG suivant les normes en vigueur :

- Norme **AFNOR NF X 31-620** « Qualité du sol – Prestations de service relatives aux sites et sols pollués »,
- Norme **AFNOR NF X 31-008** « Echantillonnage de sols potentiellement pollués »,
- Norme **NF ISO 10381-21** « Procédure d'investigation des sols contaminés ».
- Prescriptions du « **Guide méthodologique d'évaluation des sites (potentiellement) pollués** » du Ministère chargé de l'environnement.

Les analyses chimiques ont été confiées au Laboratoire EUROFINS possédant une accréditation du COFRAC. Il est à noter que le Laboratoire EUROFINS, dans le cadre de sa démarche qualité (accréditation COFRAC), nous fournit directement le flaconnage. Outre la réalisation d'une partie des analyses, EUROFINS a également assuré la préparation des échantillons (tamisage conforme aux protocoles analytiques et élaboration de sous échantillons homogènes) afin d'obtenir 2 sous échantillons homogènes pour chaque échantillon : l'un¹⁰ destiné être analysé par Eurofins et l'autre destiné à être conservé pour envoi éventuel au CEREGE pour analyse complémentaire.

Le programme d'échantillonnage a été établi sur la base d'un jugement d'expert à partir des descriptions lithologiques, des observations organoleptiques, des informations historiques et des investigations antérieures déjà réalisées sur ces parcelles.

La stratégie mise en œuvre est détaillée dans le paragraphe 6 du présent rapport.

7.3 Compte-rendu de terrain

Lors des campagnes d'investigations des sols sur site, un compte rendu d'investigation a été compilé et mis à jour après chaque journée d'intervention afin de recenser les observations de terrain dans une base de données.

Ce compte rendu de terrain est présenté en **annexe A4.2** et récence pour chacune des zones les éléments suivants : Nom sondage / Coordonnées X, Y / Zone concernée / Nom échantillon ERG / Nom échantillon EUROFINs / Lithologie / Constats organoleptiques / Mesures PID / Dates de prélèvement / Analyses réalisées / Epaisseur de remblais.

Les plans d'implantation des prélèvements réalisés dans le cadre de la présente mission sont présentés en **annexe A4.1**.

D'après les informations recensées dans le compte rendu de terrain, il apparait que plusieurs grands types de matériaux sont présents au droit de la zone d'étude :

- des remblais : sables limoneux marron à brun à clastes calcaires plus ou moins grossiers pouvant contenir des débris ou déchets anthropiques (débris de briques, scories, etc),
- des sables plus ou moins limoneux à cailloutis calcaires,
- du calcaire fracturé et altéré : blocs de calcaires pris dans une matrice sableuse parfois limono-argileuse,
- du calcaire plus ou moins altéré.

On note la présence d'enrobé ou de dallage sur une grande majorité de la parcelle C.

Les mesures réalisées avec le PID (*Photo-Ionisateur-Detector – mesure réalisée avec une lampe 10.6 eV*) ont révélé des mesures nulles ou proches de zéro (valeur max de 0.4 ppm), indiquant l'absence de composés volatils dans les matériaux prélevés au droit de la quasi totalité des prélèvements réalisés.

Seuls les prélèvements réalisés à la GEOPROBE à proximité des zones cyanure et mercure ont révélé des mesures PID avec une valeur maximale de 100 ppm. Les piézaires implantés au droit de ces zones (Pza 9 et Pza 10) n'ont pas révélé la présence de composés organiques volatils lors de la réalisation des prélèvements de gaz des sols. Par ailleurs, les analyses réalisées sur les sols au droit de ces sondages n'ont pas révélé de composés volatils.

Les remblais observés sur site mettent en évidence les éléments suivants de manière récurrente :

- présence de fragments de briques, de blocs jaunes (briques), de débris de démolition (béton, ferrailles, plastique),
- présence de remblais de couleur noire,
- présence de scories, de mâchefers et d'éléments calcinés.

Quelques particularités ressortent du compte rendu de terrain :

- présence de mousse blanche hydratée (SP6 2.5-3 m),
- présence de pépites décimétriques vitrifiées noires à reflets verts (PMD à 0.5m),
- légère odeur d'hydrocarbure et PID=0.4 ppm (E9),
- matériaux sablo-limoneux couleur lie de vin (PM12 0.25-0.4m – K'21 0.3-1m – N'21 0-0.8m),
- présence de traces vertes sur blocs calcaires (PMJ 0-4.5m),
- présence de pépites vertes bleues (SD1 0-1m) et de matériaux crayeux bleuté (PMC3 1.2-3.8m, SD14 0.6-5m, Pza10 1.4-1.5m),
- matériaux crayeux blancs (Pza1 1.1-1.5m),
- odeur d'H₂S (SD1 2.5-3m),
- Présence de matériaux verts pastels (SD6 1-3m, Pza2 1.35-1.5m).

7.4 Critères d'interprétation des résultats

Les résultats seront interprétés conformément à la démarche d'interprétation de l'état des milieux définie dans la circulaire du MEEDDM et ses annexes en date du 8 février 2007 et remise à jour en avril 2017, qui conduit à comparer l'état des milieux :

- 1/ à l'état des milieux naturels voisins de la zone d'investigation.

Les résultats sont comparés à l'environnement local témoin à partir du bruit de fond urbain (incluant le fond naturel et les influences anthropiques) élaboré dans le cadre de l'IEM (rapport référencé 17LES038Aa/ENV/MOK/BT/42331) et mis en perspectives avec les teneurs des fonds géochimiques locaux et nationaux (bases de données bibliographiques ASPITET et RMQS).

- 2/ aux valeurs de gestion réglementaire mises en place par les pouvoirs publics présentés dans les paragraphes suivants.

A l'heure actuelle, aucune valeur réglementaire n'existe concernant l'interprétation des données relatives au milieu « Sol » sur le plan environnemental.

Dans ces conditions, nous proposons ici une approche cohérente avec les grands principes de la méthodologie nationale relative aux sites et sols pollués, les valeurs indicatives disponibles au moment de notre étude, de la typologie des polluants et de notre retour d'expérience.

▪ Approche relative aux métaux lourds

Il est important de replacer dans leur contexte les teneurs mesurées lors du diagnostic en ayant recours à des valeurs de comparaison. Les métaux lourds présents dans les sols peuvent en effet être d'origine naturelle, même s'ils sont présents en teneurs très élevées (c'est par exemple, le cas de l'arsenic dans le Massif Central). L'interprétation des analyses de métaux lourds dans les sols aboutit, par conséquent, à comparer les teneurs mesurées par rapport aux milieux naturels. Pour cela, il est nécessaire de connaître les fonds géochimiques naturels, et notamment, les anomalies géochimiques.

- Environnement local témoin

| ENVIRONNEMENT LOCAL TEMOIN (fond géochimique et anthropique) | | | | | | | | |
|--|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|--------------|
| | Arsenic (As) | Cadmium (Cd) | Chrome (Cr) | Cuivre (Cu) | Nickel (Ni) | Plomb (Pb) | Zinc (Zn) | Mercure (Hg) |
| sols sans indice de remblais anthropiques | 3-10 | 0,4-0,7 | 5-20 | 10-50 | 5-20 | 10-130 | 30-250 | 0,1-0,5 |
| sols avec indice de remblais anthropiques | 3-12 | 0,4-0,9 | 5-30 | 10-100 | 5-25 | 10-170 | 30-500 | 0,1-0,8 |

Il existe plusieurs bases de données sur les teneurs en Eléments Traces Métalliques (ETM) des sols français. On peut les distinguer en deux catégories :

- Les bases de données définissant des valeurs moyennes nationales :
 - la base de données ASPITET (Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Eléments Traces) de l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA), regroupant en moyenne 700 échantillons pour chaque paramètre analysé prélevé sur 382 sites distincts répartis sur une quarantaine de départements au niveau des horizons pédologiques des sols cultivés et forestiers.

Les textes méthodologiques d'avril 2017 précisent que dans le cadre d'une IEM, « les gammes de valeurs couramment observées dans les sols « ordinaires » de toutes granulométries issues de l'étude ASPITET de l'INRA [...], correspondant à des sols naturels, peuvent être utilisées en tant que valeur d'analyse de la situation. »
- Les bases de données de valeurs retrouvées localement ou régionalement, dans le secteur du site (bruit de fond local ou urbain intégrant le bruit de fond géochimique et le bruit de fond anthropique),
 - Les cartes de teneurs en ETM des sols, de la base de données INDicateurs de la QUALité des SOLs (INDIQUASOL), réalisées par le Groupement d'intérêt Scientifique Sol (GIS Sol), à partir d'échantillons de sol superficiel (0-30 cm et 30-50 cm du sol) issus de 2200 sites, uniformément répartis sur le territoire français (mailles carrées de 16 km de côté) entre 2001 et 2008 par le Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS). Ces cartes donnent la tendance régionale en prenant en compte à la fois le bruit de fond géochimique et les apports d'origine anthropique. Les concentrations en ETM correspondent aux teneurs limites au-delà desquelles une valeur peut être considérée comme anormale au niveau local (département).

Les données issues du programme ASPITET de l'INRA¹¹ sont présentées dans le Tableau 11.

Les gammes de valeurs présentées correspondent à divers horizons de sols, pas seulement les horizons de surface labourés. Les teneurs sont exprimées en mg/kg de "terre fine" (< 2 mm). Les numéros entre parenthèses renvoient à des types de sols effectivement analysés, succinctement décrits et localisés ci-après.

Tableau 11 - Teneurs totales en éléments traces dans les sols (France) – Gamme de valeurs « ordinaires » et d'anomalies naturelles

| | Gamme de valeurs couramment observées dans les sols "ordinaires" de toutes granulométries (en mg/kg de terre fine) | Gamme de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées (en mg/kg de terre fine) | Gamme de valeurs observées dans le cas de fortes anomalies naturelles (en mg/kg de terre fine) |
|-----------|--|---|--|
| As | 1,0 à 25,0 | 30 à 60 (1) | 60 à 284 (1) |
| Cd | 0,05 à 0,45 | 0,70 à 2,0 (1)(2)(3)(4) | 2,0 à 46,3 (1)(2)(4) |
| Cr | 10 à 90 | 90 à 150 (1)(2)(3)(4)(5) | 150 à 3180 (1)(2)(3)(4)(5)(8)(9) |
| Co | 2 à 23 | 23 à 90 (1)(2)(3)(4)(8) | 105 à 148 (1) |
| Cu | 2 à 20 | 20 à 62 (1)(4)(5)(8) | 65 à 160 (8) |
| Hg | 0,02 à 0,10 | 0,15 à 2,3 | |
| Ni | 2 à 60 | 60 à 130 (1)(3)(4)(5) | 130 à 2076 (1)(4)(5)(8)(9) |
| Pb | 9 à 50 | 60 à 90 (1)(2)(3)(4) | 100 à 10180 (1)(3) |
| Se | 0,10 à 0,70 | 0,8 à 2,0 (6) | 2,0 à 4,5 (7) |
| Zn | 10 à 100 | 100 à 250 (1)(2) | 250 à 11426 (1)(3) |

(1) zones de "métallotectes" à fortes minéralisations (à plomb, zinc, barytine, fluor, pyrite, antimoine) au contact entre bassins sédimentaires et massifs cristallins. Notamment roches liasiques et sols associés de la bordure nord et nord-est du Morvan (Yonne, Côte d'Or).

(2) sols argileux développés sur certains calcaires durs du Jurassique moyen et supérieur (Bourgogne, Jura).

(3) paléosols ferrallitiques du Poitou ("terres rouges").

(4) sols développés dans des "argiles à chailles" (Nièvre, Yonne, Indre).

(5) sols limono-sableux du Pays de Gex (Ain) et du Plateau Suisse.

(6) "bornais" de la région de Poitiers (horizons profonds argileux).

(7) sols tropicaux de Guadeloupe.

(8) sols d'altération d'amphibolites (région de La Châtre - Indre).

(9) matériaux d'altération d'amphibolites (région de La Châtre - Indre)

Le département des Bouches du Rhône, dans lequel se trouve le site étudié, ne faisant pas partie des départements dans lesquels des anomalies naturelles ont été recensées en l'état des études actuelles, les teneurs mesurées sur le site seront comparées à la gamme de valeurs pour les sols « ordinaires », à l'exception du mercure, élément pour lequel des anomalies naturelles modérées peuvent être rencontrées sur l'ensemble du territoire français.

Une recherche complémentaire sur le bruit de fond géochimique a été menée sur la base de données **RMQS** (Réseau de Mesure de la Qualité des Sols). Les valeurs de comparaison utilisées sont les seuils de détection d'anomalies du RMQS ou vibrisses pour les horizons de sol 0-30 et 30-50 cm. Ces vibrisses jouent un rôle d'indicateur de tendance régionale prenant en compte à la fois le bruit de fond géochimique et les apports d'origine anthropique. Elles correspondent à la teneur limite au-delà de laquelle une valeur peut être considérée comme anormale. Elles permettent de détecter les anomalies ponctuelles tout en s'affranchissant d'anomalies étendues.

Les valeurs définies dans les sols sur la zone d'étude sont les suivantes. Au regard de la localisation du site, les valeurs de 2 cellules du RMQS ont été prises en compte, car la cellule 2202 dans laquelle est localisé le site ne propose pas de valeurs pour l'horizon 30-50 cm. De plus cette cellule correspond à une grande partie de mer et ne comporte donc pas nécessairement beaucoup d'échantillons, ce qui peut influencer sa représentativité.

La robustesse du choix de retenir le référentiel RMQS a été explicité dans le rapport d'IEM (rapport référencé 17LES038Aa/ENV/MOK/BT/42331)

¹¹ Programme ASPITET de l'INRA : <http://etm.orsay.inra.fr/>

Tableau 12 : Valeurs de détection d'anomalies définies par le RMQS en mg/kg

| | INDIQUASOL - MARSEILLE secteur Montredon | | | |
|---------|--|------------------|-----------------|------------------|
| | Cellule 2203 | | Cellule 2202 | |
| | Horizon 0-30 cm | Horizon 30-50 cm | Horizon 0-30 cm | Horizon 30-50 cm |
| Arsenic | Non déterminé | Non déterminé | Non déterminé | Non déterminé |
| Cadmium | 1,053 | 0,98375 | 0,9015 | non déterminé |
| Chrome | 144,325 | 148,4 | 105,85 | non déterminé |
| Cuivre | 101,075 | 99,825 | 72,62 | non déterminé |
| Nickel | 101,075 | 92,975 | 80,15 | non déterminé |
| Plomb | 122,875 | 90,675 | 78,25 | non déterminé |
| Zinc | 173,025 | 212,85 | 155,55 | non déterminé |
| Mercuré | Non déterminé | Non déterminé | Non déterminé | Non déterminé |

Remarque : Les valeurs de référence issues de la base de données du RMQS seront prises en compte de façon prépondérante, dans la mesure où elles représentent un bruit de fond local, tandis que les données de la base de données ASPITET de l'INRA correspondent à un bruit de fond national.

Les données de la base de données ASPITET de l'INRA seront malgré tout prises en compte pour l'arsenic et le mercure, pour lesquels, il n'existe pas de valeur de référence dans la base de données du RMQS.

▪ **Complément de valeur concernant le Plomb – Haut Conseil de la Santé Publique**

Conformément aux textes méthodologiques d'avril 2017, les valeurs définies pour le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) pour le plomb ont été prises en compte.

Le HCSP a mené des travaux pour réévaluer l'ensemble des valeurs de gestion du plomb, en vue de réduire l'exposition au plomb de la population française. Il a établi une synthèse et des recommandations concernant la détermination de nouveaux objectifs de gestion des expositions au plomb. Ce document fixe des seuils d'alerte pour les teneurs en plomb dans le sol :

- un niveau de vigilance à 100 mg/Kg MS dans les sols (déclenchant une évaluation des risques sanitaires en cas de dépassement),
- et un niveau déclenchant un dépistage du saturnisme chez l'enfant à 300 mg/Kg MS dans les sols.

▪ **Approche relative aux composés non métalliques**

Les résultats pour les composés organiques et les composés sur éluat seront ainsi commentés par rapport à la limite de quantification analytique, par inter-comparaison des concentrations sur site (bruit de fond), sur la base de notre retour d'expérience et à titre indicatif par comparaison aux seuils l'Arrêté du 12/12/2014 pour l'approche gestion des futurs déblais.

7.5 Présentation des résultats obtenus et interprétation pour les teneurs en ETM

Les résultats analytiques obtenus dans le cadre de la campagne de caractérisation des sols au droit du site sont présentés dans les tableaux en **annexe A4.4**. Les bordereaux analytiques sont présentés en **annexes A4.5**.

Les résultats analytiques des études antérieures ont été pris en considération dans cette interprétation afin de disposer d'une vision la plus globale possible.

Les résultats ont été interprétés de manière statistique et graphique (cartographies) afin de visualiser la problématique dans son ensemble dans l'objectif de hiérarchiser les anomalies afin de définir des mesures de gestion adaptées aux impacts identifiés.

Des tableaux fournissant des données statistiques (valeurs minimales et maximales, moyenne, percentile...) sont présentés pour les différents types de matériaux rencontrés en comparant ces données statistiques aux seuils de l'Environnement local témoin, de l'ASPITET et du RMQS. Il est à noter que les calculs ont été réalisés en prenant en compte, lorsque les teneurs sont inférieures aux seuils de quantification¹², une valeur égale à la limite de quantification (Si $X < LQ$, alors $X = LQ$).

Il est rappelé qu'il n'y a pas de vibrisses définies par le RMQS pour les éléments arsenic et mercure.

¹² Le logiciel considère l'absence de données pour les valeurs inférieures aux seuils de quantification

7.5.1 Chrome

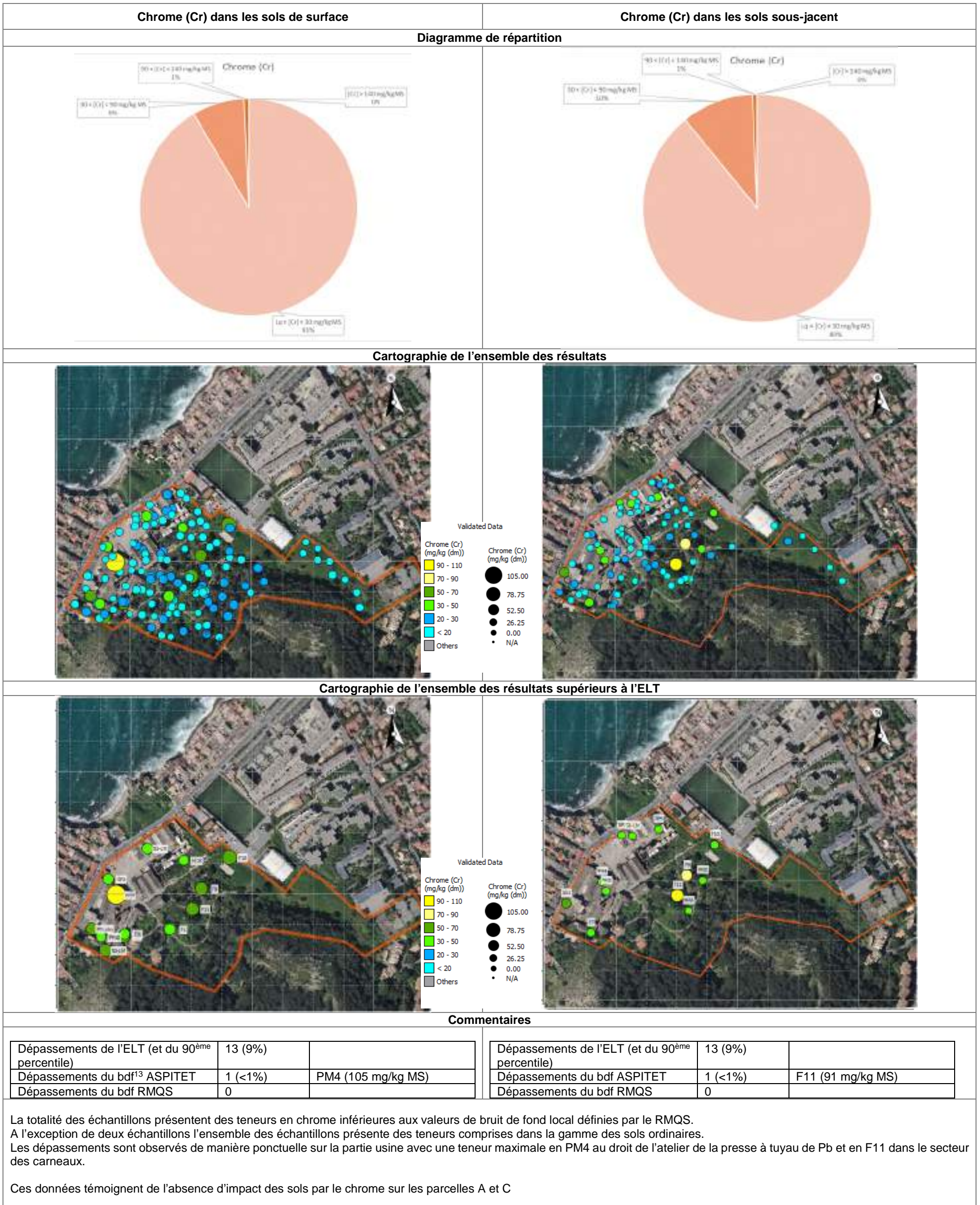
Pour rappel, les valeurs de comparaisons sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

| | Paramètres | | Chrome (Cr) |
|-------------------------------|---|------------------|---------------|
| | Unités | | mg/kg MS |
| ELT | Sols sans ou avec indice de remblais anthropiques | | 20 à 30 |
| Valeurs guides ASPITET | Sols ordinaires | | 10 à 90 |
| Valeurs guides RMQS | Cellule 2203 | horizon 0-30 cm | 144,325 |
| | | horizon 30-50 cm | 148,4 |
| | Cellule 2202 | horizon 0-30 cm | 105,85 |
| | | horizon 30-50 cm | non déterminé |

Les statistiques classiques réalisées sur les échantillons de sols de surface (142 éch.) et les échantillons de sols sous-jacents (147 éch.) sont présentés ci-dessous :

| Horizon concerné | Teneur minimale - mg/kg | Teneur maximale - mg/kg | Teneur médiane - mg/kg | Teneur moyenne - mg/kg | Teneur du centile 75 - mg/kg | Teneur du centile 90 - mg/kg |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Sols de surface | 5 | 105 | 18 | 20.66 | 23.15 | 29.48 |
| Sols sous-jacents | 5.05 | 91 | 17.7 | 20.02 | 23.6 | 30.08 |

A la lumière de ces premières analyses statistiques, il apparaît que le marquage des sols par le chrome est globalement similaire entre les sols de surface et les sols sous-jacents.



¹³ Bdf : bruit de fond

7.52 Nickel

Pour rappel, les valeurs de comparaisons sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

| | Paramètres | | Nickel (Ni) |
|-------------------------------|---|------------------|---------------|
| | Unités | | mg/kg MS |
| ELT | Sols sans ou avec indice de remblais anthropiques | | 20 à 25 |
| Valeurs guides ASPITET | Sols ordinaires | | 2 à 60 |
| Valeurs guides RMQS | Cellule 2203 | horizon 0-30 cm | 101,075 |
| | | horizon 30-50 cm | 92,975 |
| | Cellule 2202 | horizon 0-30 cm | 80,15 |
| | | horizon 30-50 cm | non déterminé |

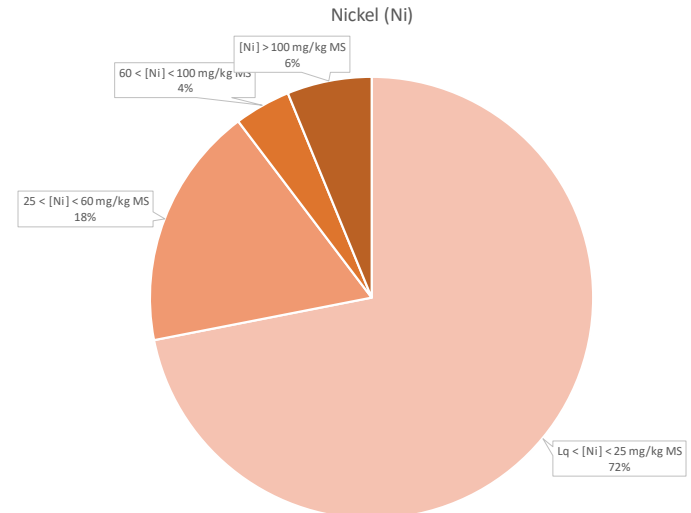
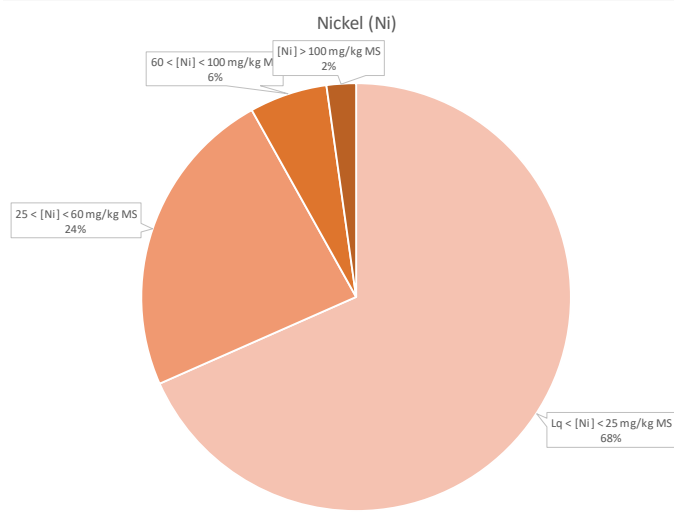
Les statistiques classiques réalisées sur les échantillons de sols de surface (136 éch.) et les échantillons de sols sous-jacents (146 éch.) sont présentés ci-dessous :

| Horizon concerné | Teneur minimale - mg/kg | Teneur maximale - mg/kg | Teneur médiane - mg/kg | Teneur moyenne - mg/kg | Teneur du centile 75 - mg/kg | Teneur du centile 90 - mg/kg |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Nickel (Ni) – 282 échantillons | | | | | | |
| Sols de surface | 2.32 | 239 | 20.15 | 27.68 | 28.45 | 51.5 |
| Sols sous-jacents | 2.65 | 327 | 19.75 | 32.64 | 26.1 | 58.9 |

A la lumière de ces premières analyses statistiques, il apparaît que le marquage des sols par le nickel est plus modéré dans les sols de surface par rapport aux sols sous-jacents.

Nickel (Ni) dans les sols de surface **Nickel (Ni) dans les sols sous-jacent**

Diagramme de répartition



Cartographie de l'ensemble des résultats



Cartographie de l'ensemble des résultats supérieurs à l'ELT



Commentaires

| | | |
|--|----------|---------------------------------|
| Dépassements de l'ELT | 44 (32%) | |
| Dépassements du bdf ASPITET (et du 90 ^{ème} percentile) | 13 (8%) | |
| Dépassements du bdf RMQS | 3 (4%) | PM16, PM19, F10 (cf. Figure 21) |

| | | |
|--|----------|---|
| Dépassements de l'ELT | 32 (22%) | |
| Dépassements du bdf ASPITET (et du 90 ^{ème} percentile) | 9 (6%) | |
| Dépassements du bdf RMQS | 8 (4%) | SP6, E'22, F'22, SD6, Pza3, F11 (cf. Figure 21) |

Il apparaît que :

- Plus de 70% des échantillons présentent des teneurs en nickel inférieures aux valeurs de bruit de fond de l'environnement local témoin
- Plus de 90% des échantillons présentent des teneurs en nickel inférieures aux valeurs de bruit de fond local définies par le RMQS et se situent dans la gamme des sols ordinaires. Ces données témoignent d'un marquage ponctuel en nickel sur certaines zones. Les anomalies les plus fortes sont observées au droit des anciens ateliers et zones de dépôt en partie Nord-Est du site.

Il apparaît que les principales anomalies observées dans les sols superficiels et dans les sols sous-jacents ne se superposent pas. Il est probable que le nickel soit associé à la qualité des remblais présents sur le site.

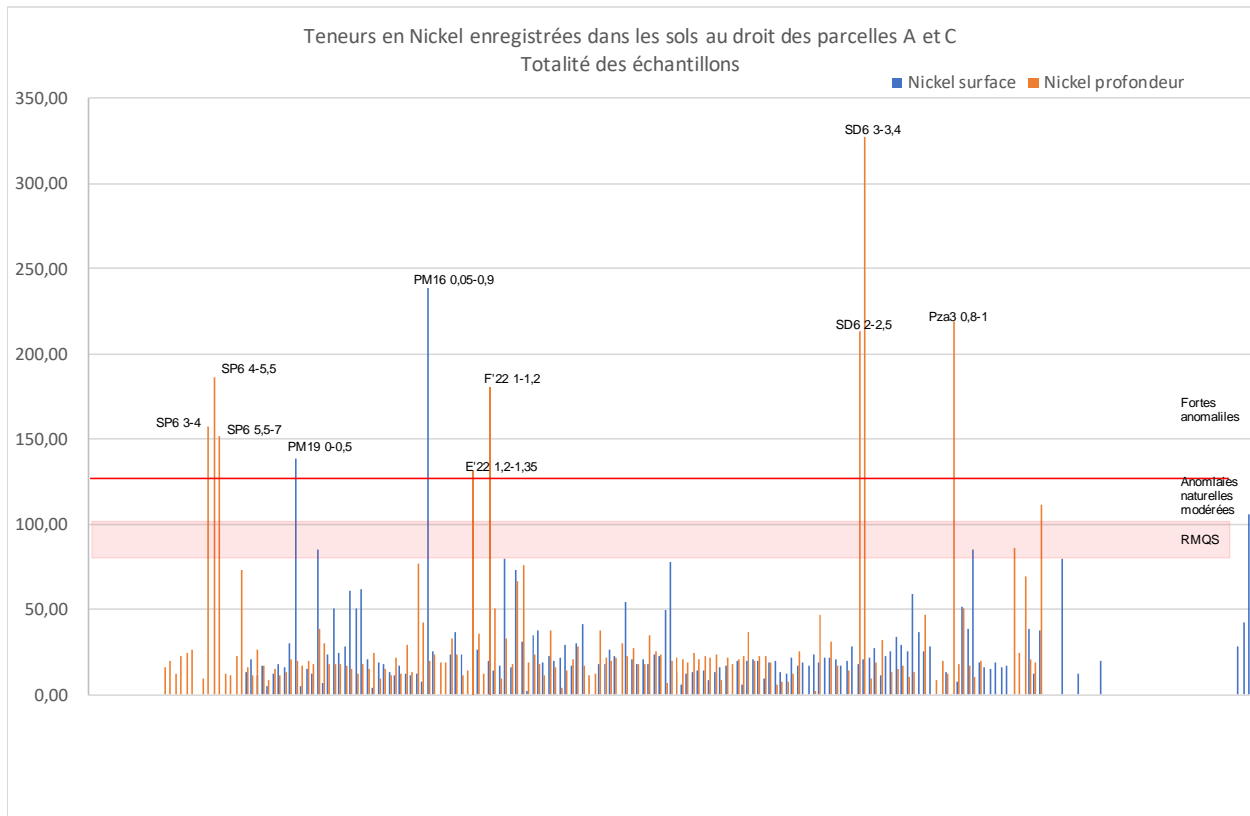


Figure 21 : Histogramme des teneurs en Nickel pour la totalité des échantillons

Ce diagramme permet la visualisation d'un bruit de fond en Nickel sur le site est met en exergue quelques anomalies dans les sols sous-jacents (remblais principalement) .

7.5.3 Mercure

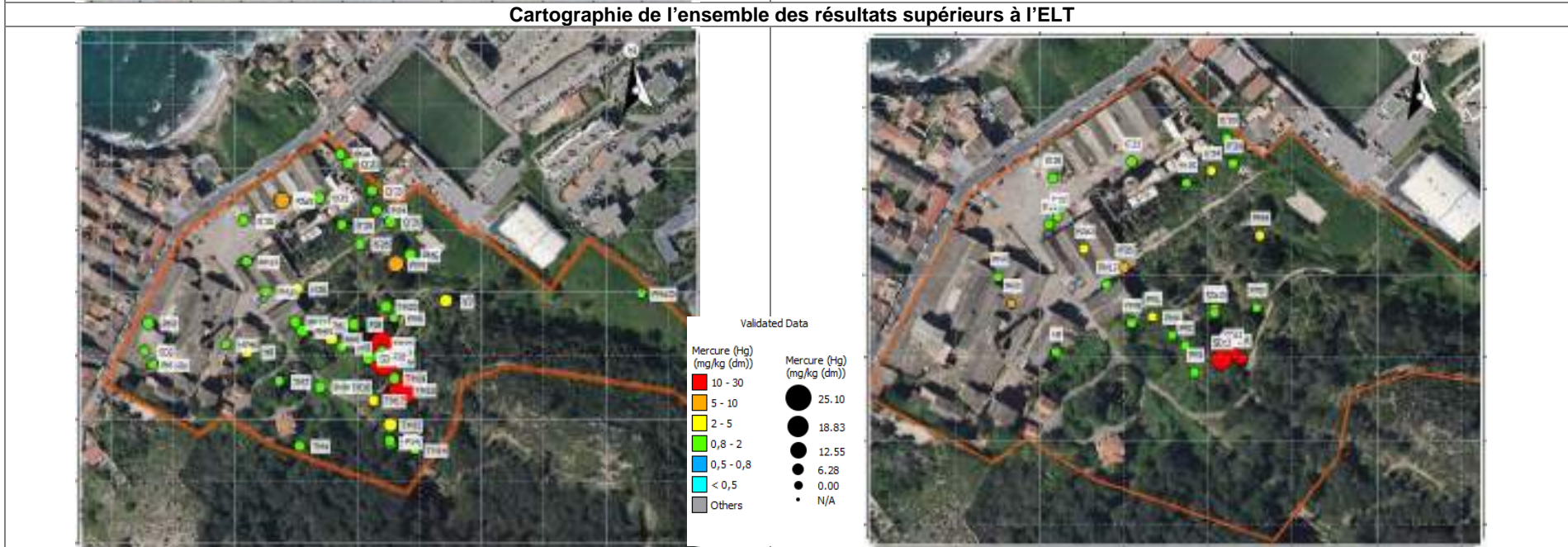
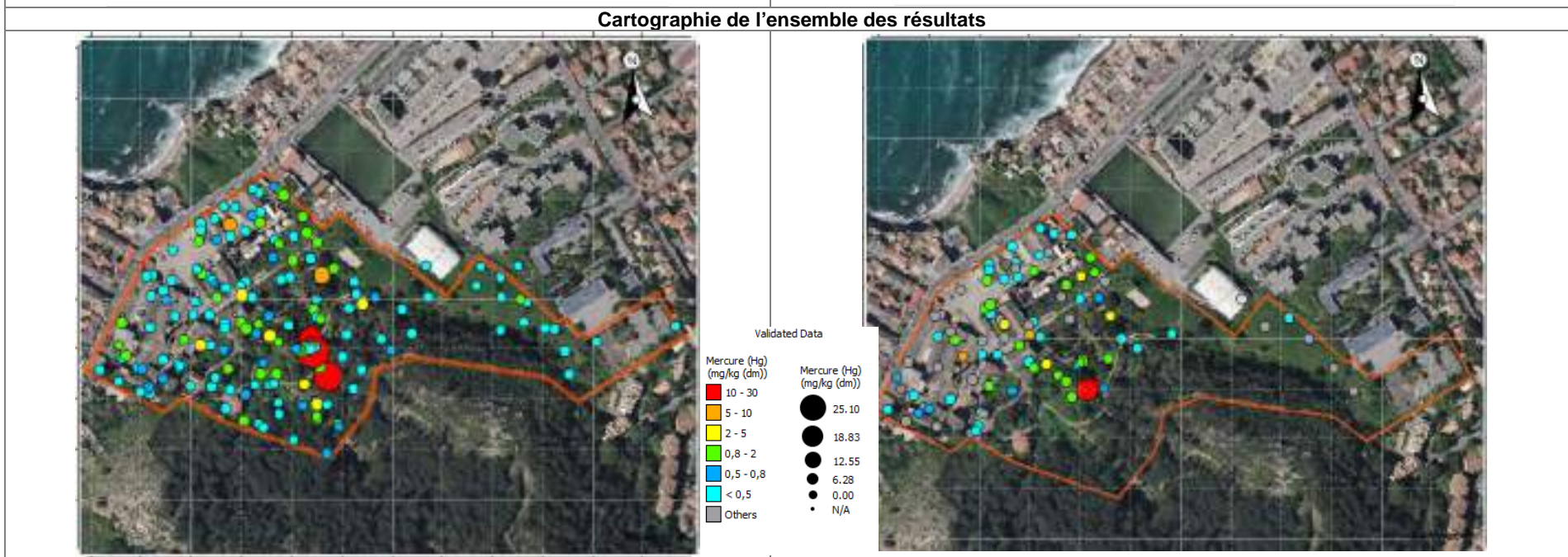
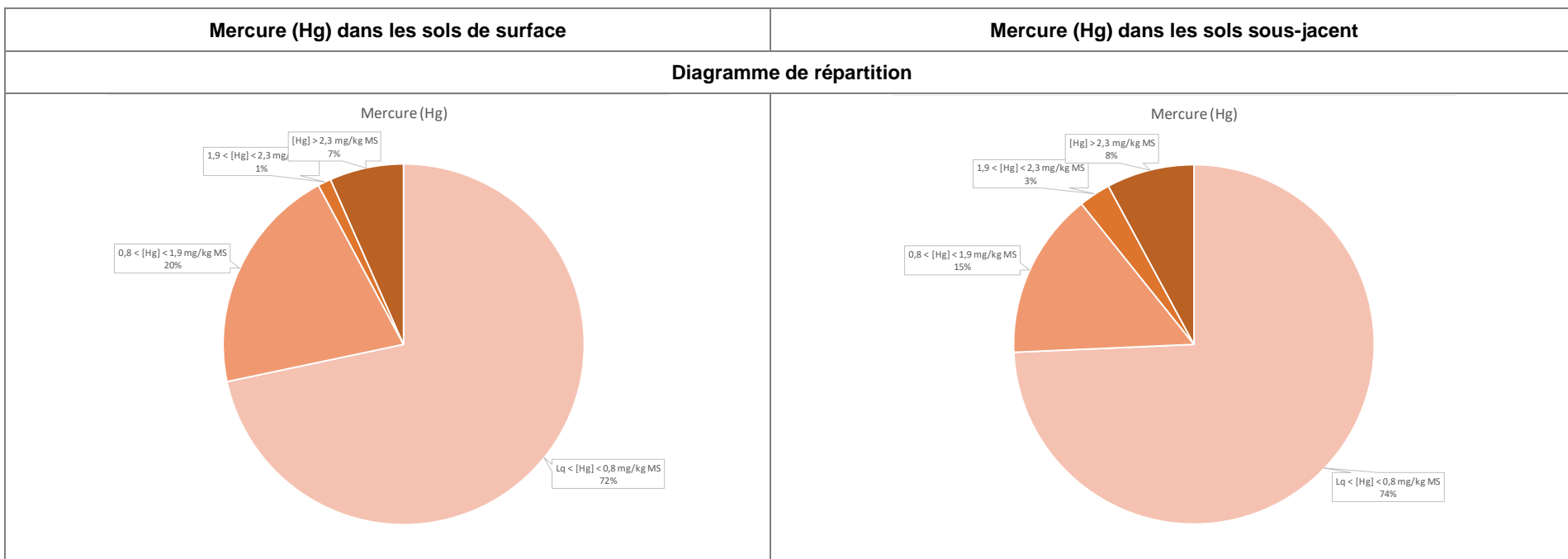
Pour rappel, les valeurs de comparaisons sont synthétisées dans le tableau ci-dessous (le RMQS ne définit pas de seuil pour le mercure) :

| | Paramètres | Mercure (Hg) |
|-------------------------------|---|--------------|
| | Unités | mg/kg MS |
| ELT | Sols sans ou avec indice de remblais anthropiques | 0,5 à 0,8 |
| Valeurs guides ASPITET | Sols ordinaires | 0,02 à 0,1 |

Les statistiques classiques réalisées sur les échantillons de sols de surface (166 éch.) et les échantillons de sols sous-jacents (140 éch.) sont présentés ci-dessous :

| Horizon concerné | Teneur minimale - mg/kg | Teneur maximale - mg/kg | Teneur médiane - mg/kg | Teneur moyenne - mg/kg | Teneur du centile 75 - mg/kg | Teneur du centile 90 - mg/kg |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Sols de surface | 0.05 | 25,10 | 0.39 | 1.1 | 0.89 | 1.69 |
| Sols sous-jacents | 0.1 | 95.1 | 0.23 | 2.35 | 0.8 | 1.95 |

Ces indicateurs statistiques mettent en évidence un marquage global légèrement plus élevé dans les sols superficiels mais des anomalies ponctuelles plus marquées dans les sols sous-jacents.



Commentaires

| Dépassements de l'ELT | 49 (30%) | |
|--|----------|--|
| Dépassements du 90 ^{ème} percentile | 12 (7%) | Cf Figure 22 |
| Dépassements les plus importants | 3 | TM18 (23,8 mg/kg MS) TM21 (17,4 mg/kg MS) SD9 (25,1 mg/kg MS) Cf Figure 22 et Figure 23 |

| Dépassements de l'ELT | 27 (19%) | |
|--|----------|---|
| Dépassements du 90 ^{ème} percentile | 11 (8%) | Cf graphique Figure 22 |
| Dépassements les plus importants | 5 | PMA (27,5 et 53,3 mg/kg MS) SD8 (47,9 mg/kg MS) SD12 (24,8 mg/kg MS) SD13 (95,1 mg/kg MS) Cf Figure 22 et Figure 23 |

Les sondages ayant révélé des anomalies supérieures à 10 mg/kg sont localisés à proximité de l'endroit où la cheminée rampante plonge sous les matériaux. Il est probable que l'impact en mercure est lié à la proximité de cette cheminée soit par la présence de matériaux issus de la cheminée dans les remblais, soit par un impact de la cheminée sur ces matériaux. Les impacts identifiés dans les sols de surface sont retrouvés dans les sols sous-jacents.

La seconde hypothèse paraît plus probable car la cheminée ne semble pas démolie donc aucun constituant de celle-ci ne devrait être présent dans les remblais. De plus, la cheminée rampante présente localement d'anciennes ouvertures. L'échantillon de sols superficiel TM18 témoigne d'un impact des sols par les ouvertures présentes sur le linéaire de la cheminée.

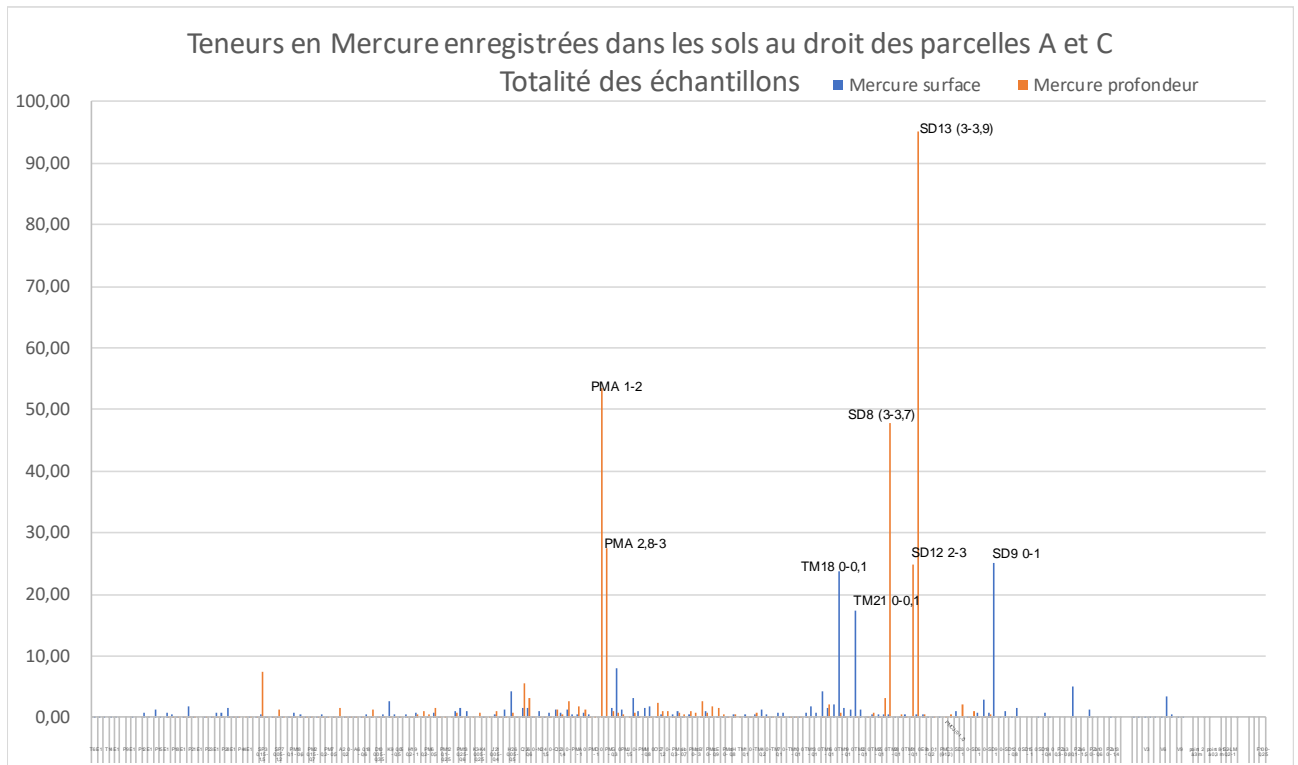


Figure 22 : Histogramme des teneurs en Mercure pour la totalité des échantillons

8 échantillons dont 3 prélevés en surface présente des teneurs plus élevées que les teneurs observées sur le reste du site (teneurs comprises entre 10 et 95 mg/kg).

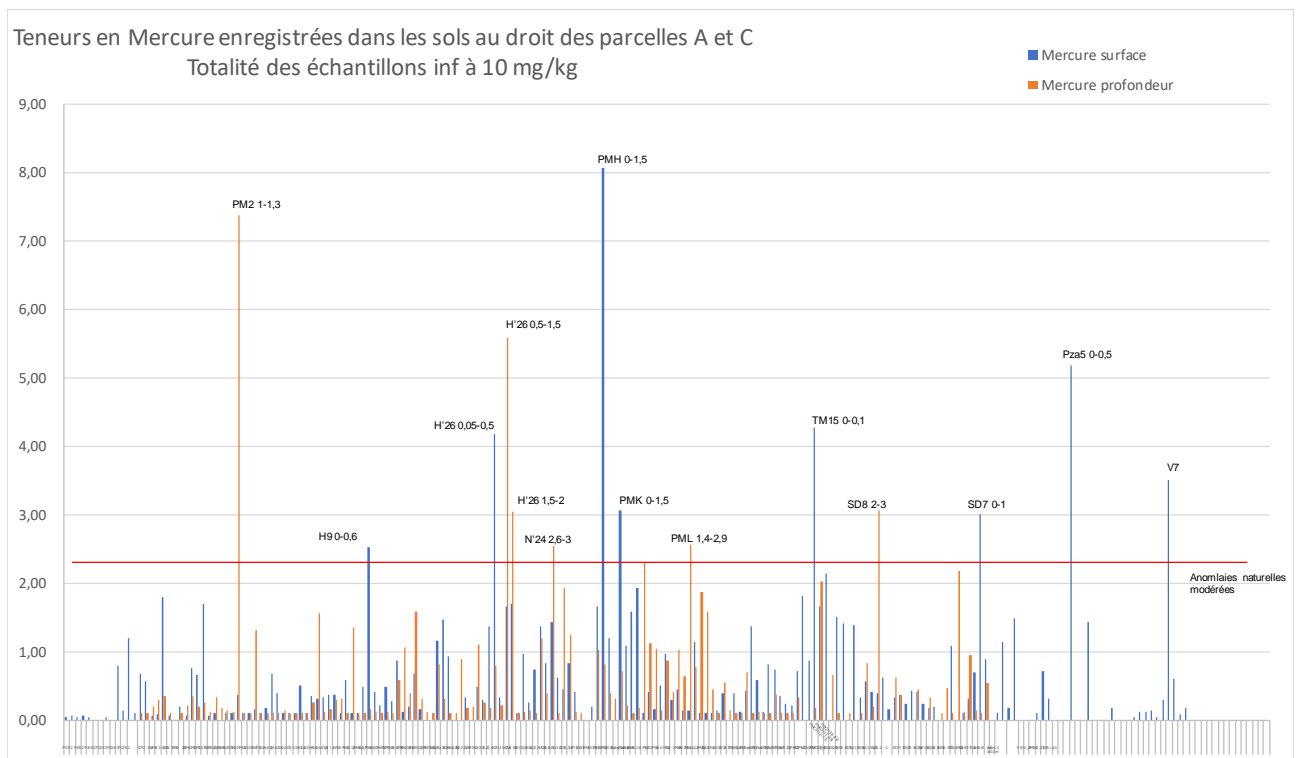


Figure 23 : Histogramme des teneurs en Mercure inférieures à 10 mg/kg

14 échantillons dont 8 prélevés en surface présentent des teneurs comprises entre 2.3 et 10 mg/kg.

7.54 Cuivre

Pour rappel, les valeurs de comparaisons sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

| | Paramètres | Cuivre (Cu) | |
|-------------------------------|--|------------------|---------------|
| | Unités | mg/kg MS | |
| ELT | Sols sans ou avec indice de reblais anthropiques | 50 à 100 | |
| Valeurs guides ASPITET | Sols ordinaires | 2 à 20 | |
| Valeurs guides RMQS | Cellule 2203 | horizon 0-30 cm | 101,075 |
| | | horizon 30-50 cm | 99,825 |
| | Cellule 2202 | horizon 0-30 cm | 72,62 |
| | | horizon 30-50 cm | non déterminé |

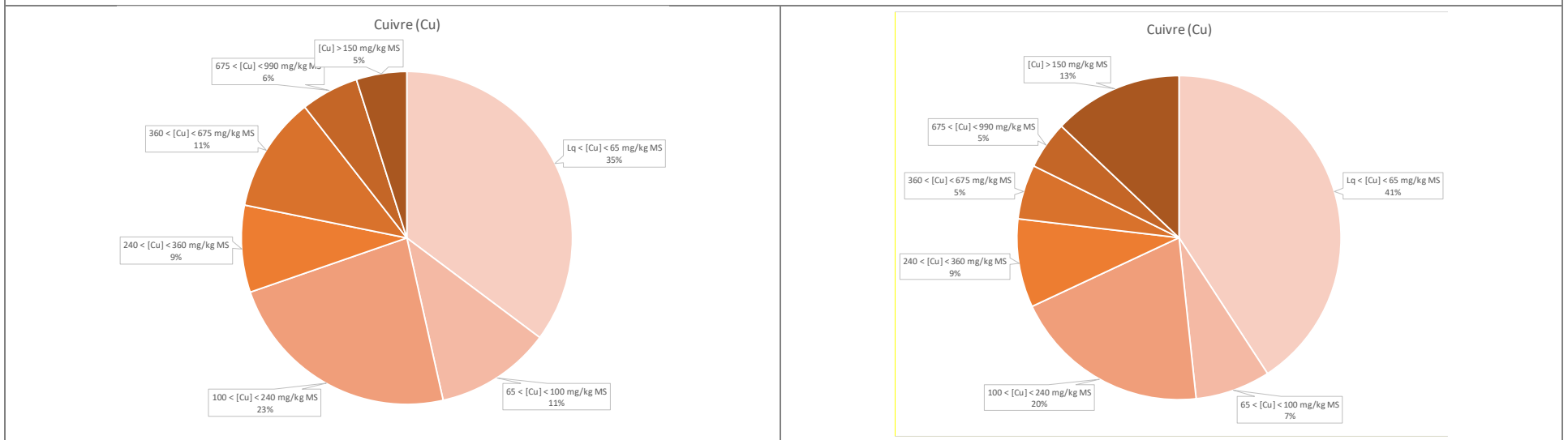
Les statistiques classiques réalisées sur les échantillons de sols de surface (142 éch.) et les échantillons de sols sous-jacents (147 éch.) sont présentés ci-dessous :

| Horizon concerné | Teneur minimale - mg/kg | Teneur maximale - mg/kg | Teneur médiane - mg/kg | Teneur moyenne - mg/kg | Teneur du centile 75 - mg/kg | Teneur du centile 90 - mg/kg |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Sols de surface | 5 | 3690 | 113 | 293.53 | 261.75 | 677.60 |
| Sols sous-jacents | 5 | 16700 | 104 | 722.23 | 302 | 1296 |

Ces indicateurs statistiques mettent en évidence un marquage plus élevé dans les sols sous-jacents.

Cuivre (Cu) dans les sols de surface **Cuivre (Cu) dans les sols sous-jacent**

Diagramme de répartition



Cartographie de l'ensemble des résultats



Cartographie de l'ensemble des résultats supérieurs à l'ELT



Commentaires

| | | |
|--|------------|--|
| Dépassements du bdf ASPITET | 130 (91%) | |
| Dépassements de l'ELT (et du bdf RMQS) | 80 (56%) | |
| Dépassements du 90 ^{ème} percentile | 16 (11%) | |
| Dépassements les plus importants (Cf Figure 24 et Figure 25) | > 1000 ppm | PMSILO (1290 mg/kg MS) PM16 (2310 mg/kg MS) PM19 (3690 mg/kg MS) PZA5 (2600 mg/kg MS) H'26 (3640 mg/kg MS) N'26 (1670 mg/kg MS) |

| | | |
|--|------------|--|
| Dépassements du bdf ASPITET | 100 (68%) | |
| Dépassements de l'ELT (et du bdf RMQS) | 70 (47%) | |
| Dépassements du 90 ^{ème} percentile | 14 (10%) | |
| Dépassements les plus importants (cf Figure 24 et Figure 25) | > 5000 ppm | PM12 (16 700 mg/kg MS) F'22 (7370 mg/kg MS) PM10 (10800 mg/kg MS) PZA3 (10500 mg/kg MS) |

44% à 53% des échantillons présentent des teneurs en cuivre inférieures aux valeurs de bruit de fond de l'environnement local témoin similaire au bruit de fond RMQS. Environ 10 à 40% des échantillons sont compris dans la gamme des sols ordinaires. Les dépassements sont observés sur l'ensemble des bâtiments de production de l'ancienne usine, sur la Parcelle C.

Les anomalies dans les sols de surface ne sont pas systématiquement observées dans les sols sous-jacents. Les anomalies en cuivre dans les sols profonds sont partiellement corrélées aux anomalies en nickel (principaux impacts au droit du bâtiment 3). Les données dans les sols de surface ne mettent en évidence de corrélation évidente entre ces deux métaux.

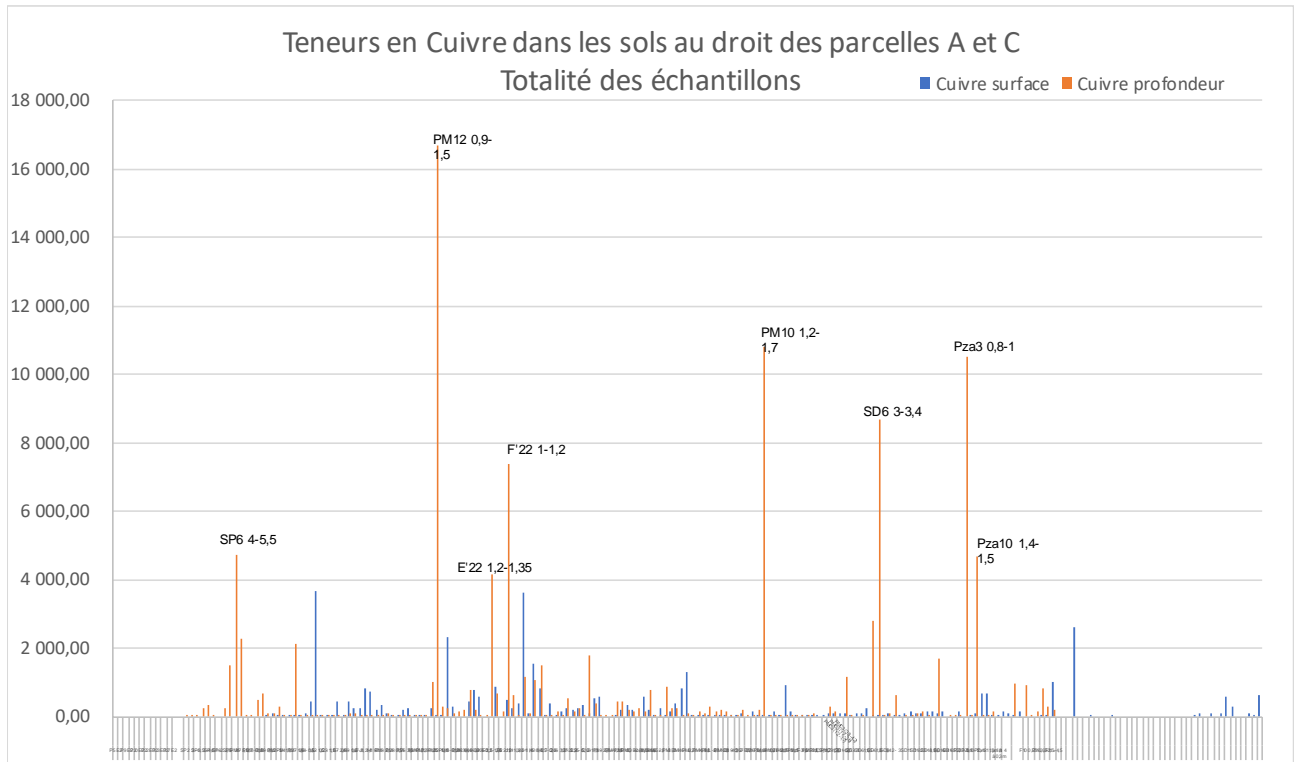


Figure 24 : Histogramme des teneurs en Cuivre pour la totalité des échantillons

Il apparait que les échantillons les plus impactés sont prélevés dans les horizons sous-jacents. 8 échantillons présentent des teneurs en cuivre très nettement plus élevées que le reste du site.

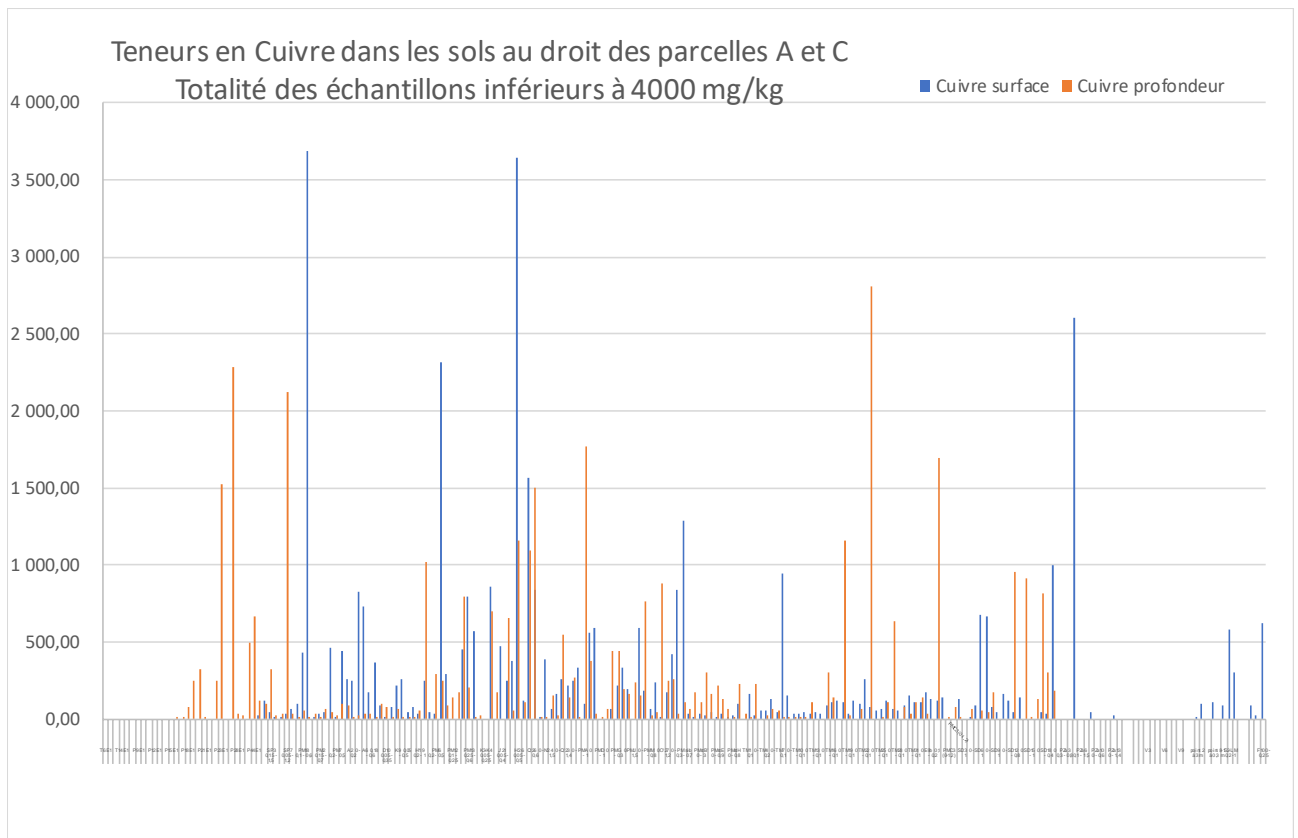


Figure 25 : Histogramme des teneurs en Cuivre inférieures à 4 000 mg/kg

Cet histogramme présente les échantillons dont la teneur en cuivre est inférieure à 4 000 mg/kg donc après retrait des 8 échantillons les plus marqués. Celui-ci met en évidence un impact généralisé sur une grande partie des échantillons témoignant d'une pollution diffuse au droit du site.

7.5.5 Zinc

Pour rappel, les valeurs de comparaisons sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

| | Paramètres | Zinc (Zn) | |
|-------------------------------|--|------------------|---------------|
| | Unités | mg/kg MS | |
| ELT | Sols sans ou avec indice de reblais anthropiques | 250 à 500 | |
| Valeurs guides ASPITET | Sols ordinaires | 10 à 100 | |
| Valeurs guides RMQS | Cellule 2203 | horizon 0-30 cm | 173,025 |
| | | horizon 30-50 cm | 212,85 |
| | Cellule 2202 | horizon 0-30 cm | 155,55 |
| | | horizon 30-50 cm | non déterminé |

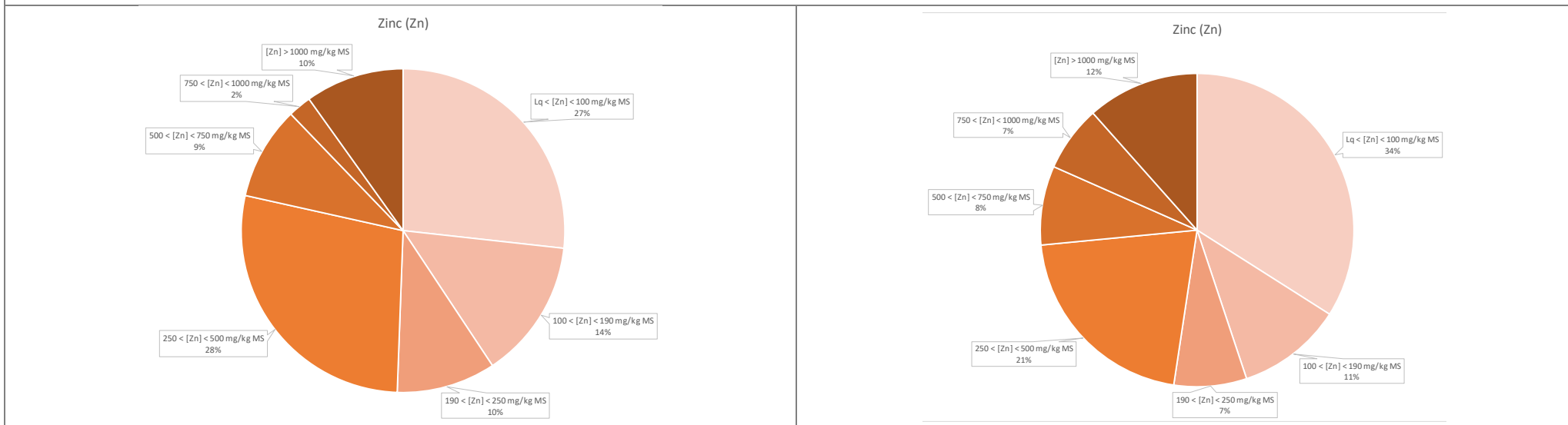
Les statistiques classiques réalisées sur les échantillons de sols de surface (172 éch.) et les échantillons de sols sous-jacents (147 éch.) sont présentés ci-dessous :

| Horizon concerné | Teneur minimale - mg/kg | Teneur maximale - mg/kg | Teneur médiane - mg/kg | Teneur moyenne - mg/kg | Teneur du centile 75 - mg/kg | Teneur du centile 90 - mg/kg |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Sols de surface | 9.85 | 18714 | 246.5 | 668.93 | 455.25 | 966.3 |
| Sols sous-jacents | 12.2 | 10000 | 209 | 520.14 | 536.5 | 1242 |

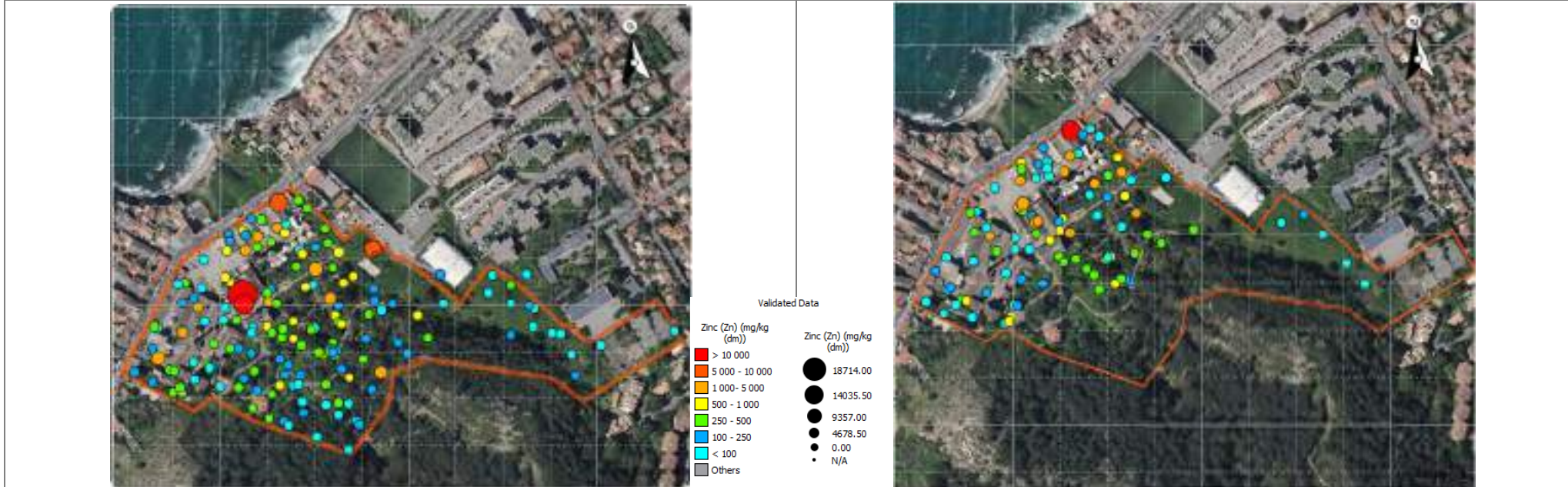
Ces indicateurs statistiques mettent en évidence un marquage légèrement plus élevé dans les sols sous-jacents mais des anomalies plus marquées dans les sols superficiels.

| | |
|---|--|
| Zinc (Zn) dans les sols de surface | Zinc (Zn) dans les sols sous-jacent |
|---|--|

Diagramme de répartition



Cartographie de l'ensemble des résultats



Cartographie de l'ensemble des résultats supérieurs à l'ELT



Commentaires

| | | |
|--|-----------------|--|
| Dépassements du bdf ASPITET | 130 (75%) | |
| Dépassements du bdf RMQS | 110 (64%) | |
| Dépassements de l'ELT | 39 (22%) | |
| Dépassements du 90 ^{ème} percentile | 19 (10%) | |
| Dépassements les plus importants (cf Figure 26 et Figure 27) | > 5000 mg/kg MS | PM13 (11 100 mg/kg MS) PM19 (9 270 mg/kg MS) F10 (8 300 mg/kg MS) S2-LM (18 714 mg/kg MS) |

| | | |
|--|-----------------|------------------------|
| Dépassements du bdf ASPITET | 91 (62%) | |
| Dépassements du bdf RMQS | 67 (45%) | |
| Dépassements de l'ELT | 32 (22%) | |
| Dépassements du 90 ^{ème} percentile | 12 (10%) | |
| Dépassements les plus importants (cf Figure 26 et Figure 27) | > 5000 mg/kg MS | PM19 (10 000 mg/kg MS) |

80% des échantillons présentent des teneurs en zinc inférieures aux valeurs de bruit de fond de l'environnement local témoin. Environ 25 à 55% des échantillons sont compris dans la gamme des sols ordinaires et/ou inférieures au bruit de fond RMQS. Les dépassements sont observés majoritairement sur l'ensemble des bâtiments de production de l'ancienne usine, sur la moitié Nord du site, ainsi que le secteur de la cheminée rampante.

La cartographie met en évidence une première gamme de teneurs pour lesquelles les échantillons semblent présenter des teneurs marquées et ponctuelles (Parcelle C principalement et quelques points sur la Parcelle A) – teneurs supérieures à 800 mg/kg. Les teneurs inférieures à 800 mg/kg ne présentent plus de sectorisation et se retrouvent de manière diffuse sur le site. Ces teneurs pourraient être assimilables au bruit de fond du site.

L'échantillon PM19 (angle nord-est) caractérisé par des remblais présentant des mâchefers présente un marquage couplé en nickel, en cuivre et en zinc. Ces anomalies sont liées à la nature des remblais présents sur cette zone.

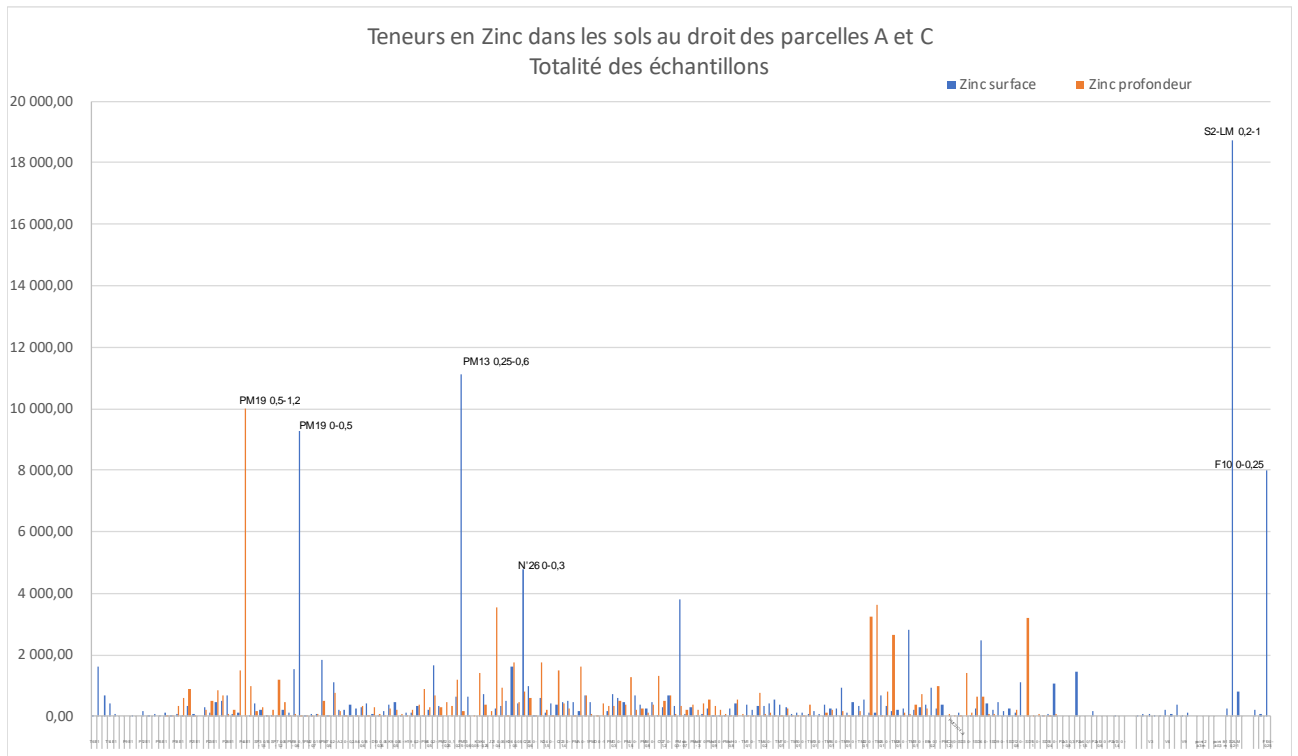


Figure 26 : Histogramme des teneurs en Zinc pour la totalité des échantillons

Les échantillons les plus impactés sont prélevés dans les horizons de surface. 5 échantillons présentent des teneurs en zinc nettement plus élevées que les reste du site.

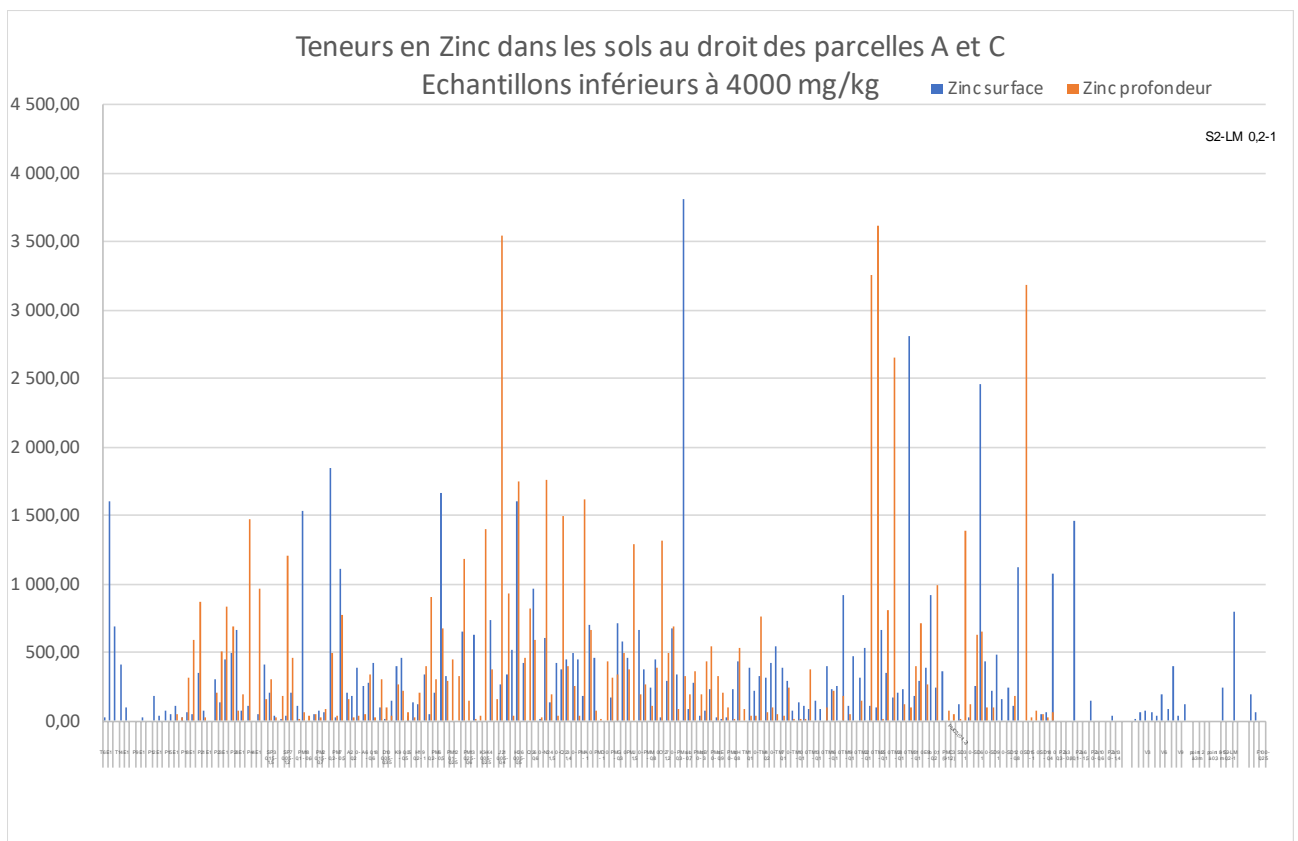


Figure 27 : Histogramme des teneurs en Zinc inférieures à 4 000 mg/kg

Cet histogramme présente les échantillons dont la teneur en zinc est inférieure à 4 000 mg/kg donc après retrait des 6 échantillons les plus marqués.

Celui-ci met en évidence un impact généralisé sur une grande partie des échantillons témoignant d'une pollution diffuse sur le site.

7.5.6 Cadmium

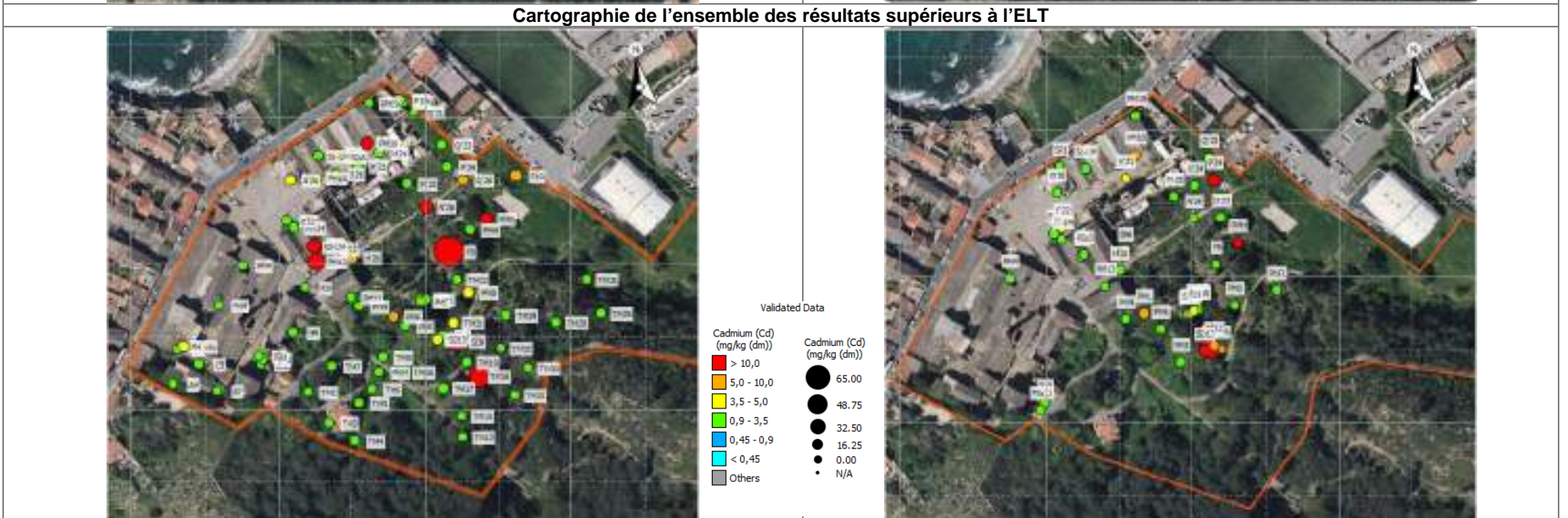
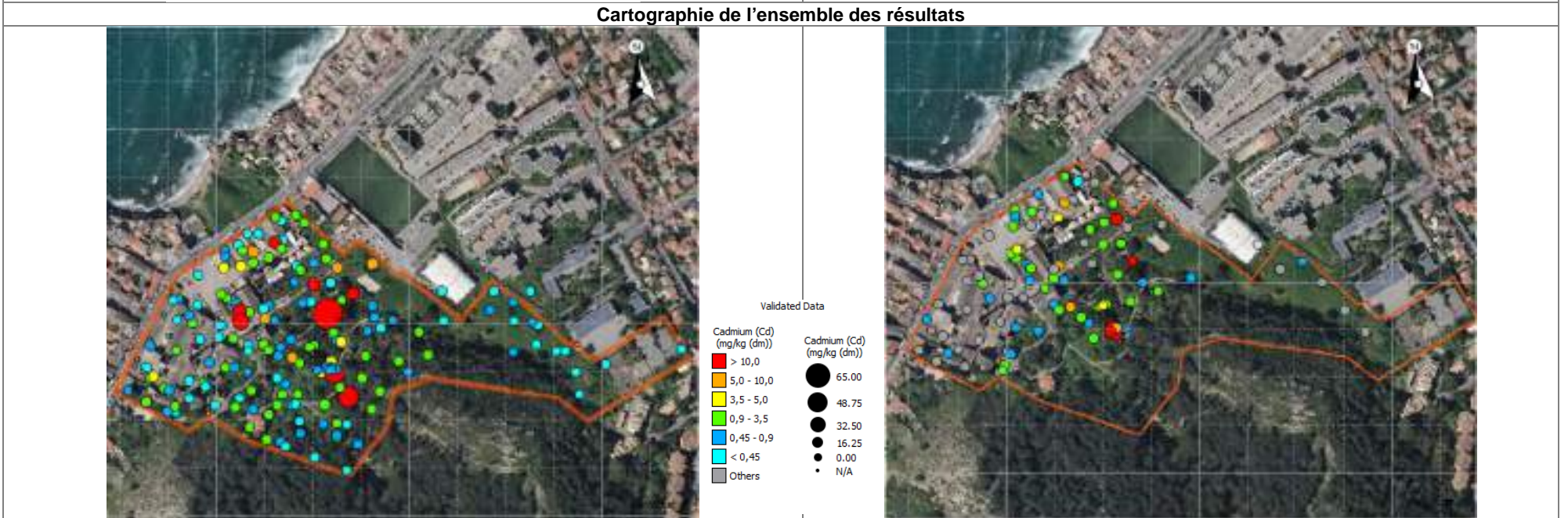
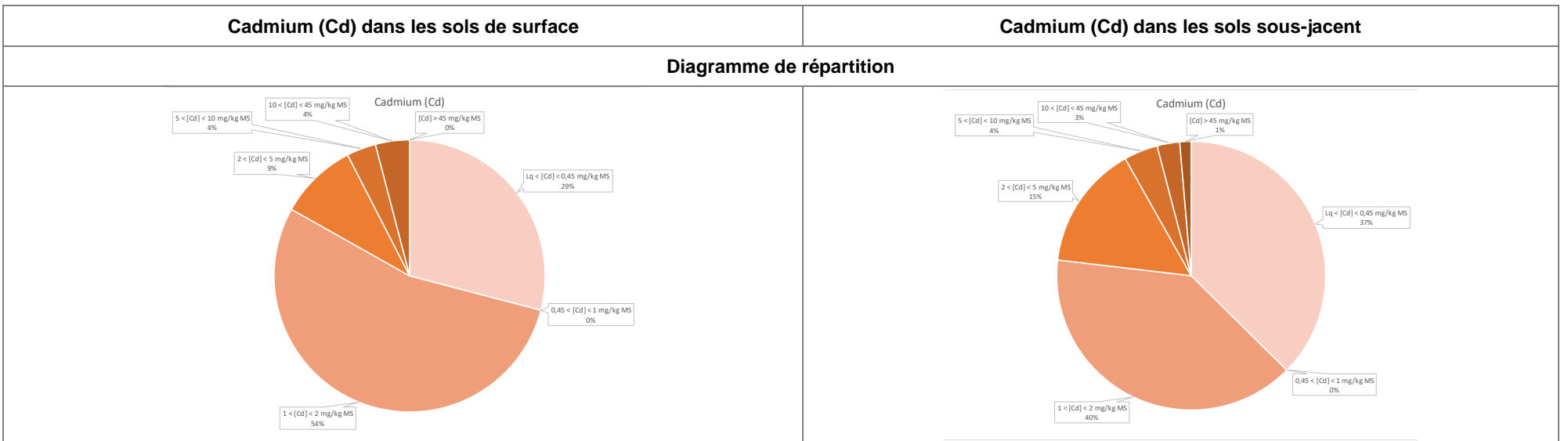
Pour rappel, les valeurs de comparaisons sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

| | Paramètres | | Cadmium (Cd) |
|-------------------------------|---|------------------|---------------|
| | Unités | | mg/kg MS |
| ELT | Sols sans ou avec indice de remblais anthropiques | | 0,7 à 0,9 |
| Valeurs guides ASPITET | Sols ordinaires | | 0,05 à 0,45 |
| Valeurs guides RMQS | Cellule 2203 | horizon 0-30 cm | 1,053 |
| | | horizon 30-50 cm | 0,98375 |
| | Cellule 2202 | horizon 0-30 cm | 0,9015 |
| | | horizon 30-50 cm | non déterminé |

Les statistiques classiques réalisées sur les échantillons de sols de surface (172 éch.) et les échantillons de sols sous-jacents (147 éch.) sont présentés ci-dessous :

| Horizon concerné | Teneur minimale - mg/kg | Teneur maximale - mg/kg | Teneur médiane - mg/kg | Teneur moyenne - mg/kg | Teneur du centile 75 - mg/kg | Teneur du centile 90 - mg/kg |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Sols de surface | 0.1 | 35.8 | 0.8 | 1.95 | 1.44 | 3.58 |
| Sols sous-jacents | 0.4 | 72.5 | 0.7 | 2.69 | 1.9 | 3.68 |

Ces indicateurs statistiques mettent en évidence un marquage plus élevé dans les sols sous-jacents que dans les sols superficiels.



Commentaires

| | | |
|--|---------------|---|
| Dépassements du bdf ASPITET | 123 (71%) | |
| Dépassements de l'ELT (et du bdf RMQS) | 76 (44%) | |
| Dépassements du 90 ^{ème} percentile | 21 (12%) | |
| Dépassements les plus importants (cf Figure 28 et Figure 29) | > 10 mg/kg MS | PM18 (10,9 mg/kg MS) PM13 (24,1 mg/kg MS) S2-LM (15,0 mg/kg MS) N'26 (11,1 mg/kg MS) F9 (65,0 mg/kg MS) PMG (11,0 mg/kg MS) SD9 (29,6 mg/kg MS) TM18 (35,8 mg/kg MS) |

| | | |
|--|---------------|--|
| Dépassements du bdf ASPITET | 81 (55%) | |
| Dépassements de l'ELT (et du bdf RMQS) | 56 (38%) | |
| Dépassements du 90 ^{ème} percentile | 14 (9%) | |
| Dépassements les plus importants (cf Figure 28 et Figure 29) | > 10 mg/kg MS | P'24 (27,1 mg/kg MS) PMH (10,0 mg/kg MS) SD8 (72,5mg/kg MS) SD13 (19,5 mg/kg MS) PML (28,4 mg/kg MS) |

60% des échantillons présentent des teneurs en cadmium inférieures aux valeurs de bruit de fond de l'environnement local témoin similaire au bruit de fond RMQS. Environ 30 à 45% des échantillons sont compris dans la gamme des sols ordinaires. Les cartographies mettent en évidence visuellement un marquage diffus du site proche de 2 mg/kg. Quelques anomalies très ponctuelles et isolées sont retrouvées sur le site sans cohérence entre les sols superficiels et les sols sous-jacents.

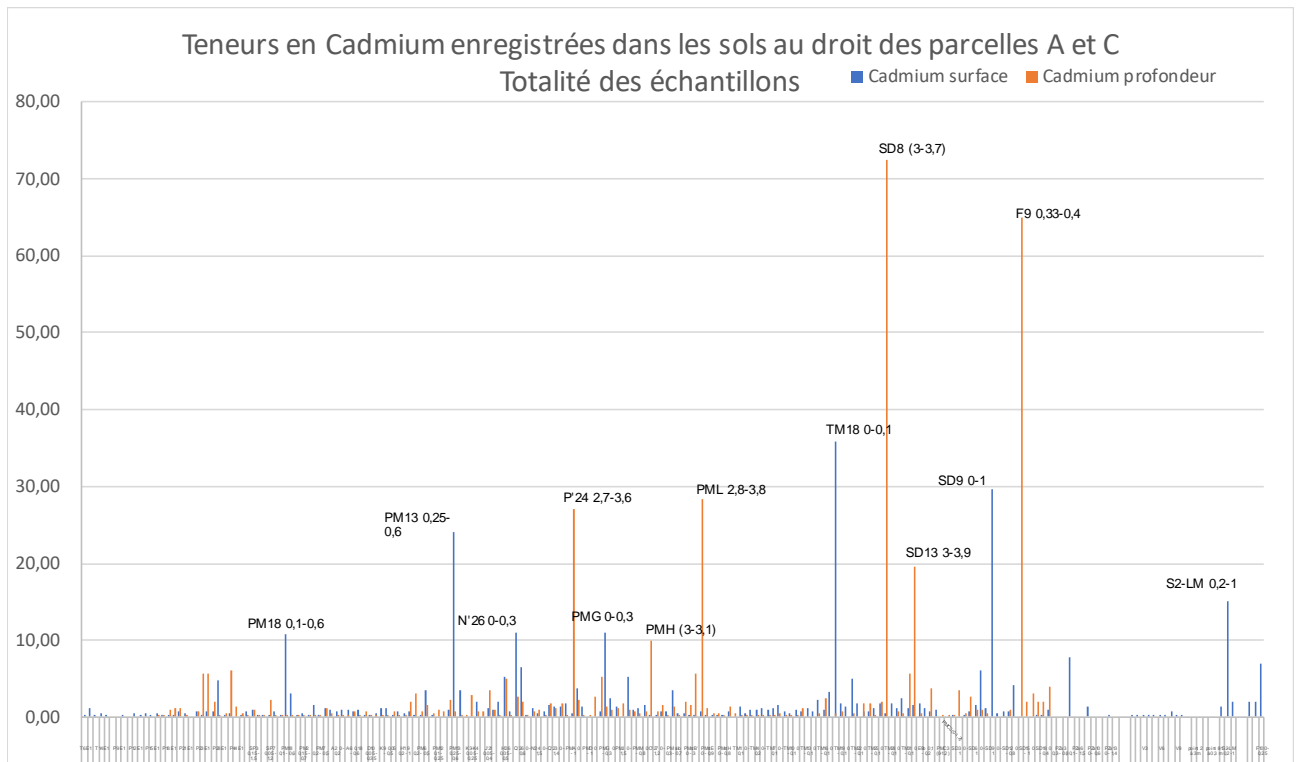


Figure 28 : Histogramme des teneurs en Cadmium pour la totalité des échantillons

Il apparait que 2 échantillons profonds présentent des teneurs en cadmium nettement plus élevées que les reste du site (teneurs comprises entre 60 et 75 mg/kg) et 11 échantillons (dont 4 profonds) présentent des teneurs élevées par rapport au reste du site (teneurs comprises entre 10 et 40 mg/kg).

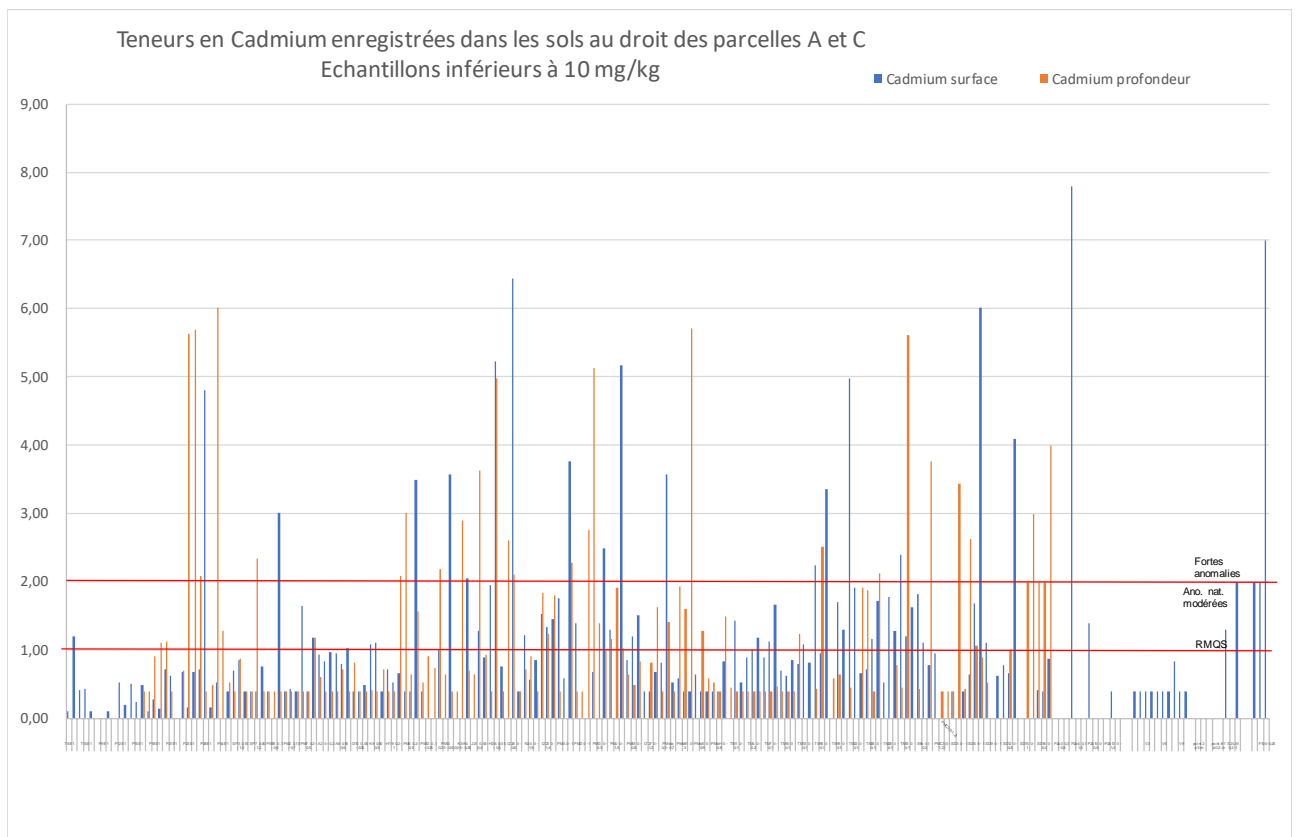


Figure 29 : Histogramme des teneurs en Cadmium inférieures à 10 mg/kg

Cet histogramme présente les échantillons dont la teneur en cadmium est inférieure à 10 mg/kg donc après retrait des 13 échantillons les plus marqués.

Celui-ci met en évidence un bruit de fond du site en cadmium autour de 1 à 2 mg/kg.

7.5.7 Arsenic

Pour rappel, les valeurs de comparaisons sont synthétisées dans le tableau ci-dessous (le RMQS ne définit pas de seuil pour l'arsenic) :

| | | |
|-------------------------------|---|--------------|
| | Paramètres | Arsenic (As) |
| | Unités | mg/kg MS |
| ELT | Sols sans ou avec indice de remblais anthropiques | 10 à 12 |
| Valeurs guides ASPITET | Sols ordinaires | 1 à 25 |

Les statistiques classiques réalisées sur les échantillons de sols de surface (172 éch.) et les échantillons de sols sous-jacents (147 éch.) sont présentés ci-dessous :

| Horizon concerné | Teneur minimale - mg/kg | Teneur maximale - mg/kg | Teneur médiane - mg/kg | Teneur moyenne - mg/kg | Teneur du centile 75 - mg/kg | Teneur du centile 90 - mg/kg |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Sols de surface | 2.31 | 1750 | 33.85 | 101.3 | 89.63 | 199.9 |
| Sols sous-jacents | 1.4 | 9430 | 42 | 285.11 | 140.5 | 425.8 |

Ces indicateurs statistiques mettent en évidence un marquage plus élevé dans les sols sous-jacents que dans les sols superficiels.

| Arsenic (As) dans les sols de surface | | Arsenic (As) dans les sols sous-jacent | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|--|-----------|--|-----------------------------|-----------|--|--|----------|----------------|--|--------------|---|---|--|-----------------------|-----------|--|-----------------------------|----------|--|--|----------|----------------|--|--------------|---|
| Diagramme de répartition | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Arsenic (As)</p> <ul style="list-style-type: none"> [As] > 200 mg/kg MS : 10% Lq < [As] < 12,5 mg/kg MS : 19% 150 < [As] < 200 mg/kg MS : 5% 100 < [As] < 150 mg/kg MS : 8% 75 < [As] < 100 mg/kg MS : 6% 50 < [As] < 75 mg/kg MS : 10% 25 < [As] < 50 mg/kg MS : 23% 12,5 < [As] < 25 mg/kg MS : 19% | | <p>Arsenic (As)</p> <ul style="list-style-type: none"> [As] > 200 mg/kg MS : 18% Lq < [As] < 12,5 mg/kg MS : 19% 150 < [As] < 200 mg/kg MS : 7% 100 < [As] < 150 mg/kg MS : 7% 75 < [As] < 100 mg/kg MS : 5% 50 < [As] < 75 mg/kg MS : 9% 25 < [As] < 50 mg/kg MS : 10% 12,5 < [As] < 25 mg/kg MS : 25% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cartographie de l'ensemble des résultats | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cartographie de l'ensemble des résultats supérieurs au 90^{ème} percentile | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Commentaires | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>Dépassements de l'ELT</td> <td>145 (84%)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dépassements du bdf ASPITET</td> <td>110 (64%)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dépassements du 90^{ème} percentile</td> <td>18 (10%)</td> <td>> 200 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td>Dépassements les plus importants (cf Figure 31 et Figure 32)</td> <td>>500mg/kg MS</td> <td>PM19 (1380 mg/kg MS) SD7 (782 mg/kg MS) Pza5 (503 mg/kg MS) PM16 (516 mg/kg MS) H'26 (517 mg/kg MS) Q'26 (500 mg/kg MS) F9 (825 mg/kg MS) PMG (922 mg/kg MS) SD9 (711 mg/kg MS) TM18 (1750 mg/kg MS)</td> </tr> </table> | | Dépassements de l'ELT | 145 (84%) | | Dépassements du bdf ASPITET | 110 (64%) | | Dépassements du 90 ^{ème} percentile | 18 (10%) | > 200 mg/kg MS | Dépassements les plus importants (cf Figure 31 et Figure 32) | >500mg/kg MS | PM19 (1380 mg/kg MS) SD7 (782 mg/kg MS) Pza5 (503 mg/kg MS) PM16 (516 mg/kg MS) H'26 (517 mg/kg MS) Q'26 (500 mg/kg MS) F9 (825 mg/kg MS) PMG (922 mg/kg MS) SD9 (711 mg/kg MS) TM18 (1750 mg/kg MS) | <table border="1"> <tr> <td>Dépassements de l'ELT</td> <td>100 (68%)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dépassements du bdf ASPITET</td> <td>81 (55%)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dépassements du 90^{ème} percentile</td> <td>14 (10%)</td> <td>> 425 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td>Dépassements les plus importants (cf Figure 31 et Figure 32)</td> <td>>500mg/kg MS</td> <td>PM19 (808 mg/kg MS) SP6 (9430mg/kg MS) PM12 (1610 mg/kg MS) E'22 (708 mg/kg MS) F'22 (1860 mg/kg MS) PMA (629 mg/kg MS) SD8 (3500 mg/kg MS) SD13 (4110 mg/kg MS)</td> </tr> </table> | | Dépassements de l'ELT | 100 (68%) | | Dépassements du bdf ASPITET | 81 (55%) | | Dépassements du 90 ^{ème} percentile | 14 (10%) | > 425 mg/kg MS | Dépassements les plus importants (cf Figure 31 et Figure 32) | >500mg/kg MS | PM19 (808 mg/kg MS) SP6 (9430mg/kg MS) PM12 (1610 mg/kg MS) E'22 (708 mg/kg MS) F'22 (1860 mg/kg MS) PMA (629 mg/kg MS) SD8 (3500 mg/kg MS) SD13 (4110 mg/kg MS) |
| Dépassements de l'ELT | 145 (84%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dépassements du bdf ASPITET | 110 (64%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dépassements du 90 ^{ème} percentile | 18 (10%) | > 200 mg/kg MS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dépassements les plus importants (cf Figure 31 et Figure 32) | >500mg/kg MS | PM19 (1380 mg/kg MS) SD7 (782 mg/kg MS) Pza5 (503 mg/kg MS) PM16 (516 mg/kg MS) H'26 (517 mg/kg MS) Q'26 (500 mg/kg MS) F9 (825 mg/kg MS) PMG (922 mg/kg MS) SD9 (711 mg/kg MS) TM18 (1750 mg/kg MS) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dépassements de l'ELT | 100 (68%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dépassements du bdf ASPITET | 81 (55%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dépassements du 90 ^{ème} percentile | 14 (10%) | > 425 mg/kg MS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dépassements les plus importants (cf Figure 31 et Figure 32) | >500mg/kg MS | PM19 (808 mg/kg MS) SP6 (9430mg/kg MS) PM12 (1610 mg/kg MS) E'22 (708 mg/kg MS) F'22 (1860 mg/kg MS) PMA (629 mg/kg MS) SD8 (3500 mg/kg MS) SD13 (4110 mg/kg MS) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>40% des échantillons présentent des teneurs en arsenic comprises dans la gamme des sols ordinaires de l'ASPITET. Une gamme de concentrations comprises entre 200 et 1000 mg/kg se distingue et un marquage diffus généralisé de sols de surface au droit du site à des teneurs comprises entre 50 et 200 mg/kg transparait. Quelques anomalies très ponctuelles et très importantes sont retrouvées sur le site (teneurs supérieures à 200 mg/kg). Les anomalies en arsenic les plus importantes sont retrouvées dans les sols en profondeurs. Ces anomalies sont probablement dues à l'activité industrielle liée au plomb (activité la plus ancienne) ou à la nature des remblais du site.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

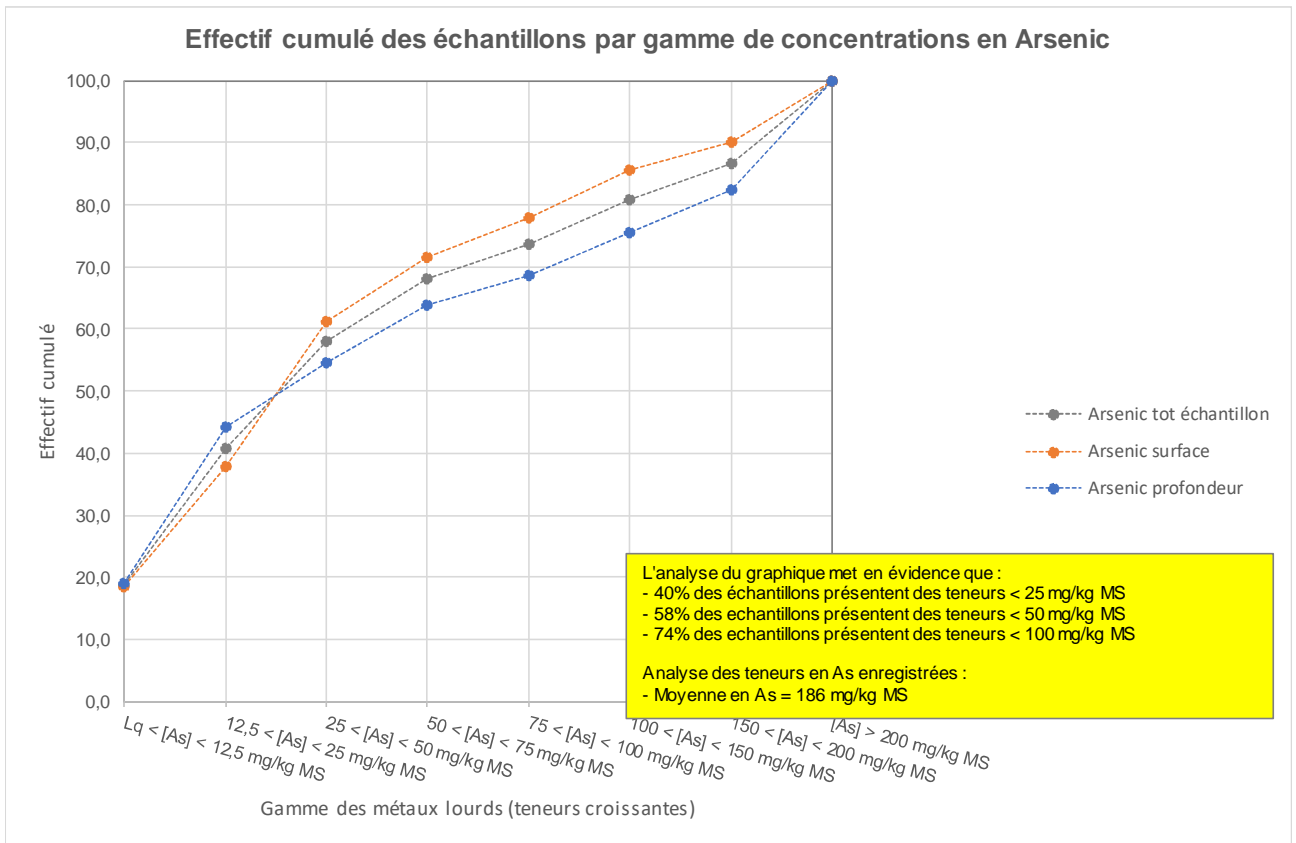


Figure 30 : Graphique d'effectif cumulé des teneurs en Arsenic

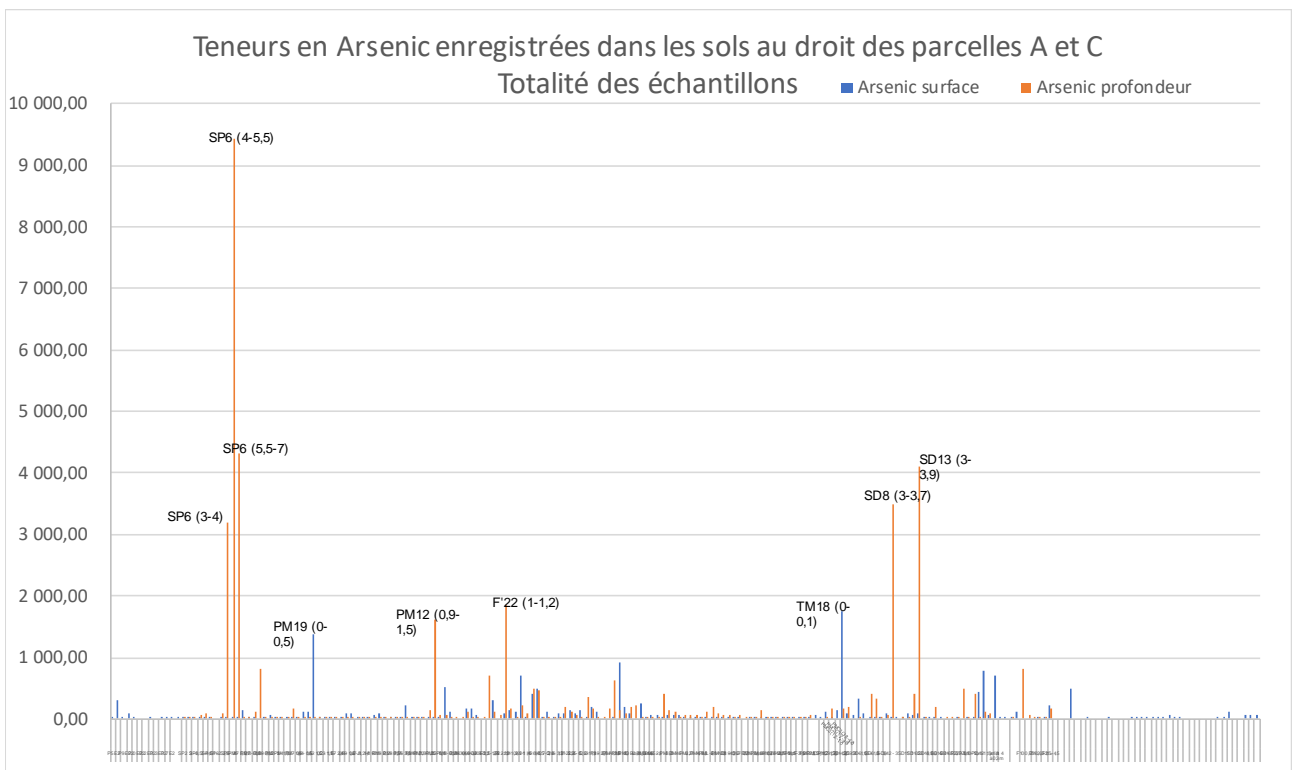


Figure 31 : Histogramme des teneurs en Arsenic pour la totalité des échantillons

Un seul échantillon profond présente une teneur en arsenic très nettement plus élevée que les autres (SP6 4-5.5 avec 9 430 mg/kg). 8 autres échantillons, dont 6 profonds, se distinguent très nettement du reste du site avec des teneurs comprises entre 1000 et 4 500 mg/kg.

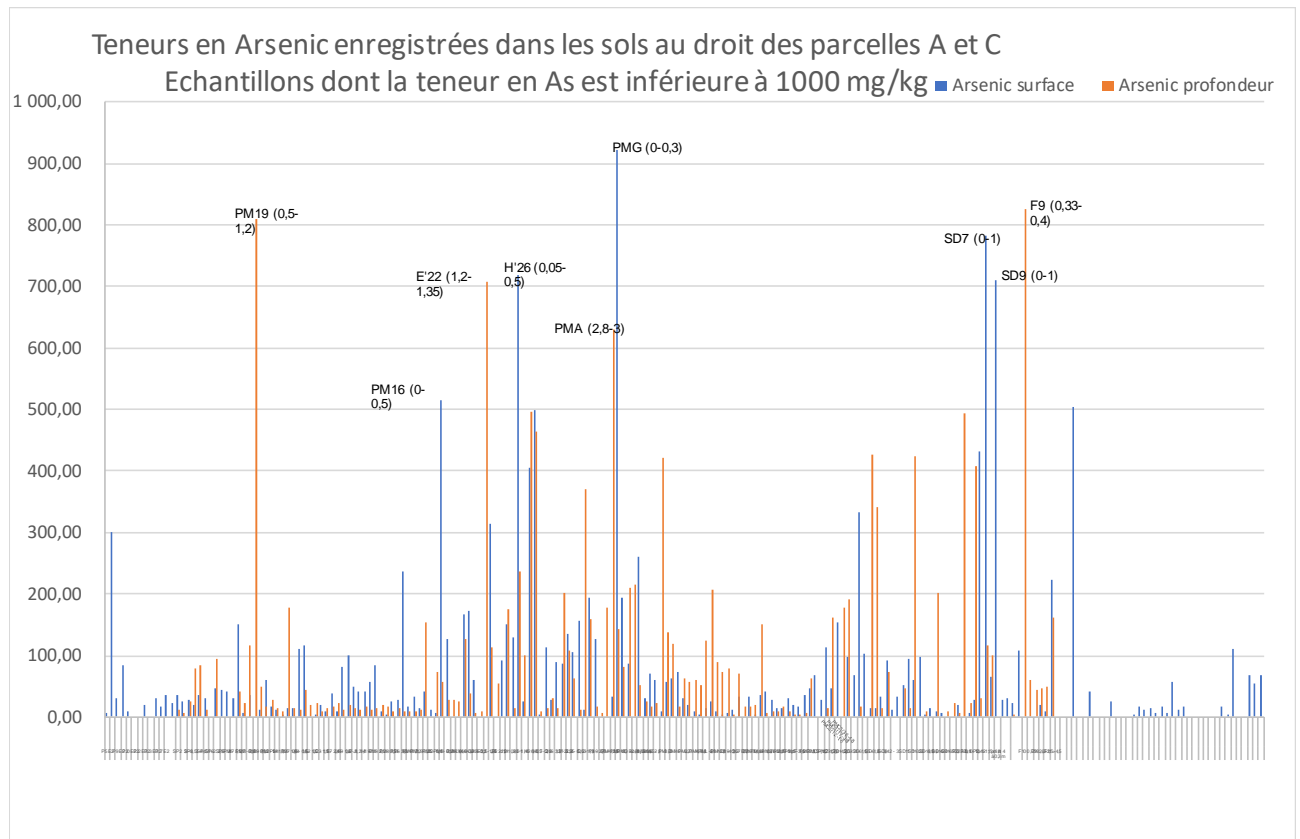


Figure 32 : Histogramme des teneurs en Arsenic inférieures à 1 000 mg/kg

Cet histogramme présente les échantillons dont la teneur en arsenic est inférieure à 1 000 mg/kg donc après retrait des 9 échantillons les plus marqués.

7.5.8 Plomb

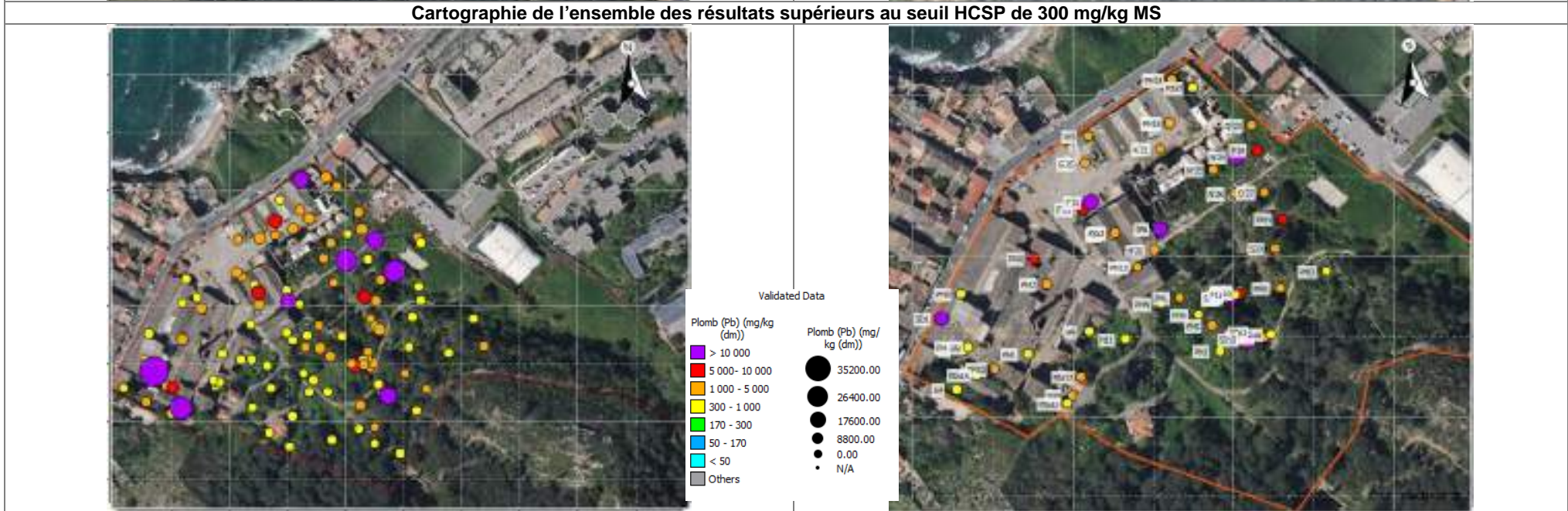
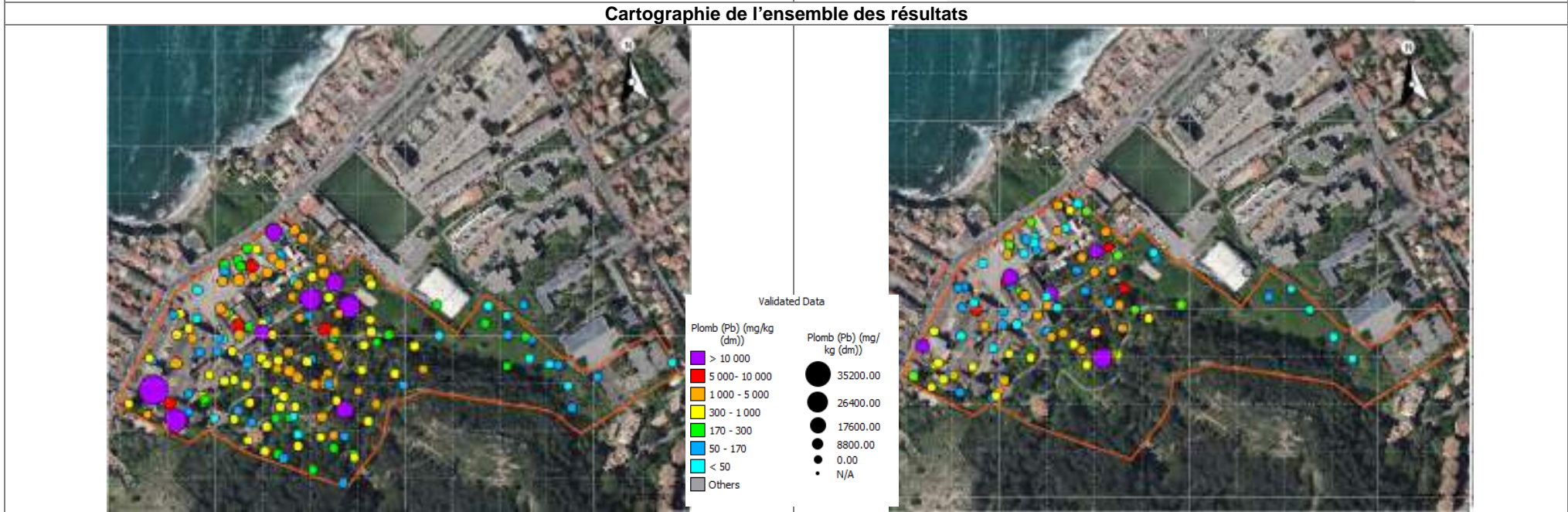
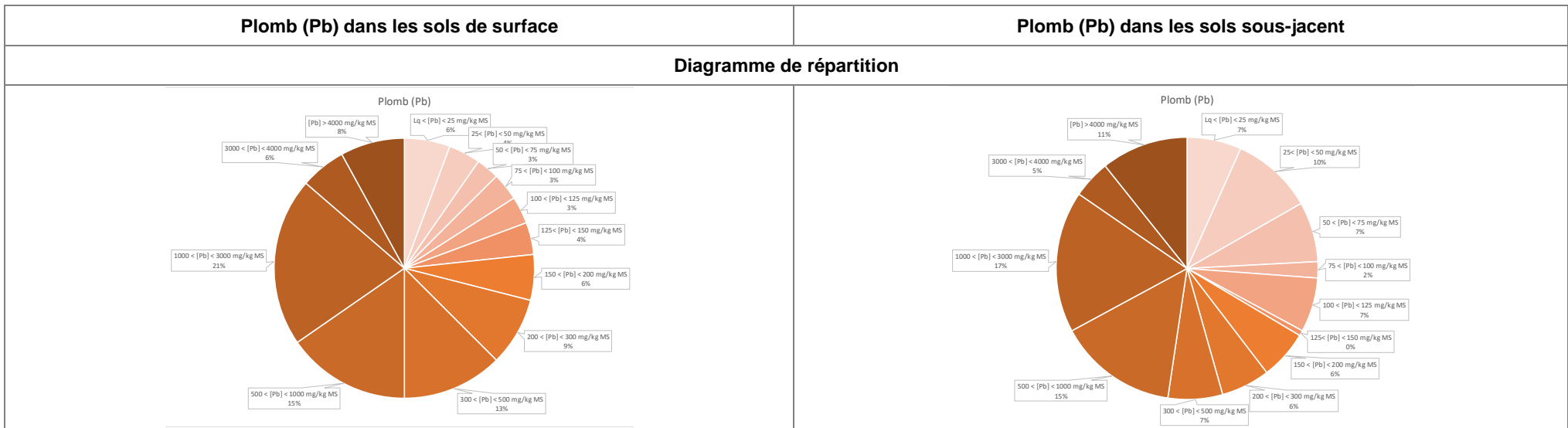
Pour rappel, les valeurs de comparaisons sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

| | | Paramètres | Plomb (Pb) |
|-------------------------------|---|------------------|-----------------|
| | | Unités | mg/kg MS |
| ELT | Sols sans ou avec indice de remblais anthropiques | | 130 à 170 |
| | Sols ordinaires | | 9 à 50 |
| Valeurs guides ASPITET | Sols ordinaires | | 9 à 50 |
| | Valeurs guides RMQS | Cellule 2203 | horizon 0-30 cm |
| horizon 30-50 cm | | | 90,675 |
| Cellule 2202 | | horizon 0-30 cm | 78,25 |
| | | horizon 30-50 cm | non déterminé |

Les statistiques classiques réalisées sur les échantillons de sols de surface (176 éch.) et les échantillons de sols sous-jacents (149 éch.) sont présentés ci-dessous :

| Horizon concerné | Teneur minimale - mg/kg | Teneur maximale - mg/kg | Teneur médiane - mg/kg | Teneur moyenne - mg/kg | Teneur du centile 75 - mg/kg | Teneur du centile 90 - mg/kg |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Sols de surface | 5 | 35200 | 492 | 1869.17 | 1452.5 | 3655 |
| Sols sous-jacents | 5.21 | 45300 | 411 | 2268.72 | 1530 | 4448 |

Ces indicateurs statistiques mettent en évidence un marquage plus élevé dans les sols sous-jacents que dans les sols superficiels.



Commentaires

| | | |
|--|-----------|---|
| Dépassements du bdf ASPITET | 161 (91%) | |
| Dépassements de l'ELT (et du RMQS) | 133 (77%) | |
| Dépassements du seuil HCSP de 300 ppm | 114 (66%) | |
| Dépassements du 90 ^{ème} percentile (cf Figure 34 et Figure 35) | 20 (10%) | PM silo, PM10, B7, PM19, PM16, Pza5, N'21, S2-LM, H'26, N'26, P'24, Q'26, PMG, F9, PMB, PMK, SD13, TM18, SD8', C3 |

| | | |
|--|-----------|--|
| Dépassements du bdf ASPITET | 123 (82%) | |
| Dépassements de l'ELT (et du RMQS) | 99 (66%) | |
| Dépassements du seuil HCSP de 300 ppm | 77 (52%) | |
| Dépassements du 90 ^{ème} percentile (cf Figure 34 et Figure 35) | 13 (10%) | SP6, PM4, E'22, F'22, N'24, P'24, PMH, SD1, SD8, SD13, SD14, Pza3, Pza10 |

10 à 20% des échantillons sont compris dans la gamme des sols ordinaires et environ 20% à 30% des échantillons présentent des teneurs en plomb inférieures aux valeurs de bruit de fond local définies par l'environnement local proche du bruit de fond RMQS.
 Près de 20% des échantillons sont conformes au seuil de vigilance défini par le HCSP (de 100 mg/kg) et près de 40% sont conformes au seuil d'alerte déclenchant un dépistage du saturnisme (de 300 mg/kg).
 Les dépassements sont observés de manière diffuse sur l'ensemble du site, à l'exception de l'extrémité sud-est.

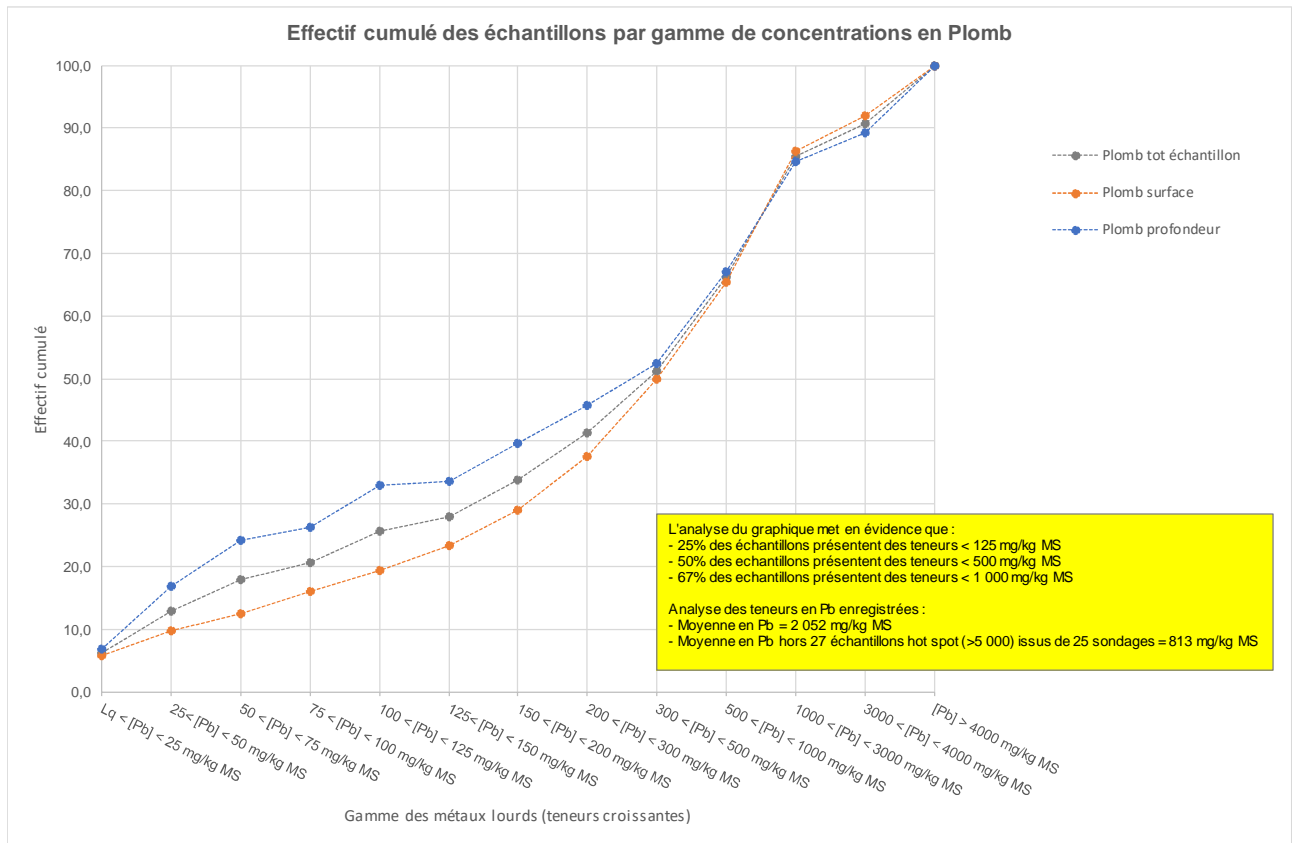


Figure 33 : Graphique d'effectif cumulé des teneurs en Plomb

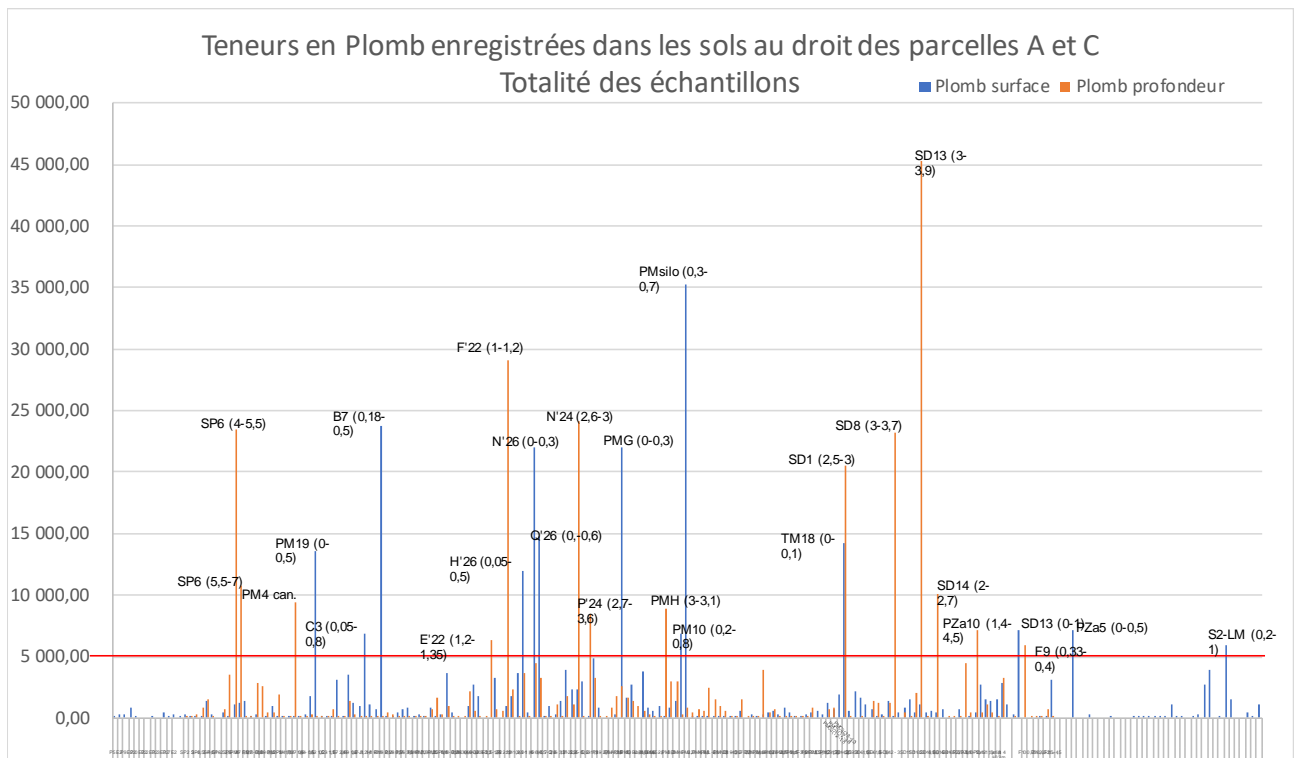


Figure 34 : Histogramme des teneurs en Plomb pour la totalité des échantillons

Il apparaît qu'un échantillon profond présente une teneur en plomb plus élevée que les autres (SD13 3-3.9 avec 45 300 mg/kg). 26 autres échantillons, dont 13 profonds, se distinguent nettement du reste du site avec des teneurs comprises entre 5000 et 35 000 mg/kg. Les anomalies en profondeurs sont couplées plomb et cuivre principalement.

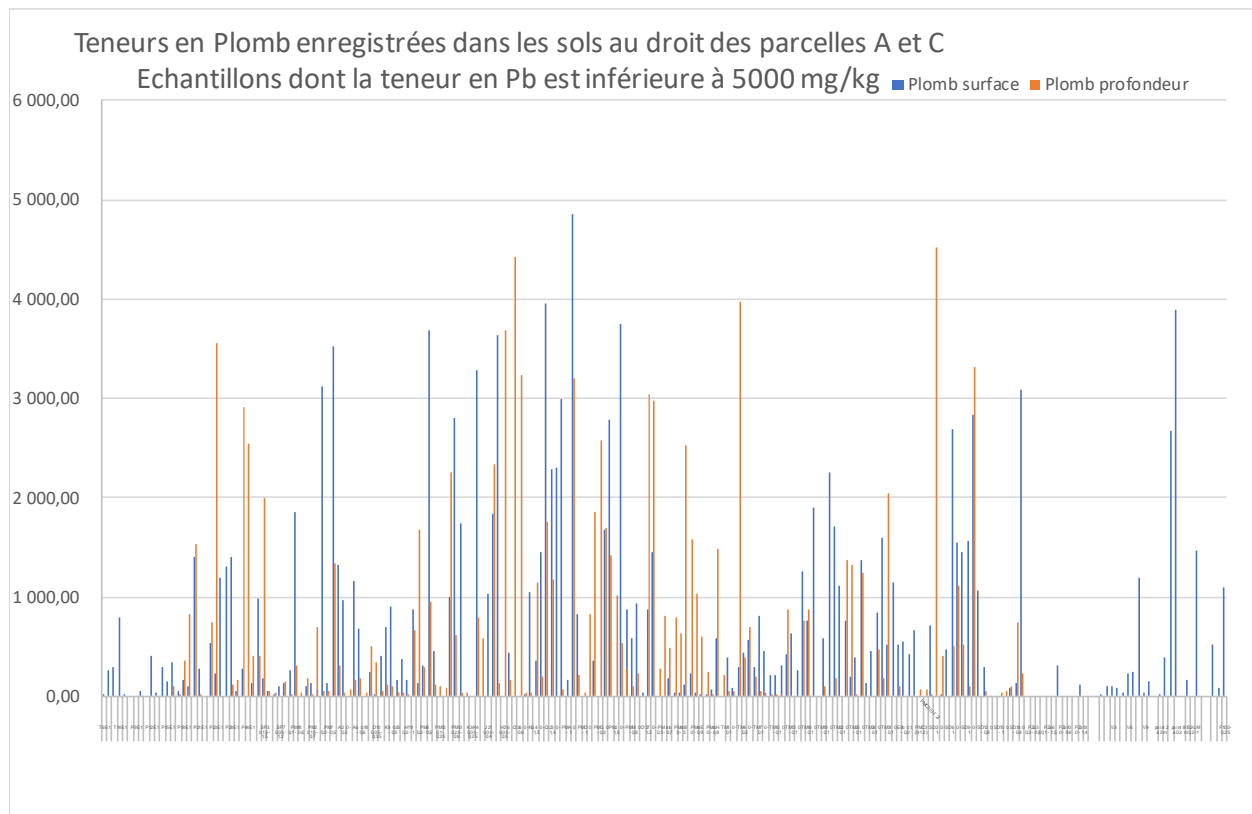


Figure 35 : Histogramme des teneurs en Plomb inférieures à 5 000 mg/kg

Cet histogramme présente les échantillons dont la teneur en plomb est inférieure à 5 000 mg/kg donc après retrait des 27 échantillons les plus marqués.

Une gamme de concentrations comprises entre 1 000 et 5 000 mg/kg se distingue et un marquage généralisé du site à des teneurs inférieures à 1 000 mg/kg transparaît.

7.5.9 Synthèse des 8 métaux lourds

Les résultats ont mis en évidence globalement :

- Un impact modéré et présent de manière globale au droit du site pour le chrome et le nickel avec des concentrations conformes à l'environnement local témoin à plus de 70% et aux bases de données bibliographiques à plus de 95%. Les dépassements restent de plus peu importants.
- La présence de mercure avec des concentrations conformes à l'environnement local témoin à plus de 70% avec néanmoins des anomalies ponctuelles jusqu'à 25 mg/kg MS dans les sols de surface et 95 mg/kg MS dans les sols sous-jacents, essentiellement aux abords de la cheminée rampante.
- Un impact diffus en cuivre, en zinc et en cadmium avec des dépassements de l'environnement local témoin sur la moitié du site, et des anomalies plus importantes ponctuelles jusqu'à 20000 mg/kg MS en cuivre et zinc et 72 mg/kg MS en cadmium.
- Un impact diffus et concentré en arsenic et plomb sur l'ensemble du site.
- Certains sondages présentent des pics de concentrations pour plusieurs composés métalliques : PMSilo, PM13, PM16, PM19, Pza5, S2-LM, H'26, N'26, Q'26PMG, F9, F10, TM18, SD9.

Sur la base des approches statistiques précédentes, on peut conclure que :

- Le mercure se singularise des autres ETM par le fait que quelques teneurs ponctuelles dans les sols sont très largement supérieures aux valeurs de référence retenues.
- L'arsenic et le plomb se singularisent des autres ETM par un bruit de fond marqué et étendu dans les sols à l'échelle des parcelles A et C. Ils peuvent dans ce cadre être retenus comme traceurs des ETM (hors mercure).

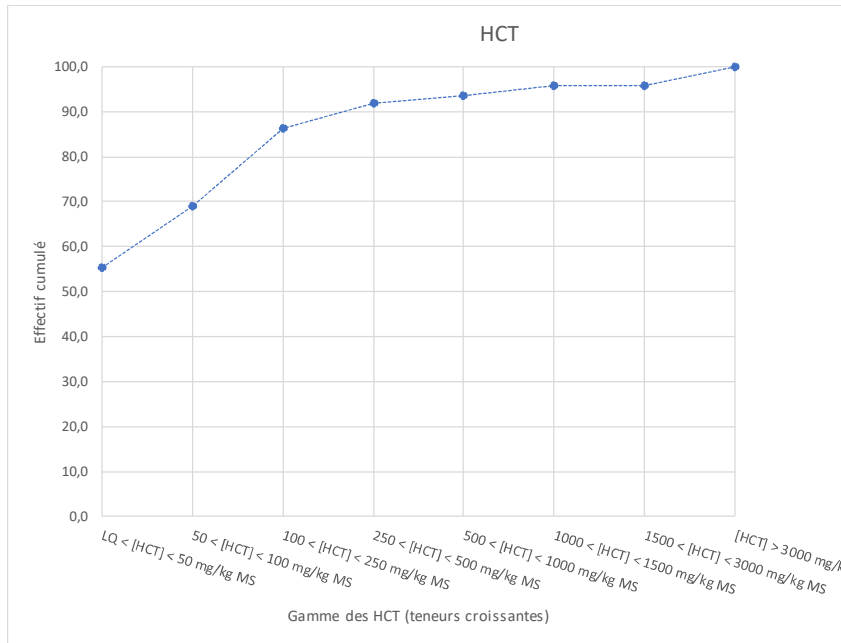
Les autres ETM sont des « accompagnants » des traceurs arsenic et plomb, retrouvés selon une logique de distribution identique et d'une manière prépondérante au droit des sources Pb et As.

Le caractère lixiviable de ces métaux est étudié au paragraphe 7.8.3 du présent rapport.

7.6 Présentation des résultats obtenus et interprétation pour les teneurs en composés organiques

7.6.1 HCT

Un total de 123 échantillons a fait l'objet de la recherche des HCT.



| | Tot. Éch. | Sans E9b 0,1-0,2 |
|----------------|-----------|------------------|
| Conc. max. | 27 300,00 | 3 510,00 |
| Conc. min. | 9,90 | 9,90 |
| Conc. moy. (*) | 443,85 | 223,71 |
| Conc. méd. | 38,10 | 37,85 |
| P90 | 340,2 | 319 |
| P95 | 1265 | 1115,9 |

(*) au vu de l'écart entre les données la moyenne n'est pas représentative des gammes de concentrations mesurées.

92% des échantillons présentent des teneurs en HCT inférieures à 500 mg/kg (seuil de l'arrêté du 12/12/2014 définissant le caractère inertes de ceux-ci) et environ 87% présentent des teneurs inférieures à 250 mg/kg.

Seulement 5 échantillons présentent des teneurs supérieures à 1500 mg/kg.

Figure 36 : Cartographie des concentrations en HCT dans les sols de surface

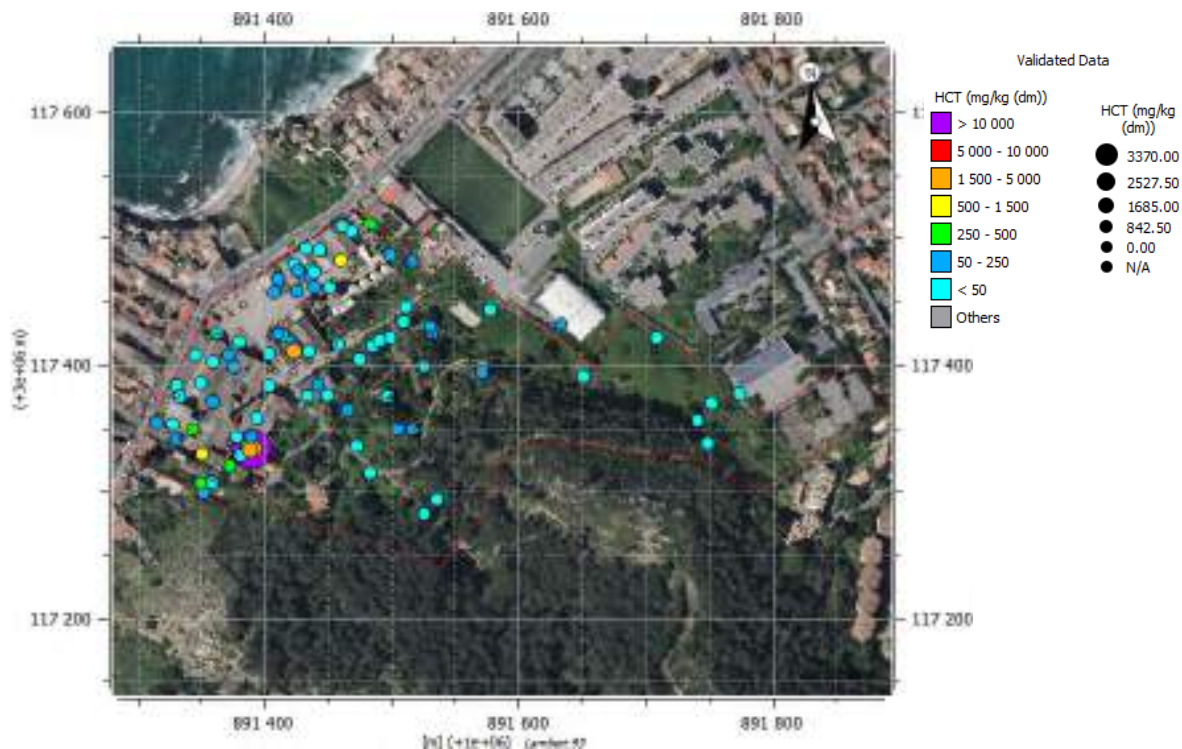
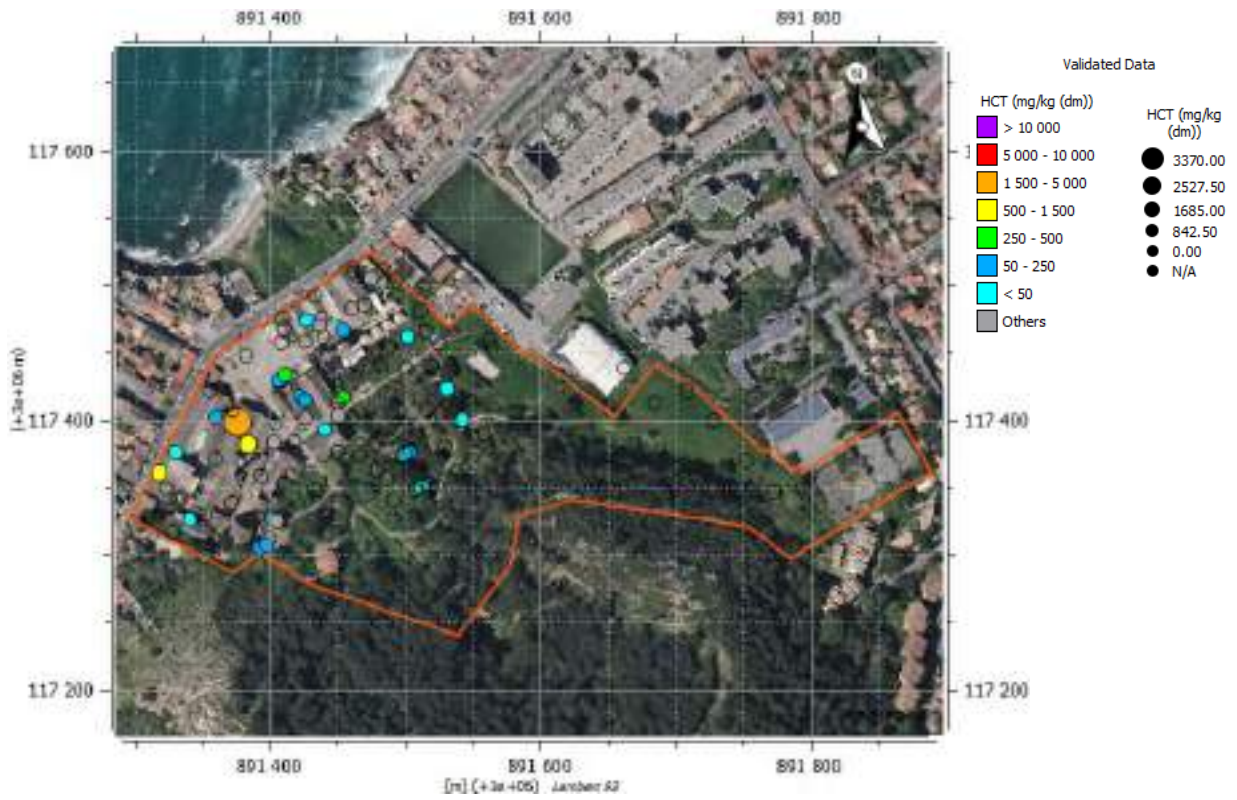
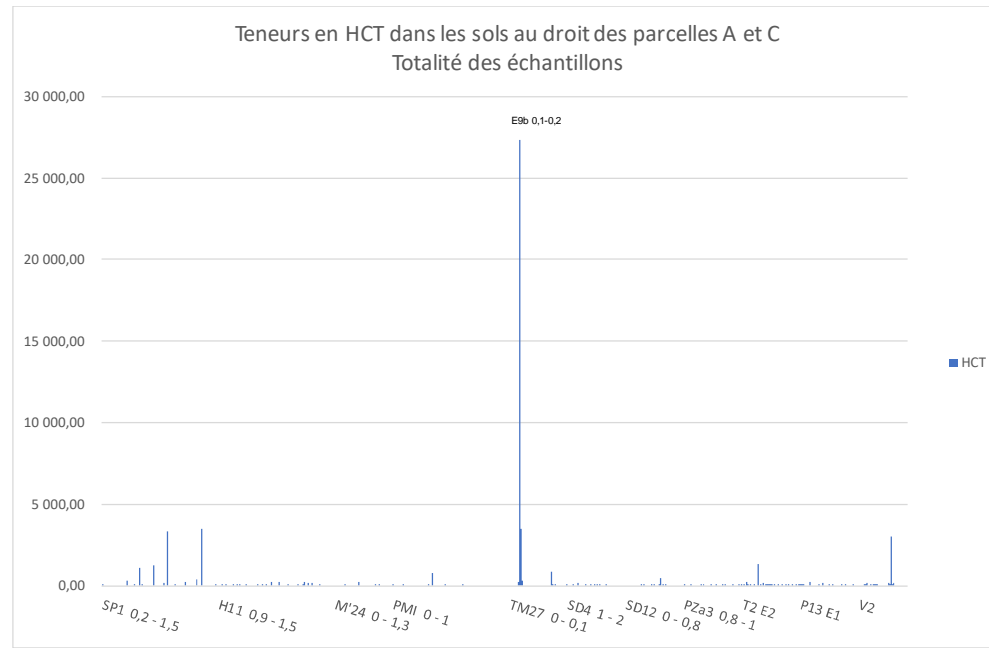


Figure 37 : Cartographie des concentrations en HCT dans les sols en profondeur

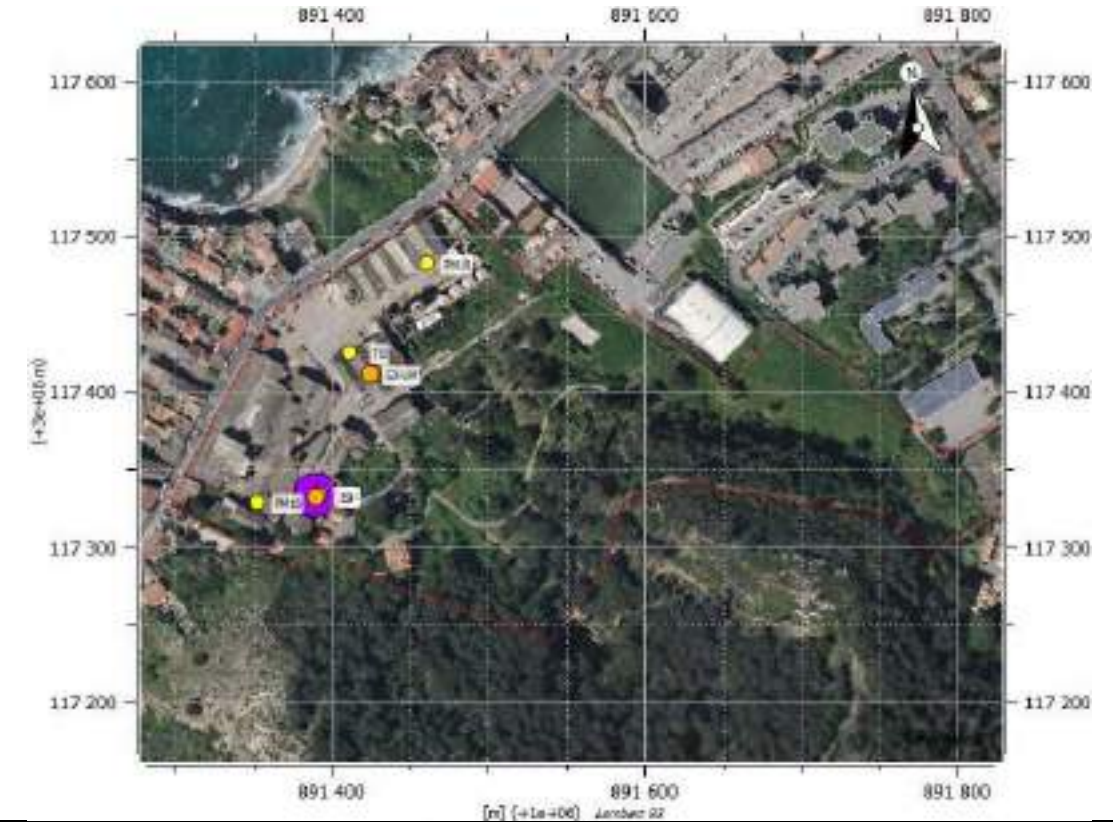


Histogramme de répartition des concentrations en HCT (totalité des échantillons)

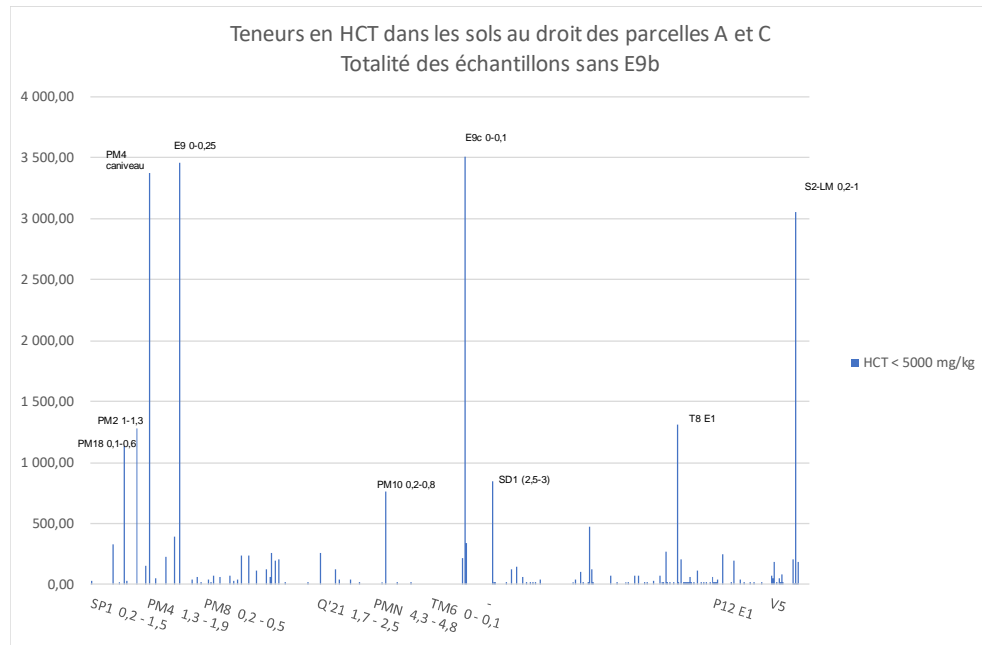


L'histogramme de répartition des concentrations en HCT met en évidence la présence d'une anomalie très significativement élevée par rapport aux autres teneurs mesurées sur le site. Il s'agit de l'échantillon prélevé de 0.1 à 0.2 m au droit de E9b (sondage réalisé à la tarière manuelle ayant pour objectif la délimitation latérale de l'impact en E9 mis en évidence lors de la première campagne)

Cartographie de sols de surface > 500 mg/kg MS



Histogramme de répartition des concentrations en HCT (teneurs < 4000 mg/kg MS)



Il apparait que 9 échantillons présentent des teneurs comprises entre le seuil inerte de 500 mg/kg et 4 000 mg/kg. Les autres échantillons présentent des teneurs largement moins élevées et globalement homogènes assimilables au bruit de fond du site.

Cartographie de sols en profondeur > 500 mg/kg MS



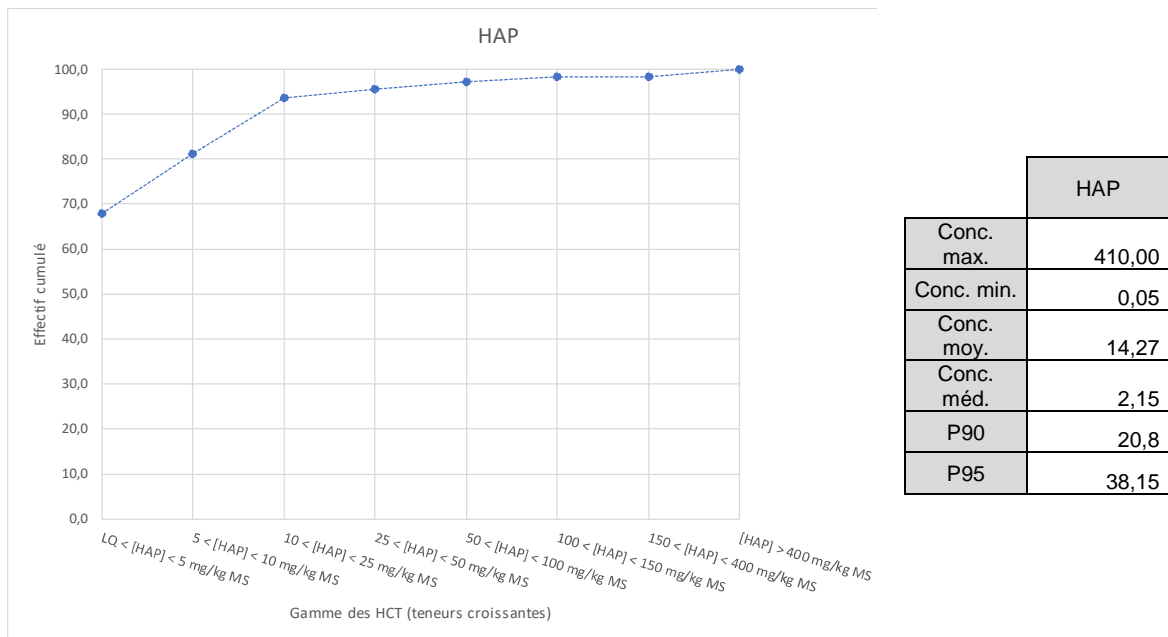
Les échantillons anomaliques sont présentés ci-dessous.

Il apparait que ces échantillons sont prélevés dans des remblais ayant mis en évidence des constats organoleptiques particuliers (mesures PID non nulles ou traces noires ou odeur d'hydrocarbures, etc).

| Echantillons anomaliques par rapport au bruit de fond du site | Lithologie | Constats organoleptiques | Concentration mesurée | Composé majoritaire | Concentration du composé majoritaire | Remarque interprétation |
|---|---|---|-----------------------|--|--------------------------------------|---|
| PM18 0 - 0,6 | Sables limoneux marron à bruns noirâtre à cailloutis et débris | Couleur noire et débris | 1130 | HCT (>nC30 - nC40) | 854 | Aucune délimitation réalisé |
| PM2 0,6 - 1,3 | Sables limoneux beiges gris à traces noirâtres plus ou moins compactes | Couleur noire | 1280 | HCT (>nC22 - nC30) | 627 | Bâtiment 1 Hall 2-3-4 instables pour seconde campagne |
| PM4 caniveau | Fond de caniveau | Matériaux noirâtres en fond | 3370 | HCT (>nC22 - nC30) | 1680 | |
| E9 0 - 0,25 | Sables à petits blocs beiges marron avec débris de briques et tache noire en surface légère odeur d'hydrocarbures Refus sur calcaire | Débris de briques et tâches noires Légère odeur d'hydrocarbures PID = 0,4 ppm | 3460 | HCT (>nC16 - nC22) | 2140 | Délimitation par E9a à E9d Impossibilité d'équipé un piézair car calcaire à 0,25m |
| PM10 0,2 - 0,8 | Scories dans matrice sablo-limoneuse grise noire à beige et briques | Scories et briques | 762 | HCT (>nC30 - nC40) | 315 | Impact modéré Délimitation nord-ouest par C5, reste inaccessible |
| E9b 0,1 - 0,2 | Sables fins argileux avec boulettes d'argiles beiges, zone noire grasse avec odeur d'HCT Refus à 20 cm S: débris végétaux | odeur d'HCT PID = 1,3 ppm | 27300 | HCT (>nC16 - nC22) | 16600 | Sondages de délimitation de E9 Délimitation de E9b par E9a, E9c et E9d Impossibilité de délimiter E9c plus au sud-est car encombrement de la zone Impossibilité d'équiper un piézair |
| E9c 0 - 0,1 | Sables légèrement limoneux bruns (3cm) puis marron avec déchets végétaux et rares cailloux calcaires avec quelques odeurs d'HCT Refus à 0,1 m S: copeaux de bois, déchets métalliques et cuve à proximité | quelques odeurs d'HCT | 3510 | HCT (>nC16 - nC22) | 2020 | |
| SD1 2,5 - 3 | Matériaux noirs humides forte odeur H2S et éléments métalliques avec calcite | odeur H2S ++ PID = 2,4 ppm | 848 | HCT (>nC22 - nC30) | 394 | Impact modéré Zone peu accessible Délimitation large par SD2, SD3 et PM8 |
| T8 E1 | - | - | 1310 | HCT (>nC20 - nC24) | 250 | Impact non retrouvé par PM14 Délimitation nord par E'22 et F'22 Equipement de Pza2 |
| S2-LM 0,2-1 | - | - | 3050 | Le bordereau annexé au rapport (A3-1) ne détaille pas les fraction HCT | | Impact non retrouvé par SD6 Equipement de Pza3 |

7.62 HAP

Un total de 112 échantillons a fait l'objet de la recherche des HAP.



95.5% des échantillons présentent des teneurs inférieures à 50 mg/kg (seuil de l'arrêté du 12/12/2014). Au total, 5 échantillons présentent des teneurs supérieures à ce seuil.

Figure 38 : Cartographie des concentrations en HAP dans les sols de surface

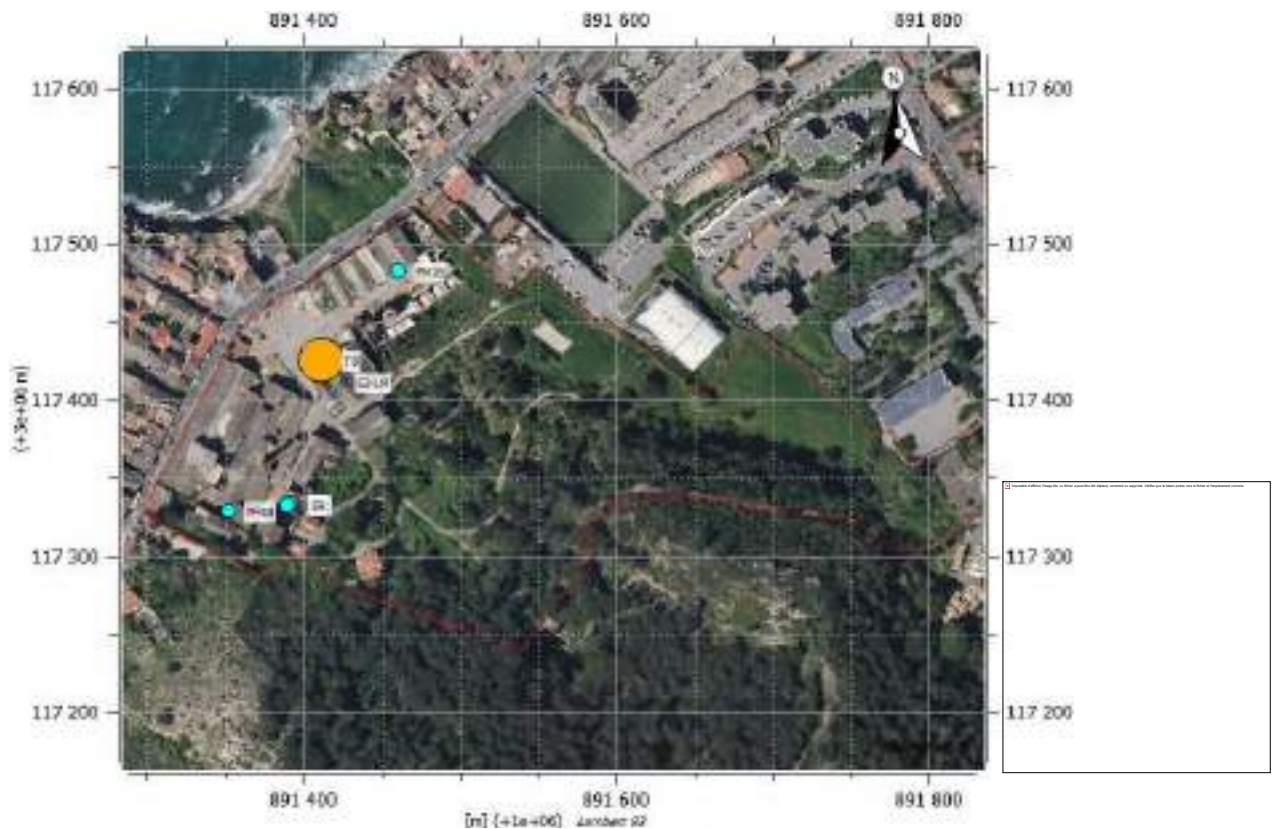
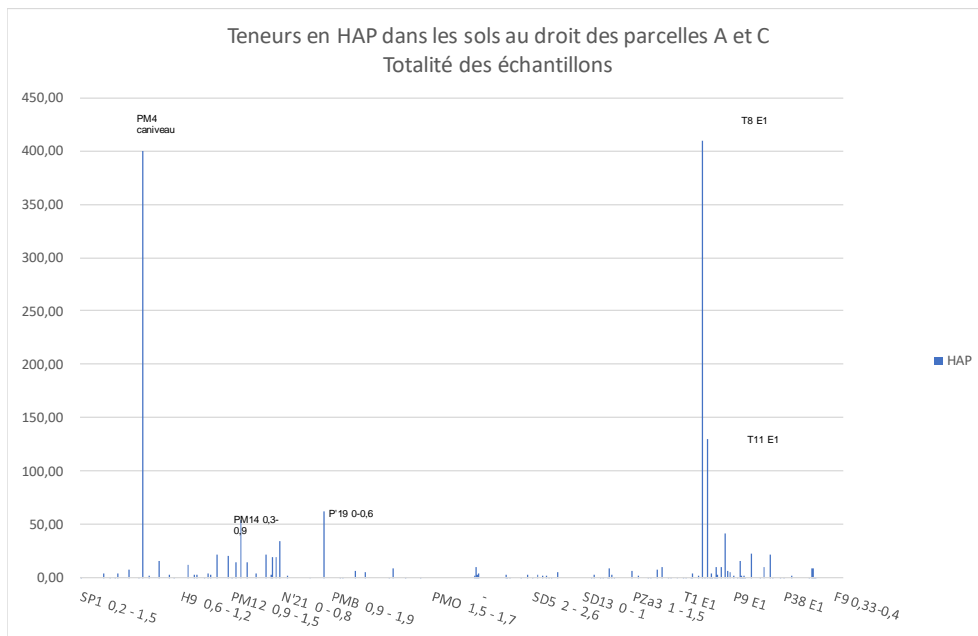
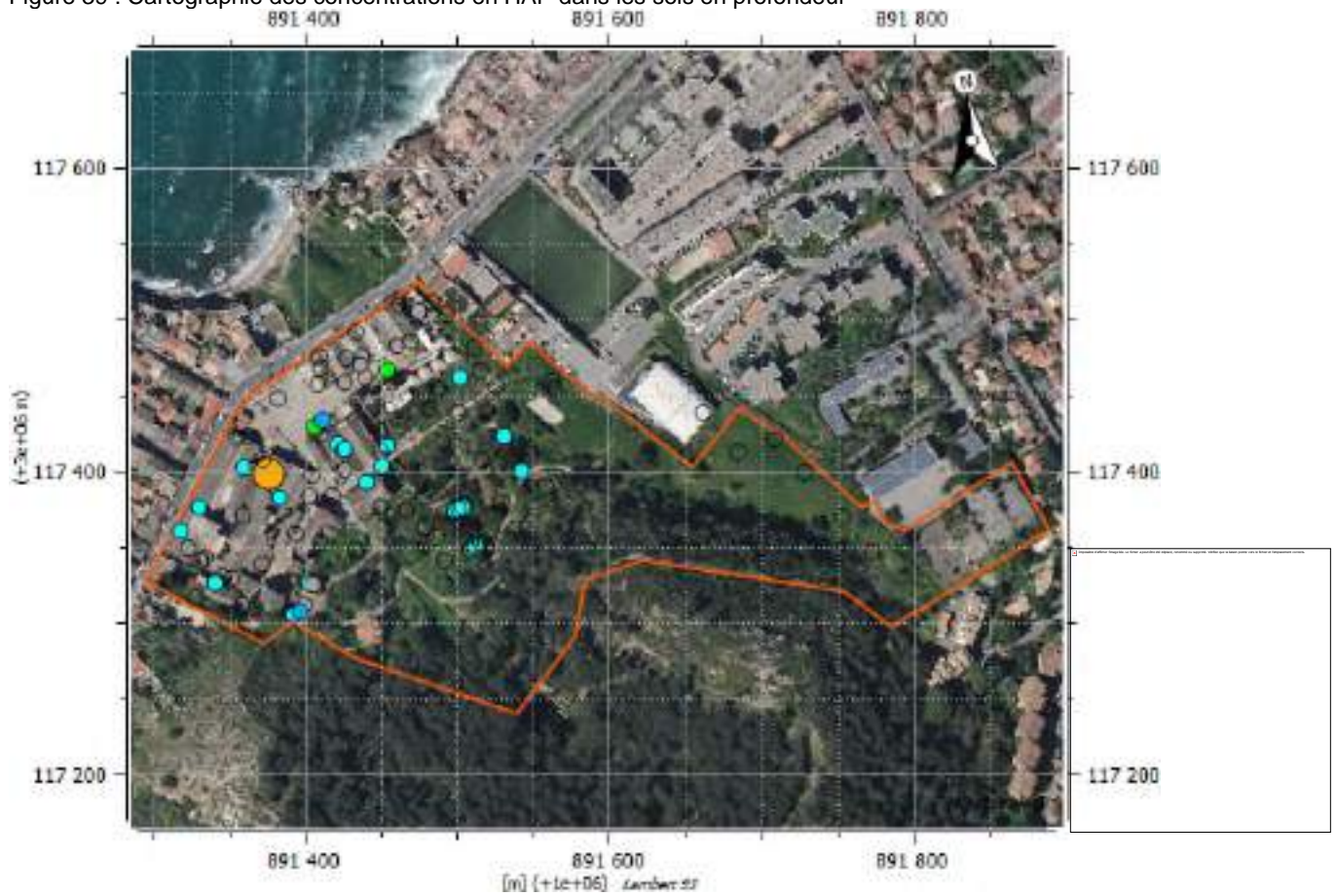


Figure 39 : Cartographie des concentrations en HAP dans les sols en profondeur



L'histogramme de répartition des concentrations en HAP met en évidence la présence de deux anomalies significativement élevées par rapport aux autres teneurs mesurées sur le site. 3 autres échantillons semblent se distinguer d'un bruit de fond observé sur le site.

Il s'agit de l'échantillon de matériaux présents en fond de caniveau découvert lors de la réalisation de PM4 et d'un échantillon prélevé lors de l'étude ANTEA de 2010 (T8). Cet échantillon est assimilable à un déchet qu'il faudra gérer lors de la gestion des déchets du site.

L'anomalie mise en évidence sur T8 n'a pas été confirmée lors des investigations réalisées par ERG en 2018 (PM14, E'22 et F'22). PM14 présente un marquage par les HAP de 0.3 à 0.9 m de profondeur largement inférieur à la teneurs mesurée par ANTEA en 2010.

Un piézair (Pza 2) a été équipé à proximité de cette zone afin de lever le doute sur cet impact.

Les deux autres anomalies retrouvées sont localisées en P'19 et T11.

Un piézair (Pza 8) a été équipé à proximité de P'19 afin de caractériser cet impact.

L'anomalie en T11 mise en évidence par ANTEA en 2010 n'a pas pu être recaractérisée du fait de l'instabilité du bâtiment 3 (charpente en bois, incendie, toiture potentiellement amiantée démolie).

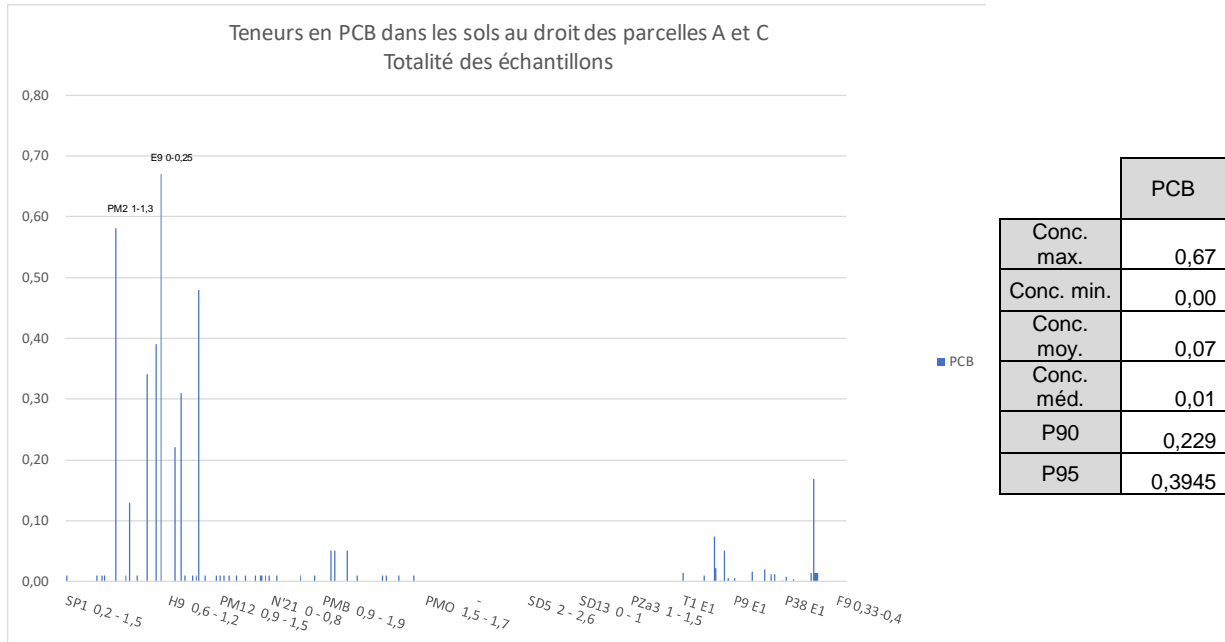
Un piézair (Pza 13) a été implanté dans la seule zone accessible du bâtiment lors des investigations.

| Echantillons anormaux par rapport au bruit de fond du site | Lithologie | Constats organoleptiques | Concentration mesurée | Composé majoritaire | Concentration du composé majoritaire | Remarque interprétation |
|--|---|---|--------------------------|------------------------|--|---|
| PM4 caniveau | Fond de caniveau | Matériaux noirâtres en fond | 400 | <i>Fluoranthène</i> | 92 | Impact dans des matériaux présents en fond de caniveau sous dalle |
| PM14 0,3 - 0,9 | Sables limoneux beiges gris à passages noirâtres avec débris de briques et cailloutis centimétriques à décimétriques | Passages noirâtres et débris de briques | 54 | <i>Fluoranthène</i> | 10 | Sondage de délimitation de T8 Délimitation nord par E'22 F'22 Equipement de Pza2 |
| P'19 0 - 0,6 | Sables limoneux bruns à débris de briques et cailloutis centimétriques passage noirâtre grisâtre avec scories / mâchefers de 0,55 à 0,6 m | Scories / mâchefers de 0,55 à 0,6 m | 63 | <i>Fluoranthène</i> | 12 | Equipement de Pza8 |
| T8 E1 | | | 410 | <i>Phénanthrène</i> | 99 | Impact non retrouvé par PM14 Délimitation nord par E'22 et F'22 Equipement de Pza2 |
| T11 E1 | | | 130 | <i>Fluoranthène</i> | 24 | Zone inaccessible lors de l'intervention Equipement de Pza13 au plus proche dans la zone accessible |

7.6.3 PCB

Un total de 60 échantillons a fait l'objet de la recherche des PCB. Les études antérieures font état d'un transformateur au pyralène remplacé en 2004. Aucun document permettant la localisation de celui-ci n'a été retrouvé.

Il apparaît que la totalité des échantillons est conforme au seuil de l'arrêté du 12/12/2014 définissant le caractère inertes de ceux-ci (1 mg/kg).



Les PCB lorsqu'ils sont quantifiés le sont à l'état de traces ou dans des teneurs très modérées :

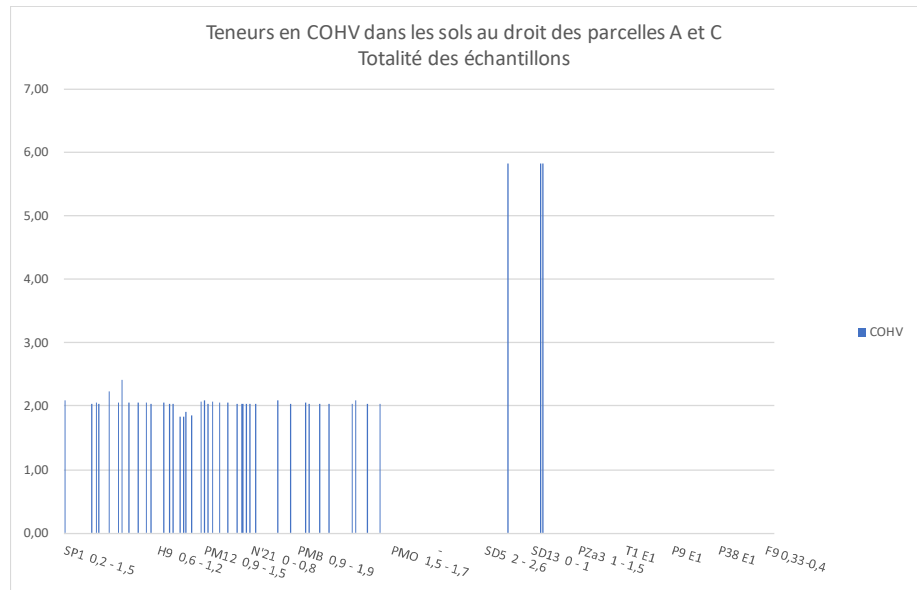
- 90% des échantillons présentent une teneur inférieure à 0.25 mg/kg,
- Seuls 6 échantillons présentes une teneur supérieure à 0.25 mg/kg (et inférieure à 0.7 mg/kg).

7.64 COHV

Un total de 43 échantillons a fait l'objet de la recherche des COHV.

la totalité des échantillons ne présente aucune quantification des composés COHV ou des quantifications très proches des limites de quantification des laboratoires (cas de 3 échantillons uniquement).

La limite de quantification des laboratoires varie selon les campagnes entre 1.83 et 5.82 mg/kg.



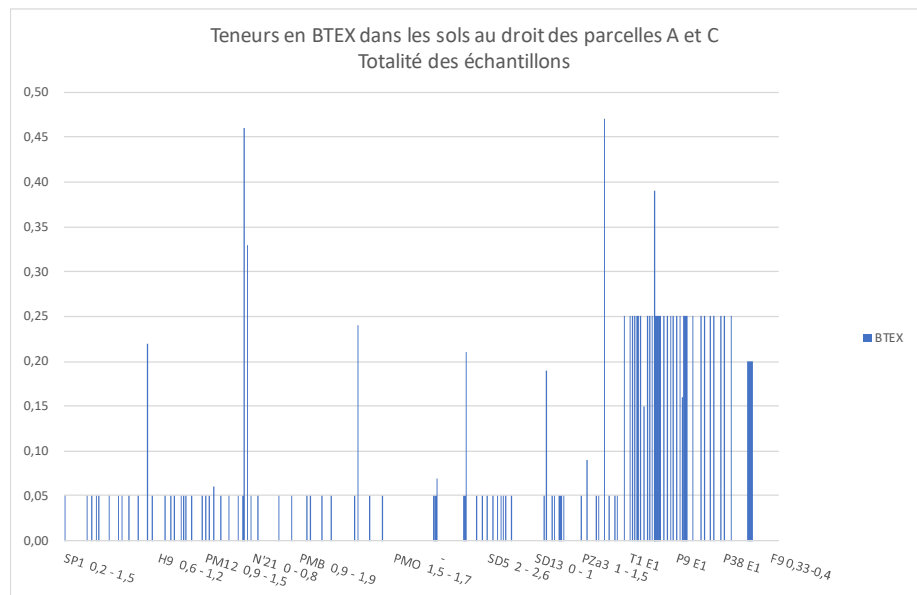
7.65 BTEX

Un total de 115 échantillons a fait l'objet de la recherche des BTEX.

La totalité des échantillons présente une teneur inférieure à 0.5 mg/kg et est donc largement conforme au seuil de l'arrêté du 12/12/2014 définissant le caractère inertes de ceux-ci (6 mg/kg).

Les BTEX lorsqu'il sont quantifiés sont présents à des teneurs comprises entre 0.06 et 0.47 mg/kg (cas de 11 échantillons).

La limite de quantification des laboratoires varie selon les campagnes entre 0.05 et 0.25 mg/kg.



7.7 Présentation des résultats obtenus et interprétation pour les teneurs en autres composés

7.7.1 Cyanures libres et totaux

Un total de 41 échantillons a fait l'objet de la recherche des cyanures libres et 51 pour les cyanures totaux.

Les cyanures avaient été observés sur le terrain (sols bleus) et retrouvés dans de fortes concentrations dans les échantillons analysés lors de l'étude ANTEA de 1998 (F11) principalement. Des teneurs plus modérées ont été retrouvées lors de l'étude ANTEA de 2010. Ces composés n'avaient pas été recherchés lors des autres diagnostics.

Sur cette base, ERG ENVIRONNEMENT a réalisé une campagne de recherche des cyanures à la pelle mécanique à proximité de l'ancien sondage F11. La zone ayant potentiellement été remaniée depuis 1998 (présence d'un monticule de remblais et de géotextile) la campagne a consisté en la réalisation de fouilles pour recherche de constats organoleptiques. Lorsque les constats étaient francs, des échantillons de sols ont été prélevés.

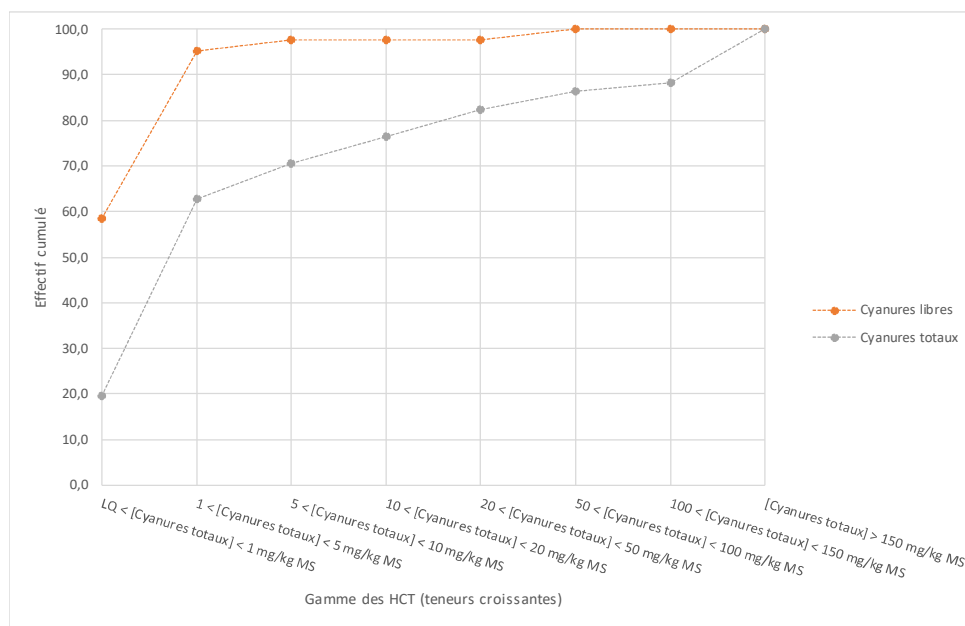
Lors de cette campagne, seul le sondage PMC3 a révélé la présence de matériaux crayeux blanc à bleuté.

La campagne de sondages à la GEOPROBE a permis l'équipement du piézair Pza 10 implanté à proximité immédiate du sondage PMC3. Un second sondage SD14 a aussi mis en évidence des matériaux bleuté. L'extension nord et est n'a pas été permise du fait de la proximité avec les carneaux et la présence de végétation trop dense (pins).

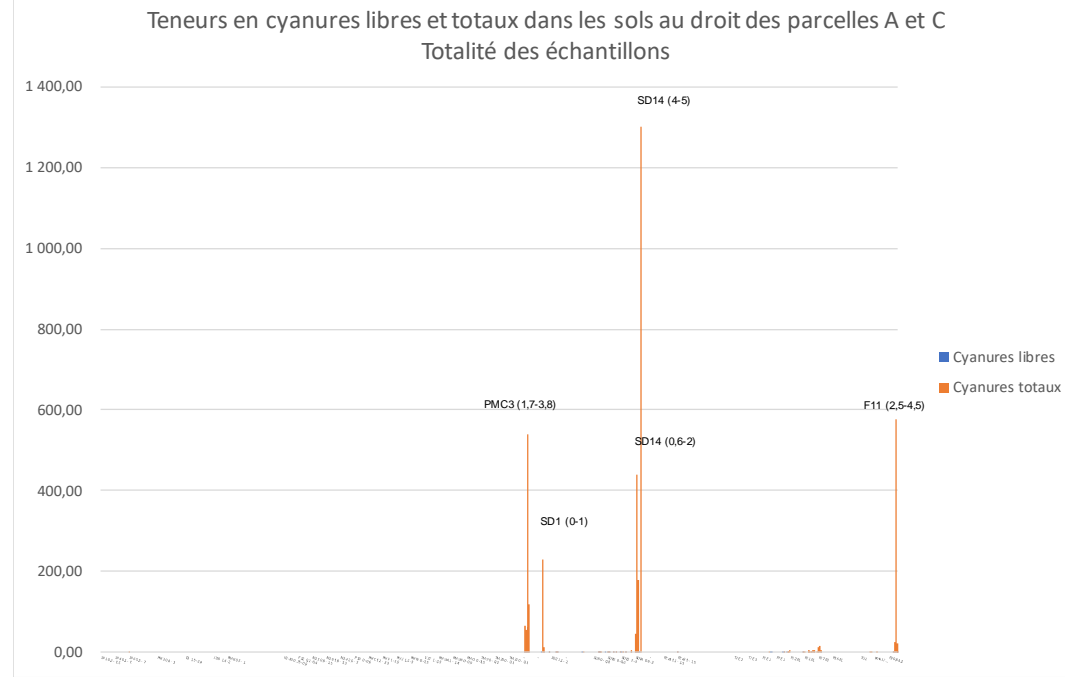
Sur la totalité des parcelles A et C, seul le sondage SD1 (implanté au niveau du stockage de ferrocyanures dans le Hall 1 Bât 1) a révélé la présence de pépites vertes bleues.

| | Cyanures libres | Cyanures totaux |
|------------|-----------------|-----------------|
| Conc. max. | 63,00 | 1 300,00 |
| Conc. min. | 0,10 | 0,50 |
| Conc. moy. | 2,53 | 72,99 |
| Conc. méd. | 0,50 | 3,00 |
| P90 | 2,5 | 180 |
| P95 | 4 | 490 |

La figure suivante présente les effectifs cumulés en cyanures libres et totaux.

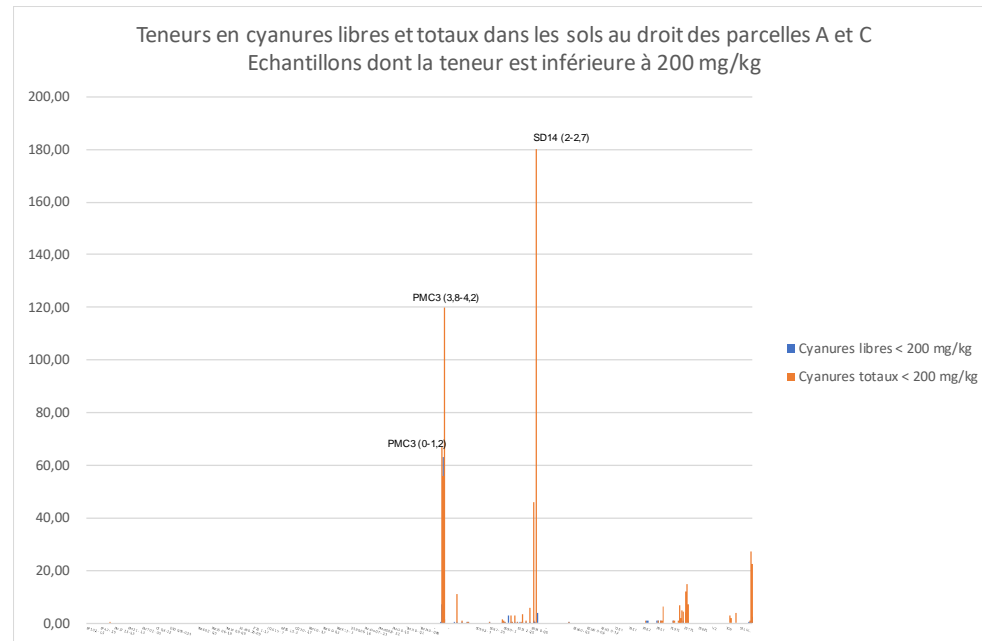


Environ 95% des échantillons présentent des teneurs en cyanures libres inférieures à 5 mg/kg contre 63% des échantillons pour les cyanures totaux. Presque 12% des échantillons présentent des teneurs en cyanures totaux supérieures à 150 mg/kg.



5 échantillons présentent des teneurs en cyanures largement supérieures aux teneurs mesurées sur le site – teneurs comprises dans la gamme 1400 – 200 mg/kg. Il s'agit d'anomalies en cyanures totaux uniquement.

Il s'agit d'échantillons prélevés dans la zone proche des carneaux (PMC3 – SD14 – F11) et dans la zone de stockage des ferrocyanures du Hall 1 Bât 1 (SD14).



Les 2 échantillons compris dans la gamme 200 – 80 mg/kg sont prélevés au droit des sondages PMC3 et SD14.
 Les échantillons compris dans la gamme 80 – 10 mg/kg sont prélevés au droit des sondages PMC3, SD14, SD1, P27 et F11.
 Les échantillons compris dans la gamme 10 – 5 mg/kg sont prélevés au droit des sondages PMC3, SD13, P11, P22 et P28.

La totalité des anomalies mises en évidence sont localisées au niveau des zones carneaux et stockage de ferrocyanures exclusivement et ne concerne uniquement que 5 sondages pour les concentrations supérieures à 10 mg/kg.

Figure 40 : Cartographie des concentrations en Cyanures totaux dans les sols de surface

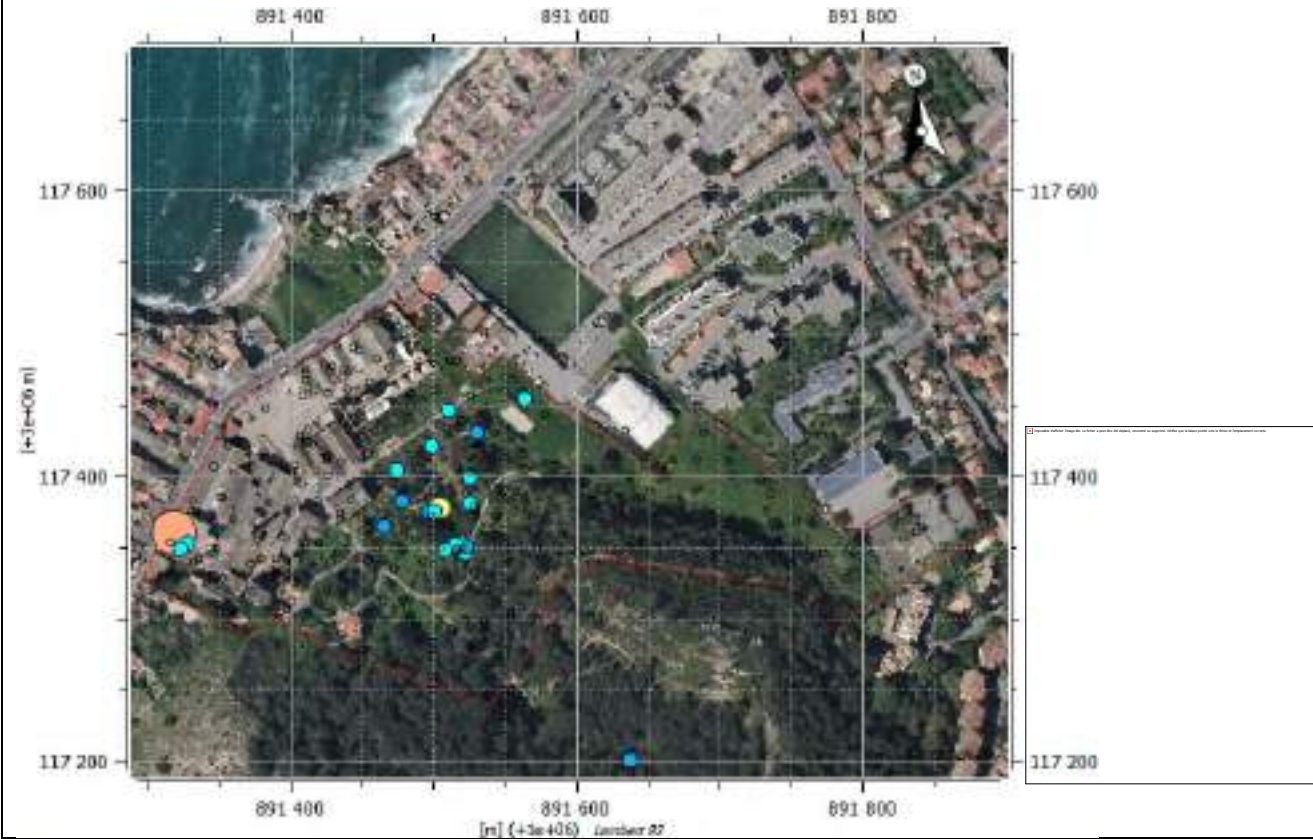


Figure 41 : Cartographie des concentrations en Cyanures totaux dans les sols en profondeur



7.8 Présentation des résultats obtenus et interprétation pour les composés sur éluât

Les paramètres sur éluât de l'arrêté du 12/12/2014 ont été recherchés dans 110 à 116 échantillons de sols prélevés au droit des parcelles A et C. Ces 18 paramètres peuvent être classés en deux catégories :

- la fraction soluble, le carbone organique total, les chlorures, les fluorures, les sulfates et l'indice phénol,
- les métaux lourds : arsenic, baryum, chrome, cuivre, molybdène, nickel, plomb, zinc, mercure, antimoine, cadmium et sélénium.

Ces composés ont été recherchés lors des campagnes suivantes : ANTEA et 2010, VALGO en 2011 et ERG ENVIRONNEMENT en 2017-2018.

7.8.1 Composés sur éluât hors métaux lourds

Un total de 110 échantillons a fait l'objet de la recherche de ces composés.

| | Valeur du seuil inerte (mg/kg) | MIN | MAX | MOY | P50 | P90 | Nombre d'échantillons inertes | Nombre d'échantillons non inertes |
|---------------------------------|--------------------------------|--------|---------------|-----------------|----------|------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Fraction soluble | 4000,00 | 1 000, | 32 000 | 7 159,36 | 2 200,00 | 23 620,00 | 65 | 45 |
| Carbone Organique par oxydation | 500,00 | 8,20 | 1 300 | 121,17 | 97,00 | 220,00 | 109 | 1 |
| Chlorures | 800,00 | 4,30 | 1 600 | 81,99 | 25,50 | 210,00 | 109 | 1 |
| Fluorures | 10,00 | 1,0 | 18,90 | 3,70 | 2,65 | 6,92 | 105 | 5 |
| Sulfates | 1000,00 | 20 | 16 200 | 3 856,22 | 456,00 | 14 240,00 | 60 | 50 |
| Indice phénol | 1,00 | 0,01 | 0,51 | 0,09 | 0,01 | 0,50 | 110 | 0 |

Les composés COT, chlorures, fluorures et indice phénol sont conformes aux seuils définissant le caractère inerte des matériaux pour la quasi-totalité des échantillons analysés.

La fraction soluble et les sulfates présentent des teneurs supérieures aux seuils inertes pour presque la moitié des échantillons analysés.

7.8.2 Autres métaux sur éluât : Ba, Mo, Sb et Se

Un total de 111 à 116 échantillons a fait l'objet de la recherche de ces composés.

| | Valeur du seuil inerte (mg/kg) | MIN | MAX | MOY | P50 | P90 | Nombre d'échantillons inertes | Nombre d'échantillons non inertes |
|-----------|--------------------------------|------|-------------|-------------|------|-------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Baryum | 20,00 | 0,10 | 1,90 | 0,24 | 0,15 | 0,47 | 116 | 0 |
| Molybdène | 0,50 | 0,01 | 1,30 | 0,08 | 0,05 | 0,10 | 110 | 1 |
| Antimoine | 0,06 | 0,00 | 4,00 | 0,22 | 0,05 | 0,45 | 60 | 56 |
| Selenium | 0,10 | 0,01 | 0,97 | 0,08 | 0,05 | 0,11 | 96 | 15 |

Il apparaît que le baryum et le molybdène sont conformes aux seuils définissant le caractère inerte des matériaux pour la quasi-totalité des échantillons analysés.

Le sélénium est conforme au seuil inerte pour 87% des échantillons.

En revanche, l'antimoine est lixiviable dans les échantillons de sols prélevés et présente des teneurs supérieures aux seuils inertes pour la moitié des échantillons analysés.

7.8.3 Métaux lourds sur éluat : As, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg et Cd

Un total de 116 échantillons a fait l'objet de la recherche de ces composés.

| | Valeur du seuil inerte (mg/kg) | MIN | MAX | MOY | P50 | P90 | Nombre d'échantillons inertes | Nombre d'échantillons non inertes |
|---------|--------------------------------|-------|-------|------|------|------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Arsenic | 0,50 | 0,05 | 1,57 | 0,17 | 0,11 | 0,34 | 110 | 6 |
| Chrome | 0,50 | 0,02 | 0,54 | 0,10 | 0,10 | 0,12 | 110 | 1 |
| Cuivre | 2,00 | 0,02 | 1,70 | 0,14 | 0,06 | 0,21 | 111 | 0 |
| Nickel | 0,40 | 0,05 | 1,50 | 0,09 | 0,05 | 0,10 | 108 | 3 |
| Plomb | 0,50 | 0,05 | 1,70 | 0,11 | 0,05 | 0,12 | 112 | 4 |
| Zinc | 4,00 | 0,02 | 5,30 | 0,14 | 0,02 | 0,20 | 115 | 1 |
| Mercuré | 0,01 | 0,000 | 0,006 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 116 | 0 |
| Cadmium | 0,04 | 0,001 | 0,020 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 116 | 0 |

Il apparait que le cuivre, le mercure et le cadmium ne sont pas lixiviables et que les autres métaux le sont ponctuellement dans de faibles proportions.

Les dépassements des seuils inertes sont synthétisés dans le tableau suivant.

| Echantillon | Métal concerné | Teneur en métal sur éluat | Teneur en métal sur brut |
|---------------|----------------|---------------------------|--------------------------|
| K9 0,05 - 0,5 | As | 0.63 | 236 |
| P'24 0 - 1,5 | Pb | 0.63 | 3960 |
| SD8 3 - 3,7 | As | 1.57 | 3500 |
| | Pb | 0.84 | 23200 |
| T11 E1 | Cr | 0.54 | - |
| | Ni | 0.7 | - |
| T9 E1 | As | 0.79 | - |
| T12 E1 | Ni | 0.76 | - |
| | Zn | 5.3 | 1600 |
| | Pb | 1.7 | - |
| P2 E1 | Pb | 1.7 | - |
| P11 E1 | Pb | 1.4 | - |
| P22 E1 | As | 0.55 | 47 |
| P29 E1 | As | 0.61 | - |
| TG4 | As | 0.53 | - |
| | Ni | 1.5 | - |

8. CARACTÉRISATION DU MILIEU « SOLS » AU DROIT DE LA PARCELLE B

8.1 Synthèse des données antérieures

Les éléments suivants synthétisent les données antérieures récoltées sur la Parcelle B.

Des investigations géotechniques ont été réalisées par SOBESOL en 2000. Les données issues de ce dossier ne seront exploitées que pour la géologie du crassier. Aucune donnée environnementale ne figure dans le rapport.

Les plans d'implantation des investigations sont présentés ici :

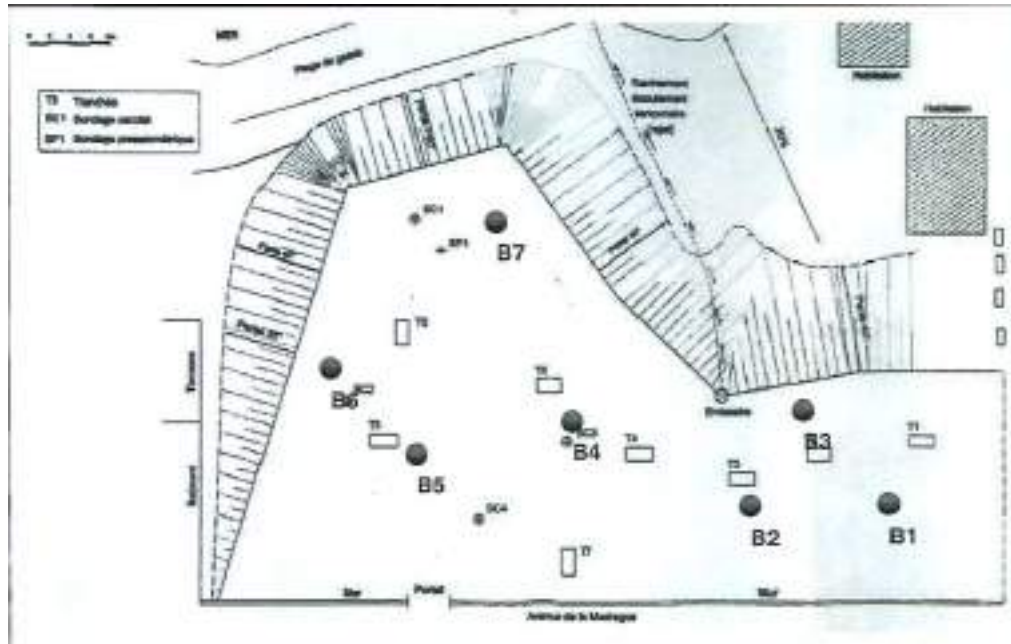


Figure 42: Implantation des sondages réalisées lors des études SOBESSOL (2000), ANTEA (2000) et VALGO (2011) – Figure extraite du rapport PG Parcelle B de VALGO-2011



Figure 43: Implantation des sondages réalisées lors de l'étude ANTEA (2000) – Figure extraite du mémoire de réhabilitation de ANTEA 2010

Les résultats analytiques sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau 13 : Résultats des tests de lixiviation réalisés en 2011 par VALGO sur la parcelle B

| Description | | eluât de X1 B1 | eluât de X5 B2 | eluât de X8 B4 | eluât de X9 B6 | eluât de X10 B7 |
|------------------------------------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| COT | mg/kg MS | <50 | <50 | <50 | <50 | <50 |
| température pour mes. pH | °C | 20.5 | 21 | 20.8 | 21.1 | 20.9 |
| conductivité ap. lix. | µS/cm | 671 | 2370 | 572 | 2210 | 2320 |
| pH final ap. lix. | - | 8.96 | 8.28 | 8.49 | 8.1 | 8.05 |
| LIXIVIATION | | | | | | |
| L/S | ml/g | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 |
| METAUX | | | | | | |
| antimoine | mg/kg MS | 0.30 | 0.31 | 0.050 | 0.15 | 0.12 |
| arsenic | mg/kg MS | 0.16 | 0.32 | <0.1 | 0.31 | 0.12 |
| baryum | mg/kg MS | 0.32 | 0.15 | <0.1 | 0.15 | 0.70 |
| cadmium | mg/kg MS | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | 0.02 |
| chrome | mg/kg MS | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| cuivre | mg/kg MS | <0.1 | 0.31 | <0.1 | 0.26 | 0.24 |
| mercure | mg/kg MS | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 |
| plomb | mg/kg MS | 0.34 | <0.1 | <0.1 | 0.28 | 0.33 |
| molybdène | mg/kg MS | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 |
| nickel | mg/kg MS | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| sélénium | mg/kg MS | <0.039 | 0.039 | <0.039 | <0.039 | 0.039 |
| zinc | mg/kg MS | <0.2 | 0.33 | <0.2 | 0.92 | 1.4 |
| COMPOSES INORGANIQUES | | | | | | |
| fluorures | mg/kg MS | 2.3 | <2 | <2 | 2.3 | 3.8 |
| fraction soluble | mg/kg MS | 2000 | 2000 | 3960 | 2000 | 2000 |
| PHENOLS | | | | | | |
| phénol (indice) | mg/kg MS | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| DIVERSES ANALYSES CHIMIQUES | | | | | | |
| chlorures | mg/kg MS | <10 | 87 | <10 | 14 | 12 |
| sulfate | mg/kg MS | 3200 | 18000 | 2700 | 8300 | 15000 |

Ces données témoignent que les métaux ne sont pas ou peu lixiviables, à l'exception de l'antimoine.

Par ailleurs, les investigations réalisées par ANTEA en 2010 (cf. tableau ci-dessous) mettent en évidence la présence de cyanures et de sulfates dans les remblais d'origine récente du crassier.

Les cyanures sont retrouvés dans des teneurs importantes sur les horizons de surface et de « boues grises » principalement (SC2 0.6-2.75, SC1-T5-T6 sup., SC1 1.3-2.05 & SC3 0.1-1).

Les cyanures sont quantifiés à de faibles teneurs dans les faciès F4 (sables et graviers jaunâtres), F5 (mâchefers) et F7 (remblais industriels).

Les échantillons dénommés R1A à R6A sont difficilement exploitables car ils ont été réalisés par tranchées de 4 à 16 m de long sur des profondeurs de 20 cm pour R1 et R2 en surface et crassier et de 10 cm pour R3 à R6 le long du front de taille du crassier. Aussi ces échantillons recoupent plusieurs lithologies et plusieurs natures de déchet.

Il apparaît que les tranchées R3A à R5A (front du crassier) présentent des teneurs en cyanures plus élevées que R1A, R2A et R6A (tranchées en surfaces et front est).

Ces données confirment l'aspect lixiviable du sélénium et de l'antimoine et la faible lixiviation des métaux lourds.

L'échantillon SC2 5.5-10.5 (F7-1) présente de fortes teneurs en métaux lourds (as et pb) et seul l'arsenic semble lixiviable lorsqu'il est présent à de forte concentration sur brut.

8.2 Investigations mises en œuvre

Les investigations sur la parcelle B ont été réalisées dans le cadre de l'IEM afin de caractériser les sources sur site.

Les investigations de caractérisation des sources ont visé à réaliser des prélèvements les plus représentatifs possible pour caractériser géochimiquement ces sources.

Compte tenu de fortes teneurs attendues d'après les études antérieures et de l'aspect confiné de la zone d'intervention, les opérateurs ont été équipés de masques à cartouches ABEK-Hg-P3 et des combinaisons ont été portées en permanence lors des interventions dans les cheminées.

Deux campagnes de caractérisation du crassier ont eu lieu :

- La première reposant sur 2 sondages destructifs réalisés à la tarière mécanique (SD-IEM 1 et 2) ainsi qu'un sondage carotté de reconnaissance lithologique (SC-IEM 1).
- La seconde, à vocation géotechnique, reposant sur 7 sondages carottés de reconnaissance lithologique (SC-IEM2 à 8) réalisés dans le cadre de l'étude géotechnique G5 réalisée par ERG Géotechnique et référencée 17MG570Aa/GE/DJ. *(Deux sondages à la pelle mécanique et un sondage pressiométrique ont aussi été réalisés dans le cadre de cette étude géotechnique, mais ne sont pas exploités dans le cadre de la présente mission).*

Ces deux campagnes ont pour objectifs d'une part de caractériser géochimiquement les matériaux stockés au fil du temps sur la parcelle B (caractérisation de la source dans la démarche d'IEM) et d'autre part, de définir la répartition, le volume et la nature des déchets stockés (qui seront présentés dans le plan de gestion sur site).

La première campagne a eu lieu du 18 au 26 septembre 2017 et la seconde campagne a été réalisée du 18 décembre au 21 décembre 2017 puis du 11 janvier au 19 janvier 2018 par des équipes de forage ERG suivie par des ingénieurs ERG ENVIRONNEMENT.

Les sondages ont été poussés jusqu'à des profondeurs comprises entre 11.2 et 21.3 m par rapport au niveau de surface actuelle de la parcelle B.

Le plan de localisation des investigations réalisées est présenté à la figure page suivante.

Les prélèvements ont été effectués selon les bases de la norme NF ISO 10381 et des préconisations des normes d'échantillonnage des sols pollués en vigueur. Au niveau de chaque sondage, les prélèvements de sol ont été réalisés en tenant principalement compte des mesures PID et des observations de terrain (lithologie, couleur).

Un prélèvement de sol est réalisé par couche lithologique rencontrée, sauf lors d'observations organoleptiques franches. Les échantillons ont été confectionnés à partir des prélèvements réalisés sur un même horizon. Les échantillons ainsi obtenus sont représentatifs des matériaux rencontrés sur toute l'épaisseur investiguée. Entre chaque sondage, les outils sont soigneusement nettoyés afin d'éviter toute contamination croisée.

Chaque sondage de sol effectué a fait l'objet d'une coupe lithologique, d'un relevé des observations organoleptiques (couleur et aspect) des matériaux rencontrés et d'un prélèvement de sol caractéristique. Ces documents sont présentés en **annexe A5.1**.

Les prélèvements ont été conditionnés dans des pots à usage unique, fermés de manière hermétique. Ils sont conservés dans des conditions adéquates de température et de luminosité.

Le transfert des échantillons a été effectué en 24 h vers le laboratoire EUROFINS possédant une accréditation du COFRAC.

Les investigations de terrain ont été réalisées par ERG suivant les normes en vigueur :

- Norme **AFNOR NF X 31-620** « Qualité du sol – Prestations de service relatives aux sites et sols pollués »,
- Norme **AFNOR NF X 31-008** « Echantillonnage de sols potentiellement pollués »,
- Norme **NF ISO 10381-21** « Procédure d'investigation des sols contaminés ».
- Prescriptions du « **Guide méthodologique d'évaluation des sites (potentiellement) pollués** » du Ministère chargé de l'environnement.

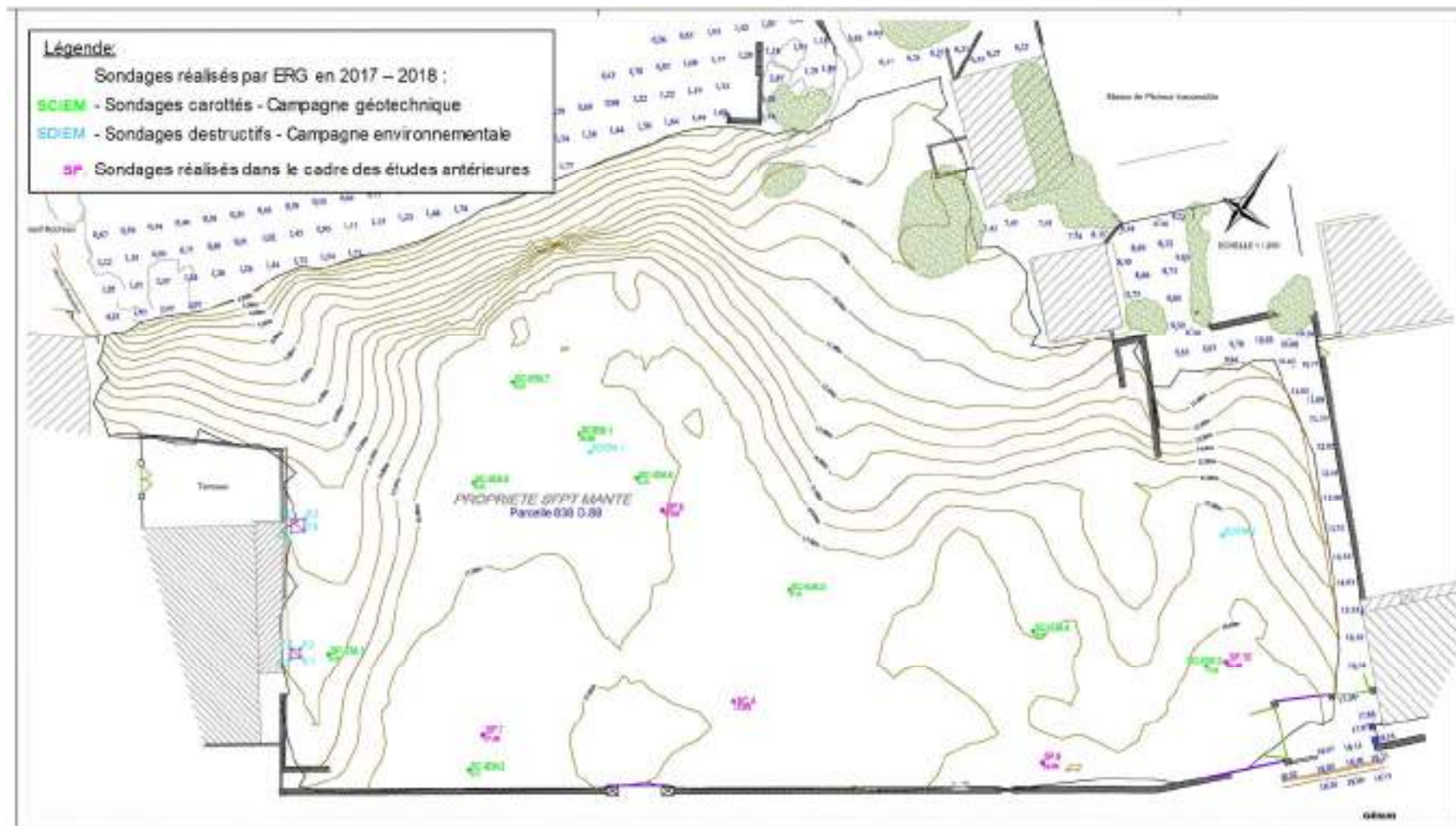


Figure 44: Plan de localisation des investigations réalisées sur le crassier

8.3 Compte-rendu de terrain

Description lithologique et caractérisation visuelle des matériaux :

Les grandes familles de matériaux mises en évidence au droit du crassier sont :

- des remblais de démolition sablo-limoneux à cailloutis calcaires et déchets ou débris anthropiques (plastiques, béton, enrobé, verres, briques, etc),
- des remblais de nature chimique sablo-limoneux avec des zones carbonatées blanchâtres présentant localement des coloration vertes ou lie de vin et des fragments gris bleutés,
- des remblais d'origine industrielle métallique caractérisés par des scories plus ou moins grosses dans une matrice sableuse noire, des fragments vert à noir vitreux et des fragments métalliques fondus,
- du terrain naturel de type sablo-gréseux présentant des cailloutis calcaires,
- le substratum calcaire sain ou fracturé

A noter que les horizons de terrain naturel sont potentiellement remaniés localement. La présence occasionnelle de débris anthropiques dans ces horizons indique de possibles terrassements ou modifications du profil d'une ancienne crique afin d'accueillir les futurs déchets constitutifs du crassier.

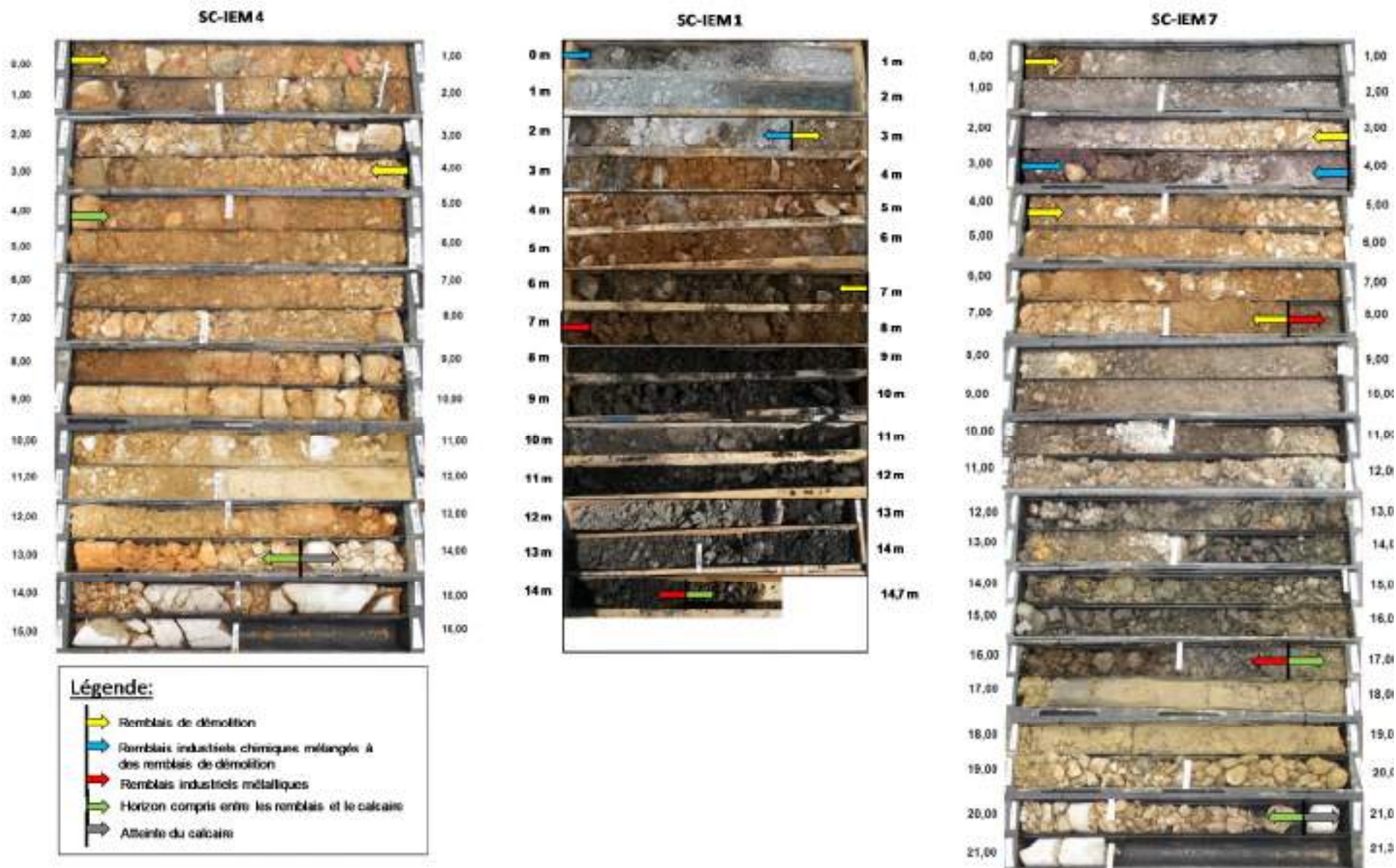
Les coupes lithologiques des sondages réalisés sont présentées en **annexe A5.1**.

Des prélèvements de sols pour analyses au laboratoire ont été réalisés dans les différents horizons afin de connaître la qualité des différents matériaux et de s'assurer que l'horizon de terrain naturel meuble séparant les remblais du substratum calcaire présente pas d'impact notable en métaux lourds.

La figure page suivante présente les coupes du sondage carotté SC-IEM 4 (implanté en partie est) et des sondages carottés SC-IEM1 et SC-IEM 7 (implantés en partie ouest) pour lesquels la visualisation de la succession lithologique, met en exergue une répartition latérale très variable de la nature et des proportions des matériaux présents au droit du crassier.

L'étude des matériaux constitutifs du crassier a mis en évidence des successions de couches d'épaisseurs variables.

De manière simplifiée, on peut retenir que la partie est (SC-IEM5, 4 et 3) est caractérisée par des remblais démolition surmontant du terrain naturel de type sablo-gréseux puis calcaire. Tandis que la partie ouest (SC-IEM6, 7 et 8) se singularise par la présence de remblais démolition, puis de remblais industriels métalliques surmontant du terrain naturel.



Ces matériaux ou déchets présents en proportions variables et souvent mélangés reposent sur une formation de calcaire (altéré en surface) présente à une altimétrie variant entre -4 et +8 m NGF.

La profondeur du toit du terrain naturel en partie remanié est comprise entre 0 et +11 m NGF.

Le tableau suivant synthétise les données de terrain relatives aux profondeurs d'atteintes des différents types de matériaux au droit de la totalité des sondages réalisés.

Attention : les profondeurs sont exprimées en m par rapport à la surface du terrain lors de la réalisation des investigations. Ces données ont été traduites en cotes NGF pour le travail en 3D.

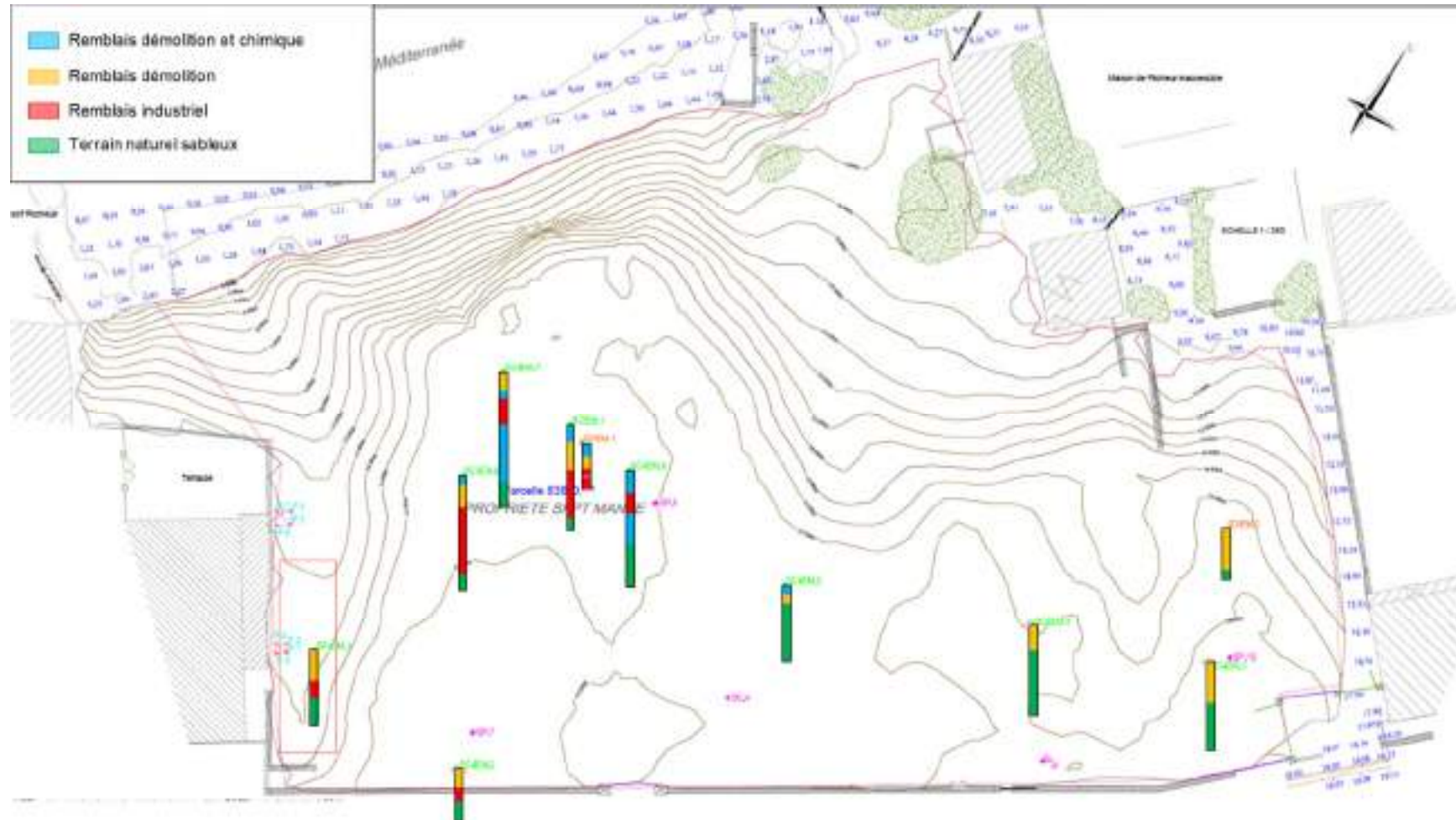
| Origine | Z NGF | Longueur totale | Nom du sondage | Profondeur des remblais de démolition | | Profondeur des remblais de démolition et chimique | | Profondeur des remblais industriels métalliques | | Profondeur de l'horizon compris entre remblais et calcaire | | Profondeur du calcaire sain |
|---|-------|-----------------|----------------|---------------------------------------|----------|---|---------|---|----------|--|----------|-----------------------------|
| | | | | de | à | de | à | de | à | de | à | |
| ERG ENVIRONNEMENT et ERG GEOTECHNIQUE | 13.65 | 19 | SP IEM 1 | 0 | 5 | - | - | 5 | 7,5 | 7,5 | 11,8 | 11,8 |
| | 16.86 | 15,7 | SC IEM 1 | 2,8 | 7 | 0 | 2,8 | 7 | 14,2 | 14,2 | inconnue | inconnue |
| | 16.71 | 11,2 | SC IEM 2 | 0 | 3,1 | - | - | 3,1 | 5,1 | 5,1 | 8,5 | 8,5 |
| | 17.92 | 16 | SC IEM 3 | 0 | 6,4 | - | - | - | - | 6,4 | 14,3 | 14,3 |
| | 18.05 | 15,5 | SC IEM 4 | 0 | 4 | - | - | - | - | 4 | 13,7 | 13,7 |
| | 17.15 | 14,2 | SC IEM 5 | 1,3 | 2,9 | 0 | 1,3 | - | - | 2,9 | 11,7 | 11,7 |
| | 16.75 | 20 | SC IEM 6 | - | - | 0 | 3,2 | 3,2 | 6,4 | 11 | 17,7 | 17,7 |
| | | | | | | puis de 6,4 | à 11 | | | | | |
| | 16.82 | 21,3 | SC IEM 7 | 0 | 3 | 3 | 4 | 7,9 | 16,8 | 16,8 | 20,8 | 20,8 |
| | | | | puis de 4 | à 7,9 | | | | | | | |
| | 16.5 | 20,4 | SC IEM 8 | 1,5 | 5,1 | 0 | 1,5 | 5,1 | 15,4 | 15,4 | 17,7 | 17,7 |
| - | 12 | SD IEM 1 | 2 | 8 | 0 | 2 | 8 | > 12 | inconnue | inconnue | inconnue | |
| - | 8 | SD IEM 2 | 0 | 6,5 | - | - | - | - | 6,5 | 8 | 8 | |

XXX : Sondages réalisés sur le Secteur Ouest de la parcelle B

XXX : Sondages réalisés sur le Secteur Est de la parcelle B

La figure suivante présente les coupes pour chacun des sondages réalisés et exploitables.

Les remblais industriels sont observés sur des épaisseurs variables au niveau du plateau ouest et sont absents des logs sur le plateau est.



8.4 Interprétation des données de terrain – Configuration 3D du Crassier

Un modèle 3D du crassier a été établie sur la base des données suivantes :

- levé topo du site réalisé par le cabinet GESUD et transmis par le Donneur d'Ordres,
- données de terrain acquises par ERG lors des différentes campagnes,
- données récupérées dans les études antérieures (si exploitables).

Pour ce faire, 4 couches ont été créées correspondant aux niveaux suivants :

- topo actuelle correspondant au toit des remblais de démolition-chimie,
- base des remblais de démolition-chimie,
- base des remblais industriels,
- base de l'horizon sablo-gréseux.

Toutes les données exploitables des investigations réalisées ont été prises en considération pour créer le modèle. Aussi, les données de chaque coupe de sondage représentent une contrainte locale pour chacune des couches de matériaux concernées.

Pour établir le modèle, il a été considéré un niveau topographique similaire entre les différentes campagnes réalisées.

Les hypothèses retenues pour extrapoler les différents horizons sont :

- un niveau de calcaire fixé à -4 m NGF en limite nord correspondant à la cote minimale d'atteinte du calcaire observée au droit de SC IEM 7 et extrapolée linéairement vers le nord en l'absence de donnée,
- un niveau du toit du calcaire défini localement à 8 m NGF en limite sud au niveau de la route retenu sur la base des données de sondages.
- un niveau du toit des terrain sablo gréseux à 0 m NGF en limite nord correspondant à la plage et à 4 m au-dessus du toit des calcaires pour les zones sans données.
- un niveau du toit des remblais industriels similaire à la base des remblais de démolition-chimie et similaire au toit du terrain sablo-gréseux pour les sondages n'ayant pas révélé de déchets industriels et valable pour l'extrapolation en dehors des points de sondage.
- les cotes des toits des horizons calcaires, sables gréseux et remblais industriels ont été contraints à 0.9 m de profondeur (soit 17.19 m NGF) au niveau du sondage SP9 proche de la route.

A noter que les données des études antérieures ne sont pas toutes exploitables et que la distinction de nature des différents matériaux rencontrés ne permet pas de dissocier les différents horizons de manière fiable. De ce fait, pour la modélisation de l'horizon de « terrain naturel meuble », seules les données des sondages réalisées par ERG ont été prises en compte.

La définition de la nature des différents déchets est basée sur les observations de terrain lithologiques et organoleptiques ainsi que sur les données analytiques.

Des simplifications ont dû être faites afin de conserver une cohérence dans les horizons définis. Par exemple, la présence de quelques scories dans l'horizon de remblais de démolition / chimique ne sera pas prise en compte ou inversement la présence de quelques matériaux d'aspect poudreux chimique ne sera pas retenue dans l'horizon de terrains industriels métalliques.

Par ailleurs, les horizons de remblais de démolition et les horizons de remblais industriels chimiques ont été regroupés dans une même unité du fait de nombreux recoupement des horizons sur les coupes réalisées (cf Tableau ci-dessus).

On rappelle que l'établissement d'un modèle 3D du crassier par extrapolation de données issues de 9 sondages présente de très nombreuses incertitudes du fait de la faible quantité de données fiables, de la configuration géologique initiale inconnue, de la grande hétérogénéité des matériaux mis en place et du mode de déversement mis en œuvre lors du comblement de la calanque.

Les photographies aériennes anciennes ont été consultées mais n'ont pas permis d'affiner le modèle.

On rappelle que cette modélisation a été réalisée en utilisant certaines hypothèses qui entraînent une incertitude sur la modélisation réalisée et donc sur le volume estimé.



COUPE AA'

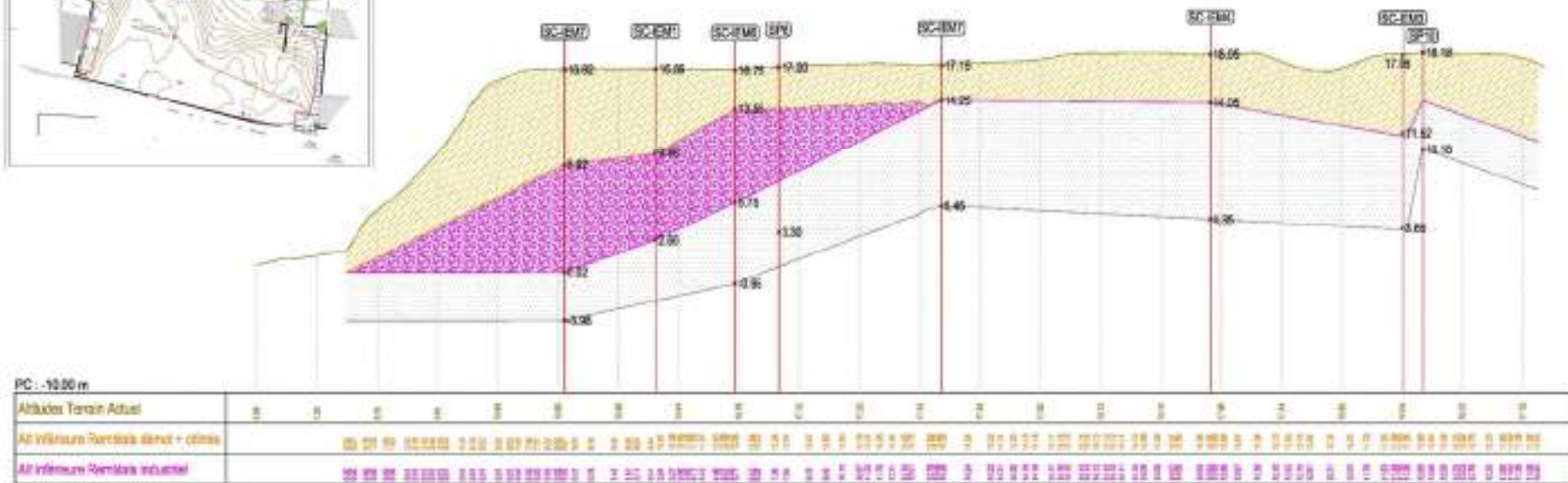
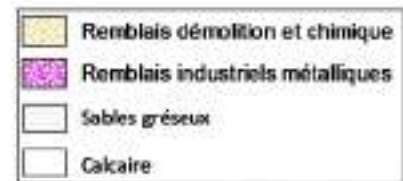


Figure 45: Coupe transversale du crassier

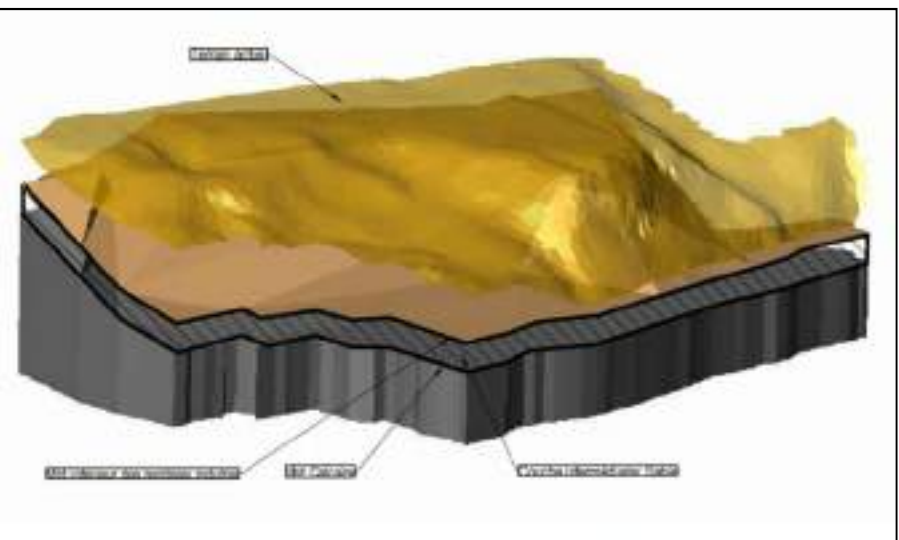
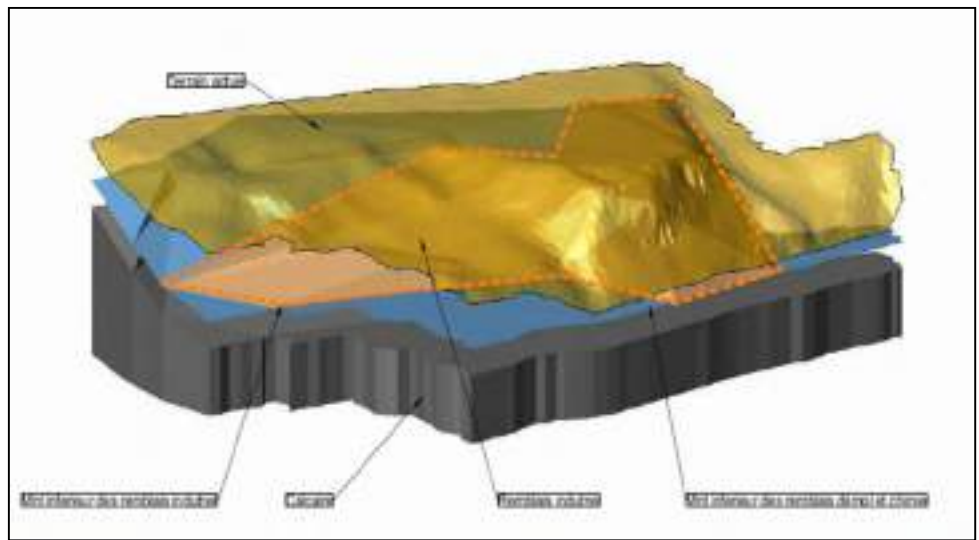
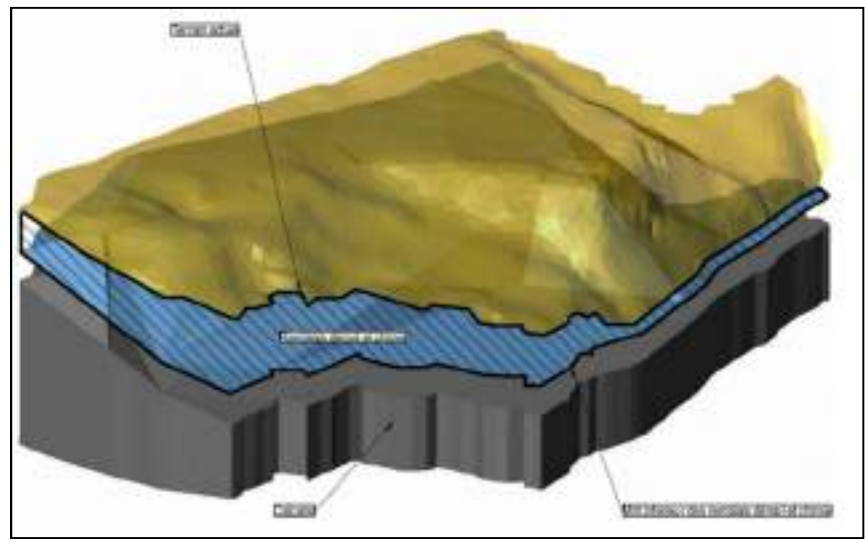


Figure 46: Modèle 3D du crassier

8.5 Programme analytique mis en œuvre

Des prélèvements ont été réalisés au droit des deux sondages lors de la première campagne de caractérisation des matériaux du crassier (SD-IEM 1 et 2).

Des prélèvements ont été réalisés lors des sondages géotechniques dans les matériaux a priori peu remaniés, non humides et au cœur de la carotte afin de caractériser l'horizon de matériaux présents en dessous des remblais de natures diverses.

L'objectif de cette caractérisation est de vérifier la qualité de l'horizon de terrain naturel et de voir si les matériaux sus-jacents ont impacté cet horizon. *A noter que le carottage à l'eau n'est pas adapté à la recherche de polluants dans les sols et peut biaiser le résultat. Les prélèvements ont été réalisés en cœur de carotte et nous rappelons que les métaux sont réputés peu lixiviables sur la base des tests de lixiviations réalisés dans le cadre des précédents diagnostics.*

Les résultats analytiques seront considérés en tenant compte des limites liées à la méthode de foration mise en œuvre.

L'objectif de la caractérisation des sources est de disposer d'une « carte d'identité » géochimique des sols impactés par les anciennes activités LEGRE MANTE.

Le programme analytique mis en œuvre est présenté dans les tableaux ci-dessous.

| Zone | Sondage | Prélèvement | Analyse EUROFINs 8 ML |
|----------------------------|----------|-------------------|--------------------------|
| | Nom | (Profondeur en m) | |
| Plateaux de stockage Est | SC-IEM 3 | SC-IEM 3 7-8 | 1 |
| | | SC-IEM 3 8-9 | 1 |
| | SC-IEM 4 | SC-IEM 4 4-5 | 1 |
| | | SC-IEM 4 5-6 | 1 |
| Plateaux de stockage Ouest | SC-IEM 2 | SC-IEM 2 6-7,5 | 1 |
| | | SC-IEM 2 7,5-8,5 | 1 |
| | SC-IEM 5 | SC-IEM 5 2-3 | 1 |
| | | SC-IEM 5 3-4 | 1 |
| | | SC-IEM 5 10,5-11 | 1 |
| | SC-IEM 6 | SC-IEM 6 11-12 | 1 |
| | | SC-IEM 6 12-13 | 1 |
| | | SC-IEM 6 13-14 | 1 |
| | SC-IEM 7 | SC-IEM 7 17-18 | 1 |
| | | SC-IEM 7 18-19 | 1 |
| | SC-IEM 8 | SC-IEM 8 14-15 | 1 |
| | | SC-IEM 8 16-17 | 1 |

8.6 Résultats des analyses en métaux lourds sur les différents matériaux du crassier

Les résultats analytiques obtenus dans le cadre de la campagne de caractérisation des sols au droit de la parcelle B sont présentés dans les tableaux en **annexe A5.2 et A5.3**.

Les résultats analytiques obtenus sur les échantillons de matériaux prélevés au droit du crassier sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

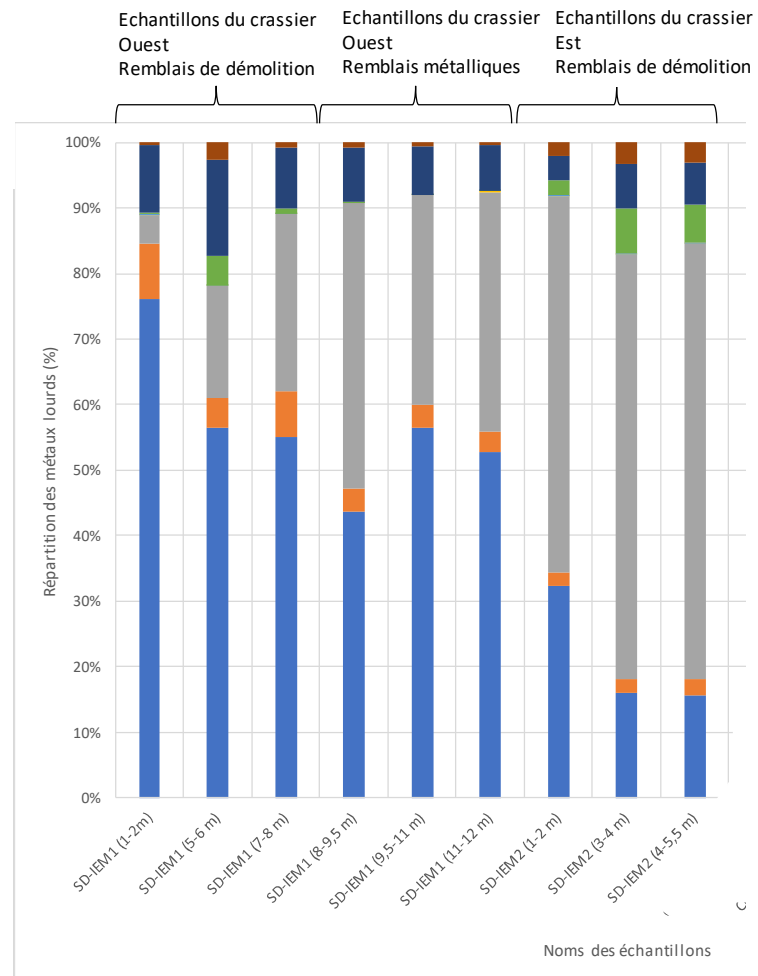
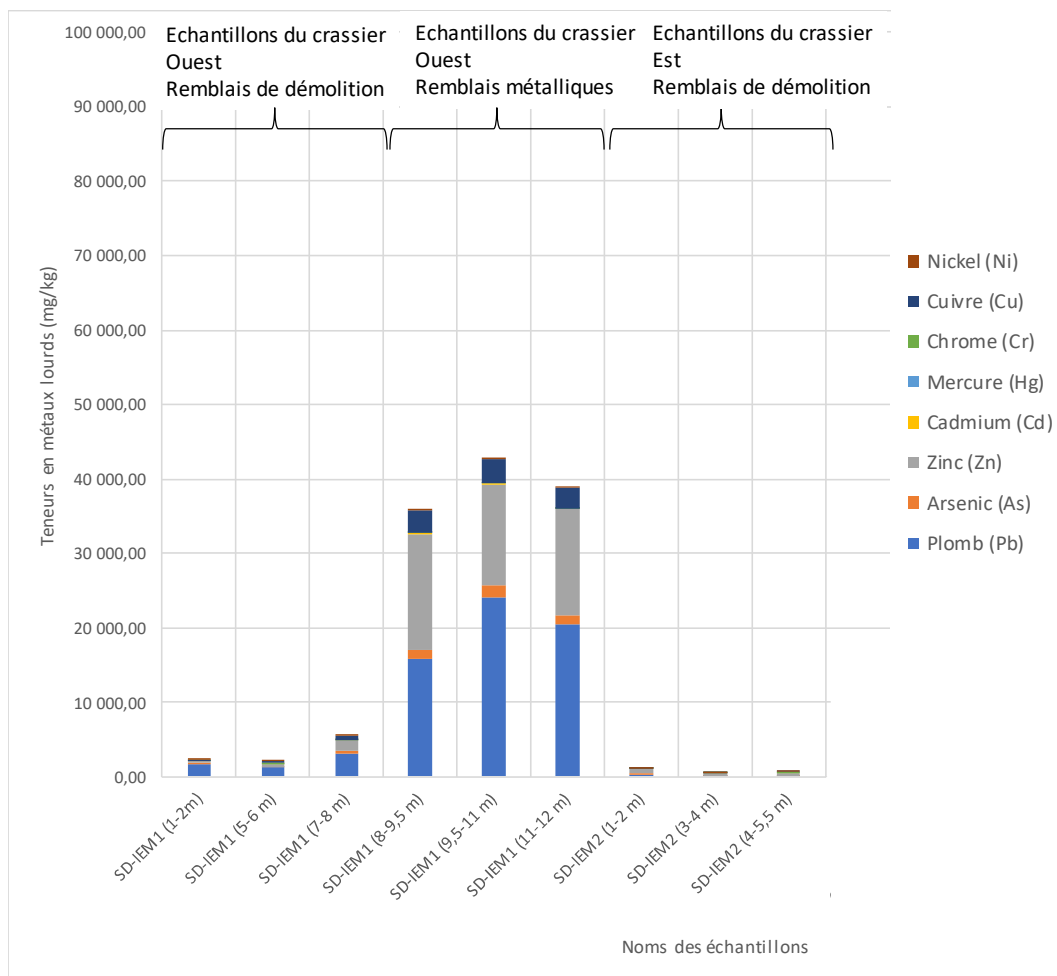
Tableau 15 : Résultats des analyses en 8ML sur les prélèvements Crassier

| Prélèvement (Profondeur en m) | Arsenic (As) | Cadmium (Cd) | Chrome (Cr) | Cuivre (Cu) | Nickel (Ni) | Plomb (Pb) | Zinc (Zn) | Mercuré (Hg) | Nature des matériaux |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|-----------------|------------------------------------|
| SD-IEM1 (1-2m) | 194,70 | 0,58 | 7,95 | 235,40 | 10,20 | <u>1 760,0</u> | 99,90 | 3,40 | Remblais de démolition et chimique |
| SD-IEM1 (5-6 m) | 98,04 | 0,83 | 95,62 | 318,20 | 55,85 | <u>1 220,0</u> | 368,40 | 1,85 | Remblais de démolition |
| SD-IEM1 (7-8 m) | 385,80 | 1,15 | 44,89 | 511,40 | 47,78 | <u>3 060,0</u> | 1 503 | 1,69 | |
| SD-IEM1 (8-9,5 m) | 1 310 | 36,52 | 36,96 | 3 021 | 280,60 | <u>15 710,0</u> | 15 618 | 1,07 | |
| SD-IEM1 (9,5-11 m) | 1 502 | 18,32 | 40,75 | 3 181 | 224,20 | <u>24 180,0</u> | 13 636 | 0,64 | Remblais industriels métalliques |
| SD-IEM1 (11-12 m) | 1 245 | 20,70 | 46,32 | 2 699 | 176,80 | <u>20 500,0</u> | 14 213 | 1,55 | |
| SD-IEM2 (1-2 m) | 23,32 | 0,87 | 25,39 | 41,25 | 23,89 | <u>360,0</u> | 639,71 | 1,70 | Remblais de démolition |
| SD-IEM2 (3-4 m) | 11,99 | 0,51 | 38,62 | 37,39 | 18,80 | 90,0 | 362,48 | 0,64 | |
| SD-IEM2 (4-5,5 m) | 15,62 | 0,53 | 36,82 | 40,92 | 19,46 | 100,0 | 423,48 | 0,79 | |

Légende :

| | |
|-----------|---|
| xx | LQ < C° < "sols ordinaire" ASPITET |
| xx | RMQS < C° |
| xx | HCSP < C° |
| xx | "sols ordinaire" ASPITET < C° < "anomalies naturelles modérées" ASPITET |
| xx | "anomalies naturelles modérées" ASPITET < C° < "fortes anomalies" ASPITET |
| xx | « fortes anomalies" ASPITET < C° |

Les deux graphiques suivants présentent la répartition par échantillon des 8 éléments métalliques recherchés : par niveau de concentration puis en pourcentage.



Il apparait que les matériaux prélevés au droit du sondage SD-IEM 1 (plateau Ouest présentant des remblais industriels) se répartissent en deux catégories distinctes :

- les matériaux de type remblais de démolition prélevés de 1 à 2 m, de 5 à 6 m et de 7 à 8 m qui présentent des teneurs en métaux du même ordre de grandeur. Les teneurs en plomb sont relativement faibles par rapport aux autres échantillons « sources ». La contribution du plomb est la plus importante (entre 55 et 75%). Les autres métaux lourds associés sont principalement le cuivre (10 à 15%), le zinc (5 à 30%) et l'arsenic (5 à 10%). A noter que les teneurs sont légèrement plus fortes de 7 à 8 m.

Dans une moindre mesure, ils sont également marqués par leurs teneurs en cadmium, cuivre et nickel, couplées à une absence de mercure et de chrome.

- les matériaux de type remblais industriels prélevés de 8 à 12 m présentent des teneurs en métaux lourds très importantes et du même ordre de grandeur pour ces trois échantillons. Les teneurs en plomb observées sont importantes (très largement supérieures aux échantillons prélevés en surface sur ce sondage mais 2 fois moins élevées que les teneurs en plomb mesurées dans les encroutements). La contribution du plomb est la plus importante (entre 45 et 55%). Les autres métaux lourds associés sont principalement le cuivre (environ 10%), le zinc (30 à 45 %) et l'arsenic (3%). Une augmentation des teneurs en cuivre et en zinc est également relevée ; elle semble liée à des types de minerais différents selon les périodes et/ou aux processus de galène à pyrite.

Les échantillons prélevés au droit de SD-IEM 2 (plateau de stockage Est) présentent un marquage moins important cohérent avec la nature des remblais apportés (matériaux de démolition de l'usine). Les teneurs mesurées sont globalement plus faibles que celles observées dans les matériaux prélevés en surface au droit de SD-IEM 1. La contribution la plus importante est celle du zinc (55 à 65%). On note la présence de plomb (15 à 35%), de cuivre (4 à 7%), de chrome (2 à 7%), d'arsenic (2%) et de nickel (2 à 3%).

Cette signature chimique marquée fortement par la présence de zinc est singulière et n'est pas retrouvée dans les autres échantillons de sources.

La composition en 8ML permet de distinguer en première approche les remblais du crassier Est (type démolition) et deux types de remblais différents pour le crassier Ouest (type démolition en surface et déchet industriel en profondeur).

Le Tableau 16 présente les résultats en 8 métaux lourds pour les échantillons de l'horizon lithologique de terrain meuble d'apparence naturelle séparant les remblais des calcaires sous-jacents. Il s'agit des échantillons prélevés au droit des sondages réalisés sur le crassier lors de la campagne d'investigations à vocation géotechnique.

Rappelons que la méthodologie de forage et de prélèvement présente certaines limites pouvant engendrer des artefacts de mesure. Aussi, ces données analytiques sont interprétées de manière qualitative et non quantitative.

Tableau 16 : Résultats des analyses en 8ML sur l'horizon entre remblais et substratum calcaire

| Prélèvement (Profondeur en m) | Arsenic (As) | Cadmium (Cd) | Chrome (Cr) | Cuivre (Cu) | Nickel (Ni) | Plomb (Pb) | Zinc (Zn) | Mercure (Hg) |
|-------------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|--------------|
| SC-IEM 3 7-8 | 13,50 | <0,40 | 25,60 | 16,00 | 27,00 | 24,10 | 29,30 | <0,10 |
| SC-IEM 3 8-9 | 9,50 | <0,40 | 23,10 | 9,83 | 26,30 | 11,50 | 27,00 | <0,10 |
| SC-IEM 4 4-5 | 28,30 | <0,40 | 14,70 | 19,50 | 14,50 | 173,00 | 42,60 | <0,10 |
| SC-IEM 4 5-6 | 16,80 | <0,40 | 18,90 | 16,30 | 18,90 | 63,80 | 30,90 | <0,10 |
| SC-IEM 2 6-7,5 | 6,24 | <0,40 | 8,77 | 7,00 | 8,37 | 12,00 | 14,70 | <0,10 |
| SC-IEM 2 7,5-8,5 | 12,40 | <0,41 | 14,00 | 7,18 | 14,40 | 12,70 | 20,60 | <0,10 |
| SC-IEM 5 2-3 | 38,60 | 0,45 | 16,50 | 14,00 | 15,60 | 211,00 | 113,00 | <0,10 |
| SC-IEM 5 3-4 | 6,92 | <0,40 | 12,90 | 7,40 | 13,30 | 23,70 | 24,30 | <0,10 |
| SC-IEM 5 10,5-11 | 7,60 | <0,40 | 13,90 | 10,90 | 15,30 | 19,10 | 27,00 | <0,10 |
| SC-IEM 6 11-12 | 10 200,00 | 3,81 | 14,10 | 825,00 | 45,50 | 73 700,00 | 12 800,00 | 2,29 |
| SC-IEM 6 12-13 | 4 640,00 | 2,01 | 15,80 | 785,00 | 37,20 | 38 400,00 | 5 290,00 | 0,91 |
| SC-IEM 6 13-14 | 88,70 | <0,40 | 23,10 | 9,22 | 24,80 | 56,90 | 47,40 | <0,10 |
| SC-IEM 7 17-18 | 15,60 | <0,40 | 14,10 | 15,10 | 15,30 | 22,90 | 46,40 | <0,10 |
| SC-IEM 7 18-19 | 20,10 | <0,40 | 13,50 | 27,70 | 15,90 | 77,10 | 42,80 | <0,10 |
| SC-IEM 8 14-15 | 7,10 | <0,40 | 6,38 | 13,50 | 6,43 | 64,90 | 29,90 | <0,10 |
| SC-IEM 8 16-17 | 10,60 | <0,40 | 12,20 | 34,40 | 19,50 | 6,28 | 199,00 | <0,10 |

Légende :

| | |
|----|---|
| xx | LQ < C° < "sols ordinaire" ASPITET |
| xx | RMQS < C° |
| xx | HCSP < C° |
| xx | "sols ordinaire" ASPITET < C° < "anomalies naturelles modérées" ASPITET |
| xx | "anomalies naturelles modérées" ASPITET < C° < "fortes anomalies" ASPITET |
| xx | « fortes anomalies" ASPITET < C° |

Il apparaît que les matériaux prélevés au droit de la totalité des sondages, à l'exception du sondage SC-IEM 6, ne présente pas d'anomalies marquées (relativement aux échantillons de caractérisation des sources). Cette absence d'anomalie confirme que les matériaux analysés, considérés comme « terrain naturel » sur la base des observations lithologiques, correspondent bien à du terrain naturel, à l'exception des échantillons SC-IEM6 entre 11 et 13 m. Au droit de ce sondage, le terrain naturel n'est réellement rencontré qu'à partir de 13 voire 14 m de profondeur.

Le sondage SC-IEM 6 présente de très fortes anomalies sur les horizons de 11 à 12 m et de 12 à 13 m. L'horizon présent de 13 à 14 m présente uniquement une anomalie en arsenic, avec une teneur plus de 50 fois plus faible que dans l'échantillon sus-jacent. Pour le plomb, la teneur entre 13 et 14 m est plus de 650 fois plus faibles que celle enregistrée dans l'horizon sus-jacent. L'atténuation verticale est donc très fortement marquée.

Ainsi, le terrain naturel est retrouvé selon les secteurs entre 3 et 14 m de profondeur au droit de la parcelle B et les enregistrements en métaux lourds dans cet horizon naturel profond ne montrent pas d'impact en métaux lourd, soit pas de transfert par lixiviation depuis les horizons de déchets vers le terrain naturel sous-jacent. Sur cette base, s'il doit y avoir un impact vers le milieu marin ce serait, soit par contact direct avec les déchets, soit par envol de poussières.

Les deux anomalies en SC-IEM 4 (4-5) et SC-IEM 5 (2-3) caractérisées par la présence d'arsenic et en plomb ne se retrouvent pas dans l'horizon sous-jacents. Ces anomalies sont peu élevées par rapport aux teneurs mesurées dans les déchets sus-jacents ; les matériaux correspondants sont donc considérés comme du terrain naturel et non des déchets.

Ces données mettent en évidence qu'il n'existe pas (ou peu) de migration de la pollution depuis les horizons de remblais industriels de nature chimique et métallique fortement impactés par les métaux lourds vers les horizons sous-jacents de terrain naturel meuble.

Cette observation est en cohérence avec les données issues des rapports antérieurs qui indiquent que les métaux ne sont pas ou peu lixiviables, à l'exception de l'antimoine.

9. CARACTÉRISATION DES CHEMINÉES SUR SITE

9.1 Investigations mises en œuvre

Les investigations dans les cheminées ont été réalisées dans le cadre de l'IEM afin de caractériser les sources sur site.

Les investigations de caractérisation des sources ont visé à réaliser des prélèvements les plus représentatifs possible pour caractériser géochimiquement ces sources.

Compte tenu de fortes teneurs attendues d'après les études antérieures et de l'aspect confiné de la zone d'intervention, les opérateurs ont été équipés de masques à cartouches ABEK-Hg-P3 et des combinaisons ont été portées en permanence lors des interventions dans les cheminées.

- Cheminée verticale sur site :

La cheminée verticale d'une hauteur avoisinant les 15 m est constituée de briques. La base d'emprise rectangulaire à murs larges se resserre vers 2 m de hauteur par rapport au sol.

La seule entrée de la cheminée sur site est présentée à la photographie n°1 ci-après. Une galerie part du bas de la cheminée vers les bâtis, à l'opposé de l'entrée, probablement en direction du four.

Beaucoup de végétaux et de fientes d'oiseaux sont présents au sol à l'intérieur de la cheminée. Un ou des nid(s) d'oiseaux semble(nt) présent(s) au sommet de la cheminée.

Les photographies n°2 et n°3 mettent en évidence peu d'encroutement dans cette cheminée. Le mortier liant les briques est très induré, aucun prélèvement n'a pu être réalisé.

Un prélèvement a été réalisé au moyen d'une pelle de jardinage en inox. La photographie n°4 présente l'échantillon d'encroutement prélevé. Une très faible quantité a pu être prélevée et une fraction non négligeable de matrice « brique » fait partie de l'échantillon.



Figure 47: Reportage photographique des investigations réalisées - cheminée verticale sur site

- **Cheminée rampante :**

Afin de conserver une cohérence avec les études antérieures et de pouvoir comparer les résultats entre eux, le protocole mis en œuvre par ANTEA en 2001 a été repris pour la présente campagne.

La cheminée rampante a été découpée en 5 zones et chacune de ces zones a fait l'objet d'un prélèvement de sol, d'encroutement et de mortier.

Les prélèvements ont été réalisés au moyen d'une pelle de jardinage en inox. Au total, 6 échantillons de sol, mortier et d'encroutement ont été réalisés.

La figure suivante présente la définition des zones de la cheminée rampante ainsi que la localisation des prélèvements réalisés lors de cette campagne.

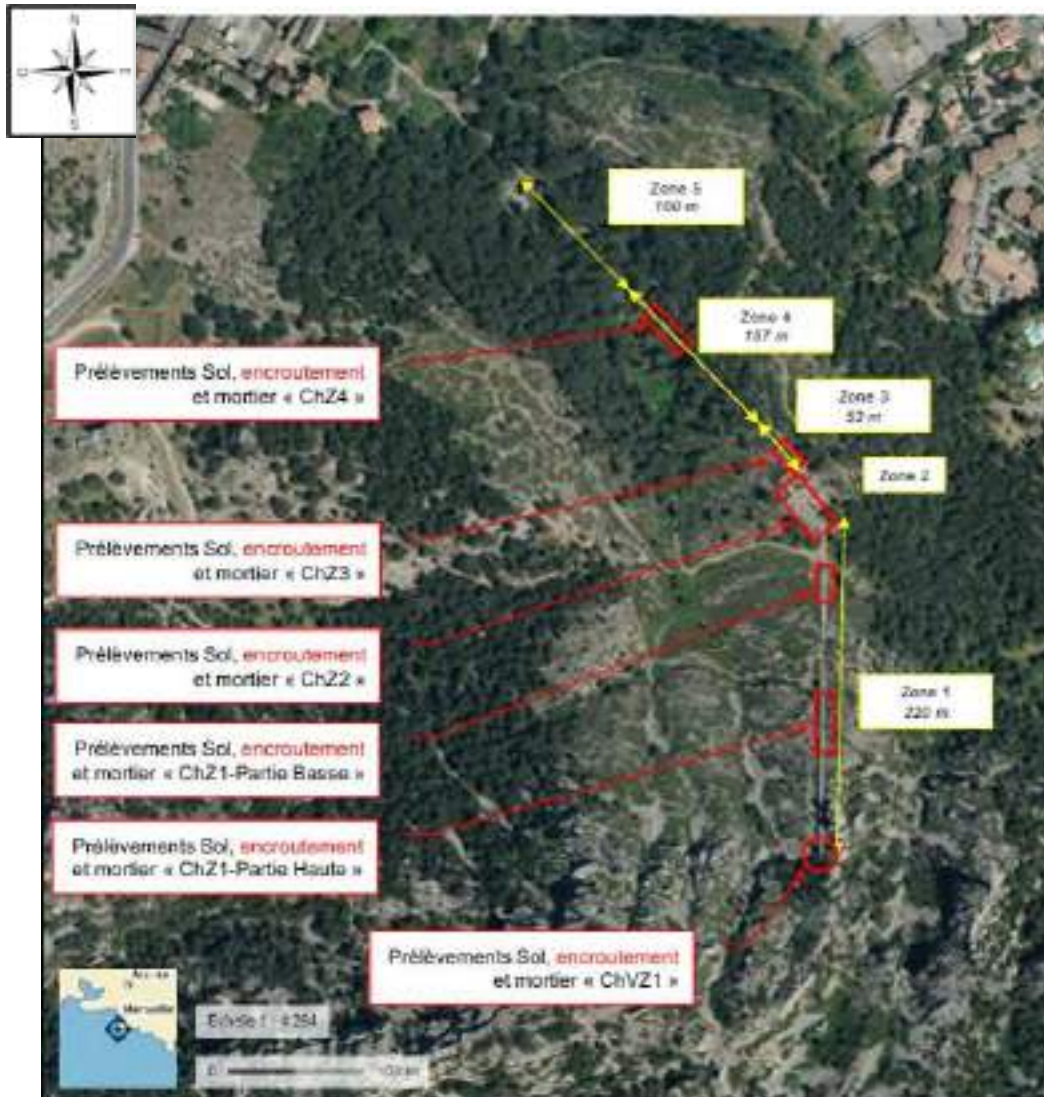


Figure 48: Plan de localisation des prélèvements réalisés – Cheminée rampante

Nota : comme le met en évidence le plan de localisation des prélèvements réalisés au niveau de la cheminée rampante, les prélèvements sur les secteurs référencés « Z2 », « Z1 » et « VZ1 » sont des prélèvements hors site : LEGRE MANTE n'est effectivement pas propriétaire de ces parcelles qui appartiennent à M Jacques MARGNAT et au Parc des Calanques.



Figure 49: Reportage photographique des investigations réalisées - cheminée rampante

Un chemin coupe la cheminée à hauteur de la maison de maître. Au nord du chemin, la cheminée « plonge » en oblique à environ 45° jusqu'à la plateforme industrielle. Au sud du chemin, celle-ci est située au niveau du sol et rampe de manière rectiligne vers le massif. Les deux ouvertures de la cheminée au niveau du chemin sont actuellement murées.

La partie nord, vers la plateforme industrielle, semble reposer sur une assise en brique. La partie sud semble composée de deux niveaux distincts.

Les recherches historiques n'ont pas permis de retrouver de plan précisant la géométrie de cette chambre haute.



Figure 50 : Cheminée rampante partie nord avec assise en brique



Figure 51 : Cheminée rampante partie sud constituée de deux niveaux

Plus au sud, la cheminée est recoupée par le canal de Marseille provenant du sud. Les deux ouvertures de la cheminée au niveau du canal sont actuellement murées. Il semblerait que le tracé du canal (déjà existant en 1885) ait évolué et que la cheminée ait été démolie lors de la modification plus récente du tracé.



Figure 52 : Intersection de la cheminée par le Canal de Marseille

Aucune entrée permettant le prélèvement de sol, de mortier et d'encroutement n'a été trouvée au niveau de la zone 5.

La zone 4 présente un long linéaire en pente douce dans une zone fortement boisée. Seul un accès a permis l'entrée dans la cheminée afin de réaliser des prélèvements. Cette ouverture est maçonnée, il ne s'agit pas d'effondrement de la structure.

La zone 3 est fortement pentue dans une zone boisée. L'accès ayant permis les prélèvements est situé à proximité des carnaux hauts via une ouverture grillagée. Cette ouverture correspond à une démolition partielle des carnaux. Une dalle semble présente au niveau du sol.

L'emprise foncière du site est limitée au sud par la zone 2. Les tronçons linéaires dénommés « zones 5 à 3 » font partie du domaine SFPT, tandis que la zone 2 (correspondant aux Carnaux hauts) et la zone 1 ne font pas partie du domaine.

La zone 2 correspond aux carnaux hauts. Les prélèvements ont été répartis sur la totalité de la zone. Les encroutements observés sont de nature variée : dépôts mousseux ou taches sur matrices composant les carnaux.

La zone 1 comporte deux parties distinctes : le tronçon linéaire en forte pente qui part des carnaux hauts et monte dans le massif jusqu'à l'exutoire vertical d'une dizaine de mètres.

Le tronçon rampant comporte une ouverture démolie au niveau des carnaux hauts et une ouverture maçonnée d'environ 1 m par 0.5 m située à 6 m en aval de la partie verticale et trois ouvertures sur le « toit » d'un diamètre moyen de 0.5 m.

Au niveau de l'ouverture maçonnée, les parois sont recouvertes d'encrouement et le sol présentant des blocs calcaires effondrés présente une couche de sables noirs et quelques morceaux de briques. Une dalle semble présente au niveau du sol.

Au niveau de l'ouverture démolie proche des carnaux hauts les blocs calcaires à proximité semblent teintés de gris. Les parois sont recouvertes d'encrouements.

Cette partie démolie (cf Figure 53) rend accessible au vent les dépôts fortement contaminés déposés sur les parois de la cheminée au cours de l'activité industrielle passée. Ce secteur peut ainsi être considéré comme une source encore active pour l'envol des poussières contrairement à toutes les autres zones de la cheminée pour lesquelles les encrouements sont confinés.

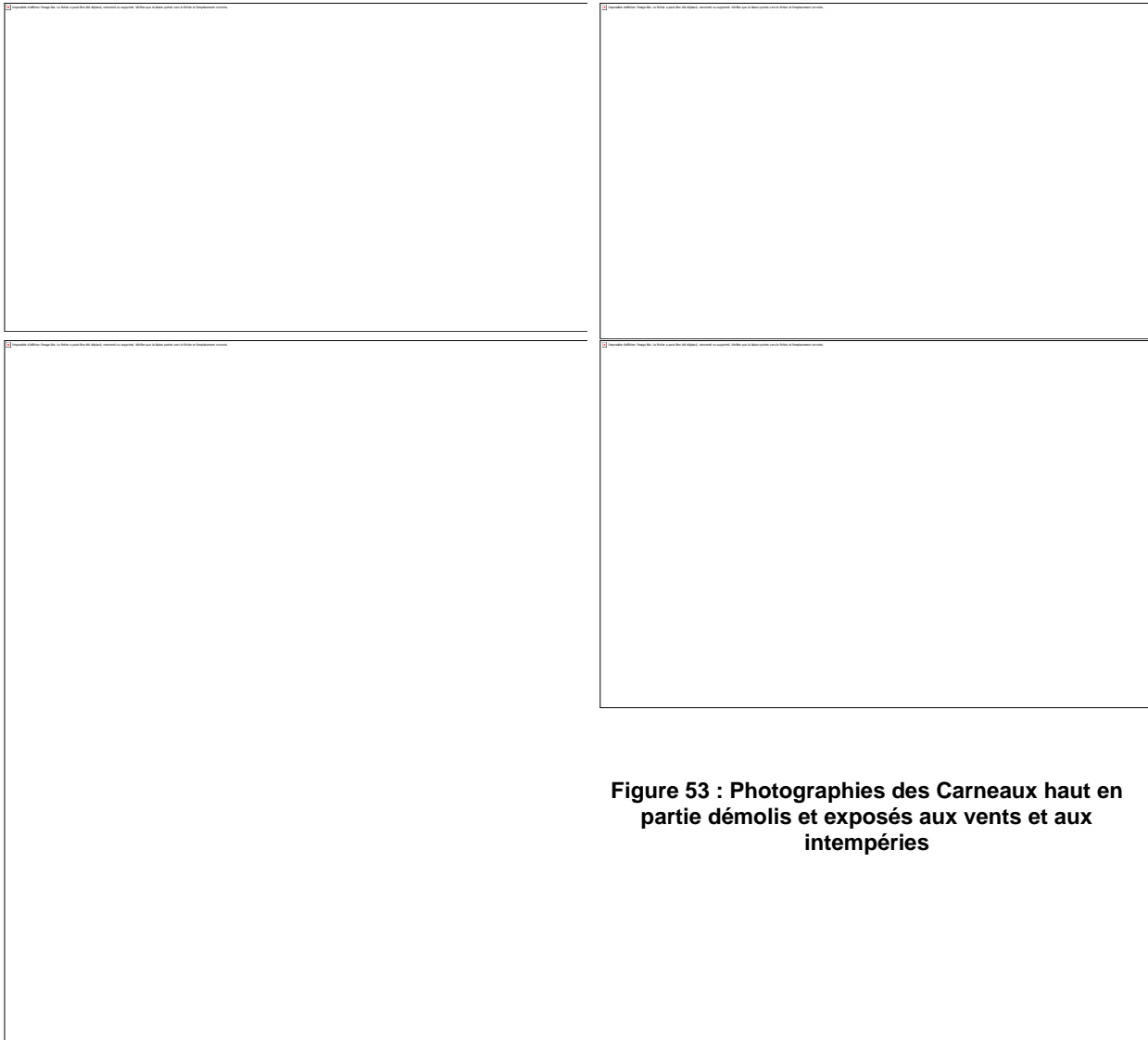


Figure 53 : Photographies des Carneaux haut en partie démolis et exposés aux vents et aux intempéries

Aucune circulation d'eau n'a été observée sur la totalité de la cheminée.

9.2 Compte-rendu de terrain

Les fiches de prélèvements de matériaux dans les cheminées sont présentées en **annexe A5.1**.

- Cheminée verticale sur site :

La cheminée verticale sur site a fait l'objet d'un unique prélèvement dans lequel beaucoup de matériel constitutif de la brique semble présent. Cette information est à considérer lors des interprétations car les micro-constituants de la brique et certains métaux peuvent être liés à la brique.

Les investigations se sont déroulées le 13 octobre 2017 et le compte rendu de terrain établi à l'issu des investigations sur la cheminée verticale sur site est synthétisé dans le tableau suivant :

| Secteur | Zone | Remarque de terrain / commentaires | Nom du prélèvement |
|------------|-----------------------------|--|---------------------|
| Parcelle C | Cheminée verticale sur site | Cheminée verticale au droit de la parcelle C accessible par une porte - Prélèvement d'encroutement sur les parois Très peu de matière | ChSite Encroutement |

- Cheminée rampante :

La cheminée rampante a fait l'objet de 5 prélèvements de sols, d'encroutements et de mortiers.

Les caractéristiques des encroutements (couleurs, textures, aspects, proportions) varient selon la localisation. Certaines zones présentaient des encroutements mousseux noirs tandis que d'autres zones présentaient seulement des traces sans matières.

La proportion de mortier dans les prélèvements d'encroutements est variable et dépend de la friabilité locale du mortier. Cette information est à considérer lors des interprétations. (*En effet, le mortier constitué de sable peut biaiser la valeur de l'analyse en Silicium dans un encroutement par exemple.*)

Seuls les sols prélevés au droit de la zone 3 de la cheminée rampante ont révélé une très faible valeur PID, non significative (0.3 ppm). La totalité des autres prélèvements ont mis en évidence des valeurs de mesures PID nulles indiquant l'absence de composés volatils.

Les investigations se sont déroulées le 10 octobre 2017 et le compte rendu de terrain établi à l'issu des investigations sur la cheminée rampante est synthétisé dans le tableau suivant :

| Zone | Remarque de terrain / commentaires | Nom du prélèvement |
|---|--|---------------------|
| Zone 5 - localisée depuis la limite Sud de la parcelle C sur un linéaire de 100 m Secteur Muré à ce jour et non accessible pour des prélèvements | Non accessible | |
| Zone 4 - localisée dans le prolongement de la Zone 5 en direction des carneaux | Amas de bulles mousseuses d'aspect sableuses et noires très friables | ChZ4-Encroutements |
| | Sables très fins ocres assez cohésifs avec résidus d'encroutements | ChZ4-Sol |
| | Sables beiges ocres moyens indurés et cailloutis noirs (env 3% diam 4 mm) dans la matrice | ChZ4-Mortier |
| Zone 3 - localisée dans le prolongement de la Zone 4 en direction des carneaux | Encroutements noirs très bourgeonnants et légèrement friables | ChZ3-Encroutement |
| | Sables bruns à ocres très cohésifs avec nombreux déchets (blocs tombés du mur, morceaux de végétation et encroutements) PID = 0,3 ppm | ChZ3-Sol |
| | Sables moyens beiges indurés | ChZ3-Mortier |
| Zone 2 - Carneaux Hauts | Pellicule noire sableuse soit sous forme de plaque soit sous forme mousseuse (une zone cristallisée grise à blanche brillante - type sel - non prélevée) | ChZ2-Encroutement |
| | Sables très fins beiges à ocres avec présence de fragments d'encroutements | ChZ2-Sol |
| | Sables moyens beiges à ocre | ChZ2-Mortier |
| Zone 1 - Secteur de la cheminée horizontale entre les carneaux hauts et la cheminée verticale hors site Partie basse au nord du grillage gris | Pellicule noire sableuse soit sous forme de bulles mousseuses | ChZ1-Encroutement |
| | Sables fins beiges à gris noir par endroit avec quelques cailloutis | ChZ1-Sol |
| | Sables beiges parfois ocres orangés moyens friables sous forme d'agglomérats | ChZ1-Mortier |
| Zone 1 - Secteur de la cheminée horizontale entre les carneaux hauts et la cheminée verticale Partie haute au sud du grillage gris hors site | Plaques noires avec petites billes sableuses se décrochant facilement en plaque | ChZ1PH-Encroutement |
| | Sables fins noirs à gris beiges | ChZ1PH-Sol |
| | Sables moyens beiges à blancs très friables | ChZ1PH-Mortier |
| Zone 1 - Cheminée Verticale hors site | Encroutements très disloqués noir à gris bourgeonnants assez durs Présence de zones sans encroutement - altération pluie possible | ChVZ1-Encroutement |
| | Sables fins noirs à gris beiges Présence d'un feu de bois au sol et de déchets divers | ChVZ1-Sol |
| | Sables beiges avec cailloutis difficilement friables | ChVZ1-Mortier |

XXX : Secteurs et zones de prélèvements inscrit dans le périmètre du site

XXX : Secteur et zones de prélèvements hors périmètre du site

9.3 Programme analytique mis en œuvre pour la caractérisation des sources

L'objectif de la caractérisation des sources est de disposer d'une « carte d'identité » géochimique des sols impactés par les anciennes activités LEGRE MANTE et d'être en mesure le cas échéant de discuter certains impacts qui pourraient être mis en évidence hors site par une démarche de traçage de source.

Le programme analytique mis en œuvre est présenté dans les tableaux ci-dessous.

| Secteur | Zone | Sondage | Prélèvement | Analyses CEREGE | | Analyses EUROFINs |
|-------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|-----------------|----------|-------------------|
| | | Nom | (Profondeur en m) | Paragénèse | Isotopie | 8 ETM |
| Parcelle C | Cheminée verticale sur site | ChSite Encrouement | ChSite Encrouement | 1 | 1 | - |
| Cheminée rampante | Zone 4 | ChZ4-Encrouements | ChZ4-Encrouements | 1 | 1 | - |
| | Zone 3 | ChZ3-Encrouement | ChZ3-Encrouement | 1 | 1 | - |
| | Zone 2 | ChZ2-Encrouement | ChZ2-Encrouement | 1 | 1 | - |
| | Z1 Partie haute | ChZ1-Partie Haute | ChZ1-PH Encrouement | 1 | 1 | - |
| | Zone 1 - Cheminée Verticale | ChVZ1 | ChVZ1 Encrouement | 1 | 1 | - |

9.4 Résultats des analyses en métaux lourds sur les encrouements de cheminée

Les résultats analytiques obtenus dans le cadre de la campagne de caractérisation des sources sont présentés dans les tableaux en **annexe A5.2 et A5.3**.

Les résultats analytiques obtenus sur les échantillons de matériaux prélevés au droit du crassier sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

Le Tableau 15 présente les résultats en 8 métaux lourds pour les échantillons dits « sources ». Il s'agit des échantillons d'encrouements prélevés dans les deux cheminées actuellement présentes.

Tableau 17 : Résultats des analyses en 8ML sur les prélèvements représentatifs des sources

| Prélèvement (Profondeur en m) | Arsenic (As) | Cadmium (Cd) | Chrome (Cr) | Cuivre (Cu) | Nickel (Ni) | Plomb (Pb) | Zinc (Zn) | Mercure (Hg) | Nature des matériaux |
|-------------------------------|--------------|---------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|---|
| ChSite Encrouement | 264,40 | 3,87 | 113,38 | 12,11 | 68,22 | <u>1 560,0</u> | 73,82 | 2,35 | Encrouement de la cheminée verticale sur site |
| ChZ4-Encrouement | 47 938 | 69,17 | 14,25 | 33,64 | 4,44 | 36 200,0 | 785,30 | 1 339 | Encrouement de la cheminée rampante |
| ChZ3-Encrouement | 7 520 | 125,20 | 2,07 | 54,98 | 1,54 | 33 260,0 | 517,80 | 630,60 | |
| ChZ2-Encrouement | 7 479 | 136,40 | 6,77 | 55,81 | 3,80 | 38 170,0 | 1 052 | 153,90 | |
| ChZ1-PH Encrouement | 11 009 | 186,00 | 27,89 | 92,83 | 6,59 | 38 150,0 | 2 530 | 123,20 | |
| ChVZ1-Encrouement | 5 939 | 145,50 | 15,72 | 42,66 | 4,87 | 32 920,0 | 2 307 | 47,55 | |

Légende :

| | |
|-----------|---|
| xx | LQ < C° < "sols ordinaire" ASPITET |
| xx | RMQS < C° |
| xx | HCSP < C° |
| xx | "sols ordinaire" ASPITET < C° < "anomalies naturelles modérées" ASPITET |
| xx | "anomalies naturelles modérées" ASPITET < C° < "fortes anomalies" ASPITET |
| xx | « fortes anomalies" ASPITET < C° |

Les deux graphiques suivants présentent la répartition par échantillon des 8 éléments métalliques recherchés : par niveau de concentration puis en pourcentage.

L'échantillon d'encroutement de la cheminée sur site présente une teneur en plomb très nettement inférieure que sur les autres encroutements. Malgré cela, le plomb est l'élément majoritairement présent (75%). La signature chimique est différente des autres encroutements et des matériaux prélevés au droit du crassier. Les métaux associés au plomb et à l'arsenic (13%) sont très nettement le chrome (5%), le zinc (3%) et le nickel (3%).

Les faibles concentrations mesurées dans cet échantillon (relativement aux concentrations mesurées dans les encroutements) sont dues au fait que cette cheminée est reliée à un four de beaucoup plus petite taille, sans lien avec les process de traitement du plomb argentifère ou de la pyrite pour la production d'acide sulfurique, dont les fumées étaient prises en charge par le système de condensation et de traitement (carneaux, cheminées rampantes et cheminée verticale hors site). Cette cheminée ne semble clairement pas avoir participé, de manière significative, à la dissémination des poussières riches en métaux.

Les échantillons d'encroutements de la cheminée rampante sont les plus marqués et présentent les plus fortes concentrations en plomb (teneurs globalement deux fois plus élevées que pour les autres échantillons), en arsenic (teneur 30 fois plus élevées), en mercure (teneur 100 à 1000 fois plus élevées) et en cadmium. Le zinc présente des teneurs élevées (bien qu'environ 10 fois moins élevées que dans les déchets métalliques).

Les encroutements présentent un gradient de concentration selon le linéaire de la cheminée avec un fort dépôt d'arsenic sur les parois au début de la cheminée, une décroissance des concentrations en mercure vers la sortie de la cheminée et à l'inverse une augmentation des dépôts en cadmium vers la sortie (réaction différente de ces composés selon leurs propriétés aux variations de condition physico-chimique telle que la diminution progressive de la température des fumées). Les autres métaux ne présentent pas de gradient marqué.

La composition en 8ML permet de distinguer en première approche des signatures différentes entre la cheminée verticale et la cheminée rampante.

En cohérence avec le processus de l'activité du site, les teneurs les plus fortes sont observées au niveau des encroutements de la cheminée rampante (accumulation sur le long terme des fumées issus des différents fours).

La plus faible proportion en zinc, cuivre et nickel dans les encroutements et leur présence marquée dans les remblais métalliques laisse penser que ces composés ne transfèrent pas ou peu du minerai vers les fumées. Aussi, l'impact hors site via des poussières ou retombées atmosphériques sera vraisemblablement limité pour ces métaux.

Au vu de la décroissance des teneurs en mercure fixées dans les encroutements depuis le site vers l'exutoire (1 340 à 47 mg/kg), il semblerait que la cheminée rampante assure le rôle de fixation du mercure contenu dans les fumées et limite le risque d'impact par retombées atmosphériques.

Enfin les concentrations en chrome n'apparaissent pas significativement élevées ; ce composé n'est donc pas un traceur de la pollution du site.

10. INVESTIGATIONS DES GAZ DU SOL

Une campagne de mesures sur le milieu air du sol a été réalisée afin de quantifier le transfert en composés volatils au droit des sources potentielles de pollution recensées historiquement et des zones de sol reconnues impactées et d'évaluer la compatibilité entre l'état des milieux d'exposition et les usages futurs projetés.

10.1 Stratégie d'investigation de l'air du sol

Les prélèvements d'air du sol ont été implantés comme présenté dans le Tableau 18 et sur le plan d'implantation en **annexe A4.1**. Les substances retenues sont les traceurs principaux en lien avec les activités historiques recensées ou avec les anomalies mises en évidence dans les sols.

Tableau 18 : Stratégie d'investigation du milieu air du sol

| Point de prélèvement | Localisation – justification / données historiques ou de terrain | Substances retenues |
|----------------------|--|---|
| PZa1 | Bât. H1 - Anciennes halles (sel de Seignette, résine et acide tartrique), four à soufre ou à pyrite et Atelier de la presse à tuyau de Plomb | HCT C5-C16 – BTEX – 19 COHV – 16 HAP |
| PZa2 | Bât. H3 - Secteur Ancien Four – Atelier de précipitation du Cuivre par l'électricité puis petite usine (activité tartrique) | HCT C5-C16 – BTEX – 19 COHV – 16 HAP |
| PZa3 | | HCT C5-C16 – BTEX – 19 COHV – 16 HAP |
| PZa4 | Bât. H2 - Ancien atelier mécanique | HCT C5-C16 – BTEX – 19 COHV – 16 HAP |
| PZa5 | Bât. H2 - Secteur de dépôt de plomb marchand (Hilarion Roux) et zone de stockage de matières premières (activité tartrique) | HCT C5-C16 – BTEX – 19 COHV – 16 HAP |
| PZa6 | Bât. H2 - Ancien atelier mécanique | HCT C5-C16 – BTEX – 19 COHV – 16 HAP |
| PZa7 | Bât. H2 - Ancien atelier mécanique | HCT C5-C16 – BTEX – 19 COHV – 16 HAP |
| PZa8 | Secteur de l'atelier de chaudronnerie et de plomberie (Hilarion Roux) et zone de stockage de matières premières (activité tartrique) | HCT C5-C16 – BTEX – 19 COHV – 16 HAP |
| PZa9 | Pas d'activité historique - non loin des carneaux et du bassin de décantation des fumées de la turbine | HCT C5-C16 – BTEX – 19 COHV – mercure |
| PZa10 | Zone de sol impactée en cyanures totaux | HCT C5-C16 – BTEX – 16 HAP – 19 COHV - Cyanures |
| PZa11 | Bât H7 - Fosse mécanique | HCT C5-C16 – BTEX – 19 COHV – 16 HAP |
| PZa12 | Bât H8 - Fosse mécanique | HCT C5-C16 – BTEX – 19 COHV – 16 HAP |
| PZa13 | Bât. H4 - Ancien bât. des presses | HCT C5-C16 – BTEX – 19 COHV – 16 HAP |
| PZa14 | Bât. H10 - Ancien atelier mécanique | HCT C5-C16 – BTEX – 19 COHV – 16 HAP |
| PZa15 | Bât. H11 - Ancien atelier électrique | HCT C5-C16 – BTEX – 19 COHV – 16 HAP |

10.2 Mise en place des piézairs

Les piézairs ont été mis en place du 23 au 25 juillet 2018, par la société de forage ABYSSE, sous la supervision d'un ingénieur d'ERG ENVIRONNEMENT.

Pour la réalisation des piézairs, des sondages ont été réalisés à l'atelier de sondage GEOPROBE ou au carottier portatif de 60 mm de diamètre sur une profondeur de 1,5 m/TN. Chaque forage a été équipé d'un piézair constitué d'un tube en PolyEthylène Haute Densité (PEHD) diamètre intérieur 20 mm, fermé à ses deux extrémités par un bouchon, plein de 0 à 1 m/TN et crépiné de 1 à 1,5 m/TN. Un massif filtrant constitué de graviers a été mis en place à partir de 1,0 m, autour de la partie crépinée. L'étanchéification de l'ouvrage a été réalisée au moyen d'un bouchon de bentonite de 0,5 à 1,0 m de profondeur puis une cimentation de 0 à 0,5 m de profondeur. Chaque ouvrage a été équipée selon les ouvrages d'une bouche à clé en fonte étanche cimentée au ras du sol.

La partie crépinée a ainsi été mise en place 1 m sous la surface du sol (afin d'éviter la perturbation du prélèvement par l'air atmosphérique) et a minima 1 m au-dessus de la zone saturée.

Toutefois les sondages Pza8 et Pza15 ont rencontré un refus à 1 m de profondeur, de ce fait la crépine a été mise en place entre 0,5 à 0.7 et 1 m/TN.

10.3 Protocole de prélèvement

➤ Echantillonnage des gaz du sol

Les prélèvements d'air ont été effectués par deux ingénieurs ERG Environnement les 30 et 31 août 2018 sur la base de la norme NF ISO 10381-7 de janvier 2006 (travail de révision en cours).

Il est à noter qu'une première campagne avait été menée les 08 et 09 août 2018, toutefois en raison des conditions météorologiques (pluie et forte humidité), elle n'a pas été retenue comme représentative.

Les prélèvements des gaz du sol ont été réalisés par pompage des gaz via une sonde reliée à une pompe SKC non auto-calibrante et piégeage sur des cartouches adsorbantes sélectives avec une durée de prélèvement adaptée en fonction du seuil de quantification souhaité.

Une purge a été réalisée avant chaque prélèvement d'air du sol avec un débit de 1L/min sur 3 minutes, permettant le renouvellement de plus de 3 fois le volume d'air de l'ouvrage.

L'étanchéité a été contrôlée par des mesures des paramètres O₂ et CO₂ au moyen d'un détecteur multigaz.

Les prélèvements ont été effectués au moyen de capillaires téflon introduits dans le tubage, reliés chacun aux supports de prélèvements adaptés, puis à une pompe chacun. La chambre de prélèvement a été isolée de l'air extérieur par un bouchon en caoutchouc étanche.

Le débit de pompage a été contrôlé à l'aide d'un débitmètre en début et en fin de mesure afin de vérifier l'absence d'écart significatif (< 5%) par rapport aux débits de pompages prévus. En cas de variation dépassant 5%, les prélèvements ont été réitérés.

En cas de réalisation de plusieurs prélèvements en même temps sur un même ouvrage, le débit de prélèvement cumulé a été calculé de manière à ne pas dépasser 2 l/min.

Une mesure des gaz photoionisables a été réalisée au moyen d'un PID (Photo Ionisation Detector) avant et après la réalisation des prélèvements de gaz du sol. Cet appareil permet la détection et la quantification de COV totaux (Composés Organiques Volatils) avec une sensibilité de 0,1 ppm. Le PID n'a pas une capacité sélective sur les composés détectés.

Les conditions météorologiques ont également été relevées, grâce à une station météorologique.

Les fiches de prélèvement pour chaque point de mesure sont présentées en **annexe A6.1**.

Les principaux paramètres nécessaires au calcul des teneurs en substances dans l'air sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 19 : Principaux paramètres nécessaires au calcul des teneurs en substances dans l'air

| Libellé de l'échantillon | Cotes hautes et basses des crépines (m/sol) | Débit en début de prélèvement (L/min) | Débit en fin de prélèvement (L/min) | Ecart de débit entre le début et la fin de pompage (%) | Débit moyen (L/min) | Durée de pompage (min) | volume d'air pompé (L) | Type de support | Composés analysés |
|--------------------------|---|---------------------------------------|-------------------------------------|--|---------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------|--|
| Pza1 | 1,0 – 1,4 | 1,015 | 0,998 | 1,7 | 1,0065 | 241 | 242,56 | Résine XAD2 | 15 HAP |
| | | 0,207 | 0,198 | 4,3 | 0,2025 | 241 | 48,80 | TCA 100/50 | Hydrocarbures C5-C16, BTEX, Naphtalène, 19COHV |
| Pza2 | 1,0 – 1,4 | 1,015 | 1,045 | 2,9 | 1,0300 | 240 | 247,20 | Résine XAD2 | 15 HAP |
| | | 0,214 | 0,224 | 4,5 | 0,2190 | 240 | 52,56 | TCA 100/50 | Hydrocarbures C5-C16, BTEX, Naphtalène, 19COHV |
| Pza3 | 1,0 – 1,4 | 1,008 | 0,959 | 4,9 | 0,9835 | 240 | 236,04 | Résine XAD2 | 15 HAP |
| | | 0,197 | 0,207 | 4,8 | 0,2020 | 240 | 48,48 | TCA 100/50 | Hydrocarbures C5-C16, BTEX, Naphtalène, 19COHV |
| Pza4 | 1,0 – 1,4 | 1,025 | 1,016 | 0,9 | 1,0205 | 240 | 244,92 | Résine XAD2 | 15 HAP |
| | | 0,197 | 0,205 | 3,9 | 0,2010 | 240 | 48,24 | TCA 100/50 | Hydrocarbures C5-C16, BTEX, Naphtalène, 19COHV |
| Pza5 | 1,0 – 1,4 | 0,995 | 0,998 | 0,3 | 0,9965 | 240 | 240,16 | Résine XAD2 | 15 HAP |
| | | 0,190 | 0,200 | 5,0 | 0,1950 | 240 | 46,99 | TCA 100/50 | Hydrocarbures C5-C16, BTEX, Naphtalène, 19COHV |
| Pza6 | 1,0 – 1,39 | 1,020 | 1,030 | 1,0 | 1,0250 | 240 | 246,00 | Résine XAD2 | 15 HAP |
| | | 0,208 | 0,201 | 3,4 | 0,2045 | 240 | 49,08 | TCA 100/50 | Hydrocarbures C5-C16, BTEX, Naphtalène, 19COHV |
| Pza7 | 1,0 – 1,4 | 1,086 | 1,122 | 3,2 | 1,1040 | 240 | 264,96 | Résine XAD2 | 15 HAP |
| | | 0,212 | 0,203 | 4,2 | 0,2075 | 240 | 49,80 | TCA 100/50 | Hydrocarbures C5-C16, BTEX, Naphtalène, 19COHV |
| Pza8 | 0.7 – 0.86 | 0,998 | 0,947 | 5,1 | 0,9725 | 241 | 234,37 | Résine XAD2 | 15 HAP |
| | | 0,215 | 0,221 | 2,7 | 0,2180 | 242 | 52,76 | TCA 100/50 | Hydrocarbures C5-C16, BTEX, Naphtalène, 19COHV |
| Pza9 | 1,0 – 1,38 | 0,213 | 0,209 | 1,9 | 0,2110 | 480 | 101,28 | Carulite (2 en série) | Mercure |
| | | 0,216 | 0,212 | 1,9 | 0,2140 | 240 | 51,36 | TCA 100/50 | Hydrocarbures C5-C16, BTEX, Naphtalène, 19COHV |
| Pza10 | 1,0 – 1,37 | 1,070 | 1,015 | 5,1 | 1,0425 | 241 | 251,24 | Filtre cellulose imprégné NaOH | Cyanures |
| | | 1,023 | 1,073 | 4,7 | 1,0480 | 241 | 252,57 | Résine XAD2 | 15 HAP |

| Libellé de l'échantillon | Cotes hautes et basses des crépines (m/sol) | Débit en début de prélèvement (L/min) | Débit en fin de prélèvement (L/min) | Ecart de débit entre le début et la fin de pompage (%) | Débit moyen (L/min) | Durée de pompage (min) | volume d'air pompé (L) | Type de support | Composés analysés |
|--------------------------|---|---------------------------------------|-------------------------------------|--|---------------------|------------------------|------------------------|-----------------|--|
| | | 0,193 | 0,203 | 4,9 | 0,1980 | 244 | 48,31 | TCA 100/50 | Hydrocarbures C5-C16, BTEX, Naphtalène, 19COHV |
| Pza11 | 0.7 – 1.48 | 1,005 | 1,040 | 3,4 | 1,0225 | 241 | 246,42 | Résine XAD2 | 15 HAP |
| | | 0,210 | 0,211 | 0,5 | 0,2105 | 241 | 50,73 | TCA 100/50 | Hydrocarbures C5-C16, BTEX, Naphtalène, 19COHV |
| Pza12 | 1,0 – 1,4 | 1,102 | 1,059 | 3,9 | 1,0805 | 240 | 259,32 | Résine XAD2 | 15 HAP |
| | | 0,210 | 0,206 | 1,9 | 0,2080 | 240 | 49,92 | TCA 100/50 | Hydrocarbures C5-C16, BTEX, Naphtalène, 19COHV |
| Pza13 | 1,0 – 1,3 | 1,003 | 1,002 | 0,1 | 1,0025 | 241 | 241,60 | Résine XAD2 | 15 HAP |
| | | 0,200 | 0,199 | 0,5 | 0,1995 | 241 | 48,08 | TCA 100/50 | Hydrocarbures C5-C16, BTEX, Naphtalène, 19COHV |
| Pza14 | 1,0 – 1,4 | 0,997 | 0,991 | 0,6 | 0,994 | 241 | 239,55 | Résine XAD2 | 15 HAP |
| | | 0,216 | 0,214 | 0,9 | 0,215 | 241 | 51,81 | TCA 100/50 | Hydrocarbures C5-C16, BTEX, Naphtalène, 19COHV |
| Pza15 | 0,5 – 0.78 | 1,084 | 1,089 | 0,5 | 1,0865 | 240 | 260,76 | Résine XAD2 | 15 HAP |
| | | 0,200 | 0,207 | 3,4 | 0,2035 | 240 | 48,84 | TCA 100/50 | Hydrocarbures C5-C16, BTEX, Naphtalène, 19COHV |

Les prélèvements ont été placés dans une glacière réfrigérée puis envoyés au laboratoire en express dans les 24 h suivant leur prélèvement.

Les analyses chimiques ont été confiées au laboratoire EUROFINS possédant une accréditation reconnue par le COFRAC ainsi que les agréments du MEEDDAT nécessaires à la recherche optimale des indicateurs chimiques souhaités.

A titre de contrôle de la représentativité du prélèvement des gaz du sol, les analyses ont porté sur la couche de mesure et la couche de contrôle¹⁴.

¹⁴ Les supports de prélèvement utilisés pour le prélèvement des polluants présents en phase vapeur comportent une couche de mesure et une couche de contrôle, cette dernière permettant de contrôler la non saturation de la couche de mesure et ainsi de valider l'échantillonnage.

➤ **Constitution des blancs de terrain/transport**

Il a été constitué 1 blanc de terrain par jour de prélèvement et par opérateur et 1 blanc de transport par envoi.

Le blanc de terrain (ou blanc de site) a été constitué de la manière suivante :

- ouverture des tubes au moment de l'ouverture des premiers tubes de prélèvement de la journée ;
- fermeture des tubes pendant la phase pompage;
- réouverture des tubes lors de la désinstallation des tubes de prélèvement de la journée.

Les mêmes tubes de blanc de terrain ont été utilisés pour l'installation/désinstallation des différents points de prélèvement sur une même journée (afin de maximiser l'absorption de composés « parasites »).

Les blancs de terrains ont été finalement fermés et conditionnés dans la glacière comme l'ensemble des tubes de prélèvements.

Pour la constitution du blanc de transport, les tubes ont été ouverts au moment du conditionnement des échantillons, ils ont été fermés avec les bouchons et déposés dans la glacière dans un sachet-bulle comme les autres tubes.

Les blancs de terrain et de transport ont été conditionnés dans les mêmes conditions que les supports servant à la mesure pour pouvoir conclure sur une éventuelle interférence des conditions de terrain sur les supports.

Aucun pompage n'a été réalisé sur ces échantillons témoin.

10.4 Mesures sur site

- Mesure des Composés Organiques Volatils (COV) totaux par détecteur PID¹⁵

Une mesure directe des COV totaux a été réalisée sur les gaz pompés au moyen d'un détecteur PID.

Les teneurs mesurées sont toutes inférieures à 1 ppm et ne mettent pas en évidence de dégazage important. Au regard des teneurs faibles observées, le temps de prélèvement initialement prévu n'a pas été modifié. Ces concentrations sont reportées sur les fiches de prélèvements en **annexe A6.1**.

- Mesure des paramètres météorologiques

Les paramètres météorologiques ont été relevés au début et à la fin des prélèvements. Ces paramètres indiquent :

- Pour le premier jour de prélèvement, une situation légèrement dépressionnaire (1003 à 1009 mbar) et des températures élevées (25 à 31°C) plutôt favorables en termes d'émission de composés volatils,
- Pour le second jour de prélèvement, une situation plutôt anticyclonique (1013 à 1040 mbar) et des températures élevées (20 à 30°C) moins favorables à l'émission de composés volatils.

- Mesure des paramètres O₂ et CO₂

Les mesures des paramètres O₂ et CO₂ montrent qu'une étanchéité optimale n'a pu être obtenue pour les ouvrages Pza1, Pza2, Pza6, Pza9, Pza11 et Pza12.

Les ouvrages Pza1, Pza6, Pza11 et Pza12 ont cependant été mis en place au droit de dalles béton en bon état et l'ouvrage Pza2 est localisé au droit d'une zone recouverte par de l'enrobé limitant les échanges avec l'air atmosphérique.

L'ouvrage Pza9 a été implanté au droit d'une zone enherbée, ainsi une sous-estimation des teneurs liée à une dilution par l'air atmosphérique n'est pas à exclure pour ce point.

- Constats remarquables

Une légère condensation a été observée lors de la réalisation des prélèvements en Pza7, Pza8 et Pza10. La présence d'humidité peut potentiellement nuire à l'adsorption des composés sur les supports de mesure.

¹⁵ PID : photo ionization detector

10.5 Critères d'interprétation des résultats d'analyses d'air

10.5.1 Critères d'interprétation des résultats d'analyses des gaz du sol

Il n'existe pas de valeur de référence concernant les gaz du sol. En première approche et dans une démarche majorante, les teneurs mesurées dans les gaz du sol peuvent être comparées aux valeurs de référence relatives à l'air ambiant.

10.5.2 Critères d'interprétation des résultats d'analyses d'air ambiant

10.5.2.1 Comparaison aux valeurs de gestion

Pour le milieu « air », peu de composés disposent à l'heure actuelle de valeurs réglementaires.

Conformément à la mise à jour de la méthodologie sites et sols pollués (avril 2017), pour l'air intérieur, la gestion des résultats s'appuie sur l'utilisation de « **valeurs de gestion** » avec l'**ordre de priorité suivant** :

- Valeurs réglementaires en vigueur (décret du 02/12/2011) pour le naphtalène et le benzène ;
- Valeurs de Gestion de l'Air Intérieur proposées par le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) ;
- Valeurs Guide de Qualité d'Air Intérieur (VGAI chroniques et aiguës) proposées par l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire (ANSES) tenant compte des valeurs issues de l'OQAI en comparant au percentile 90 ;

- Valeur guide pour l'air intérieur à caractère réglementaire

Seul le benzène possède une valeur réglementaire¹⁶ définie dans le Décret N°2010-1250 du 21/10/10 :

Tableau 20 : Valeurs réglementaires pour le benzène

| Paramètre : | Valeur Guide Air Intérieur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
|----------------|---|
| Benzène | 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de 10^{-5} Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air (extérieur) et du Décret 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs guides pour l'air intérieur Objectif de qualité qui est « un niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées » |

Il est à noter que cette valeur concerne :

- l'air ambiant défini comme étant « l'air extérieur à l'exclusion des lieux de travail auxquels le public n'a normalement pas accès »,
- l'air intérieur clos des établissements recevant du public (ERP).

¹⁶ Cette valeur réglementaire correspond à l'air extérieur, mais est prise en compte à défaut d'existence de valeur réglementaire pour l'air intérieur. De plus, la valeur de $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ a été retenue par le Haut Conseil de Santé Publique dans son avis relatif à la fixation de valeurs repères d'aide à la gestion pour le benzène dans l'air des espaces clos daté du 16 juin 2010.

➤ Valeur guide pour l'air intérieur de l'ANSES et du HCSP

L'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire) a publié des Valeurs Guides Air Intérieur (VGAI) pour les composés présentés dans le Tableau 21.

En complément de l'expertise de l'Anses et dans une optique d'aide à la gestion, le HCSP a publié des valeurs dites « de gestion » prenant en compte ces critères sanitaires tout en les mettant en perspective avec les concentrations techniquement atteignables actuellement. Le HCSP a publié ses recommandations pour les substances suivantes présentées dans le Tableau 21.

Tableau 21 : Valeurs guide air intérieur de l'ANSES et du HCSP

| Paramètre : | Valeur Guide Air Intérieur de l'ANSES en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Valeur Guide Air Intérieur du HCSP en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Valeur retenue |
|----------------------------|--|--|--------------------------------|
| Benzène | - 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comme valeur cible, immédiatement applicable et visant à protéger des effets à long terme de l'exposition - 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comme valeur d'action rapide, qui doit amener à la mise en œuvre d'actions correctives visant à abaisser la concentration dans les bâtiments à moins de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de 10^{-5} (avril 2010) 0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de 10^{-6} (avril 2010) | 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Naphtalène | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition supérieure à 1 an, pour les effets chroniques non cancérogènes (août 2009) | - 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comme valeur repère de qualité d'air intérieur, immédiatement applicable et visant à protéger des effets à long terme de l'exposition au naphtalène - 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comme valeur d'action rapide, qui doit amener à la mise en œuvre d'actions correctives visant à abaisser la concentration dans les bâtiments à moins de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans un délai de moins de trois mois. | 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Ethylbenzène | - | 1 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une durée d'exposition supérieure ou égale à un an. 22 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une durée d'exposition de 24 heures. | 1 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Trichloroéthylène | - 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les effets cancérogènes sur une exposition « vie entière » correspondant à un excès de risque de 10^{-5} (septembre 2009) - 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les effets cancérogènes sur une exposition « vie entière » correspondant à un excès de risque de 10^{-6} (septembre 2009) | - 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comme valeur repère de qualité d'air, elle vise à protéger des effets cancérogènes du trichloroéthylène ainsi que des effets chroniques non cancérogènes - 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comme valeur d'action rapide ; elle déclenche la mise en œuvre d'actions correctives pour abaisser la concentration à moins de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les bâtiments dans un délai de moins de six mois. | 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Tétrachloroéthylène | 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition supérieure à 1 an, pour les effets chroniques non cancérogènes (janvier 2010). | - 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comme valeur repère de qualité d'air, cette valeur protège contre les effets non cancérogènes à long terme du tétrachloroéthylène - 1 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comme valeur d'action rapide ; elle déclenche la mise en œuvre d'actions correctives pour abaisser la concentration à moins de 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les bâtiments dans un délai de moins de six mois. | 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |

10.5.22 Comparaison indicative aux valeurs de bruit de fond existantes (OQAI)

La démarche de comparaison aux valeurs de référence peut conduire à utiliser des valeurs repères sécuritaires plus contraignantes que celles usuellement observées dans l'air des habitations. Pour relativiser cette approche, il est tenu compte des données issues de référentiels de qualité de l'air intérieur de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI). L'OQAI a réalisé une campagne nationale de mesures d'air dans les logements sur la période 2003-2005. Les données ont été recueillies dans 567 résidences principales (1612 individus enquêtés) réparties sur 50 départements et 74 communes de la France continentale métropolitaine, sur une durée d'une semaine, à l'intérieur des logements, dans les garages attenants (lorsqu'ils existaient) et à l'extérieur. L'intervalle de confiance à 90 % (OQAI90ème percentile) a été retenu à titre de valeur comparative.

Les valeurs issues du rapport d'étude « Campagne nationale Logements : Etat de la qualité de l'air dans les logements français Rapport final (mise à jour mai 2007) » pour les paramètres mesurés sont précisées dans le tableau ci-dessous et en page suivante.

Tableau 22 : Données de l'observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur

| AIR INTERIEUR DES LOGEMENTS | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|--|
| Paramètre : | Médiane en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 90 ^{ème} percentile ¹⁷ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Benzène | 2,1 | 5,7 |
| Ethylbenzène | 2,3 | 7,5 |
| Toluène | 12,2 | 46,9 |
| M,p-xylènes | 5,6 | 22,0 |
| O-xylènes | 2,3 | 8,1 |
| Tétrachloroéthylène | 1,4 | 5,2 |
| Trichloréthylène | 1,0 | 3,3 |

10.5.23 Comparaison aux valeurs toxicologiques de référence (VTR)

En l'absence de valeurs de référence, les teneurs mesurées peuvent être en 1^{ère} approche comparées directement aux valeurs toxicologiques de référence (VTR). Ceci revient, dans une démarche majorante, à vérifier si les concentrations mesurées seraient acceptables, si elles étaient respirées directement par un occupant, présent sur site, 24h par jour et, 365 jours par an.

Tableau 23 : VTR des hydrocarbures totaux

| Paramètre : | Valeur Toxicologique de Référence en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Source de la donnée |
|-----------------------------|---|---------------------|
| C5-C6 aliphatiques | 18 400 | TPHCWG (1999) |
| C6-C8 aliphatiques | 18 400 | |
| C8 –C10 aliphatiques | 1 000 | |
| C10-C12 aliphatiques | 1 000 | |
| C12-C16 aliphatiques | 1 000 | |
| C8-C10 aromatiques | 200 | |
| C10-C12 aromatiques | 200 | |
| C12-C16 aromatiques | 200 | |

10.5.3 Résultats des analyses des gaz du sol

Les résultats d'analyses sont présentés dans le **Tableau 24**. Ne sont présentés que les résultats des composés mesurés à des concentrations supérieures au seuil de quantification analytique.

L'ensemble des résultats d'analyse est présenté dans le tableau en **annexe A6.2** et les bordereaux d'analyses complets sont fournis en **annexe A6.3**.

¹⁷ 90 % des logements ont des teneurs inférieures à cette valeur

11. SCHEMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION CONSTATEE

L'ensemble des informations recueillies (résultats analytiques, observations organoleptiques et mesures in situ) a permis de mettre à jour le schéma conceptuel d'exposition constatée qui intègre les informations recueillies et les voies de transfert avérées.

| MILIEU D'EXPOSITION POTENTIEL | PRINCIPALES VOIES D'EXPOSITION A ENVISAGER | PRINCIPAUX TRANSFERT(S) A ENVISAGER | CIBLE POTENTIELLE SUR SITE | MILIEUX CONTAMINES : POLLUANTS MAJORITAIRES | APPROCHE RISQUE |
|--|--|--|---|---|---|
| Intérieur des futurs bâtiments | Inhalation de substances volatiles issues des sols et/ou des eaux souterraines à travers la dalle béton | Du sol vers l'air ambiant des bâtiments | Futurs habitants et usagers (<i>adultes et enfants</i>) | GAZ DES SOLS | Présence de composés volatils dans les sols et les gaz des sols dont les mesures de gestion à mettre en œuvre seront présentées dans le PG |
| | Transfert dans la canalisation enterrée d'alimentation en cas de parcours du réseau au travers d'une zone de sols souillés | Ingestion d'eau contaminée / contact cutané | | EAU DE CONSOMMATION | Risque à écarter par des mesures simples de gestion : Canalisations AEP à implanter dans des sols sains en cas de pollution avérée |
| Futures zones extérieures découvertes (espaces verts) | Ingestion directe de sol / poussières | Contact direct | | SOLS | Présence d'anomalies ponctuelles en composés organiques et diffusés en métaux lourds dont les mesures de gestion à mettre en œuvre seront présentées dans le PG. |
| | Absorption cutanée de sol / poussières | | | SOLS | |
| | Ingestion d'aliments d'origine végétale produits sur le site Sans objet : Pas de jardins potagers en pleine terre - seuls des cultures en bac, déconnectés des sols du site pourront être mises en œuvre. | Du sol vers des aliments d'origine végétale sur le site | | GAZ DES SOLS | |
| Futures zones extérieures recouvertes (voirie, parkings) | Inhalation de substances volatiles issues du sol et/ou des eaux souterraines | Volatilisation des composés potentiellement présents dans les sols et/ou les eaux souterraines | | EAUX SUPERFICIELLES | Sans objet : Aucun usage actuel ou projeté n'est identifié |
| Eaux superficielles | Aucun usage des eaux superficielles n'est prévu par le projet | Du sol vers les eaux superficielles | | EAUX SOUTERRAINES | Sans objet : Le projet ne prévoit pas d'usage des eaux souterraines |
| Eaux souterraines | Aucun usage des eaux souterraines n'est prévu par le projet | Du sol vers les eaux souterraines | | | |

Tableau 25 : Pertinence des différentes voies d'expositions sur site

12. CONCLUSIONS ET PRECONISATIONS

La SFPT MANTE a sollicité ERG ENVIRONNEMENT afin d'effectuer un Plan de Gestion au droit des parcelles A, B et C de l'ancien site LEGRE MANTE, adressé 108 avenue de la Madrague de Montredon, 13008 Marseille.

Le présent rapport présente le diagnostic complémentaire réalisé au droit des parcelles A, B et C du site de l'ancienne usine. Ce diagnostic complémentaire a été réalisé afin de synthétiser et de compléter les données existantes sur le site dans le but d'élaborer un Plan de Gestion (PG) du site en adéquation avec le projet d'aménagement considéré.

L'ancien site LEGRE MANTE s'étend sur une superficie d'environ 8,5 ha que l'on peut décomposer en 3 parcelles de la façon suivante, du sud au nord :

- Parcelle A : 5 ha environ de terrain soit « naturel » (parties sommitales du site) soit ayant fait l'objet d'une exploitation industrielle ancienne (des infrastructures de l'ancienne cheminée et les carreaux de la fonderie historique sont toujours en place),
- Parcelle C : 2,7 ha environ ayant fait l'objet d'une exploitation industrielle récente (bâtiments, voiries et installations de traitement des eaux usées),
- Parcelle B : 0,7 ha environ de terrain remblayé en surplomb de la mer, de l'autre côté de l'avenue de la Madrague par rapport au site industriel.

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une requalification de l'ancien site industriel pour l'aménagement d'un ensemble immobilier, ainsi que pour la gestion du crassier existant aujourd'hui rattaché à l'usine, et répond aux exigences de l'Administration dans l'Art. 2 du projet d'arrêté préfectoral transmis le 04/07/2017.

Le site de la S.A.S. LEGRE-MANTE ETABLISSEMENT a abrité en particulier :

- une usine de traitement de plomb argentifère et de zinc par natrométallurgie et fabrication de soude (1875-1883 : Hilarion-Roux) ;
- un site de production d'acide tartrique et d'acide sulfurique (LEGRE-MANTE 1888 à 2009).

L'étude historique a permis de détailler les procédés industriels employés par l'usine et de recenser et localiser les sources potentielles de pollution associées.

La seconde période d'activité a été à l'origine d'une forte transformation du schéma industriel d'une part (avec la transformation des anciens bâtiments, le changement du process, du mode d'approvisionnement des minerais (pyrites), l'ajout de cheminée, ...) ainsi que la modification de la nature des rejets et déchets générés par les nouvelles activités sur site : fabrication d'acide tartrique et de crème de tartre dont le process nécessite l'utilisation d'acide sulfurique autoproduit sur site à partir de pyrites. Ces deux nouvelles activités ne sont pas à l'origine des mêmes déchets et rejets.

De nombreuses activités historiques ayant pu générer des pollutions extérieures sont répertoriées sur le littoral et en particulier dans un rayon de moins de 2 km de l'ancienne usine LEGRE MANTE : usines d'acide sulfurique, usines de plomb, usine de raffinage de soufre, usine d'épuration de pétrole, verrerie.

L'usine s'inscrit en limite immédiate du Massif des Calanques de Marseille référencé en site classé depuis 1975 au titre de la loi du 2 mai 1930 et inscrit depuis le 18 avril 2012 comme Parc National à la fois terrestre, marin et périurbain, permettant le renforcement de la protection de cet espace naturel.

En termes d'usages environnant, le site est localisé :

- dans un environnement d'habitat résidentiel avec jardins privés,
- à proximité d'un établissement scolaire,
- au cœur du massif des calanques où des activités de promenade, chasse et cueillette sont pratiquées,
- à proximité du littoral, lieu de baignade, sport nautique et pêche.

Le contexte hydrologique local est représenté par la mer (absence de cours d'eau), constituant l'exutoire principal :

- du canal de Marseille traversant le site,
- des eaux de ruissellement sur le massif des calanques, l'ancienne usine et le crassier,
- des eaux souterraines s'infiltrant au sein du massif calcaire karstique.

12.1 Conclusions principales du diagnostic de la qualité des milieux sur site

➤ Milieu SOL

En complément des investigations réalisées dans le cadre des 5 études antérieures sur les Parcelles A et C et compte tenu de l'historique et des sources potentielles de pollution identifiées au droit du site, ERG ENVIRONNEMENT a réalisé les investigations suivantes au droit des parcelles A et C :

- 86 sondages à la pelle mécanique ;
- 9 sondages à la tarière mécanique ;
- 34 sondages dont 15 équipés en piézajets ;
- 36 prélèvements à la tarière manuelle.

La stratégie analytique a reposé sur la recherche des traceurs des sources potentielles de pollution identifiées et des résultats des études antérieures réalisées sur site. De manière générale, les 8 métaux lourds ont été recherchés de manière systématique au droit du site et les composés organiques ont été recherchés de manière logique au droit des SPP et de manière régulière au droit du site au vu du passif industriel et de la présence de remblais au droit du site.

Des prélèvements et analyses des sources retenues « cheminées » et « crassier » au droit du site ont été effectués :

- La cheminée verticale encore présente sur site : 1 prélèvement et analyse des encroutements,
- La cheminée rampante et cheminée verticale haute (zone calanques) : 5 prélèvements et analyses des encroutements,
- Le crassier présent sur la parcelle B : 5 prélèvements et analyses des sols du crassier Ouest et 3 prélèvements et analyses des sols du crassier Est répartis sur la hauteur du crassier (au moyen de deux sondages profonds réalisés sur chaque secteur de la parcelle B).

Les analyses d'encroutement et de sols ont porté sur un screening large de 45 ETMM incluant les 8 métaux lourds.

Les résultats d'analyse pour les sources ont permis de distinguer en première approche 5 signatures différentes : la cheminée verticale, la cheminée rampante, les remblais du crassier Est (type démolition) et deux types de remblais différents pour le crassier Ouest (type démolition en surface et déchet industriel en profondeur).

En cohérence avec le processus de l'activité du site, les teneurs les plus fortes sont observées au niveau des encroutements de la cheminée rampante (accumulation sur le long terme des fumées issues des différents fours) et des déchets métalliques au sein du crassier Ouest (concentration au sein des résidus).

Ces deux types de matériaux sont caractérisés par leurs fortes concentrations en :

- plomb, arsenic, mercure et cadmium pour les encroutements,
- plomb, arsenic, zinc, cadmium et dans une moindre mesure cuivre et nickel dans les remblais industriels métalliques.

Les concentrations en chrome n'apparaissent pas significativement élevées ; ce composé n'est donc pas un traceur de la pollution du site.

Le crassier Ouest est constitué d'un empilement de résidus témoignant des différentes activités du site avec de la base vers le sommet : des remblais de type industriel (associé au procédé d'affinage de métaux) puis de nature chimique (associé à l'activité d'acide tartrique) et enfin de déchets de démolition issus de l'usine. La paragenèse caractérise mieux que la signature isotopique les remblais du crassier.

Les modalités de gestion des sources identifiées sur le site (cheminées et matériaux du crassier) devront être définies dans le cadre du Plan de Gestion du site.

Les résultats analytiques au droit du site mettent en évidence un marquage des sols par les métaux lourds.

On retrouve un impact modéré pour le chrome et le nickel de manière globale au droit du site ainsi qu'un impact diffus en cuivre, zinc et cadmium. Ces trois éléments présentent toutefois des anomalies ponctuelles marquées au droit du site.

Le mercure présente quelques anomalies ponctuelles aux abords de la cheminée rampante principalement. Le reste du site paraît peu impacté par le mercure.

Le plomb et l'arsenic témoignent d'un impact diffus et concentré sur l'ensemble du site.

Les composés organiques sont présents de manière très ponctuelle et localisée avec :

- une zone fortement impactée par les HCT
- une zone marquée par les HAP ainsi que des matériaux prélevés en fond de caniveau dans le bâtiment 1.

Les cyanures sont retrouvés dans les sols en profondeur à proximité immédiate des carreaux du site.

Il conviendra, dans le cadre du Plan de Gestion, de définir :

- les sources de pollution concentrée,
- de statuer sur la compatibilité sanitaire des sols avec l'usage et l'aménagement projetés sur le site,
- de définir les modalités de gestion nécessaires à mettre en œuvre au droit du site.

➤ Milieu GAZ DES SOLS

Afin d'étudier le transfert éventuel de la contamination des gaz du sol vers l'air ambiant intérieur, 15 piézaires ont été mis en place pour la réalisation des prélèvements de gaz du sol permettant d'étudier le dégazage depuis les sols et / ou les eaux souterraines.

Les 15 ouvrages ont été implantés au droit des zones ayant révélées des concentrations importantes en composés organiques ou au droit des zones de plain-pied prévues par le projet.

Les analyses ont porté sur la recherche des BTEX, des HAP, des COHV et des HCT-TPH sur la totalité des points de prélèvement ainsi que le mercure volatil sur l'ouvrage Pza9 et les cyanures sur l'ouvrage Pza10, implantés à proximité des sondages ayant révélé du mercure et des cyanures dans les échantillons de sol.

Les résultats analytiques ont mis en évidence la présence de composés organiques volatils (HCT, BTEX, HAP et COHV) dans les gaz du sol.

Les résultats mettent en évidence un transfert limité des composés volatils vers les gaz du sol. Seul le trichloroéthylène est présent à des teneurs dépassant les valeurs de comparaison retenues en première approche : dépassement de la valeur guide ANSES et HCSP pour les 3 piézaires Pza1, Pza3 et Pza15, localisés en partie Nord-Ouest du site.

La présence de composés volatils dans les gaz du sol pouvant entraîner des risques sanitaires pour les futurs usagers du site exposés par inhalation de ces composés, une étude de risques sanitaires devra être réalisée dans le cadre du Plan de Gestion afin de statuer sur la compatibilité sanitaire des milieux au droit du site avec l'usage et l'aménagement projetés.

➤ Milieu EAUX SOUTERRAINES et EAUX SUPERFICIELS

Conformément au schéma conceptuel d'exposition ces milieux n'apparaissent pas pertinents d'un point de vue de l'exposition des futurs usagers sur site et hors site.

Par ailleurs, les investigations menées dans le cadre de l'IEM sur le milieu eaux superficielles (mer Méditerranée, canal de Marseille et deux bassins sur site) n'ont révélé aucune anomalie sur ces milieux.

12.2 Préconisations

1221 Mise en sécurité du site

Au vu de l'instabilité de certaines bâtisses et charpentes présentes sur site et de la non sécurisation de certaines installations actuellement présentes (bassin nord non grillagé) les dispositions de mise en sécurité du site existantes (clôture et gardiennage) devront être soigneusement maintenues afin d'éviter tout risque d'exposition des personnes non averties qui fréquenteraient le site. Il s'agit d'interdire l'accès des personnes aux zones à risque.

1222 Investigations complémentaires

Une seule campagne de prélèvement des gaz du sol a été réalisée. A noter de plus que les conditions de réalisation de la campagne effectuée dans le cadre de la présente mission étaient plutôt défavorables au dégazage (sols humides).

Il est préconisé de réaliser une seconde campagne dans des conditions météorologiques différentes afin de densifier les données propres au comportement des gaz des sols au droit du site.

1223 Plan de gestion

Sur la base des conclusions du diagnostic complémentaire (intégrant l'ensemble des investigations réalisées sur le site à ce jour) et conformément aux prescriptions de l'arrêté préfectoral de 2017, l'établissement d'un Plan de Gestion est nécessaire afin de définir les modalités de gestion des sources de pollution situées sur le site.

Le Plan de Gestion définira les pollutions concentrées sur le site, et tiendra compte du projet de reconversion, mais également des contraintes environnementales et des attentes de la Collectivité, pour le dimensionnement des mesures de gestion, qui seront in fine validées par un bilan coûts-avantages et une Analyse des Risques Résiduels spécifique.

Rappelons que le Plan de Gestion doit être élaboré, avec bon sens, sur la base d'un projet d'aménagement, dans une perspective de développement durable et de bilan environnemental global.

12.3 Limite de l'étude

La présente étude a été réalisée dans la limite des investigations réalisées jusqu'à présent.

La présente étude n'est valable que pour les aménagements et usages pris en compte. Le schéma conceptuel d'exposition devra être adapté en conséquence afin de réaliser une nouvelle étude de risques, et de mettre en place un plan de gestion en adéquation avec le nouvel aménagement proposé pour le site, si une modification de son usage et/ou de sa configuration (par rapport à l'usage tel qu'il a été pris en compte dans le présent rapport) était envisagée.

L'étude et les conclusions sont élaborées en l'état actuel des données réglementaires et des valeurs de bruit de fond (valeurs de comparaison), scientifiques (valeurs toxicologiques de référence) et techniques (méthodes de prélèvements et d'analyses notamment). Elles reposent donc sur les connaissances disponibles au moment de la rédaction de la présente étude.

Marine BONNEAU
Chef de Projet