

SOCIETE DE CONCASSAGE ET DE PRÉFABRICATION DE LA RÉUNION

PROJET D'EXPLOITATION D'UNE CARRIERE DE ROCHE MASSIVE

ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES

Commune de SAINT-LEU de La RÉUNION

Lieu-dit du Bois Blanc



Rapport d'étude N°2d

Réf : 152 809 146

<i>Destinataires :</i>	SCPR Monsieur Thierry SCHANTZ Boulevard de la Marine 97822 Le Port <i>Téléphone :</i> +262 (0)2 62 43 58 58 <i>GSM :</i> +262 (0)6 92 70 15 28 <i>Email :</i> schantz@scpr.re	EMC2 Monsieur Stéphane RAUX 476 Rue Deschanets 97440 St-André de La Réunion <i>Téléphone :</i> 02 62 21 54 71 <i>GSM :</i> 06 92 60 87 52 <i>Email :</i> sremc2@orange.fr
<i>Date :</i>	02 février 2016	

Sommaire

RESUME	9
INTRODUCTION.....	14
1. PRESENTATION SUCCINCTE DU SITE.....	14
2. ÉTAT INITIAL.....	17
2.1. Qualité de l'air.....	17
2.1.1. Données provenant de l'Observatoire Réunionnais de l'Air et des documents administratifs relatifs à la qualité de l'air.....	17
2.1.2. Qualité de l'air au niveau des communes de Saint-Leu et Des Avirons.....	31
2.1.3. Mesures sur site.....	37
2.2. Qualité de l'eau consommée au niveau des communes de Saint-Leu et des Avirons.....	44
2.3. Niveaux sonores actuels.....	50
2.3.1. Objectifs réglementaires.....	50
2.3.2. Campagne de mesures.....	53
2.4. Bilan de l'état de santé de la population réunionnaise.....	56
2.4.1. Causes d'hospitalisation.....	56
2.4.2. Causes de décès.....	61
3. ANALYSE DE LA SENSIBILITE DU DOMAINE.....	63
3.1. Analyse de la population.....	63
3.2. Analyse du périmètre.....	69
4. SYNTHESE DE L'ETAT INITIAL.....	72
5. ÉTUDE DE L'IMPACT SANITAIRE DE LA CARRIERE.....	73
5.1. Analyse du fonctionnement de la carrière.....	73
5.1.1. Fonctionnement de la carrière.....	73
5.1.2. Volumes d'exploitation.....	77
5.1.3. Déroulement de l'exploitation.....	77
5.2. Identification des rejets et des voies de contamination.....	78
5.2.1. Rejets aqueux.....	78
5.2.2. Rejets de produits chimiques.....	79
5.2.3. Rejets atmosphériques liés à l'activité du site.....	81
5.2.4. Identification des voies de contamination.....	85
5.2.5. Quantification des émissions atmosphériques.....	87
5.2.6. Synthèse – Quantification des émissions atmosphériques provenant de l'exploitation de la carrière.....	95
5.3. Simulation numérique de la dispersion des rejets atmosphériques.....	96
5.3.1. Présentation du modèle utilisé.....	96
5.3.2. Résultats des modélisations.....	101
5.3.3. Influence des conditions météorologiques sur la dispersion.....	112
5.3.4. Influence des saisons sur l'exposition des cibles.....	121
5.4. Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires – EQRS.....	134
5.4.1. Contenu et démarche de l'EQRS.....	134
1.1.1. Identification des dangers et choix des VTR.....	145
5.4.2. Calcul des indices sanitaires.....	148
5.4.3. Incertitudes relatives à l'EQRS.....	150
5.4.4. Synthèse de l'EQRS.....	153
5.5. Effets du bruit généré par l'installation.....	154
5.5.1. Effets critiques du bruit sur la santé selon l'OMS.....	154
5.5.2. Identification des bruits émis par l'installation et des zones sensibles.....	154
5.5.3. Modélisation de l'impact acoustique sans mesure compensatoire.....	156
5.5.4. Modélisation des mesures compensatoires envisagées.....	157
5.5.5. Cas particulier des tirs de mine.....	158
5.5.6. Synthèse.....	158

5.6. Impact des vibrations sur la santé	159
5.6.1. Effets des vibrations émises par les matériels et les machines et les engins	159
5.6.2. Effets des vibrations émises par les tirs de mine	159
5.6.3. Mesures de prévention/compensation :	163
6. SYNTHESE DE L'ETUDE D'IMPACT	164
7. CONCLUSION	165
8. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	167
ANNEXE N°1 : STATIONS DE L'ORA – ÉQUIPEMENTS ET RESULTATS DES MESURES	169
ANNEXE N°2 : NORMES EN VIGUEUR POUR LA QUALITE DE L'AIR	176
ANNEXE N°3 : MESURES <i>IN SITU</i> DES POUSSIERES	178
ANNEXE N°4 : DONNEES METEOROLOGIQUES OBSERVEES LORS DES MESURES <i>IN-SITU</i>	188
ANNEXE N°5 : ANALYSES DE LA QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION	190
ANNEXE N°6 : ANALYSE DETAILLEE DES CONDITIONS METEOROLOGIQUES	199
ANNEXE N°7 : CARTOGRAPHIES DES RESULTATS DES MODELISATIONS	202
ANNEXE N°8 : CARTOGRAPHIES DES RESULTATS DES MODELISATIONS SELON LES SAISONS	212
ANNEXE N°9 : EFFETS SANITAIRES	234
ANNEXE N°10 : RAPPORTS D'ETUDE - LERM	238

Table des illustrations

Figure 1 : Emplacement du site	15
Figure 2: Cultures présentes à proximité du site [source : Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de La Réunion]	33
Figure 3: Trafic en moyenne journalière annuelle – Année 2014 (source : INSEE)	34
Figure 4: Emplacement des stations fixes de l'Observatoire Réunionnais de l'Air	35
Figure 5: Emplacement de la station mobile de l'ORA	36
Figure 6: Analyseur de poussières Thermo pDR 1500	38
Figure 7: Emplacement des points de mesure des particules PM10 et PM2.5	39
Figure 8: Station météorologique Vantage-VUE	39
Figure 9: Résultats de mesures in-situ	43
Figure 10 : Décomposition du spectre sonore	52
Figure 11: Carte des points de mesures du bruit initial	54
Figure 12: Dénombrement d'habitants à proximité du site – carreaux de 1 km	63
Figure 13: Dénombrement d'habitants à proximité du site – carreaux de 200 mètres	64
Figure 14: Pyramide des âges – Commune de Saint-Leu	66
Figure 15: Pyramide des âges – Commune de Les Avirons	66
Figure 16: Emplacement des lieux sensibles dans un rayon de 3 km autour du projet	70
Figure 17: Emplacement des riverains/bâtis en proximité du site	71
Figure 18: Délimitation de la zone d'extraction et de la demande d'autorisation	73
Figure 19 : Principe d'exploitation de la carrière	75
Figure 20 : Répartition massique des sources de poussières pour l'exploitation d'une mine à ciel ouvert – hors traitement	82
Figure 21: Schéma conceptuel de l'exposition des populations aux émissions de l'installation	86
Figure 22: Distribution des vents sur l'île de La Réunion (Source : Météo-France)	97
Figure 23: Statistiques du vent et climat « Les Avirons » source : « WIndfinder »	98
Figure 24: Terrains numériques – travaux préparatoires et phase 1	99
Figure 25: Terrains numériques – phase 2 et phase 3	100
Figure 26: Terrains numériques – phase 4 et remise en état	101
Figure 27: Emplacements de récepteurs	102
Figure 28: Effet de la saison sur les résultats	117
Figure 29: Effet de la classe de stabilité	119
Figure 30: Effet de l'humidité sur l'envol des poussières pour les routes non pavées	122
Figure 31: Concentration en Particules PM ₁₀ – Moyenne sur la période - Phase 1 – To + 1 an	128
Figure 32: Concentration en Particules PM ₁₀ – Moyenne sur la période - Phase 2 – To + 2 ans	129

Figure 33: Concentration en Particules PM_{10} – Moyenne sur la période - Phase 3 – To + 3 ans.....	129
Figure 34: Concentration en Particules PM_{10} – Moyenne sur la période - Phase 4 – To + 4 ans	130
Figure 35: Concentration en Particules PM_{10} – Moyenne sur la période - Remise en état – To + 4,5 ans.....	131
Figure 36: Concentration en Particules $PM_{2,5}$ – Moyenne sur la période - Phase 1 – To + 1 an	131
Figure 37: Concentration en Particules $PM_{2,5}$ – Moyenne sur la période - Phase 2 – To + 2 ans.....	132
Figure 38: Concentration en Particules $PM_{2,5}$ – Moyenne sur la période - Phase 3 – To + 3 ans....	132
Figure 39: Concentration en Particules $PM_{2,5}$ – Moyenne sur la période - Phase 4 – To + 4 ans.....	133
Figure 40: Concentration en Particules $PM_{2,5}$ – Moyenne sur la période - Remise en état – To + 4,5 ans.....	133
Figure 41: Schéma conceptuel de la démarche d'une ERS	135
Figure 42: Les différentes formes de silice (source INVS).....	147
Figure 43 : Emplacement des ZER vis-à-vis des limites du site	155
Figure 44 : Répartition de l'énergie dégagée par un tir de mines	159
Figure 45 : Schéma conceptuel des vibrations induites par l'explosion d'une mine	160
Figure 46: Néphélomètres pDR 1500	178
Figure 47 : Principe du pDR-1500	179
Figure 48: Pluviométrie annuelle – Normales entre 1981 et 2010	199
Figure 49: Pluviométrie mensuelle relevée à la station Météo France Ligne « Paradis » – Normales entre 1981 et 2010	199
Figure 50: Concentration en Particules Totales en Suspension – Moyenne annuelle (+1 an, +2 ans, +3 ans).....	202
Figure 51: Concentration en Particules Totales en Suspension – Moyenne annuelle (+4 ans, +4,5 ans)	203
Figure 52: Dépôts en Particules Totales en Suspension – Moyenne annuelle (+1 an, +2 ans, +3 ans)	204
Figure 53: Dépôts en Particules Totales en Suspension – Moyenne annuelle (+4 ans, +4,5 ans).....	205
Figure 54: Concentration en Particules PM_{10} – Moyenne annuelle (+1 an, +2 ans, +3 ans).....	206
Figure 55: Concentration en Particules PM_{10} – Moyenne annuelle (+4 ans, +4,5 ans).....	207
Figure 56: Concentration en Particules $PM_{2,5}$ – Moyenne annuelle (+1 an, +2 ans, +3 ans).....	208
Figure 57: Concentration en Particules $PM_{2,5}$ – Moyenne annuelle (+4 ans, +4,5 ans).....	209
Figure 58: Concentration en Particules COVNM – Moyenne annuelle (+1 an, +2 ans, +3 ans)	210
Figure 59: Concentration en Particules COVNM – Moyenne annuelle (+4 ans, +4,5 ans)	211
Figure 60: Concentration en Particules Totales en Suspension – Moyenne sur la période - Phase 1 – To + 1 an.....	212
Figure 61: Concentration en Particules Totales en Suspension – Moyenne sur la période - Phase 2 – To + 2 ans.....	213
Figure 62: Concentration en Particules Totales en Suspension – Moyenne sur la période - Phase 3 – To + 3 ans.....	214
Figure 63: Concentration en Particules Totales en Suspension – Moyenne sur la période - Phase 4 – To + 4 ans.....	215
Figure 64: Concentration en Particules Totales en Suspension – Moyenne sur la période - Remise en état – To + 4,5 ans.....	216
Figure 65: Concentration en Particules PM_{10} – Moyenne sur la période - Phase 1 – To + 1 an	217
Figure 66: Concentration en Particules PM_{10} – Moyenne sur la période - Phase 2 – To + 2 ans	218
Figure 67: Concentration en Particules PM_{10} – Moyenne sur la période - Phase 3 – To + 3 ans.....	219
Figure 68: Concentration en Particules PM_{10} – Moyenne sur la période - Phase 4 – To + 4 ans	220
Figure 69: Concentration en Particules PM_{10} – Moyenne sur la période - Remise en état – To + 4,5 ans.....	221
Figure 70: Concentration en Particules $PM_{2,5}$ – Moyenne sur la période - Phase 1 – To + 1 an	222
Figure 71: Concentration en Particules $PM_{2,5}$ – Moyenne sur la période - Phase 2 – To + 2 ans	223
Figure 72: Concentration en Particules $PM_{2,5}$ – Moyenne sur la période - Phase 3 – To + 3 ans.....	224
Figure 73: Concentration en Particules $PM_{2,5}$ – Moyenne sur la période - Phase 4 – To + 4 ans.....	225
Figure 74: Concentration en Particules $PM_{2,5}$ – Moyenne sur la période - Remise en état – To + 4,5 ans.....	226

Figure 75: Dépôts en Particules Totales en Suspension – Moyenne sur la période - Phase 1 – To + 1 an..... 227

Figure 76: Dépôts en Particules Totales en Suspension – Moyenne sur la période - Phase 2 – To + 2 ans..... 228

Figure 77: Dépôts en Particules Totales en Suspension – Moyenne sur la période - Phase 3 – To + 3 ans..... 229

Figure 78: Dépôts en Particules Totales en Suspension – Moyenne sur la période - Phase 4 – To + 4 ans..... 230

Figure 79: Dépôts en Particules Totales en Suspension – Moyenne sur la période - Remise en état – To + 4,5 ans 231

Figure 80: Concentration en dioxyde d'azote – Moyenne sur la période - ensemble des phases..... 232

Figure 81: Concentration en benzène – Moyenne sur la période – ensemble des phases..... 233

Table des tableaux

Tableau 1: Concentrations en SO₂ relevées par l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2012 [µg/m³]..... 19

Tableau 2: Concentrations en NO₂ et NO_x relevées par l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2012 [µg/m³]..... 21

Tableau 3: Effets sanitaires des particules..... 23

Tableau 4: Concentrations en PM₁₀ et PM_{2.5} relevées par l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2012 [µg/m³]..... 25

Tableau 5: Concentrations en monoxyde de carbone relevées par l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2012 [mg/m³]..... 27

Tableau 6: Concentrations en benzène relevées par l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2010 [µg/m³]..... 28

Tableau 7: Concentrations en ozone relevées par l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2012 [µg/m³]..... 29

Tableau 8: Concentrations en métaux relevées par l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2012 [ng/m³]..... 30

Tableau 9: Polluants émis par La Compagnie Thermique Du GOL pour l'année 2013..... 32

Tableau 10: Paramètre de la station à proximité du site..... 37

Tableau 11: Résultats de la station mobile NINA 37

Tableau 12: Emplacements des mesures des particules à proximité du site..... 38

Tableau 13: Résultats de mesures in-situ [unité : µg/m³]..... 41

Tableau 14: Rapport entre les PM₁₀ et les PM_{2,5}..... 41

Tableau 15: Polluants émis par La Compagnie Thermique Du GOL pour l'année 2013..... 44

Tableau 16: Polluants émis par l'établissement COT – SOREBRA pour l'année 2006..... 45

Tableau 17: Provenance de l'eau consommée par la population de la commune de Saint-Leu en 2011 46

Tableau 18: Provenance de l'eau consommée par la population de la commune Les Aviron 47

Tableau 19: Analyse de la qualité des eaux de consommation - Réseau Saint-Leu- 2015 48

Tableau 20: Bilan 2011 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Saint-Leu – Les Hauts de St-Leu..... 49

Tableau 21 : Émergences applicables aux installations classées 51

Tableau 22 : Émergences applicables aux installations classées..... 51

Tableau 23: Résultats des mesures de bruit réalisées sur la zone d'étude (état initial) et pressions acoustiques limites à respecter en fonctionnement 55

Tableau 24: Indicateurs fournis par l'Observatoire Régional de la Santé de La Réunion pour l'objectif 69 : Cardiopathies ischémiques..... 57

Tableau 25: Indicateurs fournis par l'Observatoire Régional de la Santé de La Réunion pour l'objectif 73 : Insuffisance cardiaque 58

Tableau 26: Indicateurs fournis par l'Observatoire Régional de la Santé de La Réunion pour l'objectif 74 : Asthme 60

Tableau 27: Origine des décès prématurés dans la population réunionnaise	61
Tableau 28: Évolution de la population de 1967 à 2012.....	65
Tableau 29: Indicateurs démographiques de 1967 à 2012.....	65
Tableau 30: Population de 15 ans ou plus selon la catégorie socioprofessionnelle en 2012	67
Tableau 31: Lieu de travail des actifs de 15 ans ou plus ayant un emploi qui résident dans la zone en 2012.....	67
Tableau 32: Types de logements en 2012.....	67
Tableau 33: Ancienneté d'emménagement dans la résidence principale en 2012	68
Tableau 34: Lieux sensibles recensés dans un rayon de 3 km.....	69
Tableau 35: Synthèse de l'état initial.....	72
Tableau 36: Surface des zones d'extraction.....	74
Tableau 37: Moyens de gestions des rejets aqueux	79
Tableau 38: Sources d'émissions identifiées et retenus pour l'évaluation des risques sanitaires	83
Tableau 39: Facteurs d'émissions de l'US EPA pour les tirs de détonation.....	88
Tableau 40: Quantités de matériaux manipulées par phase.....	90
Tableau 41 : Données concernant les engins et les véhicules présents sur le site	91
Tableau 42: Émissions de poussières provenant de la circulation des engins sur le site.....	92
Tableau 43: Vitesse de friction seuil UT^*	93
Tableau 44: Émissions générées par les engins de chantier [gramme/jour]	94
Tableau 45: Facteurs d'émission des polluants majeurs pour les véhicules diesel de plus de 3,5 tonnes	94
Tableau 46: Estimation des flux massiques de polluants atmosphériques générés par les poids lourds	95
Tableau 47: Quantité des émissions atmosphériques provenant de l'exploitation de la carrière	96
Tableau 48: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Phase 1 et Travaux préparatoires.....	103
Tableau 49: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Phase 2	104
Tableau 50: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Phase 3	105
Tableau 51: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Phase 4	106
Tableau 52: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Remise en état	107
Tableau 53: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Dioxyde d'azote [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] ..	109
Tableau 54: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Particules PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].....	110
Tableau 55: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Monoxyde de carbone et benzène [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].....	111
Tableau 56: Analyses des résultats pour les polluants non réglementés.....	112
Tableau 57: Conditions météorologiques retenues pour l'analyse de l'influence des conditions météorologiques.....	114
Tableau 58: Scénarios examinés	115
Tableau 59: Concentrations en PM_{10} calculées au niveau des récepteurs pour les conditions météorologiques particulières [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$].....	116
Tableau 60: Fréquences des vents favorisant l'exposition de populations.....	120
Tableau 61: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Phase 1 et Travaux préparatoires – Effets des saisons	123
Tableau 62: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Phase 2 – Effets des saisons	124
Tableau 63: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Phase 3 – Effets des saisons	125
Tableau 64: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Phase 4 – Effets des saisons	126

Tableau 65: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Remise en état – Effets des saisons.....	127
Tableau 66: Voies d'exposition retenues en fonction du compartiment environnemental.....	141
Tableau 67: Paramètres retenus pour les scénarios d'exposition.....	142
Tableau 68: VTR retenues pour les composés émis par le trafic (gaz d'échappement) – Effets sans seuils.....	146
Tableau 69: VTR retenues pour les composés émis par le trafic (gaz d'échappement) – Effets à seuils.....	146
Tableau 70: VTR retenue pour la silice libre.....	148
Tableau 71: Quotients de dangers obtenus sur le domaine.....	149
Tableau 72: Excès de risque individuel obtenus sur le domaine – Voie inhalation.....	150
Tableau 73: Effets critiques du bruit sur la santé selon l'OMS.....	154
Tableau 74 : Objectifs de bruit particulier pour l'ensemble des secteurs habités.....	155
Tableau 75 : Émergences résultantes dans les ZER en période diurne et nocturne Sans traitement spécifique [dB(A)].....	157
Tableau 76 : Perception des vibrations solidiennes.....	161
Tableau 77 : Impacts des vibrations de l'onde solidienne sur les bâtiments.....	162
Tableau 78 : Impacts des vibrations de l'onde aérienne sur les bâtiments.....	162
Tableau 79: Synthèse de l'étude d'impact.....	164
Tableau 80: Dioxyde d'azote – Moyenne annuelle [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$].....	169
Tableau 81: Dioxyde d'azote – Maximum horaire [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$].....	170
Tableau 82: Oxydes d'azote – Moyenne annuelle [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$].....	170
Tableau 83: Dioxyde de soufre – Moyenne annuelle [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$].....	171
Tableau 84: Dioxyde de soufre – Maximum horaire maximale [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$].....	171
Tableau 85: Nombre de dépassement – Dioxyde de soufre.....	172
Tableau 86: Benzène – Moyenne annuelle [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$].....	173
Tableau 87: Monoxyde de carbone – Moyenne maximale sur 8h [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$].....	173
Tableau 88: Particules fines PM10 [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$].....	174
Tableau 89: Particules fines PM2.5 – Moyenne annuelle [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$].....	175
Tableau 90: Métaux lourds – Moyenne annuelle [unité : ng/m^3].....	175
Tableau 91: Valeurs limites réglementaires pour la qualité de l'air [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$].....	176
Tableau 92: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Saint-Leu – CD 13.....	190
Tableau 93: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Saint-Leu – L'étang.....	190
Tableau 94: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Saint-Leu – La chaloupe Petite Ravine (Piton 800).....	191
Tableau 95: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Saint-Leu – Les hauts de St-Leu.....	191
Tableau 96: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Saint-Leu – Maduran.....	192
Tableau 97: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Saint-Leu – Piton 1000.....	192
Tableau 98: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Saint-Leu – Ville St-Leu.....	193
Tableau 99: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Les Avirons – Ville-Bananes.....	193
Tableau 100: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Les Avirons – Bras sec.....	194
Tableau 101: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Les Avirons – Cadet-Cyprès.....	195
Tableau 102: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Les Avirons – Cyprès (tevelave-camping).....	195
Tableau 103: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Les Avirons – Piton rouge.....	196

Tableau 104: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Les Aïrons – Ravine sèche 196

Tableau 105: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Les Aïrons – Toupin-Ruisseau 197

Tableau 106: Répartition de la stabilité de l'atmosphère..... 200

Tableau 107: Vitesse des vents à la station Aéroport Pierrefonds – Année 2011 200

Tableau 108: Effets sanitaires redoutés avec seuils 234

Tableau 109: Effets sanitaires redoutés sans seuils 236

Glossaire

CIRC	Centre International de Recherche contre le Cancer
CIREST	Communauté Intercommunale Réunion Est
COV	Composé Organique Volatil
COVNM	Composé Organique Volatil Non Méthanique
DDAE	Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter
EQRS	Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires
ERI	Excès de Risque Individuel
ERU	Excès de Risque Unitaire
HAP	Hydrocarbure Aromatique Polycyclique
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et RISques
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité
INSEE	Institut National de la Statistique et des Études Économiques
InVS	Institut de Veille Sanitaire
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ORA	Observatoire Réunionnais de l'Air
PDU	Plan de déplacements urbains
PM	Particulate Matter
PSQA	Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air
QD	Quotient de Danger
RD	Route Départementale
RN	Route Nationale
SRCAE	Schéma Régional Climat-Air-Énergie
TMJA	Trafic Moyen Journalier Annuel
US EPA	United States Environmental Protection Agency
US-EPA	US Environmental Protection Agency
VTR	Valeur Toxicologique de Référence
WHO	World Health Organisation

CO	Monoxyde de carbone	ha	Hectare
CO₂	Dioxyde de carbone	km	Kilomètre
NH₃	Ammoniac	m	Mètre
NO	Monoxyde d'azote	m ²	Mètre carré
NO₂	Dioxyde d'azote	m ³	Mètre cube
NO_x	Oxydes d'azote	mg	Milligramme
O₃	Ozone	µg/m ³	Microgramme par mètre cube
SO₂	Dioxyde de soufre		
TSP	Total Suspended Particulate		

RESUME

La société SCPR sollicite une demande d'autorisation d'exploiter pour la carrière de matériaux à ciel ouvert implantée sur la commune de Saint-Leu (lieu-dit « Bois-Blanc »).

Le projet prévoit également l'exploitation d'une installation de tri des matériaux, la fabrication d'explosifs à l'aide de deux unités mobiles, ainsi qu'une station de transit de produits minéraux. Dénommée « Carrière de la Ravine du Trou », l'installation sera exclusivement réservée à la Nouvelle Route du Littoral, avec une durée d'exploitation liée à celle du chantier de la Nouvelle Route du Littoral. Cela est estimé à 4 années d'approvisionnement, suivi de 6 mois de remise en état.

Ce paragraphe constitue un résumé non technique du contenu de l'étude des impacts du projet sur la santé des populations. Ce résumé en tant que tel ne reprend pas l'ensemble des données techniques qui sont par ailleurs détaillées et explicitées dans l'étude complète.

Il a pour objectif de donner une vue d'ensemble de cette étude, en reprenant les conclusions principales.

1. Méthodologie de l'Évaluation des Risques Sanitaires

L'Évaluation des Risques Sanitaires vise à prévenir et à gérer, sur le long terme, le risque potentiel encouru par une population vivant à proximité d'une source de pollution.

La méthodologie mise en œuvre dans la présente étude est celle proposée par l'INERIS [Institut National de l'Environnement Industriel et des RISques] et par l'InVS [Institut de Veille Sanitaire].

D'une manière générale, une évaluation des risques sanitaires comprend :

- **l'état initial** qui servira de base à l'appréciation des risques sanitaires ;
- **l'identification** et la **caractérisation** des émissions (ou rejets) de l'installation concernée par l'étude ;
- la **modélisation** de la dispersion de ces rejets dans l'environnement ;
- **l'évaluation** de l'exposition des populations selon un schéma conceptuel établi ;
- **l'appréciation** du risque sanitaire à l'aide d'indicateurs sanitaires.

2. Identification des émissions générées par l'exploitation de la carrière

Le terme « émission » englobe différents types de rejets liés à l'exploitation de la carrière, à savoir :

- Les émissions **atmosphériques** : il s'agit de rejets de poussières et/ou de gaz à l'atmosphère qui se dispersent dans l'environnement par les vents ;
- Les émissions **aqueuses** : il s'agit des rejets des eaux usées (sanitaires, de process) liées au fonctionnement du site (eaux sanitaires, pluviales, de process) ;
- Les émissions **sonores** (bruit) ;
- Les **vibrations**.

a. Émissions atmosphériques

Par temps sec, certaines opérations peuvent être à l'origine d'envols de poussières, comme notamment :

- Le décapage des couches de terre supérieures ;
- L'utilisation ponctuelle d'explosifs (foration et explosion de la charge) ;
- L'extraction du gisement ;
- Les opérations de manipulation et de triage des matériaux ;
- La circulation des engins sur des voies non pavées ;

Les émissions de poussières sont localisées en majorité au niveau de l'exploitation. Seules les poussières les plus fines sont susceptibles de s'envoler.

L'exploitation de la carrière va générer également des gaz de combustion. Ceux-ci proviennent des moteurs thermiques des engins de chantier ainsi que des moteurs de camions. À l'exception des camions de transport des matériaux, ces émissions sont localisées au niveau de l'installation.

Malgré les mesures prévues afin de réduire les émissions, l'exploitation du site entraînera des émissions atmosphériques, notamment de poussières.

b. Émissions aqueuses

Les rejets aqueux générés par l'exploitation de la carrière sont composés des eaux sanitaires, des eaux de pluies et de ruissellement et des eaux de process. L'exposition des populations *via* les rejets aqueux du site dépend des possibilités de transfert vers les eaux souterraines ou de surface.

L'exploitant a prévu la mise en place des mesures de gestion des rejets aqueux de l'installation. Ces mesures permettront d'éviter toute contamination des milieux naturels et des ressources en eaux du secteur. Egalement, des mesures de protection seront prévues en cas de déversement accidentel. **Par conséquent, l'exploitation de la carrière ne va pas entraîner de rejet d'eau souillée vers l'extérieur.**

c. Bruit et vibrations

L'exploitation d'une carrière entraîne des émissions sonores et des vibrations, de par :

- l'utilisation d'outils/engins constituées de parties vibrantes ;
- la fracturation de la roche massive à l'explosif (dans le cadre de l'exploitation des carrières de roches massives, le premier objectif d'un tir à l'explosif est de fracturer le massif rocheux de manière à le réduire à des blocs de roche de dimension aussi appropriée que possible aux objectifs et aux moyens d'exploitation).

Bien que des mesures soient prévues afin de réduire ces émissions, l'exploitation du site entraînera des émissions sonores et des vibrations.

3. Évaluation de l'impact des rejets sur les populations

Une fois les émissions identifiées, l'étape suivante consiste en la caractérisation de leurs impacts. Cette caractérisation nécessite :

- La quantification des sources identifiées : soit à l'aide de mesures sur des sites/engins équivalents, soit à l'aide d'inventaires d'émission.
- La modélisation de la dispersion des émissions dans l'environnement à l'aide de modèles numériques ;
- L'évaluation de l'impact au niveau des populations à l'aide de seuils réglementaires, des normes de l'OMS et/ou d'indicateurs sanitaires.

Concernant les effets du bruit et des vibrations, des études spéciales ont été réalisées pour caractériser les mesures à mettre en œuvre en vue de protéger la santé des riverains.

En outre, des campagnes de surveillance sont planifiées en vue d'assurer que l'installation ne génère aucune nuisance.

Concernant les émissions atmosphériques, leurs impacts ont été évalués dans un premier temps à l'aide des normes de la qualité de l'air, puis à l'aide d'une évaluation quantitative des risques sanitaires.

Ces quantifications ont été réalisées à l'aide d'inventaires d'émissions, les documents de l'AP42 de l'US EPA et la méthodologie COPERT.

Afin d'appréhender les effets du terrain sur la dispersion atmosphérique, il a été utilisé un modèle de simulation numérique de type Lagrangien, en l'occurrence le modèle AUSTAL2000. Ce modèle a été développé pour le compte du Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Ministère Fédéral allemand en charge de l'Environnement et de la sûreté nucléaire) et répond aux exigences techniques présentées dans l'annexe III du TA-LUFT [Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft]. Ce sont les données météorologiques de la station MétéoFrance Réunion « Saint-Pierre/Aéroport de Pierrefonds » qui ont été utilisées. En définitive, il a été calculé les concentrations ainsi les dépôts au niveau des habitations environnantes du site. Regardant les polluants réglementés, les résultats obtenus ont été comparés avec les normes de la qualité de l'air en vigueur. Ces comparaisons n'ont pas mis en évidence de dépassement imputable à l'exploitation de la carrière au niveau des habitations alentour.

Selon les matériaux ou minéraux exploités, les substances susceptibles d'être émises dans l'environnement ne présentent pas toutes des dangers pour la santé et ne sont pas toutes réglementées. Afin de considérer la totalité des effets potentiels des rejets de l'installation, une Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires [EQRS] a été réalisée. Cette méthode utilisée par l'INERIS et l'InVS consiste à juger de l'impact sanitaire *via* le calcul d'indicateurs sanitaires (Quotient de Danger et Excès de Risque Individuel).

Dans le cas des carrières extractives, les poussières émises peuvent contenir du dioxyde de silicium ou silice. Cet élément est un composant majeur de la croûte terrestre (environ 25%). La silice peut se trouver sous forme amorphe ou sous forme cristalline qui représente sa forme la plus dangereuse, puisqu'elle est à l'origine de la silicose.

En vue d'évaluer les risques liés à la présence de silice, des analyses microstructurales et chimiques d'échantillons de roches provenant du site ont été réalisées au LERM en août 2015. Les différentes analyses réalisées avec les différents échantillons de

roche ne mettent pas en évidence la présence de silice cristalline de type : quartz, cristobalite et tridymite.

Par conséquent, les risques sanitaires liés à la présence de silice cristalline sont nuls. En ce qui concerne les autres composés, les risques sanitaires sont jugés acceptables. En effet, les indicateurs sanitaires sont tous inférieurs au seuil d'acceptabilité.

4. Conclusion

Au regard des mesures prises en vue de réduire les rejets générés par l'exploitation de la carrière, l'installation n'aura pas d'impact significatif sur la santé des populations environnantes.

INTRODUCTION

Ce document présente l'étude de l'impact des rejets provenant de l'exploitation d'une carrière de roche massive sur la commune de Saint-Leu de La Réunion, sur la santé des populations.

À ce niveau du dossier, l'installation est au stade de projet.

Cette démarche s'inscrit dans le cadre d'un dossier de **D**emande **D'**Autorisation d'**E**xploiter [**DDAE**].

Le projet est porté par la **S**ociété de **C**oncassage et de **P**réfabrication de la **R**éunion [**SCPR**].

L'impact sur la santé d'une installation concerne plusieurs domaines : la qualité des eaux consommées, la qualité de l'air respiré et la qualité de l'environnement sonore.

Pour chacun des domaines précités, il sera réalisé une étude de l'état initial ainsi que l'étude de l'impact de la future installation.

L'évaluation des effets sur la santé sera faite à l'aide d'une **É**valuation **Q**uantitative des **R**isques **S**anitaires [**EQRS**].

1. PRESENTATION SUCCINCTE DU SITE

La localisation de l'exploitation de la carrière correspond à la commune de Saint Leu, au lieu-dit de 'Bois Blanc', entre la Ravine des Avirons et la Ravine du Trou.

Le site est traversé par la route des Tamarins et est délimité par :

- La Ravine du trou au Nord ;
- Une ferme au Nord-Est ;
- Des parcelles cultivées à l'Est ;
- Une zone résidentielle ainsi qu'une ferme au Sud, puis encore plus au Sud, la Ravine des Avirons, délimitant les communes de Saint-Leu et des Avirons ;
- Des habitations isolées à l'Ouest ;
- L'ancienne route nationale, ainsi que l'océan, qui longent le site du Sud jusqu'au Nord-Ouest.

L'identification cadastrale du projet est référencée en section BW 269 et BW 253.

La figure suivante représente la disposition d'implantation du projet.



Figure 1 : Emplacement du site

Le projet consiste en l'exploitation d'un gisement à ciel ouvert de roches massives composées de coulées basaltiques de différents calibres, nécessaires à la construction de la nouvelle Route du Littoral. Au sein du site, le projet comprend notamment :

- Une activité d'extraction de matériaux par abattage à l'explosif (fabrication sur place en unité mobile) ;
- Deux plateformes de tri ;
- Une activité de stockage de matériaux minéraux inertes ;
- Une station-service ;
- Un atelier de réparation et d'entretien d'équipement et de véhicules.

Ces activités sont soumises à Demande D'Autorisation, au titre de la nomenclature des Installation Classées pour la Protection de l'Environnement ainsi qu'au titre de la nomenclature de la Loi Sur l'Eau.

2. ÉTAT INITIAL

2.1. Qualité de l'air

L'état initial a pour objectif d'effectuer un bilan de la qualité de l'air pour la situation actuelle dans le domaine d'étude, cela constituant le point de départ de toute étude d'impact.

L'état initial se base sur différentes données et sources d'informations. On peut notamment citer :

- Les données et les études sur la qualité de l'air réalisées par l'Observatoire Réunionnais de l'Air [ORA];
- L'état des lieux réalisé dans le cadre de la réalisation du Schéma Régional Climat-Air-Énergie [SRCAE] ;
- La réalisation de mesures sur site (mesures *in situ*).

2.1.1. Données provenant de l'Observatoire Réunionnais de l'Air et des documents administratifs relatifs à la qualité de l'air

La documentation utilisée est référencée dans la bibliographie aux repères [1], [2], [3] et [4].

Dioxyde de soufre [SO₂]

Le dioxyde de soufre inhalé à concentration de quelques centaines de µg/m³ est absorbé à 85-99% par les muqueuses du nez et du tractus respiratoire supérieur, du fait de sa solubilité. Néanmoins, une faible fraction peut se fixer sur des particules fines et atteindre ainsi les voies respiratoires inférieures, être transféré dans le sang et l'organisme où il peut être rapidement métabolisé puis éliminé par voie urinaire.

Le dioxyde de soufre est essentiellement un gaz irritant des muqueuses qui agit en synergie avec d'autres substances, notamment les particules en suspension. Le mélange acido-particulaire peut, selon les concentrations des divers polluants, déclencher des effets bronchospamiques chez l'asthmatique, augmenter les symptômes respiratoires aigus chez l'adulte (toux, gêne respiratoire) altérer la fonction respiratoire chez l'enfant (baisse de capacité respiratoire, excès de toux ou de crises d'asthme).

Les données épidémiologiques en population générale sont nombreuses, suite aux épisodes de pollutions déjà référencés dans plusieurs pays. Chez l'homme, les études expérimentales ont montré que l'exposition à des concentrations ambiantes courantes jusqu'à $2,86 \text{ mg/m}^3$ n'entraînait aucun effet chez les sujets sains.

Le CIRC a classé le dioxyde de soufre dans la catégorie 3, c'est-à-dire non classable comme cancérigène.

Les seuils d'exposition venant de l'OMS sont les suivants :

- $500 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ sur 10 minutes ;
- $20 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ sur 24 heures.

Situation de La Réunion

Il s'agit du polluant le plus problématique sur le territoire de La Réunion jusqu'en 2008, année où la valeur limite des particules fines a changé. Depuis cette date, ce sont les particules fines qui engendrent les principales procédures d'information et d'alerte.

Le dioxyde de soufre est émis à 93.5% par la combustion énergétique (production d'électricité). Le passage des installations d'EDF à l'utilisation du fioul moins soufré, a contribué à atténuer cette problématique.

Le dioxyde de soufre est également émis naturellement, essentiellement par les volcans. Lorsque le volcan du Piton de la Fournaise est actif, des pics de SO_2 sont observés avec un facteur allant de 1,5 à 5, suivant les stations.

Les concentrations mesurées aux différentes stations de l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2012 sont données dans le tableau ci-après. On peut constater qu'aucune station ne présente de dépassement de la valeur seuil de recommandation et d'information.

Tableau 1: Concentrations en SO₂ relevées par l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2012 [µg/m³]

	Valeur limite	Seuil de recommandation et d'information	Objectif de qualité	Saint-Denis		Saint-Pierre	
				Lislet Geoffroy	Joinville	Bons Enfants	Luther King
Moyenne horaire maximale	350	300	-	(b)	29	22	(b)
Moyenne annuelle	-	-	50	(b)	1	-	(b)
	Valeur limite	Seuil de recommandation et d'information	Objectif de qualité	Le Port			Saint-Paul
				CIRFIM	Titan	Centre pénitencier	Cambaie
Moyenne horaire maximale	350	300	-	56	176	45	33
Moyenne annuelle	-	-	50	2	3	2 ^(a)	2
	Valeur limite	Seuil de recommandation et d'information	Objectif de qualité	Le Tampon	Sainte-Suzanne	Saint-Louis	Saint-Joseph
				Bourg Murat	La Marine	Sarda Garriga	Grand Coude
Moyenne horaire maximale	350	300	-	8	132	212	6
Moyenne annuelle	-	-	50	1	2	4	1
				(a) mise en service en septembre 2012		(b) arrêt des mesures en 2011	

✚ Oxydes d'azote : NO_x [NO et NO₂]

Les oxydes d'azote [NO_x] sont des gaz irritants qui pénètrent dans les ramifications les plus fines des voies respiratoires. Le dioxyde d'azote [NO₂] est considéré comme étant cinq fois plus toxique que le monoxyde d'azote [NO].

Globalement, les études écologiques temporelles mettent en évidence des liens entre une augmentation des niveaux de NO₂ et les admissions hospitalières relatives à une exacerbation de problèmes respiratoires. Cependant, la quantification des effets propres à NO₂ reste difficile du fait principalement de la corrélation avec d'autres polluants présents dans l'air. Les NO_x réagissent avec l'ammoniac et l'humidité de l'air ainsi qu'avec d'autres composés pour former de l'acide nitrique qui lui-même se dépose sur les particules. Ces particules sont ensuite inhalées.

Dès que sa teneur atteint $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, le NO_2 peut entraîner une altération de la fonction respiratoire, une hyperréactivité bronchitique chez l'asthmatique, et chez l'enfant, ils favorisent l'accroissement de la sensibilité des bronches aux infections pour une exposition d'une heure à ce taux.

L'agence US-EPA n'a pas classé ces produits comme cancérogènes et les études ne sont pas concordantes en ce qui concerne la mortalité.

Les seuils d'exposition venant de l'OMS sont les suivants :

- $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 1 année ;
- $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 1 heure.

Situation de La Réunion

En 2012, les émissions de La Réunion s'élevaient à 14,4 kilotonnes, la variation depuis les années 2000 est en dents de scie. La part d'émission liée à la production d'électricité est de 59%, 34% dus aux transports routiers, et le reste à l'épandage de fertilisants minéraux sur les sols agricoles (source : CITEPA [1]). Des sources naturelles peuvent également émettre des oxydes d'azote, tels que les feux de forêt.

Les concentrations mesurées aux différentes stations de l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2012 sont données dans le tableau qui va suivre. Aucune installation ne présente de dépassement de la valeur du seuil de recommandation et d'information.

Tableau 2: Concentrations en NO₂ et NO_x relevées par l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2012 [µg/m³]

	Valeur limite	Seuil de recommandation et d'information	Niveau critique	Saint-Denis			Saint-Pierre		
				Lislet Geoffroy	Joinville	Rambaud	Bons Enfants	Luther King	Paradis
Dioxyde d'azote									
Moyenne horaire maximale	200	200	-	88	65	124	68	-	84
Moyenne annuelle	40	-	-	7	8	14	11	-	10
Oxydes d'azote									
Moyenne annuelle	-	-	30	6	9	25	11	-	12
	Valeur limite	Seuil de recommandation et d'information	Niveau critique	Le Port		Saint-Paul	Sainte-Suzanne	Saint-Louis	
				CIRFIM	Titan	Cambaie	La Marine	Sarda Garriga	
Dioxyde d'azote									
Moyenne horaire maximale	200	200	-	-	-	-	49	195	
Moyenne annuelle	40	-	-	-	-	-	4	7	
Oxydes d'azote									
Moyenne annuelle	-	-	30	-	-	-	4	11	

- : Arrêt des mesures

Particules PM₁₀ et PM_{2.5}

Les particules peuvent irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire (particulièrement chez l'enfant et chez les personnes sensibles). Plus une particule est fine, plus sa toxicité potentielle est élevée.

Les particules de taille inférieure à 10 µm (particules inhalables PM₁₀) peuvent entrer dans les poumons mais sont ensuite retenues par les voies aériennes supérieures tandis que les particules de taille inférieure à 2,5 µm pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire et peuvent atteindre les alvéoles pulmonaires.

Selon l'Organisation Mondiale pour la Santé [OMS], les particules dites « ultra fines » (diamètre particulaire inférieur à 0,1 µm) sont suspectées de provoquer des effets néfastes sur le système cardiovasculaire.

La taille des particules et la profondeur de leur pénétration dans les poumons déterminent la vitesse d'élimination des particules. Alors qu'en moins de 24 heures, plus de 90% des particules supérieures à 6 µm sont éliminés, seuls moins de 30% des particules inférieures à 1 µm le sont dans le même laps de temps.

L'une des propriétés les plus dangereuses des poussières est de fixer des molécules gazeuses irritantes ou toxiques présentes dans l'atmosphère (comme des sulfates, des métaux lourds, des hydrocarbures, par exemple). Ainsi les particules peuvent avoir des conséquences importantes sur la santé humaine et être responsables de maladies pulmonaires chroniques de type asthme, bronchite, emphysèmes (les alvéoles pulmonaires perdent de leur élasticité et se rompent) et pleurésies (inflammation de la plèvre, la membrane qui enveloppe chacun de nos poumons). Ces effets (irritations des voies respiratoires et/ou altérations de la fonction respiratoire) s'observent même à des concentrations relativement basses.

Certaines particules ont également des propriétés mutagènes et cancérigènes.

Les études publiées à ce jour permettent de dresser le tableau suivant pour les effets aigus et chroniques des particules (cf. tableau ci-après).

Les seuils d'exposition venant de l'OMS sont :

- PM₁₀ : 20 µg/m³ sur 1 année ;
- PM₁₀ : 50 µg/m³ sur 24 heures (99e percentile) ;
- PM_{2.5} : 10 µg/m³ sur 1 année ;
- PM_{2.5} : 25 µg/m³ sur 24 heures (99e percentile).

Tableau 3: Effets sanitaires des particules

Effets aigus	Effets chroniques
<p>Les particules plus grandes que les PM₁₀ n'ont pratiquement aucun effet.</p> <p>Les particules grossières (différence estimée entre les PM₁₀ et les PM_{2,5}), comme les particules fines (comprise entre les PM_{2,5} et PM₁) ou encore les particules ultra fines (estimées en nombre, pour les tailles inférieures à 0,1 µm) ont des incidences sur la mortalité et la morbidité. Leurs effets sont largement indépendants les uns des autres.</p> <p>Les personnes souffrant d'affections des voies aériennes inférieures, d'insuffisance cardiaque et les personnes de plus de 65 ans présentent un risque accru.</p> <p>Les effets sur la mortalité respiratoire sont ressentis immédiatement ; ou le jour suivant l'exposition à une forte charge en particules. Les effets sur la mortalité cardio-vasculaire se manifestent le plus fortement après 4 jours environ. Cela signifie que l'effet des particules grossières est ressenti immédiatement - ou très rapidement - après l'exposition, et celui des particules fines et ultrafines de manière un peu différée (jusqu'à 4 jours après l'accroissement de la charge). Par ailleurs, si le risque relatif est plus grand pour la mortalité respiratoire, la mortalité cardio-vasculaire entraîne davantage de victimes.</p>	<p>Les effets chroniques sont plus importants que les effets aigus.</p> <p>Des études épidémiologiques ont démontré la corrélation entre de fortes charges en PM₁₀, en PM_{2,5} ou en sulfates et une mortalité ou une morbidité accrue.</p> <p>Le carbone élémentaire (suie de diesel) présente un fort potentiel cancérigène.</p> <p>Il n'existe pas (<i>encore</i>) d'étude concluante qui fasse la différence entre les effets chroniques des particules grossières, ceux des particules fines et ceux des particules ultrafines en matière de mortalité et de morbidité.</p>

Situation de La Réunion

Les termes PM₁₀ et PM_{2,5} [PM signifie « Particulate Matter »] représentent les fractions des TSP [Particules totales en suspension] dont les diamètres aérodynamiques sont respectivement inférieurs à 10 et à 2,5µm.

Le niveau d'émission de ces particules est inférieur à la moyenne métropolitaine. Pour l'année 2008, les émissions totales de PM₁₀ étaient de 1,6 kilotonne et celles des PM_{2,5} s'élevaient à 1,0 kilotonne (source : Atmo-Réunion). Les PM₁₀ sont, depuis 2008, le type de polluant qui engendre les principales procédures d'information et d'alerte, compte tenu de la diminution des valeurs limites réglementaires.

Les principales sources d'émission sur l'Île de La Réunion sont les suivantes :

- Les sucreries du Gol et de Bois Rouge ;
- Le brûlage des champs de canne à sucre ;
- Le trafic routier (en particulier les véhicules diesel sans système de filtration) ;
- La houle marine ;
- Le résidentiel/ tertiaire ;
- Le volcan du Piton de La Fournaise.

Les concentrations de PM_{10} et de $PM_{2,5}$ mesurées aux différentes stations de l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2012 sont données dans les tableaux ci-après.

En ce qui concerne le cas des PM_{10} , la station Rambaud a mesuré des valeurs dépassant l'objectif de qualité ainsi que la valeur limite journalière. Il en va de même pour la station Bons Enfants. La station Paradis n'a révélé qu'un dépassement de la valeur limite journalière, tout comme la station Sarda Garriga. Enfin, la station La Marine a relevé un dépassement du seuil d'alerte. Pour les $PM_{2,5}$, seule la station Bons Enfants, à Saint-Pierre, présente un dépassement du seuil de l'objectif de qualité.

Tableau 4: Concentrations en PM10 et PM2.5 relevées par l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2012 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	Valeur limite	Seuil de recommandation et d'information	Objectif de qualité	Saint-Denis			Saint-Pierre		
				Lislet Geoffroy	Joinville	Rambaud	Bons Enfants	Luther King	Paradis
Particule PM10									
Moyenne annuelle	40	-	30	12	15	34	38	21	25*
Moyenne journalière	50	50	-	27	32	71	73	39	50*
Particule PM2.5									
Moyenne annuelle	25	-	-	Non mesuré	7	-	10	-	Non mesuré
	Valeur limite	Seuil de recommandation et d'information	Niveau critique	Saint-Joseph	Le Tampon	Sainte-Suzanne	Saint-Louis		
				Grand Coude	Bourg Murat	La Marine	Sarda Garriga		
Particule PM10									
Moyenne annuelle	40	-	30	10		5	27	16	
Moyenne journalière	50	50	-	25		16	97	60	
Particule PM2.5									
Moyenne annuelle	25	-	-	4		1	Non mesuré	Non mesuré	
- : Arrêt des mesures * : à partir de Septembre 2012									

Monoxyde de carbone [CO]

La toxicité de cette substance provient de sa forte affinité pour les protéines vectrices d'oxygène (HbCO : Carboxyhémoglobine). Le monoxyde de carbone se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang (l'affinité de l'hémoglobine pour le monoxyde de carbone est 200 à 250 fois plus forte que pour l'oxygène et dépend fortement de la concentration dans l'air de monoxyde de carbone). Cela conduit à un manque d'oxygénation des organes tels que le cerveau ou le cœur qui sont de gros consommateurs d'oxygène. Une forte concentration peut ainsi conduire à l'asphyxie, au coma ou à la mort. Il est à noter que 10 à 15% du monoxyde de carbone peut également se fixer sur la myoglobine des tissus musculaires et sur les systèmes enzymatiques de la respiration cellulaire. Le monoxyde de carbone n'est pratiquement pas bio-transformé. Son élimination se fait par les poumons avec une demi-vie d'environ 4 heures pour un adulte exposé à l'air ambiant.

À faible concentration (situation rencontrée en milieu urbain), il peut entraîner un manque d'oxygénation chez les sujets prédisposés (souffrant d'angine de poitrine, par exemple) et/ou comportementaux (altération de la vigilance, ...), mais aussi chez les sujets sains. Ce phénomène est, en outre, accentué par l'exercice physique.

Une exposition chronique à faibles doses a des effets cardio-vasculaires chez les enfants à risques (maladies coronariennes) et a des effets sur le comportement (diminution de la coordination, des performances lors d'exercices). Ces troubles sont réversibles et dépendent de la teneur en HbCO. Des études ont montré que les troubles du comportement pouvaient apparaître pour des teneurs en HbCO de l'ordre de 2,5 à 7 %.

Situation de La Réunion

À la suite de la diminution des parts d'émission du secteur des transports (qui représente 23% en 2012), le secteur résidentiel est le principal secteur contributeur de ces émissions avec 60% des émissions totales (source : CITEPA [1]). Pour information, la réunion a émis 13,5 kilotonnes de monoxyde de carbone durant l'année 2012.

Les concentrations de monoxyde de carbone mesurées aux différentes stations de l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2012 sont données dans le tableau ci-après. Les valeurs relevées sont très inférieures à la valeur limite.

Tableau 5: Concentrations en monoxyde de carbone relevées par l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2012 [mg/m³]

	Valeur limite	Seuil de recommandation et d'information	Objectif de qualité	Saint-Denis		Sainte-Suzanne	Saint-Pierre		Saint-Louis
				Lislet Geoffroy	Joinville	La Marine	Bons Enfants	Luther King	Sarda Garriga
Particule PM₁₀									
Moyenne sur 8 heures	40	-	30	Arrêt des mesures		0,6	Arrêt des mesures		0,28

Benzène [C₆H₆]

Le benzène est un hydrocarbure aromatisé dont les effets à court terme correspondent principalement à une atteinte du système sanguin ainsi qu'à une diminution de la réponse immunitaire. Le benzène, classé comme composé « cancérogène certain » par le Centre International de Recherche contre le Cancer (C.I.R.C.), induit principalement des leucémies et des lymphomes. Il a aussi des effets génotoxiques (effets pouvant provoquer le développement de cancers et de mutations génétiques héréditaires).

Certaines populations sont plus sensibles que d'autres, par exemple les enfants, chez qui la production de cellules sanguines est augmentée lors de la croissance, les femmes enceintes, dont le volume respiratoire au repos est supérieur à celui de la femme non enceinte, les obèses car le benzène est lipophile, et enfin les fumeurs qui sont exposés à de fortes concentrations.

Situation de La Réunion

Le benzène est l'un des constituants des produits pétroliers. Il est également utilisé dans les carburants en remplacement du plomb à cause de ses propriétés antidétonantes. Les émissions de benzène dans l'air extérieur proviennent de l'évaporation lors du stockage, de la distribution des carburants, des émissions à l'échappement parmi les hydrocarbures imbrûlés et de l'évaporation à partir des moteurs ou réservoirs. Sa présence est autorisée dans les carburants jusqu'à la teneur de 1 % maximum en volume (Directive européenne 98/70/CE du 13 octobre 1998). Les grandes sources d'émission de ce composé sont les stations d'essence et le trafic routier.

Les concentrations en benzène mesurées aux différentes stations de l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2010 (étant donné qu'aucune mesure n'a été effectuée en

2011 et 2012) sont données dans le tableau ci-après. Les valeurs relevées sont très inférieures à la valeur limite.

Tableau 6: Concentrations en benzène relevées par l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2010 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	Valeur limite	Objectif de qualité	Saint-Denis			Saint-Pierre		
			Lislet Geoffroy	Joinville	Montgaillard	Bons Enfants	Luther King	Paradis
Moyenne annuelle	5	2	0,4	Non mesuré	0,3	0,5	Non mesuré	0,6
	Valeur limite	Niveau critique	Le Port		Saint-Paul	Sainte-Suzanne	Saint-Louis	Le Tampon
			CIRFIM	Cambaie	Cambaie	La Marine	Sarda Garriga	Bourg Murat
Moyenne annuelle	5	2-	0,4	0,4	0,3	0,6	0,5	0,5

Ozone [O_3]

L'ozone est un élément intermédiaire important du processus de formation et d'évolution des oxydants photochimique. L'ozone stratosphérique protège des rayons UV du soleil, tandis que l'ozone troposphérique est un polluant en contact direct avec l'homme et les autres écosystèmes.

Situation de La Réunion

Les concentrations en ozone mesurées aux différentes stations de l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2012 sont données dans le tableau ci-après. Aucune des mesures ne dépasse les seuils, que ce soit sur une ou huit heures.

Tableau 7: Concentrations en ozone relevées par l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2012 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	Seuil d'alerte	Seuil de recommandation et d'information	Objectif de qualité	Saint-Denis			Sainte-Suzanne
				Lislet Geoffroy	Joinville	Rambaud	La Marine
Moyenne maximale sur 8 heures	-	-	120	Arrêt des mesures	57	61	78
Moyenne horaire maximale	240	180	-	Arrêt des mesures	65	65	92
	Valeur limite	Seuil de recommandation et d'information	Objectif de qualité	Saint-Pierre			Le Tampon
				Bons Enfants	Bons Enfants	Paradis	Bourg Murat
Moyenne annuelle	-	-	120	60	Arrêt des mesures	60	97
Moyenne journalière	240	180	-	68	Arrêt des mesures	65	109

Métaux

Les métaux s'accumulent dans l'organisme et provoquent des effets toxiques à court et/ou à long terme. Ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires, ou autres.

- **Le cadmium (Cd)** : une exposition chronique induit des néphrologies (maladies des reins) pouvant évoluer vers une insuffisance rénale. L'effet irritant observé dans certains cas d'exposition par inhalation est responsable de rhinites, pertes d'odorat, broncho-pneumopathies chroniques. Sur les bases de données expérimentales, le cadmium est considéré comme un agent cancérigène, notamment pulmonaire.
- **L'arsenic (As)** : les principales atteintes d'une exposition chronique sont cutanées. Des effets neurologiques, hématologiques ainsi que des atteintes du système cardio-vasculaire sont également signalés. Les poussières arsenicales entraînent une irritation des voies aériennes supérieures. L'arsenic et ses dérivés inorganiques sont des cancérigènes pulmonaires.
- **Le plomb (Pb)** : à fortes doses, le plomb provoque des troubles neurologiques, hématologiques et rénaux et peut entraîner chez l'enfant des troubles du développement cérébral avec des perturbations psychologiques et des difficultés

d'apprentissage scolaire. À fortes doses, le plomb provoque des troubles neurologiques, hématologiques et rénaux et peut entraîner chez l'enfant des troubles du développement cérébral avec des perturbations psychologiques et des difficultés d'apprentissage scolaire (Saturnisme). Depuis la généralisation de l'essence sans plomb, l'air urbain n'est plus une source majeure d'exposition à ce polluant.

Situation de La Réunion

Le plomb est un polluant réglementé depuis longtemps. Il faut noter que depuis la suppression du plomb dans l'essence, sa concentration a fortement chuté. Les sources émettrices de plomb sont les combustions et certaines industries.

Le nickel, l'arsenic et le cadmium ne font l'objet d'une réglementation que depuis une période récente. Identiquement au plomb, leurs principales sources d'émission sont les industries et la combustion.

Les concentrations en plomb, arsenic, cadmium et nickel mesurées aux différentes stations de l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2012 sont retrouvées dans les tableaux ci-après. Les valeurs relevées sont fortement inférieures à la valeur limite.

Tableau 8: Concentrations en métaux relevées par l'Observatoire Réunionnais de l'Air pour l'année 2012 [ng/m³]

		Plomb	Arsenic	Cadmium	Nickel
Valeur limite		500	6	5	20
Station de mesure		Concentration en moyenne annuelle			
Saint-Denis	Joinville	0.8	< limite de détection de l'appareil		1.2
Saint-Pierre	Luther King	Données non existantes			
Le Port	Titan	1.8	< limite de détection de l'appareil		1.6
Sainte-Suzanne	La Marine	0.7	0.2	< limite de détection de l'appareil	1.2
Saint-Louis	Sarda Garriga	1.9	< limite de détection de l'appareil		1.5

Autres composés

Parmi les autres polluants mentionnés dans le PSQA de la période 2011-2015 [3], on peut citer :

- L'ammoniac [NH₃] émis principalement lors de l'épandage des lisiers provenant des élevages d'animaux et provoquant l'acidification des sols et l'eutrophisation des écosystèmes ;
- Les pollens provenant des différentes essences végétales de l'île et qui provoquent des allergies saisonnières ;
- La deltaméthrine utilisée lors des campagnes de démoustication et qui peut provoquer des irritations des voies aériennes supérieures et des dyspnées, ainsi que des troubles neurologiques en cas d'inhalation à forte dose ;
- Les odeurs provoquant une gêne pour les populations (atteinte au bien-être);
- Les composés organiques volatils et les HAP issus principalement des stations d'essence et du trafic routier et qui sont potentiellement cancérigènes.

2.1.2. Qualité de l'air au niveau des communes de Saint-Leu et Des Avirons

Indentification des principales sources d'émission industrielles

À proximité immédiate du site, le principal émissaire est la Compagnie Thermique Du GOL, située à 8 km du projet, et dont les polluants émis pour l'année 2013 sont regroupés dans le tableau 15.

Cet établissement comprend une installation de fabrication de sucre et une installation thermique.

Les données suivantes sont recueillies à partir de la source référencée en [4].

Tableau 9: Polluants émis par La Compagnie Thermique Du GOL pour l'année 2013

	Unité	Émission
Émission dans l'air		
Chlore [Cl]	kg/an	Non disponible
Chlore et composés inorganiques [HCl]	kg/an	288 000
Dioxyde de carbone [CO ₂] total	t/an	987 000
Dioxyde de carbone [CO ₂] total d'origine biomasse uniquement	t/an	200 000
Méthane [CH ₄]	kg/an	Non disponible
Oxyde d'azote [NO _x]	kg/an	1 460 000
Oxyde de soufre [SO _x]	kg/an	2 230 000
Protoxyde d'azote [N ₂ O]	kg/an	34 000

Zones agricoles

Les cultures rejettent principalement des pesticides et de poussières.

Aux abords de l'installation, les principales parcelles agricoles sont composées de cannes à sucre, de prairies, d'élevages, de vergers et de diversifs.

La culture la plus importante localement est la canne à sucre.

La figure ci-après recense les cultures agricoles exploitées à proximité du site.

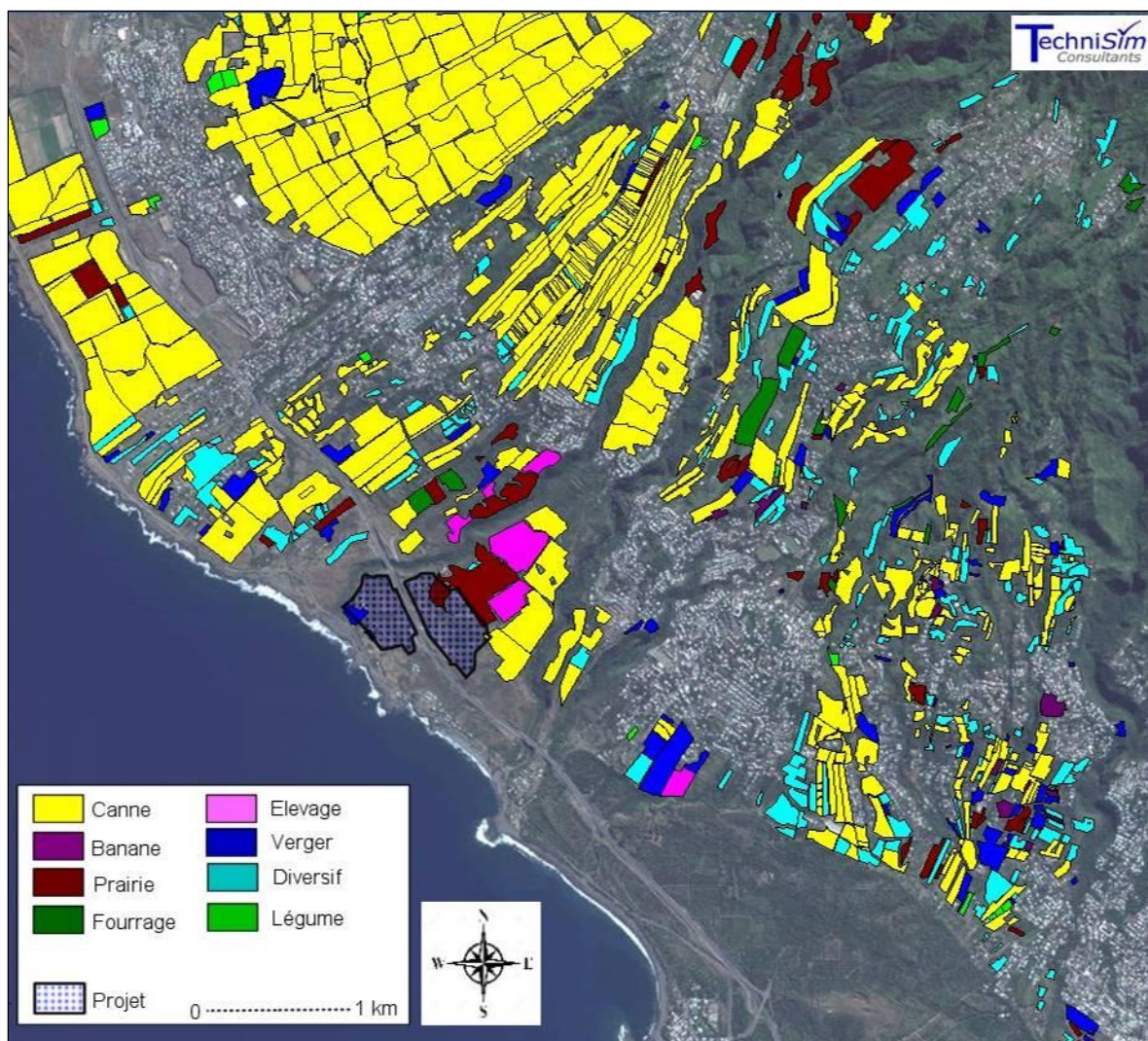


Figure 2: Cultures présentes à proximité du site [source : Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de La Réunion]

Trafic routier

La figure qui va suivre présente le trafic sur les principaux axes routiers de l'Île pour l'année 2014.

Selon les données de l'INSEE, sur la RN1A (ancienne RN1) entre Les Avirons et Saint-Leu, le trafic était de 7 800 véhicules par jour en moyenne en 2012. Cette même année, près de 42 154 véhicules ont emprunté la route des Tamarins entre ces deux communes.

Le trafic routier est principalement émetteur d'oxydes d'azote [NO_x, NO, NO₂], d'oxydes de carbone [CO, CO₂], de COV, de HAP et des métaux lourds.

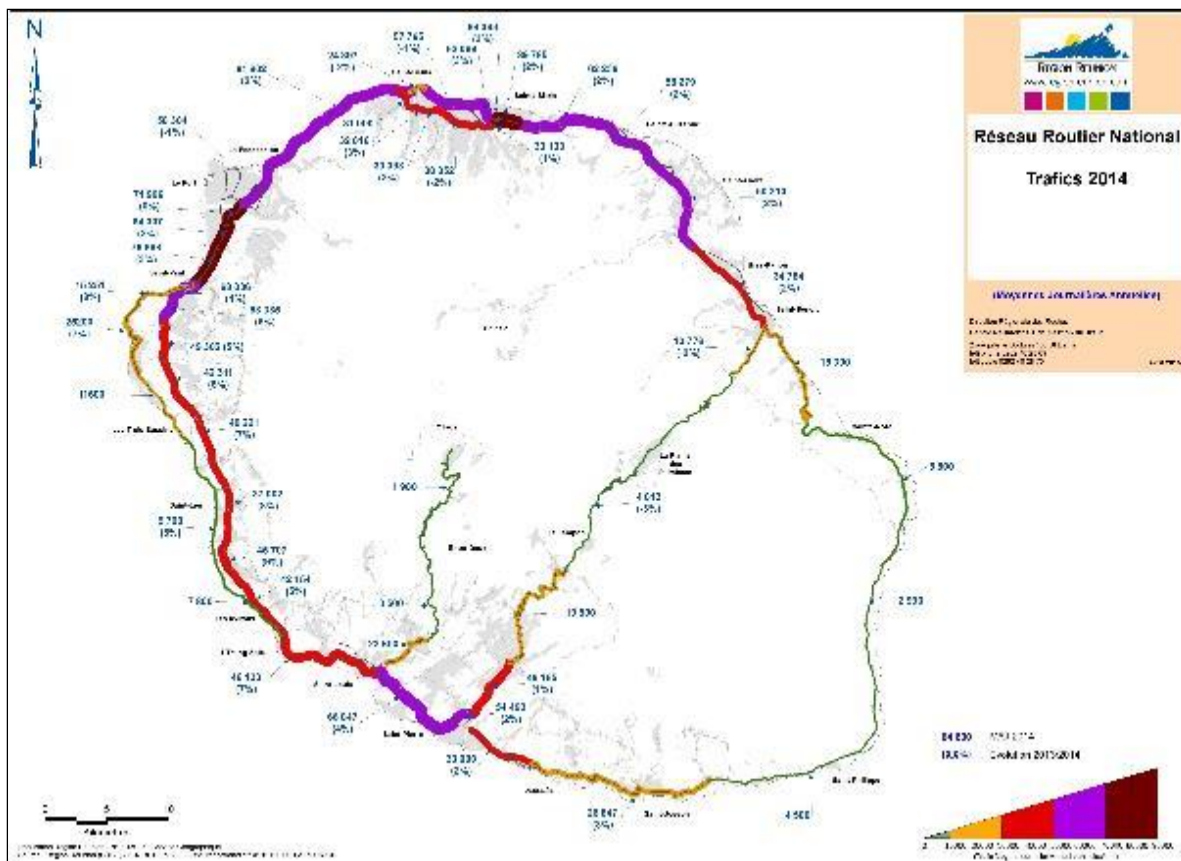


Figure 3: Trafic en moyenne journalière annuelle – Année 2014 (source : INSEE)

✚ Mesures de l'Observatoire Réunionnais de l'Air

L'Observatoire Réunionnais de l'Air dispose d'une station de mesure mobile sur la commune de l'Étang Salé.

Pour ce qui est des stations fixes, les plus proches sont situées sur la commune de Saint-Louis, à une distance de 6 km du projet.

Il n'existe aucune station sur les communes de Saint-Leu ou Les Avirons.

La figure ci-après présente le dispositif de mesure présent à proximité du site.

Les illustrations des stations sont présentées en annexe.



Figure 4: Emplacement des stations fixes de l'Observatoire Réunionnais de l'Air

Les photographies de stations de mesures ainsi que les résultats des mesures effectuées à ces stations sont fournies en annexes N°1 et N°2.

Les données suivantes proviennent des documents annexés en [5] et [6]:

- Bilan de la qualité de l'air sur la commune de Saint-Louis – Période de surveillance 2000 à 2013, Observatoire Réunionnais de l'Air / Document DE 017H ;
- Bilan de la qualité de l'air sur les communes de Saint-Louis et de l'Etang salé – Période de surveillance 2000 à 2014, Observatoire Réunionnais de l'Air / Document DE 017 I.

Les conclusions sont les suivantes :

- Au niveau de la station de mesure CTG, le dépassement de la valeur limite des particules fines PM_{10} a pu être observé durant les années 2003 et 2004. Ce dépassement s'explique par le dysfonctionnement de la sucrerie proche de la station.

- Du point de vue de la station Sarda Garriga, ce sont les émissions de dioxyde de soufre qui ont dépassé les valeurs limites en 2007. Cela peut s'expliquer en partie par l'éruption du Piton la même année. La centrale thermique du GOL a également émis du SO₂ de manière trop importante, engendrant un dépassement du seuil de recommandation et d'information pour les années 2005, 2006, 2007 et 2013.
- Pour le reste des polluants, les objectifs de qualité pour les deux stations n'ont pas été dépassés.

Les stations mentionnées précédemment sont assez éloignées du site du projet.

La station remorque laboratoire NINA est une station mobile, plus proche du projet que les stations décrites ci-dessus, et donnant des mesures plus récentes. La remorque laboratoire NINA se trouve actuellement à Saint-Louis dans le cadre de la surveillance des retombées de polluants atmosphériques autour de la CTG (Centrale Thermique du Gol).

La figure suivante représente l'emplacement de la remorque mobile de mesure proche du projet, situé sur la commune de l'Étang salé.



Figure 5: Emplacement de la station mobile de l'ORA

Le tableau suivant résume les paramètres de la station mobile de l'Étang Salé.

Tableau 10: Paramètre de la station à proximité du site

Commune	Étang Salé	Polluant(s) mesuré(s)
Libellé	REM Labo NINA	SO ₂ CO NO, NO ₂ , NO _x PM ₁₀ , PM _{2.5}
Longitude	55,43756°E	
Latitude	21,264194°S	
Altitude	124	
Mise en service	29/10/2012	

Les résultats obtenus sur cette station sont indiqués dans le tableau ci-après. Il est constaté que les valeurs mesurées sont inférieures aux seuils réglementaires.

Tableau 11: Résultats de la station mobile NINA

STATION	Polluants	Période	Moyenne	Maximum sur 24 heures	Minimum sur 24 heures
Remorque Laboratoire NINA	SO ₂	26/02/2015 au 29/03/2015	1,5 µg/m ³	8 µg/m ³	0 µg/m ³
	NO		1,2 µg/m ³	5 µg/m ³	0 µg/m ³
	NO ₂		4,4 µg/m ³	10 µg/m ³	1 µg/m ³
	NO _x		4,1 µg/m ³	12 µg/m ³	1 µg/m ³
	CO		0,12 mg/m ³	0 mg/m ³	0,2 mg/m ³
	PM ₁₀		2 µg/m ³	3,5 µg/m ³	1 µg/m ³
	PM _{2.5}		1,7 µg/m ³	3,2 µg/m ³	0,8 µg/m ³

2.1.3. Mesures sur site

Afin d'acquérir une représentation de l'état actuel de la qualité de l'air au niveau du site et de ses alentours, deux campagnes de mesures de poussières ont été réalisées, à savoir : le 29 mars 2015 et le 14 octobre 2015.

Ces mesures sont des mesures *indicatives*. Les émissions d'une carrière [11 et 12] étant les particules, les mesures ont consisté à quantifier les particules PM₁₀ et PM_{2.5}.

Les particules ont été mesurées à l'aide d'un analyseur de poussières Thermo pDR 1500. Les caractéristiques de cet appareil de mesure sont retrouvées en annexe.



Figure 6: Analyseur de poussières Thermo pDR 1500

Les emplacements des mesures sont indiqués dans le tableau ci-après.

Ceux-ci ont été retenus de manière à quadriller le site ainsi qu'en fonction de l'aménagement du terrain et de la présence d'habitations.

Tableau 12: Emplacements des mesures des particules à proximité du site

N°s	Coordonnées WGS 84				Description de l'emplacement	
1^{ère} campagne de mesure						
1	Latitude	S	21,24131°	Longitude	E 55,31488°	Proche de la route des Tamarins
2	Latitude	S	21,23892°	Longitude	E 55,31097°	Proche de la côte
3	Latitude	S	21,24372°	Longitude	E 55,31614°	Proche d'habitations
4	Latitude	S	21,23684°	Longitude	E 55,31763°	Proche d'une ferme
5	Latitude	S	21,24094°	Longitude	E 55,31701°	Proche de la route des Tamarins
2^e campagne de mesure						
3 bis	Latitude	S	21,24372°	Longitude	E 55,31614°	Proche d'habitations
6	Latitude	S	21,24363°	Longitude	E 55,31503°	À 20 mètres de la RN1
7	Latitude	S	21,24124°	Longitude	E 55,31282°	Proche d'habitations

La localisation des points de mesures est précisée dans la figure suivante.

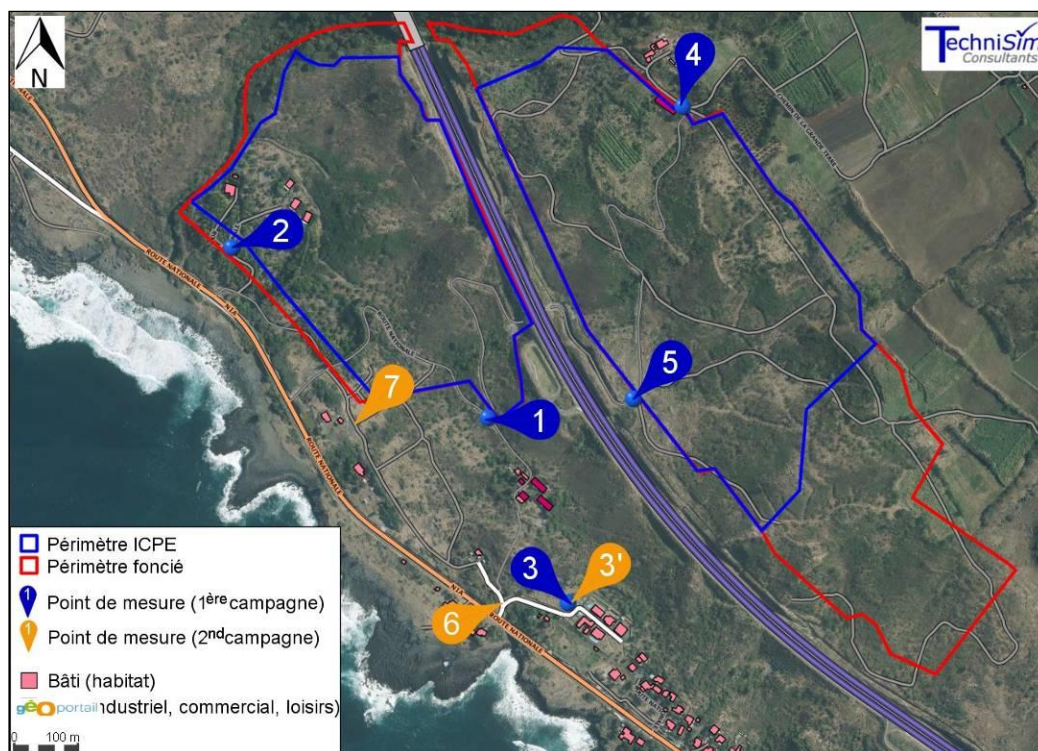


Figure 7: Emplacement des points de mesure des particules PM10 et PM2.5

La mesure des conditions météorologiques a été réalisée avec une station météorologique Vantage-VUE de Davis Instruments.

La station météo Vantage VUE comprend un ensemble de capteurs et une console.

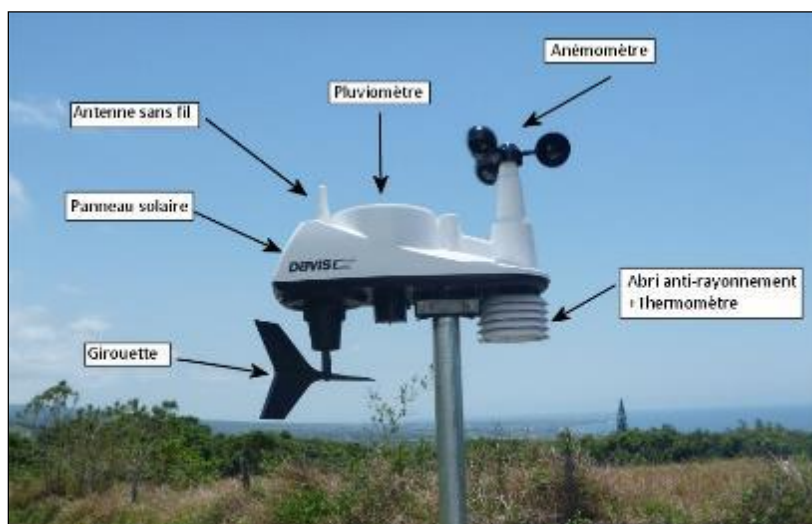


Figure 8: Station météorologique Vantage-VUE

Ces observations sont regroupées en annexe.

Synthèse des conditions météorologiques :

Durant la première campagne de mesure, les températures mesurées dépassaient les normales saisonnières (30,6 °C en moyenne observée contre 21,7 °C en moyenne pour un mois de mars normal). Le minimum et le maximum mesurés ont été respectivement de 30,3 et 32,4 °C.

Le vent était qualifié de calme à léger avec une vitesse moyenne de 0,84 m/s (3 km/h) et une direction prédominante de nord-est. La vitesse maximum mesurée des rafales de vent était de 3,6 m/s (13 km/h).

Les valeurs de la pression atmosphérique se regroupaient autour de 1035 hPa, correspondant à un faible état d'anticyclone.

Aucune précipitation n'a eu lieu durant la campagne.

Durant la seconde campagne de mesure, les températures mesurées ont également dépassé les normales de saison, avec une moyenne de 27,2 °C (26,9°C au minimum et 28,5°C au maximum) contre 17,6°C pour la normale.

Le vent observé durant la deuxième campagne était légèrement plus important que durant la première campagne, avec une moyenne de 0,97 m/s (3,5 km/h), et en prédominance une direction nord-nord-ouest. Les rafales de vent ont atteint au maximum 2,7 m/s (9,7 km/h).

La pression oscillait autour de 1046 hPa. Cette valeur correspond à un très léger état anticyclonique.

Tout comme lors de la première campagne, aucune précipitation n'a été observée durant les mesures.

Dans les deux campagnes, les conditions météorologiques observées (absence de précipitation, état anticyclonique, faible vent) n'ont pas permis une dispersion importante dans l'atmosphère.

Les résultats des mesures sont indiqués dans les tableaux suivants.

Tableau 13: Résultats de mesures in-situ [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Emplacements	Date	Heure	Durée	Particules PM _{2,5}				
				Moyenne	Maximum	Minimum	Écart-type	
Point N°1	29-mars-2015	16:21:38	6 minutes	22,27	27,18	16,15	4,03	
Point N°2	29-mars-2015	15:06:16	16 minutes	34,87	73,48	13,53	13,92	
Point N°3	29-mars-2015	16:02:14	8 minutes	42,33	65,53	16,95	13,98	
Point N°3 bis	14-oct-2015	10:30:39	31 minutes	8,75	14,81	5,65	2,17	
Point N°4	29-mars-2015	16:51:51	7 minutes	13,06	15,79	10,4	1,80	
Point N°5	29-mars-2015	17:08:05	5 minutes	11,03	13,88	8,45	1,95	
Point N°6	14-oct-2015	10:47:53	15 minutes	10,23	16,18	6,3	2,19	
Point N°7	14-oct-2015	11:13:12	21 minutes	10,40	24,27	4,58	3,89	
Emplacement	Date	Heure	Durée	Particules PM ₁₀				
				Moyenne	Maximum	Minimum	Écart-type	
Point N°1	29-mars-2015	16:29:16	7 minutes	42,74	51,2	35,82	4,03	
Point N°2	29-mars-2015	14:46:06	14 minutes	46,40	130,53	8,08	23,40	
Point N°3	29-mars-2015	15:53:35	8 minutes	36,86	48,62	17,92	10,06	
Point N°3 bis	14-oct-2015	10:17:31	36 minutes	16,11	26,31	8,39	4,24	
Point N°4	29-mars-2015	16:43:38	7 minutes	11,76	14,39	10,36	0,96	
Point N°5	29-mars-2015	17:14:09	5 minutes	11,14	11,7	10,76	0,30	
Point N°6	14-oct-2015	10:54:09	16 minutes	23,90	46,98	10,45	9,78	
Point N°7	14-oct-2015	11:07:25	15 minutes	18,59	32,99	10,66	4,44	
Bleu	Résultats de la 1 ^{ère} campagne			vert	Résultats de la 2 nd campagne			

Tableau 14: Rapport entre les PM₁₀ et les PM_{2,5}

	Point N°1	Point N°2	Point N°3	Point N°3 bis	Point N°4	Point N°5	Point N°6	Point N°7
PM_{2,5}/PM₁₀	52,1%	75,2%	114,8%	54%	111,1%	99,0%	42,8%	56,0%
Bleu	Résultats de la 1 ^{ère} campagne			Vert	Résultats de la 2 nd campagne			

En moyenne annuelle, les valeurs limites réglementaires sont de $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM₁₀ et de $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM_{2,5}. Dans le cas des particules PM_{2,5}, les données mesurées sont supérieures aux valeurs limites pour les points de mesure N°2 et N°3.

Concernant les PM₁₀, les mesures des sites N°1 et N°2 dépassent les seuils.

La différence des résultats obtenus au point N°3 durant les deux campagnes de mesure montre l'influence de la proximité de la côte. En effet, lors de la première campagne de mesure (mars 2015), le vent soufflait en direction des terres, transportant ainsi des embruns

marins. Lors de la seconde campagne, la direction du vent était à prédominance des terres vers la côte, l'air était donc moins chargé en sel marin.

Les écart-types révèlent que la fluctuation des valeurs est importante, et démontrent également que le dépassement des seuils provient des embruns marins.

Cela coïncide avec l'emplacement des sites dépassant les valeurs limites : ce sont les points de mesures les plus proches de la côte.

Il faut garder à l'esprit que les $PM_{2,5}$ représentent une partie des PM_{10} . Le rapport entre ces deux valeurs ne doit donc pas (en temps normal) dépasser les 100%. Or, dans le cas présent, le rapport au niveau des points de mesure N°3 et N°4 est supérieur à cette valeur. Cela provient du fait que les mesures de $PM_{2,5}$ et de PM_{10} ont été réalisées à quelques minutes d'intervalle, et non pas simultanément.

Il est cependant possible de déduire de ce rapport que la grande majorité des PM_{10} est composée de $PM_{2,5}$.

La figure suivante résume les valeurs obtenues lors des mesures.

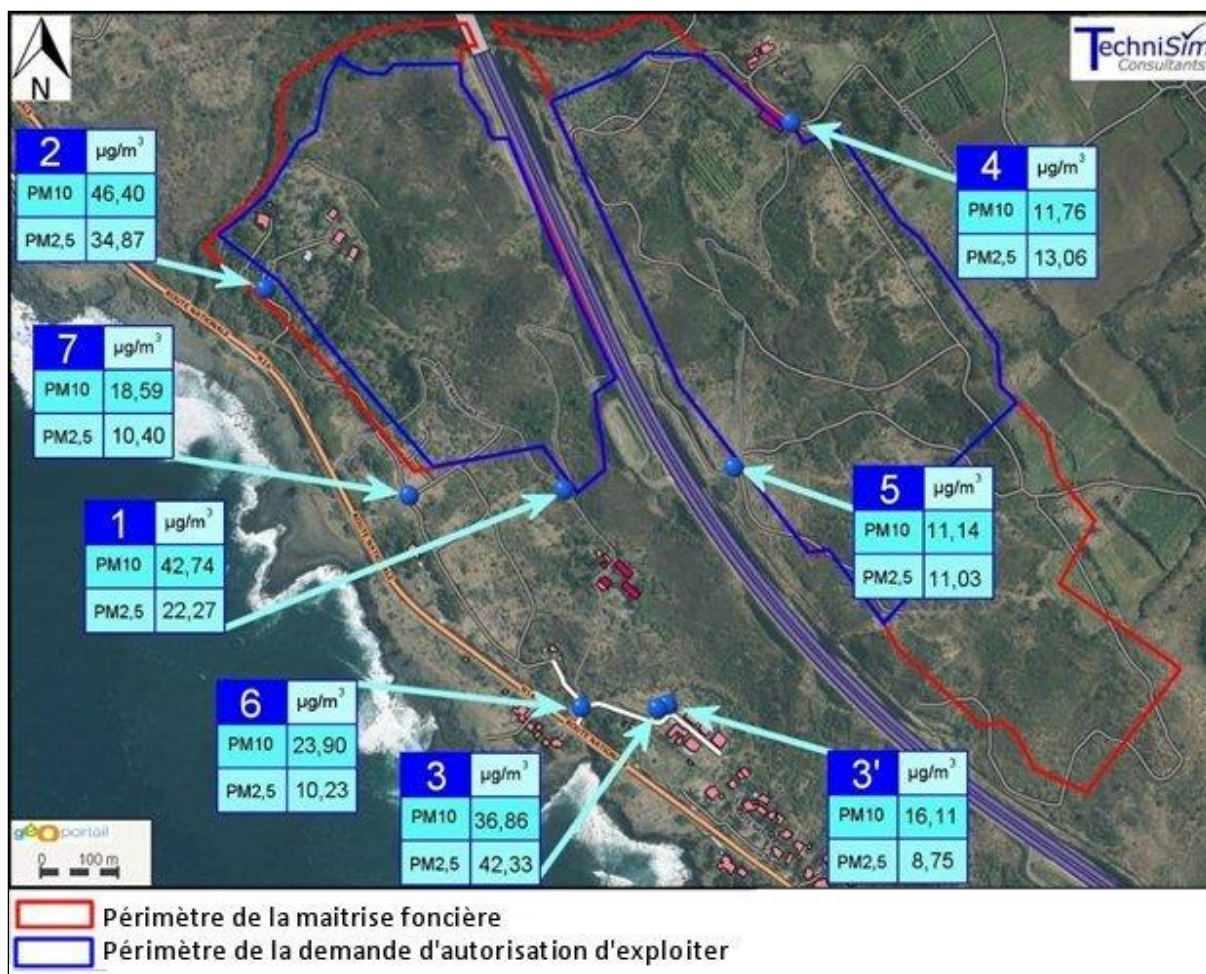


Figure 9: Résultats de mesures in-situ

2.2. Qualité de l'eau consommée au niveau des communes de Saint-Leu et des Aviron

Identification des sources d'émission

À proximité immédiate du projet, les principaux sites sources d'émission sont les suivants :

- La Compagnie Thermique Du GOL, située à 8 km du projet, et dont les polluants émis pour l'année 2013 sont regroupés dans le tableau 33 ;
- L'établissement COT – SOREBRA, situé à 17 km du projet, et dont la liste des polluants rejetés pendant l'année 2006 est résumée dans le tableau 34.

La Compagnie Thermique Du GOL regroupe une sucrerie et une installation thermique.

Les données suivantes sont recueillies à partir de la source référencée en [4].

Tableau 15: Polluants émis par La Compagnie Thermique Du GOL pour l'année 2013

	Unité	Émission en 2013
Émissions dans l'eau		
Cadmium [Cd]	kg/an	Non disponible
Zinc [Zn]	kg/an	286
Plomb [Pb]	kg/an	Non disponible
Émissions dans l'eau (indirecte*)		
Carbone organique total [COT]	kg/an	Non disponible
Demande biologique en oxygène [DBO ₅]	kg/an	289 000
Demande chimique en oxygène [DCO]	kg/an	590 000
Plomb [Pb]	kg/an	Non disponible
Émission dans le sol		
Plomb [Pb]	kg/an	Non disponible
*Le milieu de rejet des émissions indirectes est une station d'épuration		

Tableau 16: Polluants émis par l'établissement COT – SOREBRA pour l'année 2006

	Unité	Émission en 2006
Émissions dans l'eau (indirecte*)		
Demande biologique en oxygène [DBO ₅]	kg/an	66 400
*Le milieu de rejet des émissions indirectes est une station d'épuration		

Remarque : une fois les polluants émis dans le sol, ces derniers peuvent se retrouver entraînés dans les eaux souterraines par lessivage des sols lors d'épisodes pluvieux.

Réseau des eaux consommées dans les communes de Saint-Leu et Les Avoirs

Les données de cette partie de l'étude sont issues de l'Agence Régionale Santé [ARS] de l'Océan Indien.

Les documents utilisés sont en référence [6] et [7].

SCPR – EMC2 – Carrière de la Ravine du Trou 2 – EQRS – Rapport d'étude N°2d

Tableau 17: Provenance de l'eau consommée par la population de la commune de Saint-Leu en 2011

Unité de distribution		Origine de l'eau	Traitement	Captages	Date de l'analyse
000080	CD 13	Eau souterraine	Chloration (station Petite Ravine)	Fonds Petit Louis (ESO) Forage Petite Ravine (ESO) Puits de la grande ravine II (ESO)	21/09/2015
000081	LES HAUTS DE ST-LEU	Eau de surface et souterraine	Chloration (station Petite Ravine) Chloration (station Tan Rouge) Clarification physicochimique, chloration (Usine du Plate)	Bras de Jeanne (ESU) Forage de la Petite Ravine (ESO) Fonds Petit Louis (ESO)	21/09/2015
000587	L'ETANG	Eau de surface et souterraine	Chloration (réservoir l'Etang) Chloration (station Tan Rouge) Clarification physico-chimique, chloration (Usine du Plate)	Bras de Cilaos (ESU) Bras de Jeanne (ESU) Puits du Gol A, B, C (ESO)	01/10/2015
000083	MADURAN	Eau de surface et souterraine	Chloration (station Maduran)	Bras de Cilaos (ESU) Puits du Gol A, B, C (ESO)	19/08/2015
000082	PITON 1000	Eau de surface et souterraine	Chloration (station Marin Rivière)	Bras de Cilaos (ESU) Puits du Gol A, B, C (ESO)	19/08/2015
000586	LA CHALOUPE PETITE RAVINE (PITON 800)	Eau de surface et souterraine	Chloration (réservoir Piton 800)	Bras de Cilaos (ESU) Puits du Gol A, B, C (ESO)	20/08/2015
000079	VILLE SAINT LEU	Eau souterraine	Chloration (station Réservoir la ville)	Puits de la grande ravine II (ESO)	02/07/2015
*captage équipé de périmètres de protection ESU : Eau de Surface ESO : Eau SOuterraine					

SCPR – EMC2 – Carrière de la Ravine du Trou 2 – EQRS – Rapport d'étude N°2d

Tableau 18: Provenance de l'eau consommée par la population de la commune Les Aviron

Unité de distribution		Origine de l'eau	Traitement	Captages	Date de l'analyse
000004	AVIRONS VILLE-BANANES	Eau de surface (ESU) et souterraine (ESO)	Station Bananes (chloration) Station le Brûlé (chloration)	Source Bananes (ESU), Bras de Cilaos (ESU), Forage du brûlé (ESO), Puits du Gol A, B, C (ESO)	02/09/2015
000002	BRAS SEC	Eau de surface	Station Bras sec (chloration)	Source Bras sec (ESU)	02/09/2015
000001	CADET-CYPRES	Eau de surface	Réservoir Cadet (chloration) Réservoir Cyprès (chloration)	Source Cadet (ESU), Source Forcade (ESU) Source Dussac (ESU), Sources groupées (ESU)	25/08/2015
000576	PITON ROUGE	Eau de surface (ESU) et souterraine (ESO)	Bâche de reprise du Brûlé (chloration)	Forage du Brûlé (ESO) Bras de Cilaos (ESU) Puits du Gol A, B, C (ESO)	07/09/2015
000005	RAVINE SECHE AVIRONS	Eau de surface (ESU) et souterraine (ESO)	Réservoir Dozenval (chloration) Station le Brûlé (chloration)	Captage Azéma (ESU), Forage du Brûlé (ESO) Bras de Cilaos (ESU), Puits du Gol A, B, C (ESO)	20/07/2015
000770	CYPRES (TEVELAVE-CAMPING)	Eau de surface	Poste Camping Tévelave (chloration)	Sources Dussac (ESU) Sources Cadet (ESU)	20/07/2015
000003	TOUPIN-RUISSEAU	Eau de surface (ESU) et souterraine (ESO)	Bâche du Ruisseau (chloration), Station Bananes (chloration), Station le Brûlé (chloration)	Source Ruisseau (ESU), Source Bananes (ESU) Puits du Gol A, B, C (ESO), Forage du brûlé (ESO) Bras de Cilaos (ESU)	11/08/2015
* captage équipé de périmètres de protection ESU : Eau de Surface ESO : Eau SOuterraine					

Des analyses du contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine ont été réalisées par le ministère chargé de la santé. Les résultats obtenus sont présentés en annexe.

Les tableaux suivants présentent la synthèse des mesures réalisées pour les différents réseaux.

Tableau 19: Analyse de la qualité des eaux de consommation - Réseau Saint-Leu- 2015

Conformité	Bactériologique	Physico-chimique	Respect des références qualité	Remarques
Saint-Pierre				
RESEAU CD 13	OUI	OUI	OUI	-
RESEAU L'ETANG	OUI	OUI	OUI	-
RESEAU LA CHALOUPE PETITE RAVINE	OUI	OUI	OUI	-
RESEAU LES HAUTS DE ST-LEU	OUI	OUI	NON	Dépassement de la référence qualité pour la conductivité à 25°C
RESEAU MADURAN (100%)	OUI	OUI	OUI	-
RESEAU PITON 1000 (100%)	OUI	OUI	OUI	-
RESEAU ST-LEU VILLE	OUI	OUI	OUI	-

Tableau 20: Bilan 2011 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Saint-Leu – Les Hauts de St-Leu

Conformité	Bactériologique	Physico-chimique	Respect des références qualité	Remarques
Saint-Pierre				
RESEAU AVIRONS VILLE-BANANES (100%)	OUI	OUI	NON	Non-respect des références qualités pour les paramètres Bactéries coliformes et la turbidité néphélométrique
RESEAU BRAS SEC AVIRONS (100%)	OUI	OUI	NON	Dépassement des références qualité pour les bactéries et spores sulfito-réducteurs, les bactéries coliformes, la conductivité à 25°C et la turbidité néphélométrique
RESEAU CADET-CYPRES	OUI	OUI	NON	Non-respect de la référence qualité pour la conductivité à 25°C
RESEAU CYPRES	OUI	OUI	NON	
RESEAU TOUPIN-RUISSEAU	OUI	OUI	NON	
RESEAU PITON ROUGE	OUI	OUI	NON	Température de l'eau au-dessus de la référence qualité
RESEAU RAVINE SECHE AVIRONS	OUI	OUI	OUI	-

En globalité, l'eau consommée dans les deux communes de Saint-Leu et Des Avirons est conforme aux exigences réglementaires en vigueur. Cependant, certains réseaux présentent un dépassement des références de qualité.

Certains de ces dépassements sont en lien avec la conductivité à 25°C. Ce paramètre est un indicateur de la dureté de l'eau, c'est-à-dire de son degré de minéralisation (principalement des ions calcium et magnésium). Plus la conductivité est importante, plus

l'eau sera dure, et donc plus elle contiendra de minéraux. La dureté de l'eau est à l'origine de la corrosion : plus l'eau est pure (dureté faible), plus elle aura tendance à être corrosive.

Hormis cela, le réseau Piton Rouge aux Avirons présente un léger dépassement de la référence qualité de la température de l'eau. En effet, une température de l'eau trop importante influe sur la vie microbiologique de l'eau.

Également, certains réseaux ont mesuré un dépassement des références qualité des bactéries (notamment coliformes et sulfito-réductrices) ainsi que des spores. La présence de micro-organismes dans l'eau peut résulter d'une insuffisance de la protection de la ressource, ou d'un défaut du traitement de l'eau, ou bien encore de retours d'eau dans le réseau d'eau potable. Les risques encourus se manifestent essentiellement à court terme mais demeurent bénins la plupart du temps.

La turbidité (néphélométrique) est un autre paramètre n'ayant pas été respecté sur certains des réseaux. Ce paramètre définit la présence de particules en suspension dans l'eau. La turbidité n'est pas un facteur nocif en soi, mais il est synonyme de gêne (odeur, mauvais goût, couleur) lorsque les seuils de qualité ne sont pas respectés. De plus, une eau trouble offre une protection aux micro-organismes.

Lors de périodes d'eau dégradée, il n'est pas conseillé aux personnes à risque (comprenant les personnes immunodéprimées, les personnes âgées de plus de 75 ans, les enfants de moins de 5 ans et les femmes enceintes) de consommer cette eau.

2.3. Niveaux sonores actuels

2.3.1. Objectifs réglementaires

Emergences :

Les émissions sonores de l'installation ne doivent pas engendrer une augmentation du niveau sonore qui soit supérieure aux valeurs réglementaires de la zone étudiée.

Ces valeurs seuil sont rappelées dans le tableau suivant.

Tableau 21 : Émergences applicables aux installations classées

Niveau de bruit ambiant existant dans les zones à émergence réglementée (incluant le bruit de l'établissement)	Émergence admissible pour la période allant de 7 heures à 22 heures, sauf dimanche et jour fériés	Émergence admissible pour la période allant de 22 heures à 7 heures, ainsi que les dimanches et jour fériés
Supérieur à 35 dB(A) et inférieur ou égal à 45 dB(A)	6 dB(A)	4 dB(A)
Supérieur à 45 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)

Niveaux de bruit admissibles en limite de propriété

Les niveaux de bruit à ne pas dépasser en limite de propriété sont établis par l'arrêté ministériel du 23 janvier 1997.

Les valeurs seuil à considérer sont les suivantes :

- 70 dB(A) pour la période diurne ;
- 60 dB(A) pour la période nocturne.

Remarque : Si l'ambiance sonore de fond (en l'absence de l'exploitation de la carrière) pour la période considérée est supérieure à ces limites, cette exigence ne s'applique pas.

Tonalité marquée

Dans le cas où le bruit engendré uniquement par l'installation possède une bande de tiers d'octave dominante par rapport aux quatre bandes de tiers d'octave qui lui sont les plus proches (à savoir : les deux à sa droite et les deux à sa gauche), il est alors question de tonalité marquée. On parle de bande dominante lorsque l'émergence dépasse les valeurs présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 22 : Émergences applicables aux installations classées

Bandes d'octave comprises entre :	50 Hz et 315 Hz	400 Hz et 1 250 Hz	1 600 Hz et 8 000 Hz
Valeur seuil (non pondérée)	10 dB	5 dB	5 dB

Pour rappel, les tiers d'octave se décomposent comme suit.

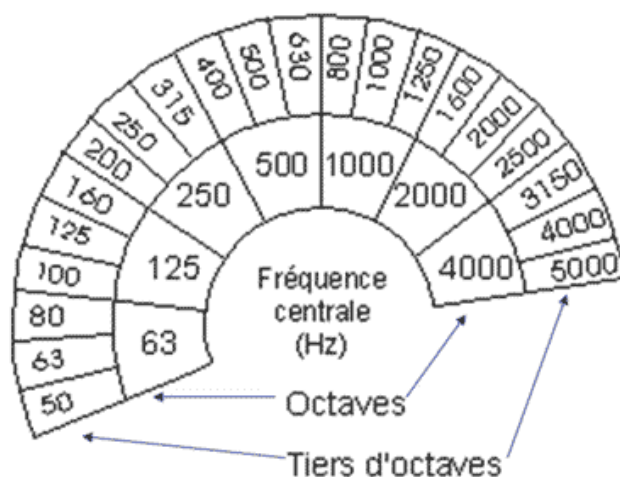


Figure 10 : Décomposition du spectre sonore

Si l'installation possède une tonalité marquée supérieure aux valeurs seuil, sa durée d'apparition ne doit pas excéder 30% de la durée de fonctionnement de la carrière pour chacune des périodes diurne ou nocturne.

Cas particulier des tirs de mines

La réglementation relative aux exploitations de carrières (arrêté du 22 septembre 1994 modifié par les articles 3 et 4 de l'arrêté ministériel du 24 janvier 2001) aborde l'aspect de la limitation des émissions sonores (article 22.1) dans les termes suivants :

« En dehors des tirs de mines, les bruits émis par les carrières [...] ne doivent pas être à l'origine [...] d'une émergence supérieure à... ».

A ce jour, aucune réglementation n'a été mise en place au sujet des tirs de mine. Cependant, une valeur de 125 dB en façade de bâtiments peut être utilisée comme valeur limite, en lien avec la circulaire du 02 juillet 1996 relative à l'application de l'arrêté du 22 septembre 1994 modifié.

Il faut également noter que, d'après la littérature, les plaintes augmenteraient fortement à partir d'une surpression de 115dB. Cette valeur peut donc être considérée comme seuil de confort pour les riverains.

2.3.2. Campagne de mesures

Afin d'apprécier le niveau sonore initial sur le site du projet, le bureau d'étude A2MS a réalisé une étude de cinq mesures de bruit sur la période allant du 21/05/2014 au 22/05/2014, complétée par une campagne de cinq mesures du bureau d'étude EMC2 Environnement.

Ces mesures ont été effectuées conformément à la norme AFNOR NF S 31-010 « Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Méthodes particulières de mesurage » (décembre 1996) complétée par les dispositions de l'arrêté du 23 janvier 1997. ».

Les cinq premières mesures réalisées se situent :

- Point 1 : habitation juste au sud du projet et du chemin -M. Marka, 1 chemin Bois Blanc ;
- Point 2 : proche d'une habitation ;
- Point 3 : habitation au nord de la Route des Tamarins, au nord-est du projet - M. Padre, chemin Bois Blanc ;
- Point 4 : habitation en contrebas de la Route des Tamarins, sud-est du projet - M. Léonis, 13 chemin Bois Blanc ;
- Point 5 : habitation au nord-ouest du projet –M. Silotia, 117 ravine des Sables.

Les autres mesures réalisées par le second bureau d'études se situent :

- Point 1, 3 et 4 : mêmes coordonnées que pour le premier bureau d'études ;
- Point 6 : zone à émergence réglementée en bordure du lotissement de Bois Blanc ;
- Point 7 : en limite de propriété du projet, accolé à la Route des Tamarins.

La localisation des points de mesure pour les deux campagnes sont données dans la figure qui suit.

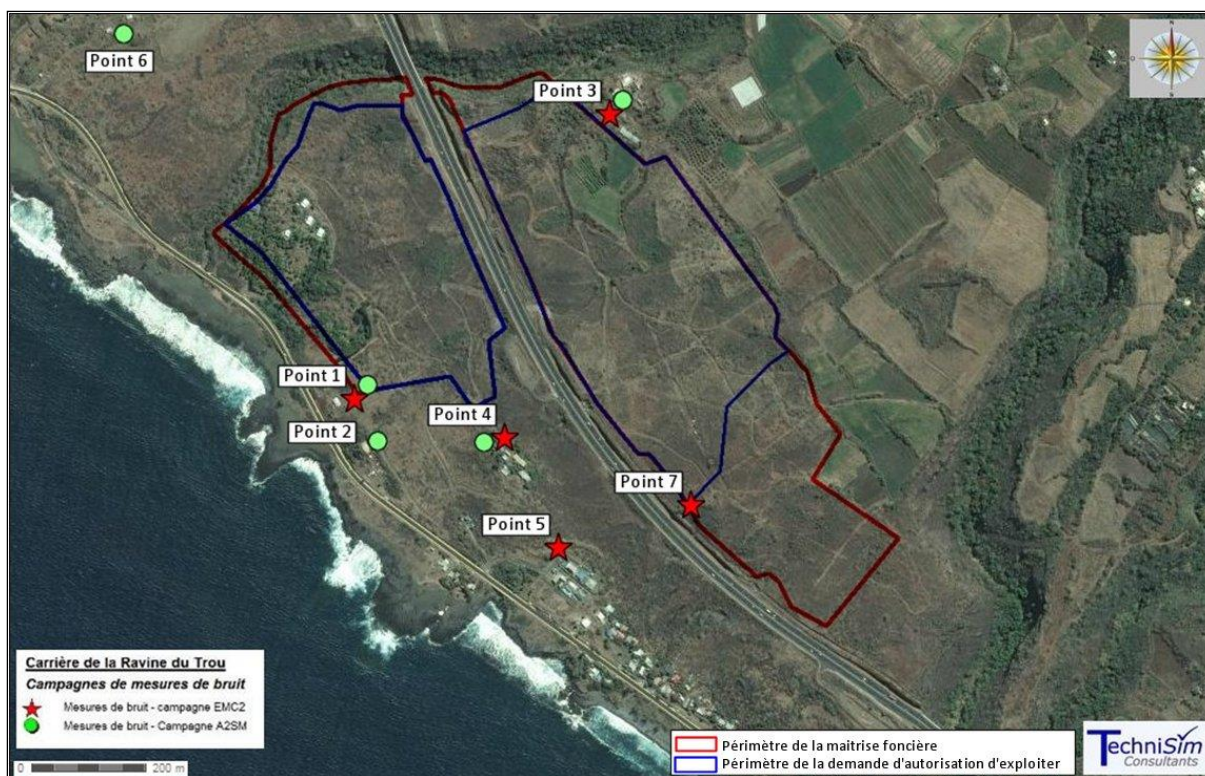


Figure 11: Carte des points de mesures du bruit initial

Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-après. Le point N°2 ne comporte pas de mesure car, la situation étant similaire à celle du point N°1, il a été jugé que les bruits résiduels étaient donc les mêmes.

Tableau 23: Résultats des mesures de bruit réalisées sur la zone d'étude (état initial) et pressions acoustiques limites à respecter en fonctionnement

Point	Période	Valeur en LA _{EQ} [dBA]		Émergence retenue [dBA]	Valeurs limites à respecter [dBA]
		Campagne EMC2	Campagne A2MS		
1	Diurne	50,2	50,5	5	50,5
	Nocturne	47,6 (milieu de nuit)	49,0	3	49,0
		53,6 (fin de nuit)			
2	Diurne	-	(50,5)	5	50,5
	Nocturne	-	(49,0)	3	49,0
3	Diurne	50,1	47,0	6	47,0
	Nocturne	46,3 (milieu de nuit)	47,0	3	47,0
4	Diurne	53,6	49,0	6	49,0
	Nocturne	42,7 (milieu de nuit)	50,0	3	49,0
5	Diurne	-	49,5	5	49,5
	Nocturne	-	46,5	3	46,5
6	Diurne	53,7	-	-	-
	Nocturne	48,3 (milieu de nuit)	-	-	-
		50,0	-	-	-
7	Nocturne	62,6	-	-	-

Les valeurs limites à respecter sont dépassées au niveau du point 1 en période nocturne et en fin de nuit, ainsi qu'au niveau des points 3 et 4 en période diurne.

Au niveau du point 7, la pression acoustique est la plus élevée, et ce, en raison du trafic routier important de la Route des Tamarins, fréquemment utilisée par des véhicules légers mais aussi par des camions.

La nuisance sonore la plus importante s'avère nettement le trafic routier généré par la Route des Tamarins.

La houle est également à prendre en compte sur les points de mesure proches de la côte, tout comme le bruit des poules lorsque l'on s'approche d'une ferme.

2.4. Bilan de l'état de santé de la population réunionnaise

2.4.1. Causes d'hospitalisation

Dans le cadre de la convention de travail 2010 avec l'ARS, l'Observatoire Régional de la Santé de La Réunion a mis à disposition les indicateurs actualisés associés à la loi relative à la politique de santé publique [10].

Parmi ces objectifs, ceux ayant un rapport avec l'environnement sont les suivants :

- Objectif 20 : Polluants atmosphériques ;
- Objectif 23 : Intoxication au monoxyde de carbone ;
- Objectif 69 : Cardiopathies ischémiques ;
- Objectif 73 : Insuffisance cardiaque ;
- Objectif 74 : Asthme.

En ce qui concerne l'objectif 20, les indicateurs consistent à définir les concentrations moyennes annuelles en dioxyde de soufre, en dioxyde d'azote, en particules PM₁₀, en benzène.

L'objectif 23 consiste à réduire de 30% la mortalité par intoxication au monoxyde de carbone.

L'objectif 69 consiste à réduire de 13% la mortalité associée aux maladies cardiovasculaires.

L'objectif 73 consiste à diminuer la mortalité aiguë des personnes atteintes d'insuffisance cardiaque.

L'objectif 74 est de réduire de 20% la fréquence des crises d'asthmes nécessitant une hospitalisation.

Les chiffres qui vont suivre sont issus de l'Observatoire Régional de la Santé de La Réunion dont le document fournit les données nécessaires à la quantification de ces objectifs.

Ces données sont répertoriées dans les tableaux ci-après.

Il s'agit des données d'hospitalisation pour les cardiopathies ischémiques, les insuffisances cardiaques et l'asthme.

On constate que seul le nombre de nouvelles admissions en ALD [Affection de Longue Durée] pour cardiopathies ischémiques a augmenté de façon significative entre 2004 et 2008 ; les autres chiffres sont dans l'ensemble restés stables.

Tableau 24: Indicateurs fournis par l'Observatoire Régional de la Santé de La Réunion pour l'objectif 69 : Cardiopathies ischémiques

Indicateurs	Producteurs	Source	Périodicité	Délai observation	2004	2005	2006	2007	2008
Nombre de décès par cardiopathies ischémiques									
Total	Inserm cépidc	Statistiques nationales des causes médicales de décès	annuelle	n-2	348	319	352	312	318
<i>Hommes</i>			annuelle	n-2	176	185	207	174	177
<i>Femmes</i>			annuelle	n-2	172	134	145	138	141
Nombre de décès avant 65 ans par cardiopathies ischémiques									
Total	Inserm cépidc	Statistiques nationales des causes médicales de décès	annuelle	n-2	98	99	100	93	94
<i>Hommes</i>			annuelle	n-2	68	73	78	69	71
<i>Femmes</i>			annuelle	n-2	30	26	22	24	23
Nombre de décès après 65 ans par cardiopathies ischémiques									
Total	Inserm cépidc	Statistiques nationales des causes médicales de décès	annuelle	n-2	250	220	252	219	224
<i>Hommes</i>			annuelle	n-2	108	112	129	105	106
<i>Femmes</i>			annuelle	n-2	142	108	123	114	118
Taux standardisés* de mortalité par cardiopathies ischémiques (pour 100 000)									
Total	Inserm cépidc	Statistiques nationales des causes médicales de décès	annuelle	n-3	96.5	94.5	86.6	83.4	
<i>Hommes</i>			annuelle	n-3	120.4	120	114	109	
<i>Femmes</i>			annuelle	n-3	77.8	74.5	65.9	64.6	
Nombre d'hospitalisations pour cardiopathies ischémiques									
Total	Inserm cépidc	Statistiques nationales des causes médicales de décès	annuelle	n-2	2443	2722	2837	2939	2833
<i>Hommes</i>			annuelle	n-2	1545	1,760	1,793	1,885	1,820
<i>Femmes</i>			annuelle	n-2	898	962	1,044	1,054	1,013
<i><65 ans</i>			annuelle		1,414	1,555	1,554	1,669	1,657
Nombre d'hospitalisations pour cardiopathies ischémiques selon le motif d'hospitalisation									
Total	Inserm cépidc	Statistiques nationales des causes médicales de décès	annuelle	n-2	1224	1047	965	1286	1310
<i>Angine de poitrine</i>			annuelle	n-2	938	825	731	914	948
<i>Infarctus aigue du myocarde</i>					600	808	613	627	737
<i>Cardio. Isch. Chron.</i>					619	867	1259	1026	786
<i>Autres card. Isch.</i>			annuelle	n-2	286	222	234	372	362
Nombre de nouvelles admissions en ALD pour cardiopathies ischémiques									
Total	Inserm cépidc	Statistiques nationales des causes médicales de décès	annuelle	n-2	660	653	630	809	793
<i>Hommes</i>			annuelle	n-2	417	465	455	563	573
<i>Femmes</i>			annuelle	n-2	243	188	175	246	220

* Standardisation sur l'âge – moyenne sur la période triennale, l'année figurant dans le tableau est l'année centrale de la triennale (standardisation sur pop France RP 2006)

Tableau 25: Indicateurs fournis par l'Observatoire Régional de la Santé de La Réunion pour l'objectif 73 : Insuffisance cardiaque

Indicateurs	Producteurs	Source	Périodicité	Délai observation	2004	2005	2006	2007	2008
Nombre de décès par insuffisance cardiaque (tous âges)									
Total	Inserm cépidc	Statistiques nationales des causes médicales de décès	annuelle	n-2	109	134	122	107	83
Hommes			annuelle	n-2	45	58	44	39	32
Femmes			annuelle	n-2	64	76	78	68	51
Nombre de décès par insuffisance cardiaque pour les moins de 65 ans									
Total	Inserm cépidc	Statistiques nationales des causes médicales de décès	annuelle	n-2	14	15	16	10	10
Hommes			annuelle	n-2	9	12	12	5	5
Femmes			annuelle	n-2	5	4	4	5	5
Nombre de décès par insuffisance cardiaque pour les 65 ans et +									
Total	Inserm cépidc	Statistiques nationales des causes médicales de décès	annuelle	n-2	95	116	106	97	73
Hommes			annuelle	n-2	36	46	32	34	27
Femmes			annuelle	n-2	59	72	74	63	46
Taux standardisé* de décès par insuffisance cardiaque (tous âges)									
Hommes	Inserm cépidc	Statistiques nationales des causes médicales de décès	annuelle	n-2	43.1	37.7	36.7	31.1	
Femmes			annuelle	n-2	36.5	38.3	37.2	31.6	
Nombre de séjours hospitaliers pour insuffisance cardiaque (tous âges)									
Total	ATIH, FNORS	PMSI	annuelle	n-2	1330	1602	1888	1756	1788
Hommes			annuelle	n-2	616	720	797	758	820
Femmes			annuelle	n-2	714	882	1091	998	968
Nombre de séjours hospitaliers pour insuffisance cardiaque pour les – de 65 ans									
Total	ATIH, FNORS	PMSI	annuelle	n-2	388	413	514	522	534
Hommes			annuelle	n-2	235	251	283	300	330
Femmes			annuelle	n-2	153	162	231	222	204
Nombre de séjours hospitaliers pour insuffisance cardiaque pour les 65 ans et +									
Total	ATIH, FNORS	PMSI	annuelle	n-2	942	1189	1377	1234	1254
Hommes			annuelle	n-2	381	469	515	458	490
Femmes			annuelle	n-2	561	720	862	776	764
Taux bruts de séjours hospitaliers pour insuffisance cardiaque (tous âges)									
Total	ATIH, FNORS, INSEE	PMSI, Estimations de population	annuelle	n-2	1.7	2.1	2.4	2.2	2.2
Hommes			annuelle	n-2	1.6	1.9	2.1	2.0	2.1
Femmes			annuelle	n-2	1.8	2.2	2.7	2.4	2.3
Taux bruts de séjours hospitaliers pour insuffisance cardiaque pour les moins de 65 ans									

Indicateurs	Producteurs	Source	Périodicité	Délai observation	2004	2005	2006	2007	2008
Total	ATIH, FNORS, INSEE	PMSI, Estimations de population	annuelle	n-2	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7
<i>Hommes</i>			annuelle	n-2	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9
<i>Femmes</i>			annuelle	n-2	0.4	0.4	0.6	0.6	0.5
Taux bruts de séjours hospitaliers pour insuffisance cardiaque pour les 65 ans et +									
Total	ATIH, FNORS, INSEE	PMSI, Estimations de population	annuelle	n-2	17.1	20.9	22.3	19.8	19.7
<i>Hommes</i>			annuelle	n-2	16.7	19.9	19.9	17.6	18.6
<i>Femmes</i>			annuelle	n-2	17.4	21.7	24.0	21.3	20.4

* Standardisation sur l'âge – moyenne sur la période triennale, l'année figurant dans le tableau est l'année centrale de la triennale (standardisation sur pop France RP 2006)

On constate que seuls les séjours hospitaliers pour insuffisance cardiaque (notamment pour les moins de 65 ans) ont augmenté de façon significative entre 2004 et 2008. Les autres chiffres sont dans l'ensemble restés stables.

En ce qui concerne l'asthme (tableau ci-après), on constate que les données n'ont pas varié grandement entre 2005 et 2008.

En termes de santé publique, il faut noter que les données de mortalité et de morbidité hospitalière de l'INVS confirment l'importance de l'asthme à la Réunion : la mortalité par asthme se trouve, selon la classe d'âge et le sexe, trois à cinq fois plus élevée qu'en métropole, et les hospitalisations pour asthme sont deux fois plus fréquentes¹.

¹ INVS, (2005), *Épidémiologie de l'asthme à la Réunion : analyse de la mortalité (1990-1998) et de la morbidité hospitalière (1998-2002)*

Tableau 26: Indicateurs fournis par l'Observatoire Régional de la Santé de La Réunion pour l'objectif 74 : Asthme

Indicateurs	Producteurs	Source	Périodicité	Délai observation	2005	2006	2007	2008
Nombre de séjours hospitaliers pour asthme (tous âges)								
Total	ATIH, FNORS	PMSI	annuelle	n-2	1090	1281	1036	1151
Hommes			annuelle	n-2	552	612	535	567
Femmes			annuelle	n-2	538	669	501	584
Taux bruts de séjours hospitaliers pour asthme (Taux pour 1000)								
Total	ATIH, FNORS, INSEE	PMSI, Estimations de population	annuelle	n-2	1.4	1.6	1.3	1.4
Hommes			annuelle	n-2	1.5	1.6	1.4	1.5
Femmes			annuelle	n-2	1.4	1.7	1.2	1.4
Taux standardisés* de séjours hospitaliers pour asthme (Taux pour 1000)								
Total	ATIH, FNORS, INSEE	PMSI, Estimations de population	annuelle	n-2	1.2	1.4	1.1	1.2
Hommes			annuelle	n-2	1.2	1.3	1.1	1.1
Femmes			annuelle	n-2	1.2	1.4	1.0	1.2
Nombre d'hospitalisations en MCO pour insuffisance respiratoire aiguë chez des patients asthmatiques								
Total	ATIH, FNORS	PMSI	exploitation FNORS		159.0			
Taux d'hospitalisations en MCO pour insuffisance respiratoire aiguë chez des patients asthmatiques								
Total	ATIH, FNORS, INSEE	PMSI, Estimations de population	exploitation FNORS		20.5			
Taux standardisé d'hospitalisations en MCO pour insuffisance respiratoire aiguë chez des patients asthmatiques								
Total	ATIH, FNORS, INSEE	PMSI, Estimations de population	exploitation FNORS		31.1			
Nombre de nouvelles admissions en ALD 14 (Insuffisance respiratoire chronique grave)								
Total	CNAMTS, RSI, MSA, FNORS	Statistiques d'incidence des ALD	annuelle	n-2	329	282	347	379
Hommes			annuelle	n-2	185	152	202	216
Femmes			annuelle	n-2	144	130	145	163
Nombre de nouvelles admissions en ALD pour Asthme								
Total	CNAMTS, RSI, MSA, FNORS	Statistiques d'incidence des ALD	annuelle	n-2	155	125	140	152
Hommes			annuelle	n-2	64	46	55	59
Femmes			annuelle	n-2	91	79	85	93
Nombre de décès par asthme (tous âges)								
Total	Inserm cépidc	Statistiques nationales des causes médicales de décès	annuelle	n-2	34	19	24	15
Hommes			annuelle	n-2	16	10	9	8
Femmes			annuelle	n-2	18	9	15	7
Taux standardisé* de décès par asthme (tous âges)								
Total	Inserm cépidc	Statistiques nationales des causes médicales de décès	annuelle	n-3	9.3	7.4	6.3	4.6
Hommes			annuelle	n-3	9.9	7.8	6.5	5.0
Femmes			annuelle	n-3	8.8	7.0	6.1	4.3

* Standardisation sur la population France au RP 2006

2.4.2. Causes de décès

Les données relatives aux causes de mortalité à la Réunion proviennent de la source référencée en [10]. Ces valeurs concernent l'année 2012.

Le tableau suivant représente l'origine des décès prématurés pour la population réunionnaise, tous sexes confondus. Par décès prématurés, il est entendu un décès survenu avant 65 ans.

Tableau 27: Origine des décès prématurés dans la population réunionnaise

Cause	Tous âges et sexes confondus	Décès prématurés (< 65 ans)	Pourcentage
Maladies infectieuses	92	33	35,9 %
Tumeurs	1105	411	37,2 %
Maladies sanguines	273	64	23,4 %
Maladies du système nerveux	171	40	23,4 %
Maladies de l'appareil circulatoire	1079	222	20,6 %
Maladies de l'appareil respiratoire	279	46	16,5 %
Maladies de l'appareil digestif	182	63	34,6 %
Maladies des tissus et des organes	105	18	17,1 %
Maladies infantiles	110	105	95,5 %
Autres	783	359	45,9 %
Total	4179	1361	32,6 %

37,2% des décès par tumeurs sont des décès survenant avant 65 ans (décès prématuré).

Pareillement pour les maladies infectieuses et les maladies de l'appareil digestif, la proportion de mortalité des moins de 65 ans dépasse les 30 % (respectivement 35,9% et 34,6%).

La figure ci-après décrit la répartition des causes de décès chez les moins de 65 ans.

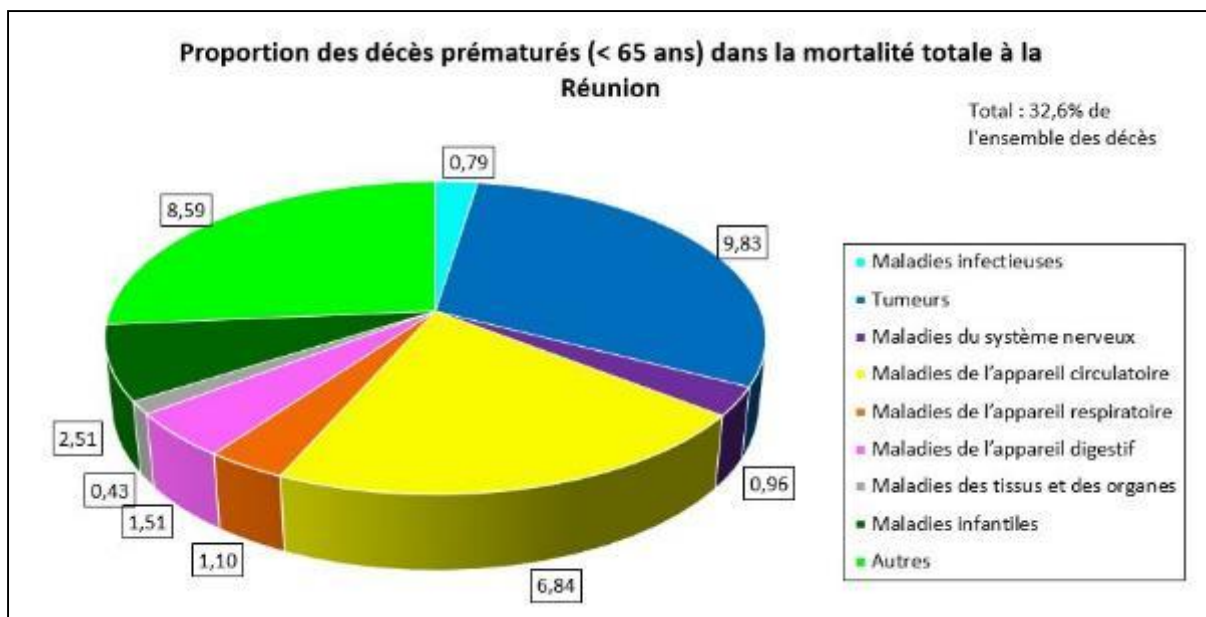


Figure 12: Origines et proportions des décès prématurés en 2012

Les tumeurs représentent la part la plus importante des décès chez les moins de 65 ans en 2012, avec près de 10% de la mortalité totale.

Les maladies de l'appareil circulatoire sont également à l'origine d'un nombre élevé de décès prématurés à la Réunion (6,8 %).

Remarque : la catégorie « autres » regroupe les accidents, les suicides, les homicides, les causes inconnues et la toxicomanie.

3. ANALYSE DE LA SENSIBILITE DU DOMAINE

3.1. Analyse de la population

Les figures suivantes présentent les données de population carroyées à 1 kilomètre et à 200 mètres [correspondant à des estimations de population réalisées respectivement sur des carreaux de 1 km sur 1 km et de 200 m sur 200 m].

Ces données proviennent de l'INSEE pour l'année 2010.

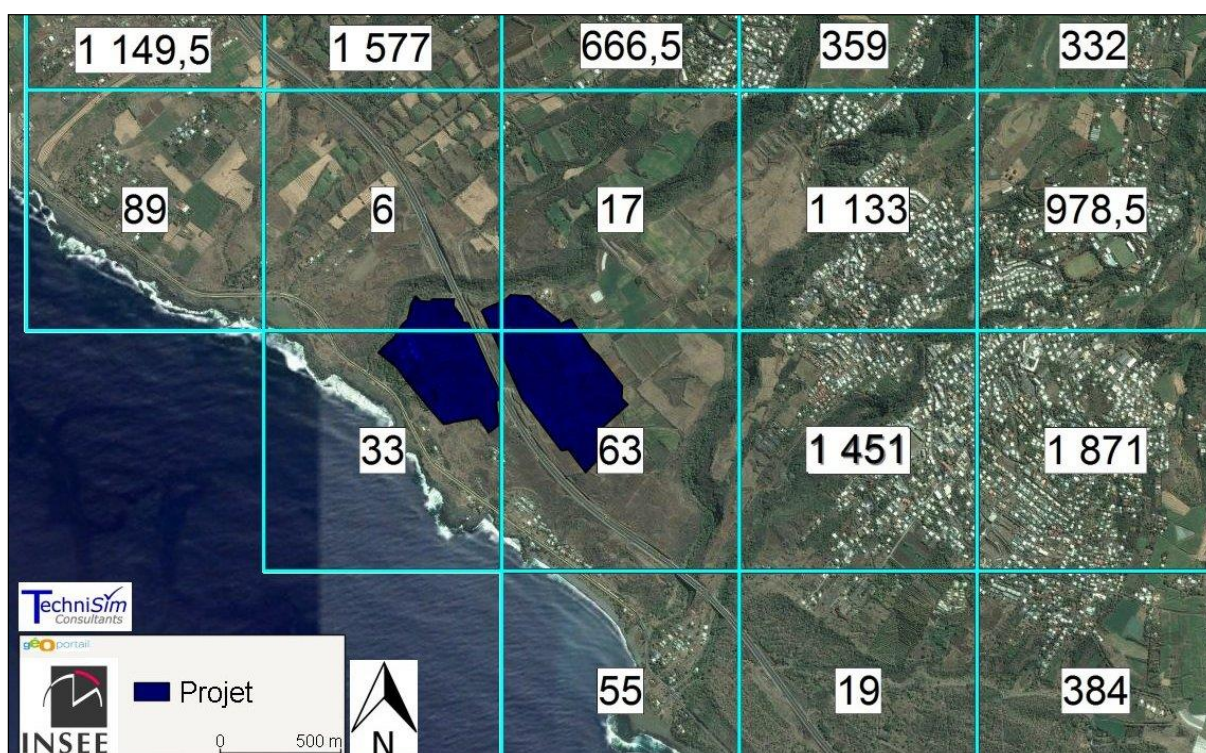


Figure 12: Dénombrement d'habitants à proximité du site – carreaux de 1 km

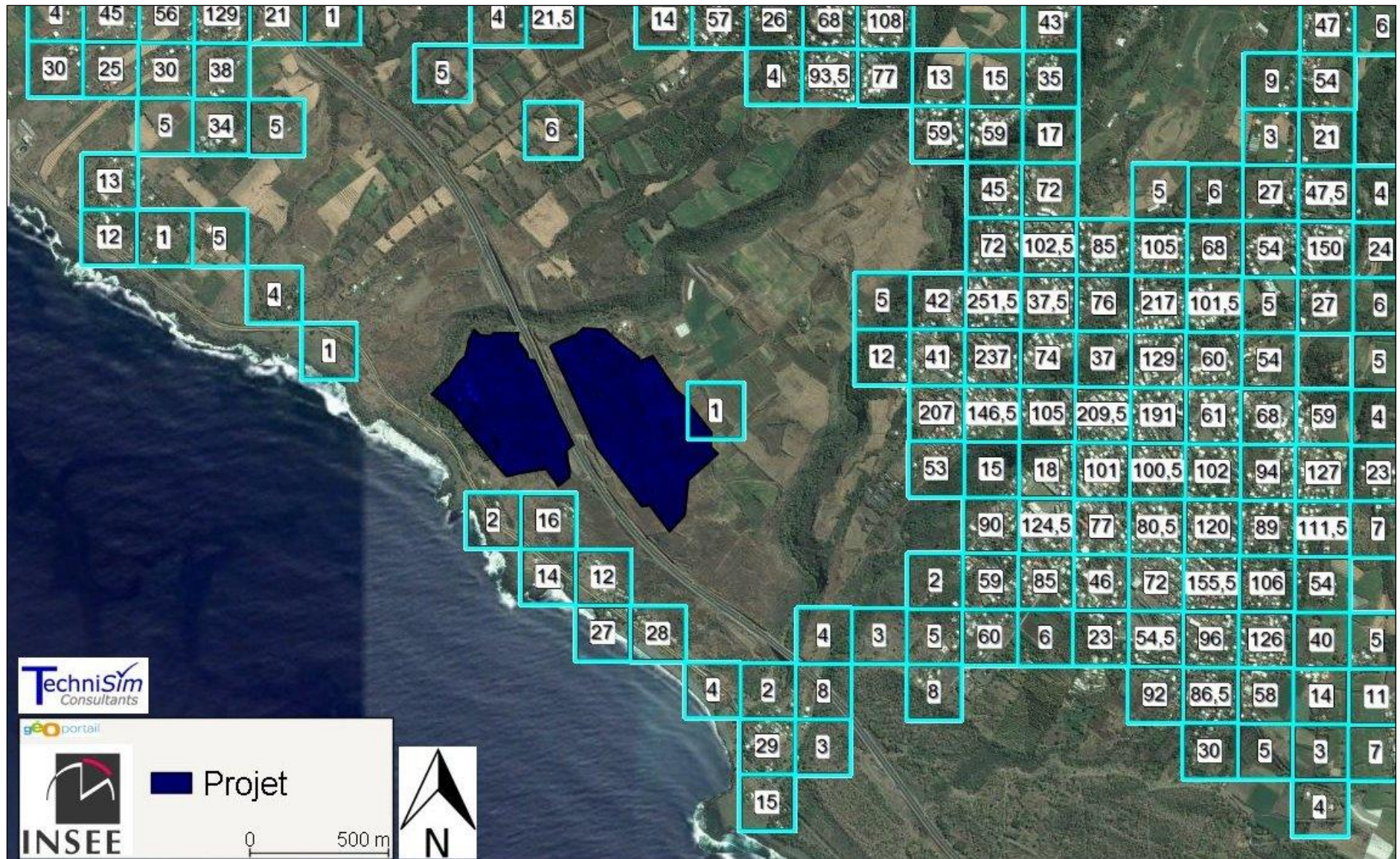


Figure 13: Dénombrement d'habitants à proximité du site – carreaux de 200 mètres

Le domaine s'étend sur la commune de Saint-Leu et se trouve à la limite de la commune Les Aviron. D'après les recensements de l'INSEE [8] et [9], les populations de ces communes ne cessent d'augmenter. On doit cette augmentation, d'une part, au solde naturel et d'autre part, légèrement au solde apparent des entrées-sorties.

Tableau 28: Évolution de la population de 1967 à 2012

Communes	1967	1974	1982	1990	1999	2006	2007	2011	2012
<i>Saint-Leu</i>	16 870	17 396	18 207	20 931	25 314	28 969	29 422	31 837	32 971
<i>Les Aviron</i>	4 547	4 863	5 150	5 935	7 172	9180	10 093	10705	11 181

Tableau 29: Indicateurs démographiques de 1967 à 2012

Communes	1967 à	1974 à	1982 à	1990 à	1999 à	2007 à
<i>Saint-Leu</i>	1974	1982	1990	1999	2007	2012
<i>Variation annuelle moyenne de la population (%)</i>	+ 0,4	+ 0,6	+ 1,8	+ 2,1	+ 1,9	+ 2,3
<i>Due au solde naturel (%)</i>	+ 2,5	+ 2	+ 1,8	+ 1,6	+ 1,3	+ 1,3
<i>Due au solde apparent des entrées-sorties (%)</i>	-2	-1,4	0	+ 0,6	+ 0,6	+ 1
<i>Taux de natalité naturel (‰)</i>	+ 32,4	+ 25,8	+ 23,9	+ 20,9	+ 19	+ 18,1
<i>Taux de mortalité naturel (‰)</i>	+ 7,8	+ 5,3	+ 6,1	+ 5,3	+ 5,7	+ 4,8
<i>Les Aviron</i>	1967 à	1974 à	1982 à	1990 à	1999 à	2007 à
	1974	1982	1990	1999	2007	2012
<i>Variation annuelle moyenne de la population (%)</i>	+ 1	+ 0,8	+ 1,8	+ 2,1	+ 4,4	+ 2,1
<i>Due au solde naturel (%)</i>	+ 2,1	+ 1,5	+ 1,2	+ 1	+ 1,1	+ 1,2
<i>Due au solde apparent des entrées-sorties (%)</i>	-1,2	-0,8	+ 0,6	+ 1,2	+ 3,3	+ 0,9
<i>Taux de natalité naturel (‰)</i>	+ 28,5	+ 20,7	+ 18,5	+ 16,3	+ 16,1	+ 16,2
<i>Taux de mortalité naturel (‰)</i>	+ 7,4	+ 5,3	+ 6,2	+ 6,5	+ 5	+ 4,5

Les figures ci-après présentent les pyramides des âges pour ces deux communes.

Il faut noter que la population est assez jeune :

- Environ 24,1% de la population de Saint-Leu est âgée de moins de 15 ans ;
- Environ 24,3% de la population des Avoirs est âgée de moins de 15 ans.

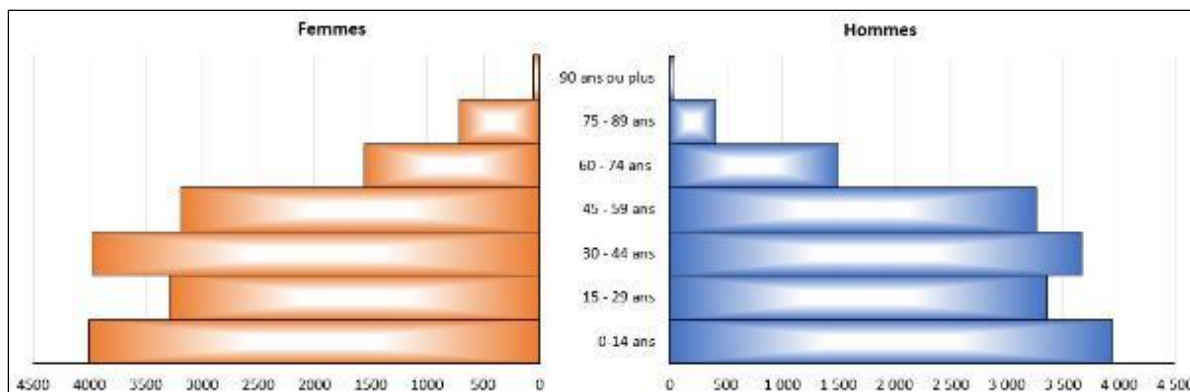


Figure 14: Pyramide des âges – Commune de Saint-Leu

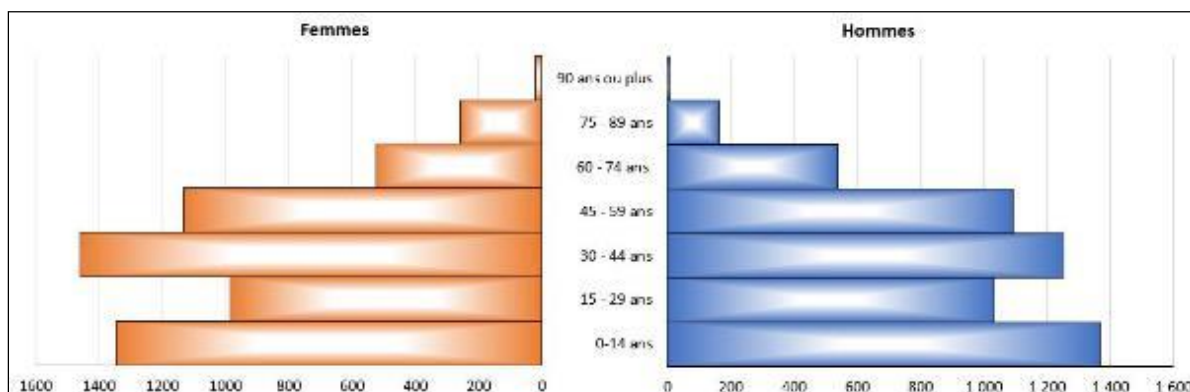


Figure 15: Pyramide des âges – Commune de Les Avoirs

Les tableaux qui suivent sont également issus des recensements de l'INSEE pour l'année 2012 [8] [9].

Tableau 30: Population de 15 ans ou plus selon la catégorie socioprofessionnelle en 2012

	Saint-Leu		Les Avoirs	
Ensemble	25 026	100%	8 612	100 %
Agriculteurs exploitants	300	1,2 %	107	1,2 %
Artisans, commerçants, chefs d'entreprise	1 102	4,4 %	402	4,7 %
Cadres et professions intellectuelles supérieures	1 201	4,8 %	569	6,6 %
Professions intermédiaires	3 013	12,0 %	1 229	14,3 %
Employés	4 931	19,7 %	1 646	19,1 %
Ouvriers	4 170	16,7 %	1 195	13,9 %
Retraités	3 671	14,7 %	1 448	16,8 %
Autres personnes sans activité professionnelle	6 638	26,5 %	2 017	23,4 %

Tableau 31: Lieu de travail des actifs de 15 ans ou plus ayant un emploi qui résident dans la zone en 2012

	Saint-Leu		Les Avoirs	
Ensemble	9 820	100 %	3755	100 %
dans la commune de résidence	5 036	51,7 %	1 318	34,5 %
dans une commune autre que la commune de résidence	4 784	48,3 %	2 438	65,5 %
située dans le département de résidence	4 726	47,6 %	2 413	65,0 %
située dans un autre département de la région de résidence	0	0,0 %	0	0,0 %
située dans une autre région	57	0,7 %	25	0,5 %

Tableau 32: Types de logements en 2012

	Saint-Leu		Les Avoirs	
Ensemble	13 115	100 %	4 418	100 %
Résidences principales	11 681	89,1 %	4 054	91,8 %
Résidences secondaires et logements occasionnels	405	3,1 %	118	2,7 %
Logements vacants	1 029	7,8 %	246	5,6 %

Tableau 33: Ancienneté d'emménagement dans la résidence principale en 2012

Saint-Leu	Nombre de ménages	Part des ménages	Population des ménages
<i>Ensemble</i>	11 681	100 %	32 958
<i>Depuis moins de 2 ans</i>	1 544	13,2 %	3 956
<i>De 2 à 4 ans</i>	2 292	19,6 %	6 242
<i>De 5 à 9 ans</i>	1 948	16,7 %	5 601
<i>10 ans ou plus</i>	5 897	50,5 %	17 159
Les Aviron	Nombre de ménages	Part des ménages	Population des ménages
<i>Ensemble</i>	4 054	100 %	11 163
<i>Depuis moins de 2 ans</i>	513	12,6 %	1 302
<i>De 2 à 4 ans</i>	888	21,9 %	2 417
<i>De 5 à 9 ans</i>	894	22,1 %	2 663
<i>10 ans ou plus</i>	1 759	43,4 %	4 781

En 2012, 26,5% de la population de la commune de Saint-Leu étaient sans activité professionnelle, mis à part les retraités qui représentaient 14,7%. Pour la commune des Aviron, 23,4% de la population étaient sans emploi, pour 16,8% de retraités.

Le nombre de personnes travaillant dans la commune de résidence représente sensiblement la moitié des actifs (51,7%) pour la commune de Saint-Leu, et seulement 34,5% pour la commune de Les Aviron.

La majorité des ménages est constituée de résidences principales avec 89,1 % pour Saint-Leu et 91,8 % pour Les Aviron. L'ancienneté d'emménagement est de plus de 10 ans pour près de la moitié de la population de ces deux communes (43,4 % Les Aviron contre 50,5 % pour Saint-Leu).

En définitive, la population de ces communes est :

- Sensible à la pollution environnementale de par son jeune âge ;
- Exposée à la pollution environnementale de par sa sédentarité.

3.2. Analyse du périmètre

Le tableau suivant recense les sites sensibles dans le périmètre correspondant à un rayon de 3 km. On peut y retrouver des établissements scolaires ainsi que des terrains de sport. Cependant, il n'y a pas de maison de retraite ni d'hôpital présents sur ce domaine.

Tableau 34: Lieux sensibles recensés dans un rayon de 3 km

N°	Type de lieu	Commune	Adresse	Distance par rapport au projet
Crèche				
1	Micro-crèche les Berlingots	Les Avirons	26 rue Caffarel	1,4 km
2	Micro-crèche Caramiel	Les Avirons	18 bis rue de l'Eglise	1,3 km
Maternelle				
1	École maternelle et primaire La Chaloupe centre	Saint-Leu	13 chemin du stade	2 km
2	École maternelle Piton Saint-Leu	Saint-Leu	5 rue Julien Dupont	1,9 km
3	École maternelle Plateau	Saint-Leu	29 rue Adrien Lagourgue	2 km
4	École maternelle et primaire Centre Les Avirons	Les Avirons	3 rue de l'Eglise	1,3 km
Primaire				
1	École élémentaire Piton Saint-Leu	Saint-Leu	32 rue Adrien Lagourgue	2,1 km
2	École primaire Paul Hermann	Les Avirons	Avenue Raymond Barre	1,1 km
3	École primaire Centre Les Avirons	Les Avirons	3, rue de l'église	1,1 km
Collège				
1	Collège Marcel Goulette	Saint-Leu	Rue Julien Dupont	2 km
2	Collège Adrien Cadet des Avirons	Les Avirons	85 rue du Stade	1,2 km
Lycée				
1	Lycée Antoine de St-Exupéry	Les Avirons	20 rue du Lycée	1,7 km
Terrain de sport				
1	Terrain de football gazonné	Saint-Leu	Chemin Tamarins	2,8 km
2	Stade du Piton	Saint-Leu	Chemin Joseph Oulia	2 km
3	Stade	Saint-Leu	Chemin Carlonette	1,4 km
4	Terrain Bois de Nèfles	Saint-Leu	Chemin du Bois de Nèfles	1,7 km
5	Stade du centre-ville	Les Avirons	route du stade	1 km
6	Complexe sportif des Avirons	Les Avirons	13 Bis chemin Edouard Rivière	2,2 km

Ces sites sont qualifiés de lieux « sensibles » à cause de leurs occupants plus vulnérables aux nuisances.

La figure qui suit présente les emplacements des lieux sensibles mentionnés ci-dessus dans un rayon de 3 km.

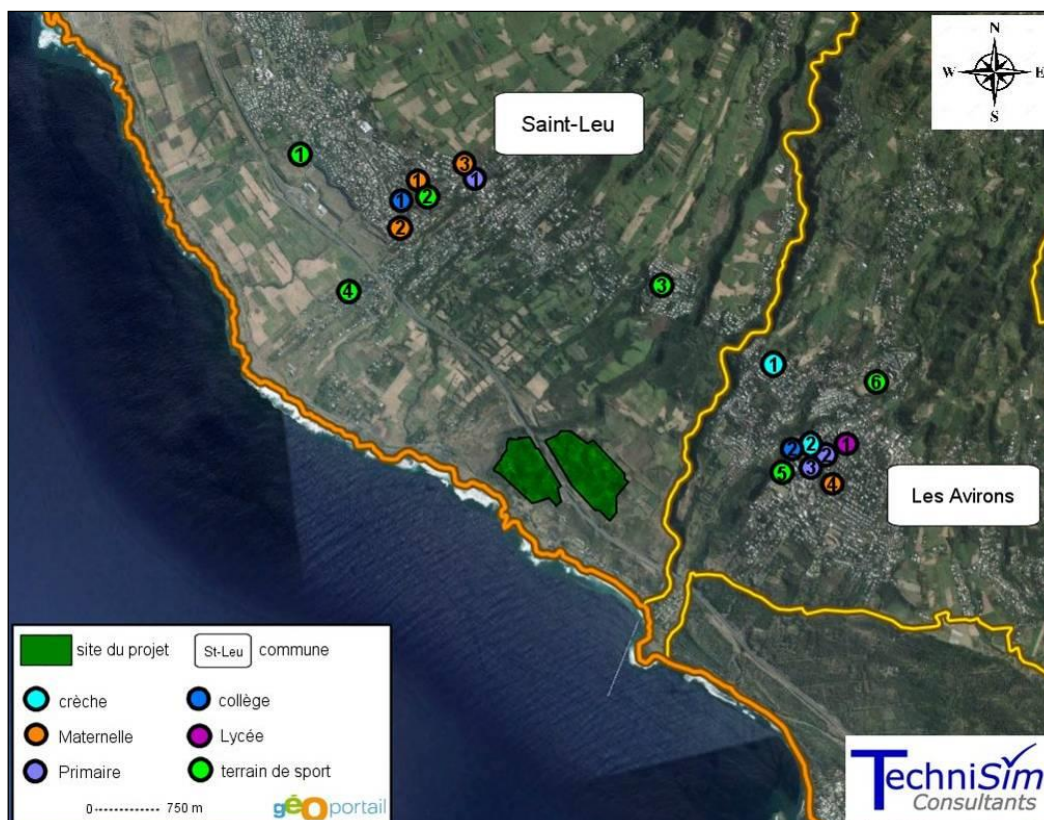


Figure 16: Emplacement des lieux sensibles dans un rayon de 3 km autour du projet

En plus des sites dits ‘sensibles’, il faut tenir compte de la présence de riverains les plus proches du projet. En effet, il faut déterminer si les nuisances de la carrière vont impacter ces résidents.

En terme de voisinage, le projet se trouve relativement écarté de toute urbanisation type centre-ville ou zone péri-urbaine à résidentielle. Le voisinage est essentiellement composé d’habitations ou groupement d’habitations isolé(es).

La figure qui suit décrit les distances entre ces riverains et le site.

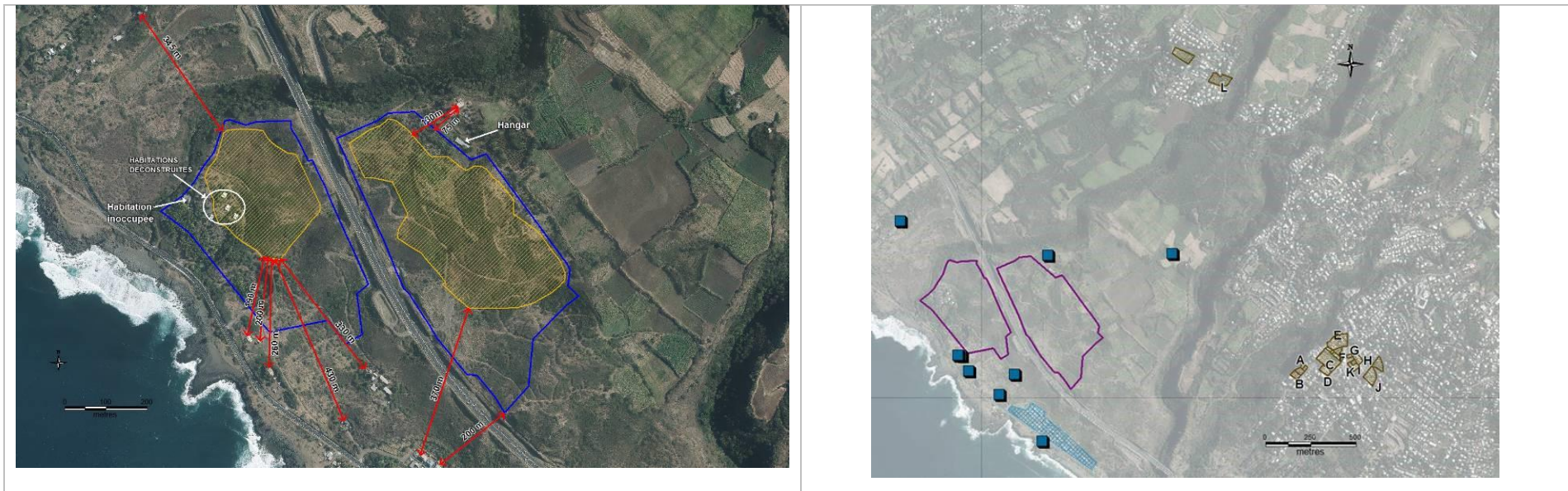


Figure 17: Emplacement des riverains/bâtis en proximité du site

4. SYNTHÈSE DE L'ÉTAT INITIAL

Le tableau ci-après présente les conclusions de l'état initial du domaine et de ses alentours par thème.

Tableau 35: Synthèse de l'état initial

THEMES	Conclusion/Synthèse
Sources de pollution	<ul style="list-style-type: none"> * N1 route des Tamarins (42 154 véhicules par jour en moyenne sur la route des Tamarins et 7 800 sur la RN1A) * Cultures (arboriculture, canne à sucre, fruits) * La Compagnie Thermique Du GOL * L'établissement COT – SOREBRA
Qualité de l'air	<p><u>Commune de Saint-Louis</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * Sur la station CTG, dépassement de seuil de valeurs limites des particules fines PM₁₀ en 2003 et 2004. * Pour la station de Sarda Garriga, dépassement des valeurs limites pour le dioxyde de soufre en 2007, et dépassement du seuil d'information en 2005,2006, 2007 et 2013. <p><u>Commune de l'Etang salé</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * Respect des valeurs réglementaires pour tous les polluants <p><u>Domaine d'étude :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * Les mesures <i>in situ</i> de PM₁₀ et PM_{2.5} indiquent des concentrations sur le domaine comprises entre 11,14 et 46,40 µg/m³ pour les PM₁₀ et entre 8,75 et 42,33 µg/m³ pour les PM_{2.5}. Ces fluctuations importantes sont principalement dues aux embruns marins.
Eau consommée	<p>Les analyses de l'eau consommée dans le secteur indiquent que <u>ponctuellement</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> * La turbidité n'est pas conforme * Les références qualités bactériologique sont dépassées * La conductivité à 25°C n'est pas respectée * La température est au-dessus du seuil qualité
Santé	<p>Les données de mortalité et de morbidité hospitalière confirment l'importance, en termes de santé publique, de l'asthme à la Réunion : la mortalité par asthme y est, selon la classe d'âge et le sexe, 3 à 5 fois plus élevée qu'en métropole, et les hospitalisations pour asthme sont 2 fois plus fréquentes.</p> <p>Les tumeurs sont la cause de décès prématurés la plus importante sur la Réunion.</p>
Population alentour	<p>La densité de population est assez faible à proximité immédiate du site.</p> <p>La population locale est sensible de par son âge et sa sédentarité.</p>
Bruit	<ul style="list-style-type: none"> * Les niveaux sonores sont compris entre 42,7 et 62,6 dBA * La nuisance sonore la plus importante est le trafic routier généré par la Route des Tamarins

5. ÉTUDE DE L'IMPACT SANITAIRE DE LA CARRIERE

Les paragraphes suivants présentent l'évaluation de l'impact des rejets générés par l'exploitation de la carrière sur la santé des populations environnantes.

Pour rappel, la figure ci-dessous présente les périmètres de la demande d'autorisation d'exploiter et ceux d'extraction.



Figure 18: Délimitation de la zone d'extraction et de la demande d'autorisation

5.1. Analyse du fonctionnement de la carrière

5.1.1. Fonctionnement de la carrière

L'installation considérée est une carrière entrant dans la catégorie « *carrières à ciel ouvert* ». La durée d'exploitation de la carrière est liée à celle du chantier de la Nouvelle Route du Littoral. Elle est estimée à **4 années d'approvisionnement** suivies de 6 mois de remise en état.

Les zones d'extraction sont définies ci-dessous.

Tableau 36: Surface des zones d'extraction

Section	Numéro de la parcelle	Surface cadastrale totale	Surface cadastrale concernée par la demande d'autorisation	Surface en extraction
BW	279	48ha 85a 84ca	33ha 25a 70ca	11ha 43a 00ca
BW	253	32ha 98a 13ca	19ha 45a 80ca	6ha 07a 00ca
TOTAL CARRIERE		81ha 83a 97ca	52ha 71a 50ca	17ha 76a 00ca

Les travaux d'exploitation comprendront les grandes étapes suivantes :

- 1) Travaux d'aménagement préliminaires, création des accès, des plateformes de tri, des pistes, des clôtures, des levés topographiques, mise en place de la signalisation, construction des installations de tri et des infrastructures annexes ;
- 2) Travaux de découverte sélective ;
- 3) Abattage à l'explosif de la roche ;
- 4) Tri et chargement aux fronts de taille ;
- 5) Transport vers l'installation ou zone de stockage dédiée à la zone d'extraction ;
- 6) Classification, stockage et chargement pour la vente à destination de la Nouvelle Route du Littoral.

Le principe d'exploitation sur chacune des fosses d'extraction est identique.

Il se décompose de la manière suivante :

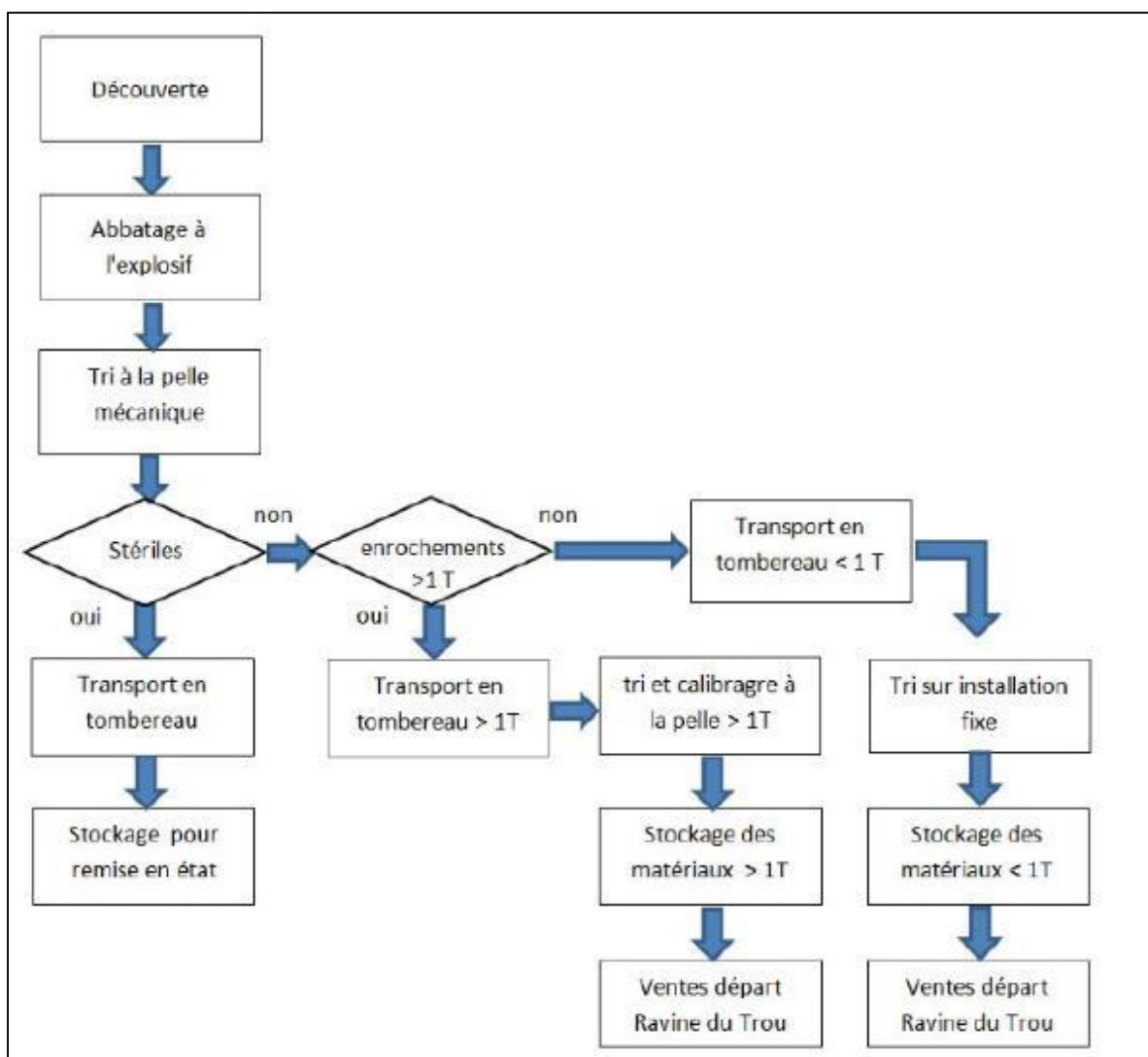


Figure 19 : Principe d'exploitation de la carrière

📅 Horaires

Activités de production (extraction, transport, tri et chargement)

De mi-février à mars et de juin à mi-novembre (c'est-à-dire en dehors des périodes sensibles pour l'avifaune, les horaires de production seront les suivants : du lundi au vendredi de 5h à 20h et le samedi de 5h à 12h.

En dehors de ces périodes, (soit en période de restriction des éclairages pour limiter l'incidence du projet sur l'avifaune, c'est-à-dire de mi-novembre à mi-février et d'avril à mai), les horaires de fonctionnement seront les suivants : du lundi au vendredi de 5h à 19h et le samedi de 5h à 12h.

Activités d'entretien et de réparation des engins et installations

Cette activité se déroulera en période nocturne soit entre 20h et 5h, du lundi au vendredi.

Remise en état du site

Le principe de la remise en état est de créer les meilleures conditions possibles pour que le site, une fois l'exploitation achevée, s'intègre au mieux dans son environnement naturel local tout en respectant les usages prévus dans les documents de planification.

Ainsi, la remise en état du site respectera les dispositions prévues par le SAR dans son document sur la destination générale des sols, soit une remise en état agricole pour la partie située en amont de la Route de Tamarins.

Les terrains seront remblayés, pour partie de manière subhorizontale, afin d'améliorer les conditions d'exploitation agricole de ces dernières.

Pour la partie située en contrebas de la Route des Tamarins, la remise en état consistera à créer un milieu naturel de petites falaises étagées, rappelant la typologie du relief couramment rencontrée sur cette frange littorale.

Le site une fois exploité prendra la forme d'un cirque sur lequel les fronts de taille traités de manière naturelle resteront émergents en partie haute et où des modelages en pied viendront adoucir les reliefs.

La végétation qui sera installée sera composée de boisements accompagnant les mouvements de terrain et de plateau de clairière avec un couvert de savane.

Les fronts de taille créés par l'exploitation du gisement feront l'objet d'une attention particulière. Leur remise en état sera réalisée de manière à prévenir tout risque ultérieur d'effondrement de blocs rocheux.

Une reprise des fronts sera donc réalisée, adoucissant l'impact paysager de ces ouvertures créées dans la planèze.

5.1.2. Volumes d'exploitation

Le volume du gisement de matériaux à extraire est estimé à 5 740 000 m³ représentant 14 350 000 tonnes selon les estimations suivantes :

- 3 720 000 m³ soit 9 300 000 tonnes de matériaux exploitables pour le chantier de la nouvelle route du littoral ;
- 2 018 000 m³ soit une quantité spécifique de 5 045 000 tonnes de stériles et terres découvertes.

5.1.3. Déroulement de l'exploitation

Le phasage de l'exploitation prévu est le suivant :

- Travaux préparatoires : 1 à 4 mois (comprenant, création plateforme, voirie, ½ échangeur...);
- Phase 1 : 1 an (démarrage préparation en même temps que travaux préparatoires) ;
- Phase 2 : 1 an ;
- Phase 3 : 1 an ;
- Phase 4 : 1 an ;
- Remise en état 6 mois.

Après le départ de Ravine du Trou, les matériaux sont acheminés jusqu'au chantier de la nouvelle Route du Littoral par la route des Tamarins.

Les matériaux seront transportés par camions.

Une flotte d'environ **90 camions** est prévue pour l'enlèvement des matériaux, en effectuant au total **450 rotations par jour**, répartis sur les horaires suivants : 5h-20h.

5.2. Identification des rejets et des voies de contamination

Les émissions générées par l'installation sont de plusieurs ordres :

- Émissions aqueuses ;
- Émissions par des rejets de produits chimiques ;
- Émissions atmosphériques ;
- Émissions sonores.

En accord avec la méthodologie présentée dans le document de l'INERIS intitulé « *Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires, Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées, Impact des activités humaines sur les milieux et la santé* » d'août 2013, pour chaque source d'émission de l'installation, il est indiqué :

- L'origine des émissions (process, manipulation, stockage ...) ;
- Les substances émises (inventaire qualitatif) ;
- Le type de source : canalisée, diffuse ou fugitive ;
- Les caractéristiques des sources et les différentes phases de rejet.

Celles-ci ont été identifiées à partir des documents transmis par l'exploitant, notamment les descriptions des activités et des produits présents sur le site.

Pour chaque activité, il a été identifié les composés émis, ainsi que les éventuelles mesures compensatoires mises en œuvre.

RAPPEL : Les effets des émissions sonores sont étudiés en détail dans l'étude acoustique.

5.2.1. Rejets aqueux

Les rejets aqueux identifiés sont les suivants :

- Les eaux sanitaires ;
- Les eaux de pluies et de ruissellement ;
- Les eaux de process des installations.

L'exposition des populations *via* les rejets aqueux du site dépend des possibilités de transfert vers les eaux souterraines ou de surface et des usages humains effectifs, programmés ou potentiels de ces eaux.

Le tableau suivant présente les mesures de gestion des rejets aqueux de l'installation.

Ces mesures permettront d'éviter toute contamination des milieux naturels et des ressources en eaux du secteur. Par ailleurs, des mesures de protection seront prévues en cas de déversement accidentel.

En définitive, au regard des éléments de l'étude d'impact, les rejets aqueux ne constituent pas une source de contamination pour les populations environnantes.

Tableau 37: Moyens de gestions des rejets aqueux

Gestion des eaux sanitaires	Un réseau de collecte des eaux usées sera créé en aval des locaux des deux bases vie et relié à un dispositif d'assainissement autonome d'une capacité de 20 équivalents habitants. Il sera constitué d'un filtre à sable non drainé conforme au DTU 64.1.
Gestion des eaux pluviales des bases vie	Sur les zones imperméabilisées et/ou avec la manipulation de produits polluants, des séparateurs à hydrocarbures collectent les eaux pluviales de ces plateformes avant rejet dans le réseau EP de l'ensemble de la carrière.
Gestion des eaux pluviales	Avant le démarrage des opérations d'extraction, un réseau de fossés périphériques sera mis en place afin de dissocier les eaux de la zone en exploitation (fossés collecteurs) des eaux amont (fossés intercepteurs). Les caractéristiques et intérêts de ces fossés sont détaillés dans l'étude d'impact.
Eaux de process des installations	Les eaux provenant des opérations de lavage des engins sont amenées à un séparateur hydrocarbure, avant d'être réutilisées (le laveur de roue fonctionne en circuit fermé).

5.2.2. Rejets de produits chimiques

Diverses activités telles que l'entretien des équipements, les stockages ou les installations de mise en œuvre de produits liquides, etc. peuvent être à l'origine d'un risque de pollution du sol et du sous-sol à cause des produits utilisés.

Une pollution des sols est susceptible de provenir principalement :

- De par l'entraînement dans le sol d'éléments solubles par infiltration des eaux pluviales, au niveau des sols non protégés ;
- Des par les stockages des différents produits.

Les impacts potentiels des activités du site sur les sols et le sous-sol (eaux souterraines) sont principalement liés à la manipulation (chargement/déchargement, dépotage, etc.) et à l'entreposage des matériaux et des produits liquides (carburant notamment).

De façon à prévenir toute infiltration dans les sols (risques de déversement de produits, etc.) et à limiter l'impact du site et des activités projetées sur le sol et le sous-sol, plusieurs dispositions sont et seront mises en place sur le site.

Le carburant nécessaire au fonctionnement des engins sera stocké dans une cuve sur rétention munie d'un poste de distribution aménagé et exploité selon la réglementation en vigueur. L'étanchéité de cette cuve sera régulièrement contrôlée.

Ce stockage sera mis à l'abri des intempéries (sous un auvent) et sera muni d'une rétention adaptée et suffisante conforme à la réglementation en vigueur et notamment à l'article 25 de l'arrêté du 04 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.

Le dépotage du carburant sera effectué sur une aire imperméabilisée, reliée à un séparateur d'hydrocarbures. Des procédures spécifiques et des dispositifs (kits environnementaux) pour protéger l'environnement seront mis en place lors de cette opération. La livraison sera réalisée par un fournisseur extérieur en fonction des besoins et au moyen d'un pistolet anti-débordement. Elle se fera en présence d'un employé instruit sur la nature et le danger du produit et sur les interventions en cas d'incidents survenant au cours des opérations de transferts et de transports.

Des kits environnementaux (absorbants, etc.) seront tenus à disposition du personnel pour récupérer les éventuelles égouttures. Les fréquences d'approvisionnement seront optimisées pour limiter le nombre d'opérations.

Autres modalités dans l'enceinte du site :

- Entretien et surveillance des bassins d'infiltration ;
- Vérification périodique et maintenance régulière des engins ;
- Présence de kits anti-pollution dans chaque engin et répartis sur l'ensemble du site ;
- En cas d'incident / pertes accidentelles de carburants (engins) ou produits liquides et en raison des faibles volumes concernés, un décapage des terres souillées est réalisé. Ces terres sont analysées et expédiées pour traitement dans un centre spécialisé et agréé.

Ces dispositions permettent et permettront donc d'anticiper et de minimiser les impacts potentiels du site sur le sol et le sous-sol (eaux souterraines), en cas d'incidents survenus lors des opérations de chargement/déchargement ou lors des transferts de produits à l'intérieur du site.

En outre, le site est implanté en dehors des périmètres de protection de captage d'eau potable.

Compte tenu de ces éléments et des dispositions existantes et projetées sur le site, l'impact du projet sur le sol et le sous-sol est donc limité.

Par conséquent, ces rejets ne seront pas considérés dans la suite de cette étude.

5.2.3. Rejets atmosphériques liés à l'activité du site

Le site ne sera à l'origine d'aucune émission atmosphérique canalisée.

Les principaux rejets atmosphériques du site sont des rejets diffus, à savoir :

- **Les poussières et les gaz de combustions liés aux tirs de mines ;**
- **Les poussières et gaz d'échappement** (notamment le dioxyde de carbone) liés à la circulation des engins et véhicules transitant sur le site (camions d'expédition des matériaux, etc.),
- **Les poussières liées :**
 - o à l'extraction des matériaux, la manutention (déchargement, manipulation, etc.) et aux opérations de triage des matériaux (tout-venant et produits finis) transitant sur le site ;
 - o aux stocks de matériaux (tout-venant et produits finis) et aux surfaces à nu exposés au vent.

La documentation utilisée est référencée dans la bibliographie aux repères [11] et [12]. Les carrières sont des installations reconnues pour leurs émissions de « poussières » dans l'environnement.

Selon une étude australienne ainsi que selon le Document d'orientation sur les risques sanitaires liés aux carrières du BRGM, la répartition massique des émissions de poussières sur le total émis (hors phase de traitement) est établie comme suit :

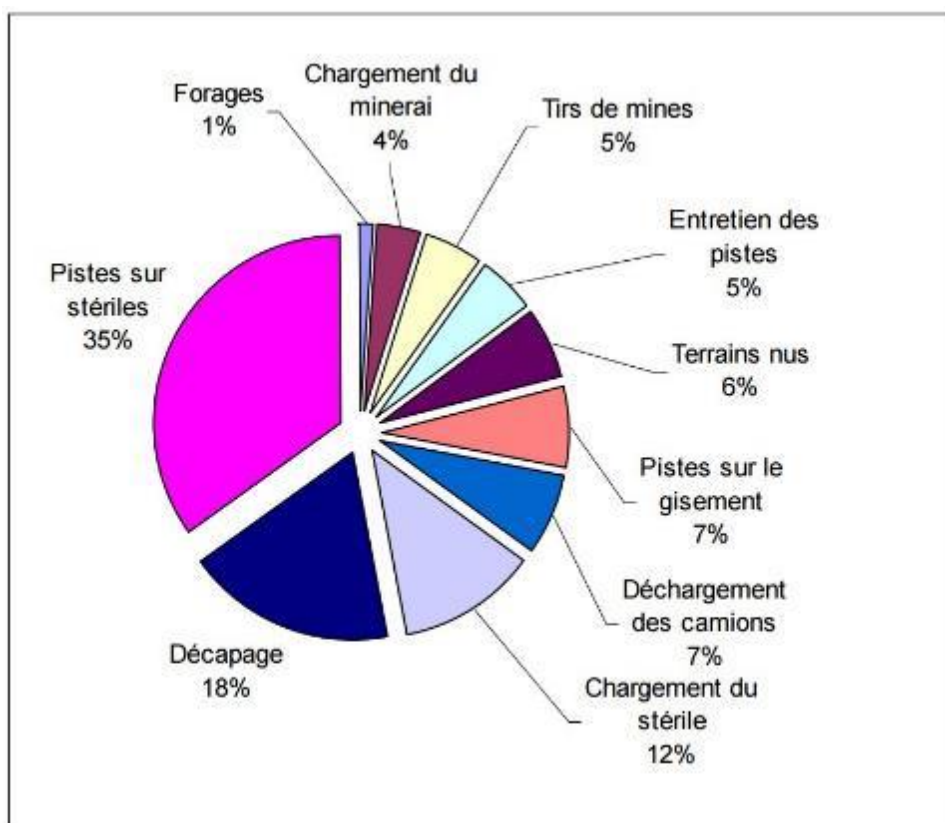


Figure 20 : Répartition massique des sources de poussières pour l'exploitation d'une mine à ciel ouvert – hors traitement

Le tableau qui va suivre présente les sources d'émissions identifiées et retenues pour l'Évaluation des Risques Sanitaires, ainsi que les principaux composés rejetés.

Tableau 38: Sources d'émissions identifiées et retenus pour l'évaluation des risques sanitaires

Activité/SOURCE de pollution		Composé(s) émis	Caractéristiques de la source	Mesure(s) compensatoire(s)
Véhicules/engins	Moteurs à combustion	Monoxyde de carbone, dioxyde d'azote, composés organiques volatils, particules diesel.	Par intermittence ou en continue sur la période d'exploitation du site en fonction des activités (livraison, chargement, déchargement, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> - Mise à l'arrêt et l'extinction des moteurs pour les véhicules en attente sur le site - Véhicules aux normes EUROS et équipés de systèmes d'épuration des gaz d'échappement - Capacité des véhicules et engins optimisée de manière à limiter leurs trajets - Respect des règles de limitation de vitesse sur site avec une vitesse de circulation limitée - Imperméabilisation des voiries afin de limiter les envois de poussières - Arrosage des voies de circulation par temps sec et fort vent
Véhicules/engins	Circulation sur des routes non pavées	Poussières : TSP, PM ₁₀ , PM _{2,5}		
Tir de mines	Explosion	Monoxyde de carbone, dioxyde d'azote Poussières : TSP, PM ₁₀ , PM _{2,5}	Par intermittence	Aucune

Activité/Source de pollution		Composé(s) émis	Caractéristiques de la source	Mesure(s) compensatoire(s)
Exploitations des gisements	Activités de décapages et d'extraction	Poussières : TSP, PM ₁₀ , PM _{2,5}	Par intermittence ou en continue sur la période d'exploitation du site en fonction du taux d'activité	- Imperméabilisation des voiries afin de limiter les envols de poussières - Arrosage des voies de circulation par temps sec et fort vent - Sur les plateformes de tri un réseau fixe de sprinklers sera mis en place
	Manipulations des matériaux			
Triage des matériaux extraits	Installation de triage	Poussières : TSP, PM ₁₀ , PM _{2,5}		
Érosion par le vent		Poussières : TSP, PM ₁₀ , PM _{2,5}	En continue	
Ravitaillement des engins/camions	Évaporation du carburant	Composés organiques volatils	Par intermittence	Aucune

5.2.4. Identification des voies de contamination

L'identification des sources montre que seuls les rejets atmosphériques peuvent exercer un impact.

Il faut retenir que les polluants atmosphériques peuvent :

- Soit être inhalés par les populations ;
- Soit être ingérés par les populations *via* les dépôts sur le sol et les cultures consommées.

La figure suivante présente le schéma conceptuel des voies de contamination.

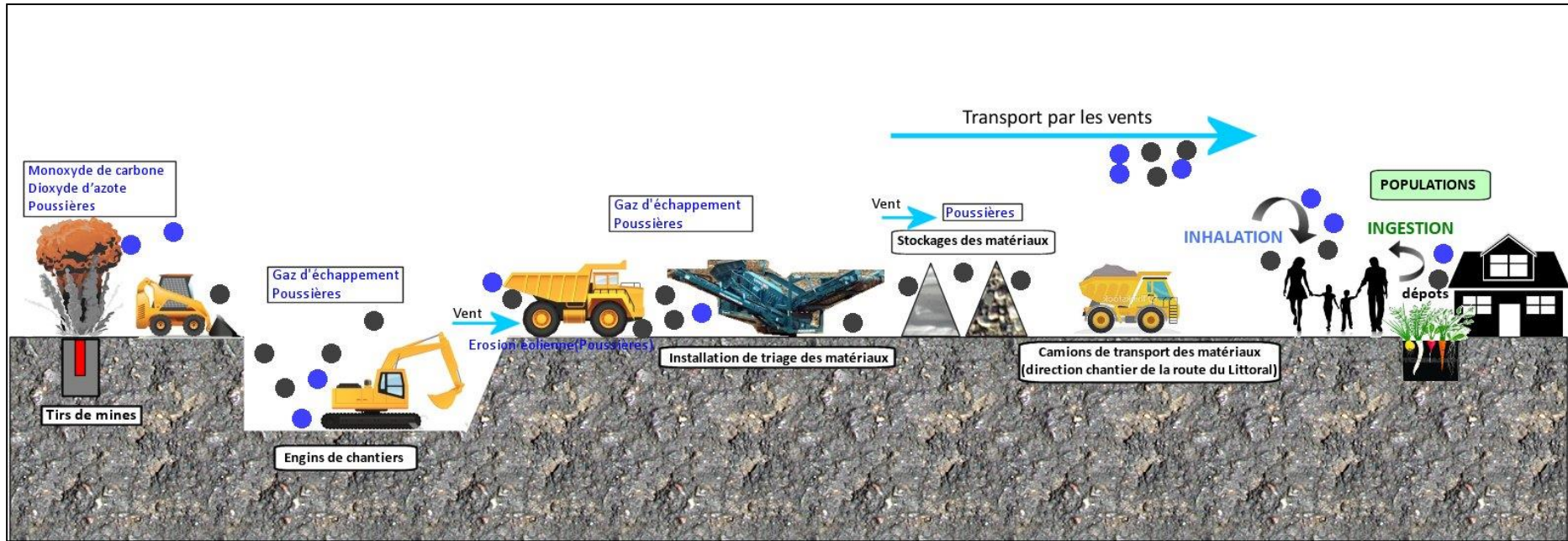


Figure 21: Schéma conceptuel de l'exposition des populations aux émissions de l'installation

5.2.5. Quantification des émissions atmosphériques

Les méthodes et hypothèses utilisées pour calculer les émissions atmosphériques générées par l'exploitation de la carrière sont présentées dans les paragraphes ci-après.

Quantification des émissions provenant du poste de ravitaillement

Les ravitaillements des engins étant ponctuels et de courte durée, ils ne constituent pas une source majeure de pollution atmosphérique.

Par conséquent, les émissions provenant de l'évaporation du carburant ne seront pas retenues dans l'étude.

Quantification des émissions provenant des tirs à l'explosif

La documentation utilisée est référencée dans la bibliographie aux repères [12], [13] et [14]. Selon le « *Document d'orientation sur les risques sanitaires liés aux carrières - Réflexions sur les composantes sources de dangers et transferts dans les études d'impact, Rapport final [juillet 2004]* » du BRGM :

« L'opportunité de la prise en compte des gaz émis par les substances explosives utilisées dans le cadre des tirs de mines est à ce stade incertain. »

« Hormis les risques liés à la manipulation et à l'utilisation directe de ces produits, aucune référence mentionnant l'existence de risques sanitaires potentiels spécifiques pour les populations voisines exposées aux gaz émis n'a été rencontrée. Cet aspect n'a donc pas été étudié en détail. »

L'US EPA propose des facteurs d'émissions dans son document AP42 « *Chapter 13: Miscellaneous Sources – 13.3 - Explosives Detonation* ».

Ces derniers sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 39: Facteurs d'émissions de l'US EPA pour les tirs de détonation

Explosif	Composition	Monoxyde de carbone [kg/tonne]	Oxydes d'azote [kg/tonne]
ANFO	Ammonium nitrate with 5.8-8% fuel oil	34	8

Hypothèse(s) retenue(s) pour les calcul(s) des émissions

Pour les calculs des émissions, il est retenu une charge explosive de 80 kg par trou.

Les tirs de mines produisent également des poussières :

- Lors du forage des trous de mines pour l'abattage des matériaux ;
- Lors de l'explosion de la charge.

Lors du forage, les poussières produites sont piégées dans le sac de récupération des fines qui équipe les appareils, de sorte qu'il n'y a pas ou peu d'émission poussiéreuses.

Quant aux poussières émises lors des tirs de mines, l'envol est ponctuel et limité à quelques mètres autour du tir. De ce fait, les poussières émises lors des tirs de mines ne sont pas considérées dans cette étude.

✚ Quantification des poussières émises par les opérations de décapage et de remise en état

La documentation utilisée est référencée dans la bibliographie au repère [15]. Les émissions provenant du décapage des terres seront calculées *par défaut* à l'aide du document de l'US EPA – AP42 13.2.3 *Heavy Construction Operations*.

Selon les données de ce document, la quantité de poussières émises lors du décapage est donnée par la formule suivante :

$$\boxed{\text{Émissions poussières} = 2,69 \text{ tonnes/hectare}}$$

Pour mémoire, l'extraction des matériaux de la carrière est prévue sur une durée de 4 ans ; sur cette période, l'organisation de l'exploitation implique des interventions simultanées sur deux zones différentes.

Hypothèse retenue pour les calculs des émissions

Pour les calculs des émissions, il est retenu les surfaces d'exploitation suivantes :

Zone 1 (fosse basse): 100 000 m²

Zone 2 (fosse haute) : 190 000 m²

+ Quantification des poussières émises par les opérations de manipulations des matériaux

La documentation utilisée est référencée dans la bibliographie au repère [16]. La quantité de poussières émises par la manipulation (chargement et déchargement) des matériaux est calculée à l'aide du document de l'US EPA - AP42 13.2.4 *Aggregate Handling And Storage Piles*.

Le facteur d'émission utilisé est calculé à l'aide de l'équation suivante :

$E = k(0.0016) \times \frac{(U/2.2)^{1.3}}{(M/2.0)^{1.4}}$	E = facteur d'émissions [kg/tonne]
	U = vitesse du vent [m/s]
	M = humidité des matériaux [%]
	K = coefficient multiplicatif = 0,74 pour les TSP = 0,35 pour les PM ₁₀ = 0,053 pour les PM _{2,5}

En considérant les données météorologiques disponibles, on obtient les facteurs d'émissions suivants :

- Poussières TSP: 0,364 g/tonne
- Poussières PM₁₀ : 0,172 g/tonne
- Poussières PM_{2,5} : 0,026 g/tonne

Hypothèse retenue pour les calculs des émissions

Pour les calculs des émissions, il est retenu qu'il est manipulé les quantités de matériaux qui vont suivre.

Tableau 40: Quantités de matériaux manipulées par phase

	Travaux Préparatoires	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
Unité : tonne					
Gisement exploitable	50 000	2 100 000	2 200 000	2 140 000	2 865 000
Stériles, y compris découverte	350 000	1 440 000	720 000	1 300 000	1 235 000
Gisement exploitable + Stériles y compris découverte	400 000	3 540 000	2 920 000	3 440 000	4 100 000

Quantification des émissions de poussières émises par la circulation des engins et des véhicules présents sur le site

La documentation utilisée est référencée dans la bibliographie au repère [17]. En supplément aux gaz d'échappement, la circulation des engins et véhicules sur le site va entraîner l'émission de poussières. La quantité émise de poussières est calculée selon les formules du document de l'US EPA – AP-42-13.2.2-Unpaved Road :

$$E = k \cdot (S/12)^a \cdot (W/3)^b \cdot 281,9 \quad [\text{gramme/km}]$$

Avec

- S Quantité de limon [%]
- W Masse du véhicule [tons = 907.1847 kg]
- k,a,b Constantes empiriques

Constante	PM _{2.5}	PM ₁₀	TSP
k	0,15	1,5	4,9
a	0,9	0,9	0,7
b	0,45	0,45	0,45

Les données concernant les engins présents sur site sont indiquées dans le tableau ci-après.

Tableau 41 : Données concernant les engins et les véhicules présents sur le site

Type d'engins	Quantité	Masse (tonne)	Vitesse de circulation (km/h)	Estimation de la distance parcourue
Camion de ravitaillement	1	25	20	5 km/j
Camion-citerne	7 rotations	25	10	19,6 km (2,8km/rotation)
Camions de transports des matériaux	450 rotations	130	20	765 km/j (3,4km/rotation)
Unité Mobile de Fabrication d'Explosifs	2	40	20	5 km/jour
Tombereau rigide 770	6	130	20	Distance variable selon la zone et selon la phase ; on aura approximativement : En zone basse : entre 100 et 600 mètres En zone haute : entre 300 et 900 mètres
Pelle /c 70T	2	75	8	0,1 km/jour
Pelle /c 349E LME	4	55	8	1 km/jour
Scalpeur mobile et convoyeur	2	50	8	0 km
Chargeur 980K	4	30	20	4,5km/h moyen pour 12 h de temps de travail soit donc 54 km/jour
Chargeur 966M XE	4	25	20	4,5km/h moyen pour 12 h de temps de travail soit donc 54 km/jour
Niveleuse	2	18	15	30 km/j

Il est considéré que les mesures mises en place sur le site afin de limiter la production de poussières permettent d'abattre 75% des émissions de poussières émises lors des déplacements des véhicules légers et des poids-lourds.

Sous ces hypothèses, il est obtenu les facteurs d'émissions suivants :

Tableau 42: Émissions de poussières provenant de la circulation des engins sur le site

Type d'engins	Émissions [g/(véhicule.km)]		
	TSP	PM10	PM2,5
Camion de ravitaillement	1479.9	377.2	37.7
Camion-citerne	1479.9	377.2	37.7
Camions de transports des matériaux	3107.7	792.0	79.2
Unité Mobile de Fabrication d'Explosifs	1828.5	466.0	46.6
Tombereau rigide 770	3107.7	792.0	79.2
Pelle /c 70T	2426.3	618.4	61.8
Pelle /c 349E LME	2110.2	537.8	53.8
Chargeur 980K	1606.5	409.4	40.9
Chargeur 966M XE	1479.9	377.2	37.7
Niveleuse	1276.6	325.3	32.5

✚ Quantification des poussières émises par l'envol des poussières

La documentation utilisée est référencée dans la bibliographie au repère [18]. La quantité de poussières émises par l'envol des poussières est calculée à l'aide du document de l'US EPA - *AP42 13.2.5 Industrial Wind Erosion*.

Le facteur d'émission utilisé est calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{Emission factor} = k \sum_{i=1}^N P_i$$

k : Facteur multiplicatif dépendant de la taille des poussières

= 1 pour les poussières $\geq 30 \mu\text{m}$

= 0,5 pour les poussières $< 10 \mu\text{m}$

= 0,075 pour les poussières $< 2,5 \mu\text{m}$

N : Nombre d'événement considéré par an

= 365 jours * 24 heures (données météorologiques horaires)

Pi : Potentiel d'érosion [g/m²]

= $58 \cdot (U^* - U_T^*)^2 + 25 \cdot (U^* - U_T^*)$ si $U^* > U_T^*$

= 0 sinon

U* : Vitesse de friction [m/s] (fournie par les données météorologiques)

U_T* : Vitesse de friction seuil [m/s]

Tableau 43: Vitesse de friction seuil U_T^*

Matériaux	U_T^*	Hauteur de rugosité
Mort-terrain (couche sédimentaire)	1,02 m/s	0,3 cm
Matériaux de remblai	1,33 m/s	0,3 cm
Matériaux non concassés	1,12 m/s	0,3 cm
Matériaux fins	0,54 m/s	0,2 cm

En considérant les données météorologiques disponibles, il est obtenu les facteurs d'émissions suivants :

- Poussières TSP: 0,285 g/(m².s)
- Poussières PM₁₀ : 0,142 g/(m².s)
- Poussières PM_{2,5} : 0,021 g/(m².s)

Hypothèse retenue pour les calculs des émissions

Pour les calculs des émissions, il est retenu les surfaces d'exploitation suivantes :

Zone 1 (fosse basse): 100 000 m²

Zone 2 (fosse haute) : 190 000 m²

Quantification des émissions des engins et des véhicules présents sur le site

La documentation utilisée est référencée dans la bibliographie au repère [19]. Les émissions des engins utilisés pour l'extraction des matériaux sont calculées à l'aide des facteurs d'émission de l'US EPA (*Emission Standards Reference Guide Nonroad Engines and Vehicles*).

Elles sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 44: Émissions générées par les engins de chantier [gramme/jour]

ENGINS	CO	COV	NO ₂	PM _{diesel}
Tombereau rigide 770	87394	4744	49939	499
Pelle /c 70T	29293	1590	16739	167
Pelle /c 349E LME	47743	2592	27282	273
Scalpeur mobile et convoyeur	89417	4854	51095	511
Chargeur 980K	50656	2750	28946	289
Chargeur 966M XE	35928	1950	20531	205
Niveleuse	5956	323	3404	34
Trommel	11098	422	7324	44
Unité Mobile de Fabrication d'Explosifs	87394	4744	49939	499

Les émissions atmosphériques provenant des camions sont calculées à l'aide de la méthode COPERT [COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport]. Cette méthode a été élaborée par l'Agence Européenne de l'Environnement, et est considérée comme étant la référence en Europe pour le calcul des émissions provenant du trafic routier.

Les facteurs d'émission sont détaillés dans le tableau ci-après.

Tableau 45: Facteurs d'émission des polluants majeurs pour les véhicules diesel de plus de 3,5 tonnes

Composés	Classe	Vitesse [km/h]	Flux massique [g/km]
Monoxyde de carbone	Toutes	0 – 100	$37,28 * V^{-0,6945}$
Dioxyde d'azote	7,5 – 16 tonnes	0 – 59	$92,584 * V^{-0,7393}$
	16 – 32 tonnes	0 – 100	$108,36 * V^{-0,6061}$
COVNM	Toutes	0 – 100	$40,12 * V^{-0,8774}$
Particules diesel	7,5 – 16 tonnes	0 – 59	$9,6037 * V^{-0,7259}$
	16 – 32 tonnes	0 – 59	$10,890 * V^{-0,7105}$

Les facteurs d'émission des polluants calculés avec ces hypothèses sont indiqués dans le tableau suivant.

Tableau 46: Estimation des flux massiques de polluants atmosphériques générés par les poids lourds

	CO [g/km]	COV [g/km]	NOx [g/km]	PM [g/km]
Camion de ravitaillement	4,7	4,4	17,6	1,3
Camion-citerne	7,5	7,3	26,8	2,1
Camions de transports des matériaux	4,7	4,4	17,6	1,3
Unité Mobile de Fabrication d'Explosifs	4,7	4,4	17,6	1,3

Hypothèse(s) retenue(s) pour les calcul(s) des émissions

Pour les calculs des émissions, sont retenues les mêmes hypothèses de circulation que pour le calcul des émissions de poussières provenant de la circulation des véhicules.

 Quantification des poussières émises par le traitement des matériaux

La documentation utilisée est référencée dans la bibliographie au repère [20]. Les émissions provenant de l'installation de traitement des matériaux seront calculées à l'aide du document de l'AP42 de l'US EPA, *Chapter 11 - Mineral Products Industry - 11.19.2 Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing*.

Les émissions seront calculées selon le schéma d'exploitation suivant :

Hypothèse(s) retenue(s) pour les calcul(s) des émissions

Pour les calculs des émissions, il est retenu que l'installation de triage traite 400 tonnes/heure.

5.2.6. Synthèse – Quantification des émissions atmosphériques provenant de l'exploitation de la carrière

Sur la base des hypothèses développées dans le paragraphe précédent, il est calculé les émissions atmosphériques suivantes par phase d'exploitation.

Tableau 47: Quantité des émissions atmosphériques provenant de l'exploitation de la carrière

	Phase 1 + TP	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Remise en état
TPS [T/an]	826	822	824	827	816
PM10 [T/an]	407	407	407	407	406
PM2.5 [T/an]	61	61	61	61	61
Monoxyde de carbone [T/an]	104	104	104	104	104
COVNM [T/an]	7	7	7	7	7
Oxydes d'azote [T/an]	67	67	67	67	67
Particules diesel [T/an]	1	1	1	1	1

5.3. Simulation numérique de la dispersion des rejets atmosphériques

5.3.1. Présentation du modèle utilisé

Les calculs de dispersion atmosphérique doivent permettre d'estimer la qualité de l'air aux alentours des sources des rejets atmosphériques.

La répartition de la charge de polluants est calculée sur la base des taux d'émissions prévisionnels, des données météorologiques et la topographie.

Afin d'appréhender les effets du terrain sur la dispersion atmosphérique, il sera utilisé un modèle Lagrangien, en l'occurrence le modèle AUSTAL2000.

Ce modèle a été développé pour le compte du Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Ministère Fédéral allemand en charge de l'Environnement et de la sûreté nucléaire) et répond aux exigences techniques présentées dans l'annexe III du TA-LUFT [Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft].

AUSTAL2000 est un modèle de suivi des particules Lagrangiennes qui contient son propre modèle de champ de vent diagnostique (TALdia). Le modèle prend en compte l'influence de la topographie sur le champ de vent (3D) et donc sur la dispersion des polluants. À noter que, depuis 2002, la réglementation allemande a instauré AUSTAL2000 comme modèle officiel de référence.

✚ Conditions météorologiques

Les valeurs utilisées pour cette simulation proviennent de données des services de MétéoFrance Réunion. La station considérée est celle de « Saint-Pierre/Aéroport de Pierrefonds ». Il a été également utilisé la rose des vents disponible à la station « Saint Leu - Les Avirons² ».

Le modèle AUSTAL2000 dispose d'un préprocesseur [TALdia] permettant de traiter les données météorologiques et de générer le champ de vents.

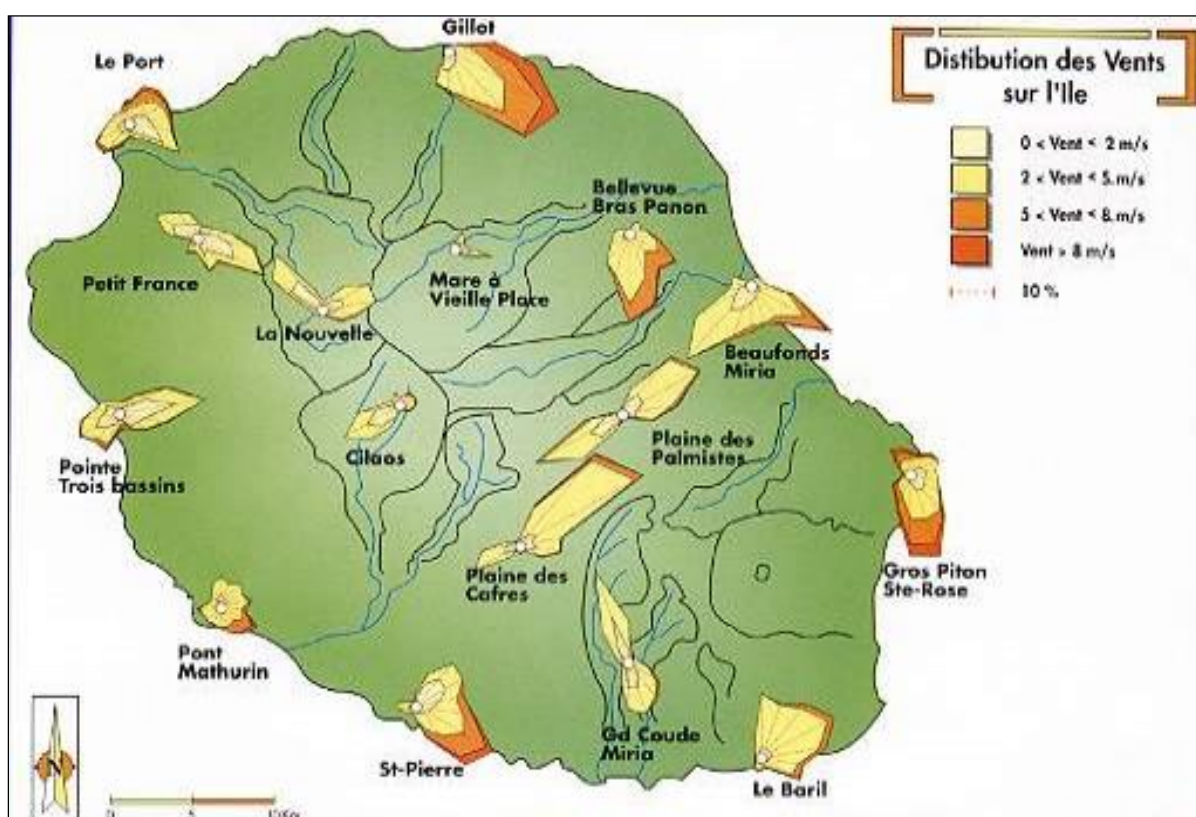


Figure 22: Distribution des vents sur l'île de La Réunion (Source : Météo-France)

² Statistiques basées sur des observations entre 06/2013 - 11/2015 tous les jours de 7h à 19h

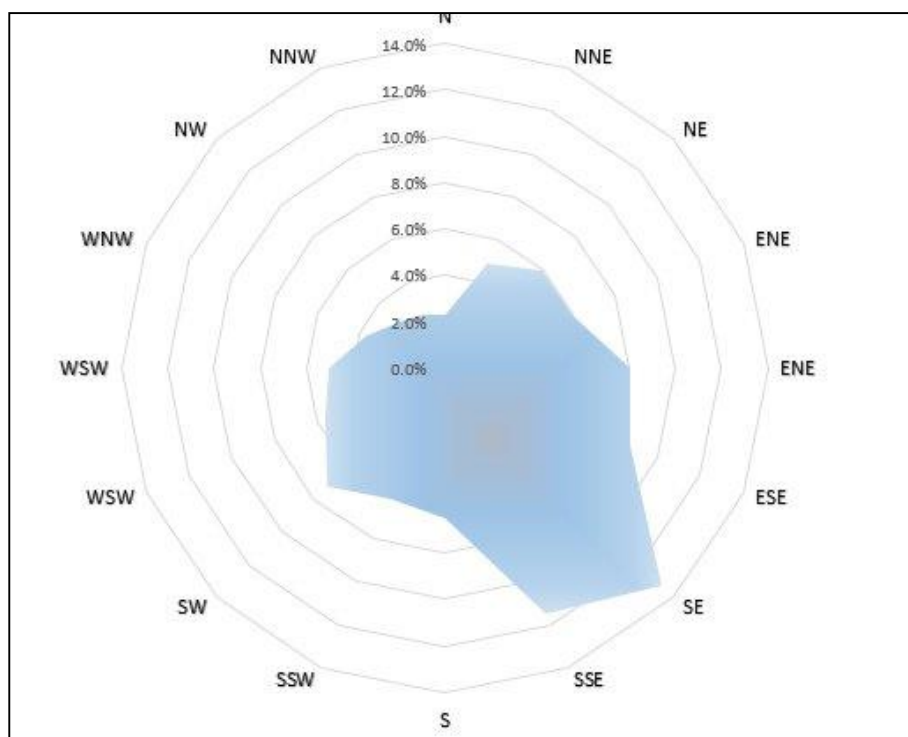


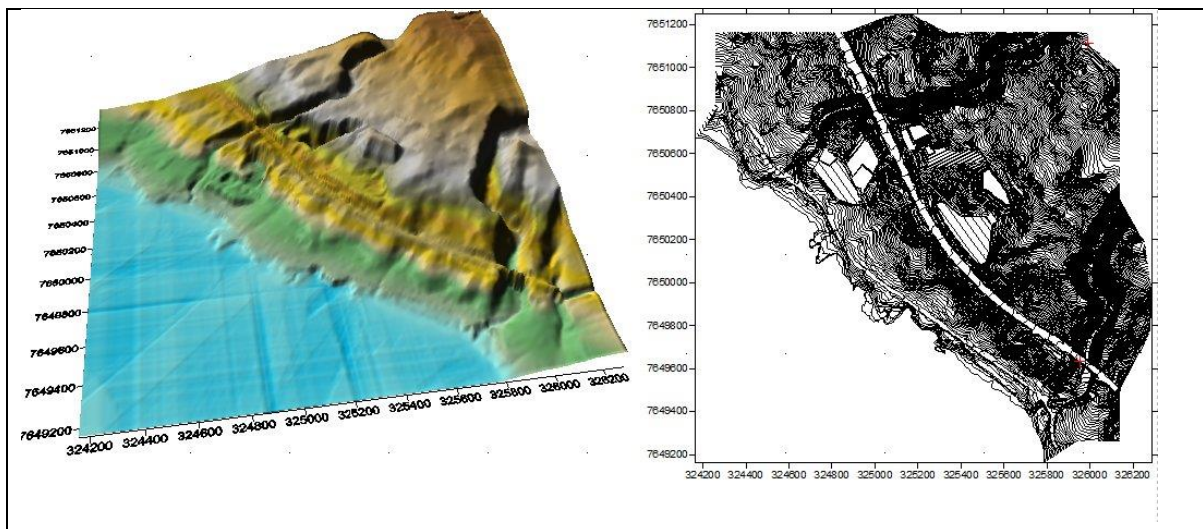
Figure 23: Statistiques du vent et climat « Les Avirons » source : « Windfinder »)

📍 Données topographiques

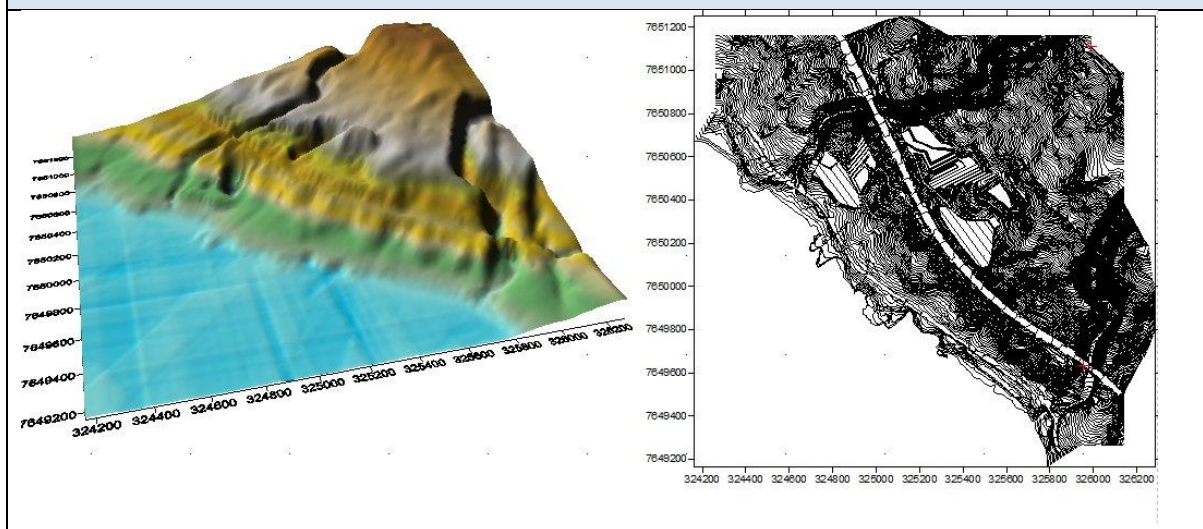
Les terrains numériques ont été générés à partir :

- Des données de l'IGN [BD ALTI®] ;
- Des données topographiques fournies par le Pétitionnaire.

Les figures ci-après présentent les terrains numériques utilisés pour les calculs.

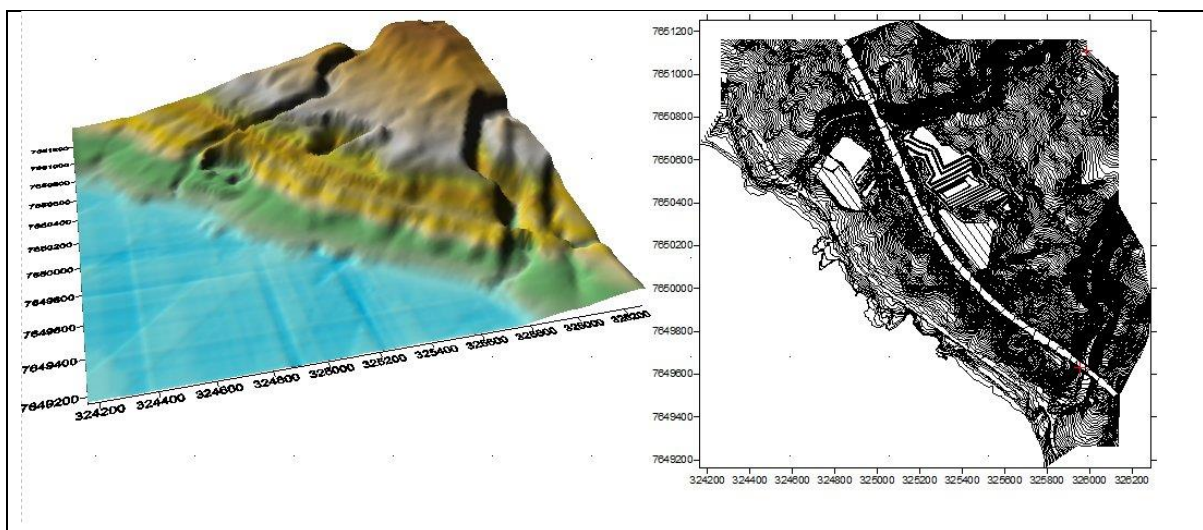


Travaux Préparatoires



Phase 1 – T0 + 1 an

Figure 24: Terrains numériques – travaux préparatoires et phase 1



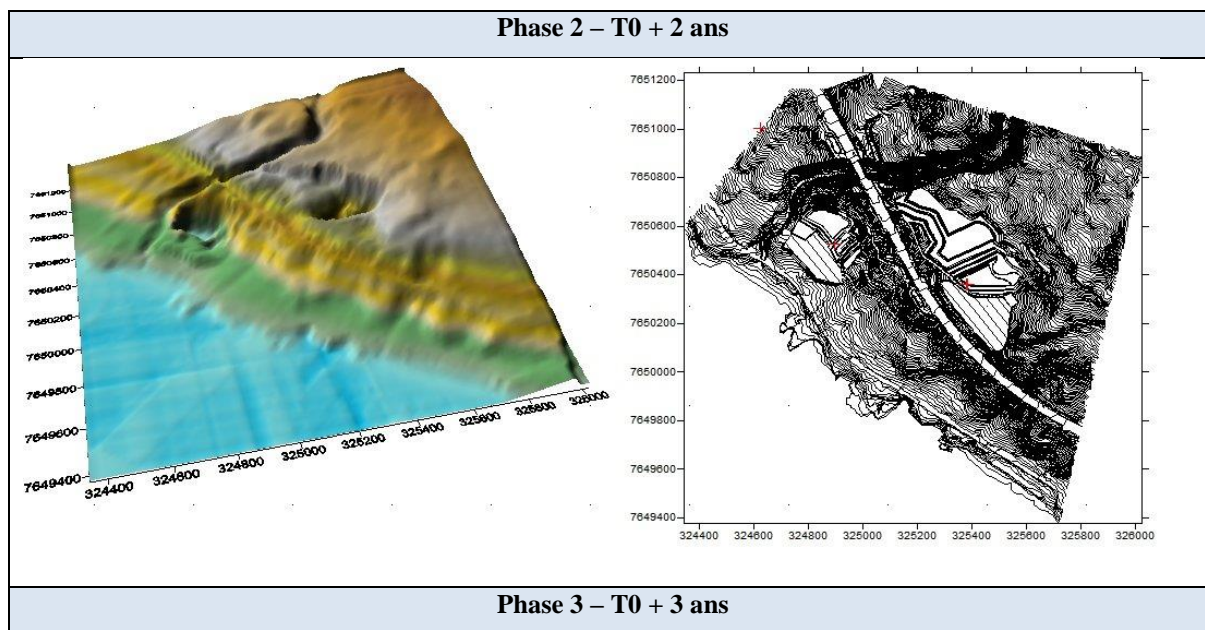


Figure 25: Terrains numériques – phase 2 et phase 3

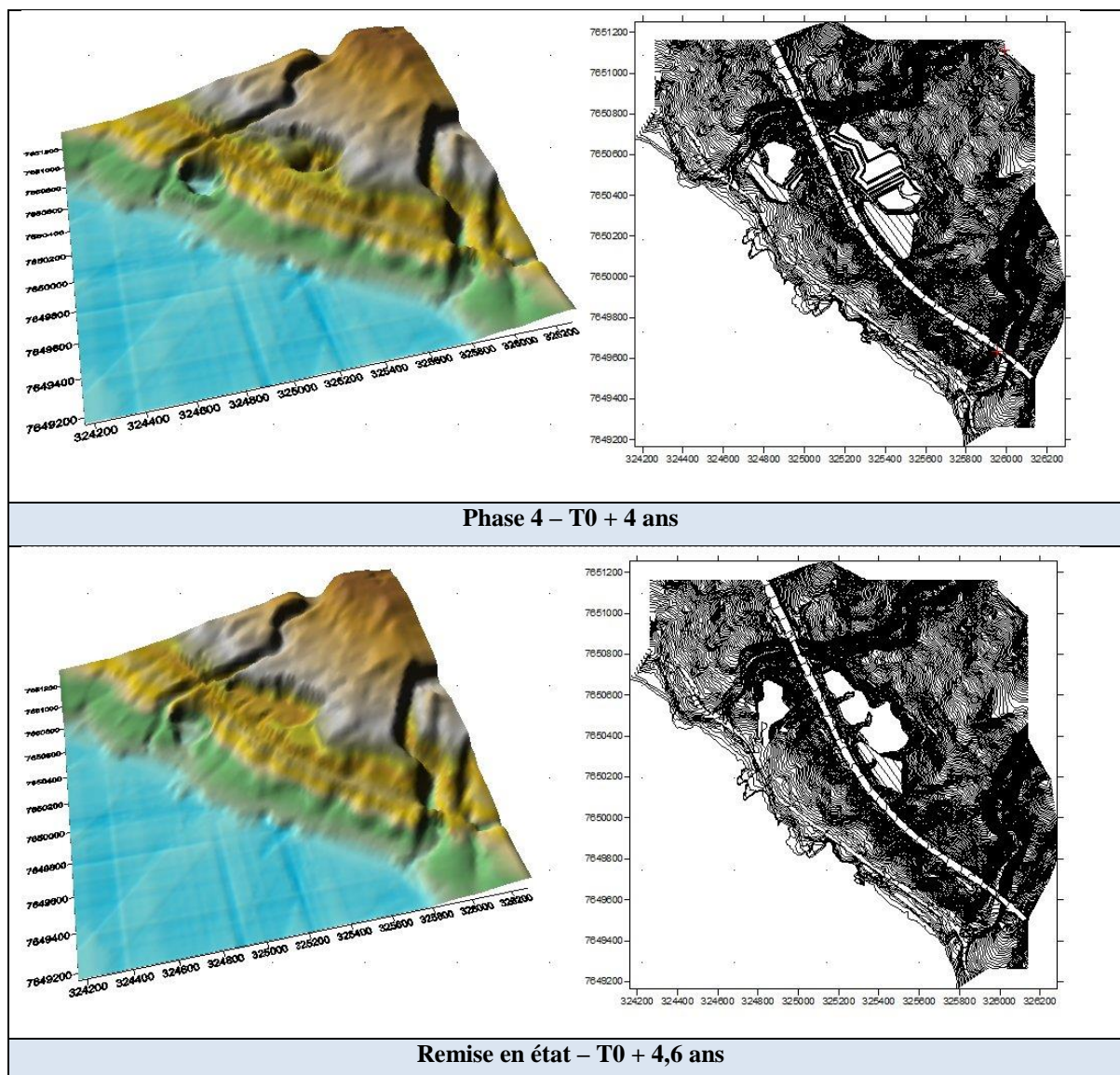


Figure 26: Terrains numériques – phase 4 et remise en état

5.3.2. Résultats des modélisations

Les résultats des calculs sont indiqués dans le tableau ci-après.

Il s'agit des concentrations maximales et moyennes, ainsi que des centiles³ des concentrations calculées en moyenne annuelle.

Il a été également relevé les concentrations au niveau des récepteurs indiqués sur la figure ci-après (habitations).

³ Chacune des valeurs d'un caractère statistique quantitatif qui partagent l'étendue des valeurs en cent sous-ensembles d'effectifs égaux.



Figure 27: Emplacements de récepteurs

Tableau 48: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Phase 1 et Travaux préparatoires

	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	Monoxyde de carbone	Dioxyde d'azote	COVNM	Particules diesel	Dépôts
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[g/m ²]
Maximum	124,18	22,612	3,376	10,72	6,85	0,77	0,12	0,012
Moyenne	13,60	2,976	0,444	1,27	0,81	0,09	0,01	0,001
Centile 90	30,98	6,874	1,026	2,93	1,87	0,21	0,03	0,004
Centile 80	13,44	3,376	0,504	1,33	0,85	0,10	0,01	0,002
Centile 70	7,68	2,085	0,311	0,80	0,51	0,06	0,01	0,001
Centile 60	5,46	1,440	0,215	0,58	0,37	0,04	0,01	0,001
Centile 50	3,93	1,279	0,191	0,47	0,30	0,03	0,01	0,001
Centile 40	3,70	1,279	0,191	0,36	0,23	0,03	0,00	0,000
Centile 30	7,68	2,085	0,311	0,80	0,51	0,06	0,01	0,001
Centile 20	2,39	0,584	0,087	0,30	0,19	0,02	0,00	0,000
Centile 10	1,74	0,584	0,087	0,17	0,11	0,01	0,00	0,000
Récepteur 1	29,38	8,981	1,341	3,20	2,04	0,23	0,04	0,004
Récepteur 2	22,77	7,633	1,140	2,50	1,60	0,18	0,03	0,003
Récepteur 3	55,13	14,714	2,197	5,51	3,52	0,39	0,06	0,008
Récepteur 4	47,46	14,511	2,167	5,04	3,22	0,36	0,06	0,007
Récepteur 5	32,45	10,697	1,597	3,59	2,29	0,26	0,04	0,005
Récepteur 6	37,01	8,919	1,332	3,39	2,16	0,24	0,04	0,005

Tableau 49: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Phase 2

	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	Monoxyde de carbone	Dioxyde d'azote	COVNM	Particules diesel	Dépôts
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[g/m ²]
Maximum	115,43	18,501	2,762	10,72	6,85	0,77	0,12	0,012
Moyenne	12,26	2,371	0,354	1,27	0,81	0,09	0,01	0,001
Centile 90	28,01	5,520	0,824	2,93	1,87	0,21	0,03	0,004
Centile 80	11,86	2,674	0,399	1,33	0,85	0,10	0,01	0,002
Centile 70	6,63	1,634	0,244	0,80	0,51	0,06	0,01	0,001
Centile 60	4,63	1,090	0,163	0,58	0,37	0,04	0,01	0,001
Centile 50	3,30	0,978	0,146	0,47	0,30	0,03	0,01	0,001
Centile 40	3,08	0,978	0,146	0,36	0,23	0,03	0,00	0,000
Centile 30	6,63	1,634	0,244	0,80	0,51	0,06	0,01	0,001
Centile 20	1,98	0,434	0,065	0,30	0,19	0,02	0,00	0,000
Centile 10	1,43	0,434	0,065	0,17	0,11	0,01	0,00	0,000
Récepteur 1	24,29	6,827	1,019	3,20	2,04	0,23	0,04	0,004
Récepteur 2	18,98	5,729	0,855	2,50	1,60	0,18	0,03	0,003
Récepteur 3	50,49	11,858	1,770	5,51	3,52	0,39	0,06	0,008
Récepteur 4	41,33	11,180	1,669	5,04	3,22	0,36	0,06	0,007
Récepteur 5	25,93	8,142	1,216	3,59	2,29	0,26	0,04	0,005
Récepteur 6	35,23	7,016	1,047	3,39	2,16	0,24	0,04	0,005

Tableau 50: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Phase 3

	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	Monoxyde de carbone	Dioxyde d'azote	COVNM	Particules diesel	Dépôts
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[g/m ²]
Maximum	123,91	21,108	3,151	10,72	6,85	0,77	0,12	0,012
Moyenne	13,57	2,761	0,412	1,27	0,81	0,09	0,01	0,001
Centile 90	30,91	6,372	0,951	2,93	1,87	0,21	0,03	0,004
Centile 80	13,41	3,125	0,467	1,33	0,85	0,10	0,01	0,002
Centile 70	7,66	1,935	0,289	0,80	0,51	0,06	0,01	0,001
Centile 60	5,45	1,290	0,193	0,58	0,37	0,04	0,01	0,001
Centile 50	3,92	1,179	0,176	0,47	0,30	0,03	0,01	0,001
Centile 40	3,70	1,179	0,176	0,36	0,23	0,03	0,00	0,000
Centile 30	7,66	1,935	0,289	0,80	0,51	0,06	0,01	0,001
Centile 20	2,39	0,534	0,080	0,30	0,19	0,02	0,00	0,000
Centile 10	1,74	0,534	0,080	0,17	0,11	0,01	0,00	0,000
Récepteur 1	29,31	8,430	1,259	3,20	2,04	0,23	0,04	0,004
Récepteur 2	22,72	6,956	1,039	2,50	1,60	0,18	0,03	0,003
Récepteur 3	55,01	13,212	1,973	5,51	3,52	0,39	0,06	0,008
Récepteur 4	47,35	13,134	1,961	5,04	3,22	0,36	0,06	0,007
Récepteur 5	32,38	10,170	1,518	3,59	2,29	0,26	0,04	0,005
Récepteur 6	36,93	7,418	1,107	3,39	2,16	0,24	0,04	0,005

Tableau 51: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Phase 4

	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	Monoxyde de carbone	Dioxyde d'azote	COVNM	Particules diesel	Dépôts
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[g/m ²]
Maximum	124,27	21,114	3,152	10,72	6,85	0,77	0,12	0,012
Moyenne	13,61	2,761	0,412	1,27	0,81	0,09	0,01	0,001
Centile 90	31,00	6,374	0,952	2,93	1,87	0,21	0,03	0,004
Centile 80	13,45	3,126	0,467	1,33	0,85	0,10	0,01	0,002
Centile 70	7,68	1,936	0,289	0,80	0,51	0,06	0,01	0,001
Centile 60	5,47	1,290	0,193	0,58	0,37	0,04	0,01	0,001
Centile 50	3,93	1,179	0,176	0,47	0,30	0,03	0,01	0,001
Centile 40	3,71	1,179	0,176	0,36	0,23	0,03	0,00	0,000
Centile 30	7,68	1,936	0,289	0,80	0,51	0,06	0,01	0,001
Centile 20	2,40	0,534	0,080	0,30	0,19	0,02	0,00	0,000
Centile 10	1,74	0,534	0,080	0,17	0,11	0,01	0,00	0,000
Récepteur 1	29,40	8,432	1,259	3,20	2,04	0,23	0,04	0,004
Récepteur 2	22,79	6,958	1,039	2,50	1,60	0,18	0,03	0,003
Récepteur 3	55,17	13,216	1,973	5,51	3,52	0,39	0,06	0,008
Récepteur 4	47,49	13,138	1,961	5,04	3,22	0,36	0,06	0,007
Récepteur 5	32,47	10,173	1,519	3,59	2,29	0,26	0,04	0,005
Récepteur 6	37,04	7,420	1,108	3,39	2,16	0,24	0,04	0,005

Tableau 52: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Remise en état

	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	Monoxyde de carbone	Dioxyde d'azote	COVNM	Particules diesel	Dépôts
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[g/m ²]
Maximum	122,70	21,088	3,148	10,72	6,85	0,77	0,12	0,012
Moyenne	13,44	2,758	0,412	1,27	0,81	0,09	0,01	0,001
Centile 90	30,61	6,366	0,950	2,93	1,87	0,21	0,03	0,004
Centile 80	13,28	3,122	0,466	1,33	0,85	0,10	0,01	0,002
Centile 70	7,59	1,933	0,289	0,80	0,51	0,06	0,01	0,001
Centile 60	5,40	1,289	0,192	0,58	0,37	0,04	0,01	0,001
Centile 50	3,88	1,178	0,176	0,47	0,30	0,03	0,01	0,001
Centile 40	3,66	1,178	0,176	0,36	0,23	0,03	0,00	0,000
Centile 30	7,59	1,933	0,289	0,80	0,51	0,06	0,01	0,001
Centile 20	2,37	0,533	0,080	0,30	0,19	0,02	0,00	0,000
Centile 10	1,72	0,533	0,080	0,17	0,11	0,01	0,00	0,000
Récepteur 1	29,03	8,422	1,257	3,20	2,04	0,23	0,04	0,004
Récepteur 2	22,50	6,950	1,038	2,50	1,60	0,18	0,03	0,003
Récepteur 3	54,48	13,200	1,971	5,51	3,52	0,39	0,06	0,008
Récepteur 4	46,89	13,122	1,959	5,04	3,22	0,36	0,06	0,007
Récepteur 5	32,06	10,161	1,517	3,59	2,29	0,26	0,04	0,005
Récepteur 6	36,57	7,411	1,106	3,39	2,16	0,24	0,04	0,005

Les figures représentant les iso concentrations et les dépôts obtenus sur le domaine sont présentées en annexe.

Comparaison avec les normes de la qualité de l'air

Afin d'apprécier l'impact de l'installation sur la qualité de l'air, les résultats sont comparés avec les normes de la qualité de l'air.

Les critères nationaux de qualité de l'air sont, à l'heure de la rédaction de ce rapport, définis par le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010.

Ce décret transpose la directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008.

Les polluants réglementés sont les suivants :

- Les oxydes d'azote ;
- Le monoxyde de carbone ;
- Les particules PM₁₀ et PM_{2,5} ;
- Le benzène ;
- Les métaux : plomb, arsenic, cadmium, nickel ;
- Les hydrocarbures polycycliques : benzo(a)pyrène ;
- L'ozone.

L'ozone est un polluant produit dans l'atmosphère sous l'effet du rayonnement solaire par des réactions entre les oxydes d'azote et les composés organiques volatils émis notamment par les activités humaines.

Dioxyde d'azote

Le tableau ci-après indique les concentrations maximales obtenues à l'aide des modélisations *sans bruit de fond* sur l'ensemble des phases.

Tableau 53: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Dioxyde d'azote [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	Moyenne annuelle	Maximum horaire
Maximum	6,85	153,10
Médiane	0,81	27,39
Récepteur N°1	2,04	55,27
Récepteur N°2	1,60	31,83
Récepteur N°3	3,52	24,00
Récepteur N°4	3,22	19,78
Récepteur N°5	2,29	17,05
Récepteur N°6	2,16	14,93
Valeurs limites	40	200 à ne pas dépasser plus de 18 heures par an (percentile 99,8)
Seuil de recommandation et d'information		200
Seuils d'alerte		400 dépassé sur 3 heures consécutives 200 si dépassement de ce seuil la veille et risque de dépassement le lendemain
Objectif de qualité	40	

Particules PM₁₀ et PM_{2.5}

Le tableau ci-après indique les concentrations maximales obtenues à l'aide des modélisations *sans bruit de fond* sur l'ensemble des phases.

Les concentrations maximales sont calculées à l'intérieur du site.

Pour ce qui concerne les habitations, les niveaux sont inférieurs aux valeurs réglementaires.

Tableau 54: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Particules PM10 et PM2.5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	Particules PM10		Particules PM2.5
	Moyenne annuelle	Maximum sur 24 heures	Moyenne annuelle
Maximum	22,61	47,07	3,38
Médiane	2,98	6,79	0,44
Récepteur N°1	8,98	20,32	1,34
Récepteur N°2	7,63	17,29	1,14
Récepteur N°3	14,71	32,90	2,20
Récepteur N°4	14,51	34,23	2,17
Récepteur N°5	10,70	24,72	1,60
Récepteur N°6	8,92	18,72	1,33
Valeurs limites	40	50 à ne pas dépasser plus de 35 jours par an	25
Seuil de recommandation et d'information		50	
Seuils d'alerte		80	
Objectif de qualité	30		

Monoxyde de carbone et benzène

Le tableau ci-après indique les concentrations maximales obtenues à l'aide des modélisations *sans bruit de fond* sur l'ensemble des phases.

De manière conservatrice, il est considéré que tous les COVNM émis sont assimilés à du benzène.

Au niveau des habitations, les niveaux sont très inférieurs aux valeurs réglementaires.

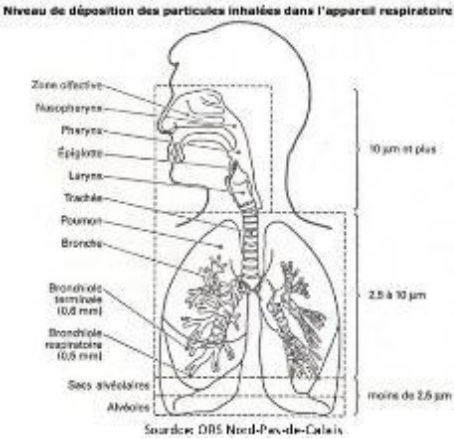
Tableau 55: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Monoxyde de carbone et benzène [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	Monoxyde de carbone		Benzène
	Moyenne annuelle	Maximum horaire	Moyenne annuelle
Maximum	10,72	239,69	0,77
Médiane	1,27	42,88	0,09
Récepteur N°1	1,34	36,31	0,23
Récepteur N°2	1,14	22,70	0,18
Récepteur N°3	2,20	14,98	0,39
Récepteur N°4	2,17	13,31	0,36
Récepteur N°5	1,60	11,87	0,26
Récepteur N°6	1,33	9,20	0,24
Valeurs limites		Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures : 10 000	5
Objectif de qualité			2

✚ Analyses des résultats pour les polluants non réglementés

Le tableau ci-après présente l'analyse des résultats pour les polluants ne faisant pas l'objet d'une réglementation.

Tableau 56: Analyses des résultats pour les polluants non réglementés

POLLUANTS	Analyse
<p>Particules Totales en Suspension (TSP)</p>	<p>Il s'agit de toutes les particules sans distinction de leur diamètre aérodynamique. Les particules ayant un diamètre aérodynamique supérieur à 10 µm ne pénètrent pas dans les poumons et les bronches et donc celles-ci ne présentent pas de risques sanitaires.</p>  <p>Niveau de dépôt des particules inhalées dans l'appareil respiratoire selon leur taille</p> <p>Zone cœlifaryngée Nasopharynx Pharynx Epiglotte Larynx Trachée Poumon Bronche Bronchiole terminale (0,8 mm) Bronchiole respiratoire (0,8 mm) Sacs alvéolaires Alvéoles</p> <p>10 µm et plus 2,5 à 10 µm moins de 2,5 µm</p> <p>Source: IRS Nord-Pas-de-Calais</p>
<p>Particules diesel</p>	<p>Bien que leur effets sanitaires soient connus, les teneurs dans l'air ambiant en particules diesel ne sont pas encore réglementées. Il est constaté que la contribution de l'installation est très faible.</p>
<p>Composés organiques volatils</p>	<p>En fonction du composé, les effets sanitaires divergent. Seul le benzène fait l'objet d'une réglementation pour l'air ambiant.</p>

5.3.3. Influence des conditions météorologiques sur la dispersion

Les conditions météorologiques ont une influence sur la dispersion des polluants et notamment des poussières émises par l'exploitation de la carrière.

Ce paragraphe analyse l'influence des conditions météorologiques sur les concentrations de poussières PM₁₀ au niveau des récepteurs.

Méthodologie

En vue d'identifier les conditions météorologiques « remarquables », les données tri-horaires provenant la station météorologique de l'Aéroport Pierrefonds [Commune de Saint-Pierre], ainsi que les données climatologiques de Météo France, ont été analysées.

Les paramètres considérés pour l'analyse sont :

- La pluviométrie ;
- La stabilité de l'atmosphère ;
- La vitesse et la direction des vents dans le secteur.

L'analyse détaillée des conditions météorologiques est fournie en annexe.

Situations météorologiques retenues

Les situations météorologiques retenues pour l'étude de l'influence de la dispersion sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 57: Conditions météorologiques retenues pour l'analyse de l'influence des conditions météorologiques

Saison	Pluviométrie [mm]	Classes de stabilité	Vitesses du vent retenues				Directions du vent		
			[m/s]				70°	135°	200°
Été austral	843.6	B-Instable	2	3	4	5	70° [ENE]	135° [SE]	200° [SSW]
	843.6	C-Peu instable	6	7.5	9	10.5	70° [ENE]	135° [SE]	200° [SSW]
	843.6	E-Stable	2	3	4	5	70° [ENE]	135° [SE]	200° [SSW]
Hiver austral	242.5	A-Très instable	1.5	2	2.5	3	70° [ENE]	135° [SE]	200° [SSW]
	242.5	F-Très stable	1.5	2	2.5	3	70° [ENE]	135° [SE]	200° [SSW]
	242.5	E-Stable	2	3	4	5	70° [ENE]	135° [SE]	200° [SSW]
Intersaison	354.3	C-Peu instable	2	3	4	5	70° [ENE]	135° [SE]	200° [SSW]
	354.3	E-Stable	2	3	4	5	70° [ENE]	135° [SE]	200° [SSW]

✚ Résultats et analyse

Le facteur prédominant pour l'exposition des cibles est évidemment la direction du vent. Les vents des secteurs Nord/Nord-Ouest/Ouest augmentent l'exposition des populations aux émissions générées par l'exploitation de la carrière.

Aussi, il est considéré dans la suite de l'analyse la concentration maximale atteinte à chaque récepteur parmi les trois directions de vents étudiées.

Les scénarios analysés sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau 58: Scénarios examinés

	Saison	Classes de stabilité	Vitesses du vent retenues [m/s]			
Scénario N°1	Été austral	B-Instable	2	3	4	5
Scénario N°2		C-Peu instable	6	7.5	9	10.5
Scénario N°3		E-Stable	2	3	4	5
Scénario N°4	Hiver austral	A-Très instable	1.5	2	2.5	3
Scénario N°5		F-Très stable	1.5	2	2.5	3
Scénario N°6		E-Stable	2	3	4	5
Scénario N°7	Intersaison	C-Peu instable	2	3	4	5
Scénario N°8		E-Stable	2	3	4	5

Les concentrations obtenues au niveau des récepteurs sont présentées à la page ci-après.

Tableau 59: Concentrations en PM10 calculées au niveau des récepteurs pour les conditions météorologiques particulières [unité : µg/m³]

ÉTÉ AUSTRAL						
Scénario N°1	Maximum sur l'ensemble des récepteurs	Récepteur 1	Récepteur 2	Récepteur 3	Récepteur 4	
B-Instable U = 2m/s	2.778	0.0000	1.3095	0.1111	2.7778	
B-Instable U = 3m/s	1.976	0.0079	0.8571	0.0794	1.9762	
B-Instable U = 4m/s	1.294	0.0079	0.5397	0.0317	1.2937	
B-Instable U = 5m/s	1.111	0.0079	0.4048	0.0873	1.1111	
Scénario N°2	Maximum sur l'ensemble des récepteurs	Récepteur 1	Récepteur 2	Récepteur 3	Récepteur 4	
C-Peu instable U = 6m/s	1.262	0.0000	0.3095	0.0238	1.2619	
C-Peu instable U = 7,5m/s	1.048	0.0000	0.3016	0.0159	1.0476	
C-Peu instable U = 9m/s	0.881	0.0000	0.2302	0.0000	0.8810	
C-Peu instable U = 10,5m/s	0.714	0.0000	0.1667	0.0079	0.7143	
Scénario N°3	Maximum sur l'ensemble des récepteurs	Récepteur 1	Récepteur 2	Récepteur 3	Récepteur 4	
E-Stable U = 2m/s	0.492	0.0000	0.0000	0.0079	0.4921	
E-Stable U = 3m/s	0.881	0.0000	0.0000	0.0000	0.8810	
E-Stable U = 4m/s	0.929	0.0000	0.0000	0.0000	0.9286	
E-Stable U = 5m/s	1.000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	
HIVER AUSTRAL						
Scénario N°4	Maximum sur l'ensemble des récepteurs	Récepteur 1	Récepteur 2	Récepteur 3	Récepteur 4	
A-Très instable U = 1,5m/s	6.127	0.0952	3.0476	1.4921	6.1270	
A-Très instable U = 2m/s	8.603	0.0317	3.8413	2.9524	8.6032	
A-Très instable U = 2,5m/s	4.667	0.0635	2.3810	0.8889	4.6667	
A-Très instable U = 3m/s	4.190	0.0635	2.7937	0.8571	4.1905	
Scénario N°5	Maximum sur l'ensemble des récepteurs	Récepteur 1	Récepteur 2	Récepteur 3	Récepteur 4	
F-Très stable U = 1,5m/s	0.063	0.0000	0.0000	0.0000	0.0635	
F-Très stable U = 2m/s	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
F-Très stable U = 2,5m/s	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
F-Très stable U = 3m/s	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
Scénario N°6	Maximum sur l'ensemble des récepteurs	Récepteur 1	Récepteur 2	Récepteur 3	Récepteur 4	
E-Stable U = 2m/s	1.968	0.0000	0.0000	0.0317	1.9683	
E-Stable U = 3m/s	3.524	0.0000	0.0000	0.0000	3.5238	
E-Stable U = 4m/s	3.714	0.0000	0.0000	0.0000	3.7143	
E-Stable U = 5m/s	4.000	0.0000	0.0000	0.0000	4.0000	

INTERSAISON						
Scénario N°7		Maximum sur l'ensemble des récepteurs	Récepteur 1	Récepteur 2	Récepteur 3	Récepteur 4
C-Peu instable	U = 2m/s	10.214	0.0000	2.8810	0.0476	10.2143
C-Peu instable	U = 3m/s	9.000	0.0000	2.1191	0.0952	9.0000
C-Peu instable	U = 4m/s	5.810	0.0000	1.5952	0.0714	5.8095
C-Peu instable	U = 5m/s	4.571	0.0000	1.2857	0.0238	4.5714
Scénario N°8		Maximum sur l'ensemble des récepteurs	Récepteur 1	Récepteur 2	Récepteur 3	Récepteur 4
E-Stable	U = 2m/s	1.476	0.0000	0.0000	0.0238	1.4762
E-Stable	U = 3m/s	2.643	0.0000	0.0000	0.0000	2.6429
E-Stable	U = 4m/s	2.786	0.0000	0.0000	0.0000	2.7857
E-Stable	U = 5m/s	3.000	0.0000	0.0000	0.0000	3.0000

Influence des saisons sur les résultats

La figure ci-après présente les concentrations maximales relevées sur les récepteurs pour les différentes saisons, la classe de stabilité ainsi que la vitesse de vent.

Il est constaté que les concentrations sont plus fortes en hiver austral qu'en été austral ; cette hausse résultant de la pluviométrie maximale en été.

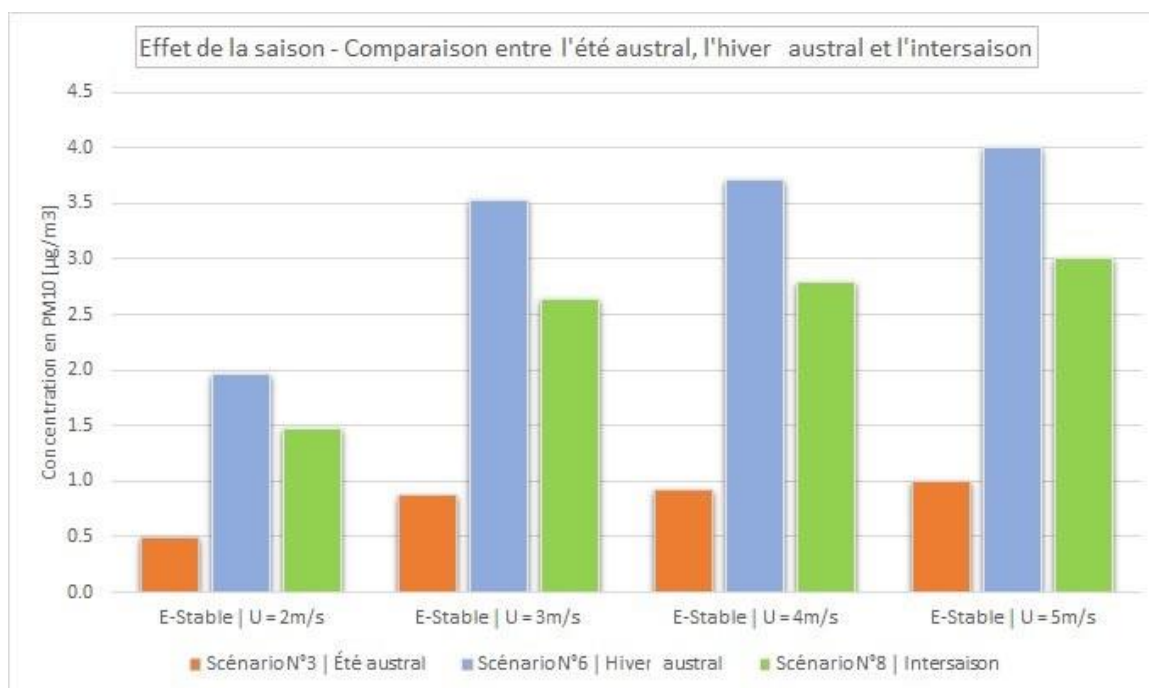


Figure 28: Effet de la saison sur les résultats

Influence de la classe de stabilité

Les figures ci-après présentent les concentrations maximales relevées sur les récepteurs pour les différentes classes de stabilité, la saison ainsi que la vitesse de vent.

Il est constaté que les concentrations sont beaucoup plus fortes avec des classes de stabilité dites « instables » (turbulences des masses d'air importantes) qu'avec des classes de stabilité « stables » (sans turbulence).



Figure 29: Effet de la classe de stabilité

Évaluation de l'exposition des récepteurs en fonction de la direction du vent

La direction des vents est un élément majeur pour l'exposition des cibles aux émissions de la carrière.

Le tableau ci-après présente les fréquences des vents favorisant l'exposition des populations. Ces statistiques sont celles observées à la station météorologique « Les Avirons » (entre juin 2013 et novembre 2015 de 7h à 19h).

À l'exception du récepteur N°6, les vents favorisant l'exposition des populations représente 10% des fréquences de vent pour chaque récepteur.

Tableau 60: Fréquences des vents favorisant l'exposition de populations

Direction du vent	Récepteur exposé	Année	janvier février			mars	avril	mai	juin
			janvier	février	février				
SSO	Récepteur N°5	6,10%	7,80%	6,40%	6,30%	5,30%	4,20%	4,90%	
SO	Récepteur N°5	7,30%	8,90%	8,50%	6,30%	6,30%	4,20%	3,50%	
NNO	Récepteur N°1	2,50%	3,30%	3,20%	4,20%	2,10%	2,10%	2,80%	
N	Récepteur N°4	2,30%	2,20%	4,30%	2,10%	2,10%	2,10%	2,80%	
NNE	Récepteur N°2	4,80%	3,30%	4,30%	4,20%	5,30%	7,30%	4,90%	
NE	Récepteur N°3	6,00%	2,20%	3,20%	4,20%	8,40%	8,30%	9,00%	
SE	Récepteur N°6	13,30%	10,00%	12,80%	13,50%	12,60%	14,60%	13,90%	
Direction du vent	Récepteur exposé	Année	juillet août		septembre	octobre	novembre	décembre	
			juillet	août					
SSO	Récepteur N°5	6,10%	4,30%	5,00%	5,70%	7,90%	7,80%	7,40%	
SO	Récepteur N°5	7,30%	5,00%	6,40%	7,80%	9,30%	11,30%	9,60%	
NNO	Récepteur N°1	2,50%	2,10%	1,40%	2,10%	2,10%	2,10%	2,10%	
N	Récepteur N°4	2,30%	2,10%	2,10%	2,10%	2,10%	2,10%	1,10%	
NNE	Récepteur N°2	4,80%	7,10%	5,70%	5,00%	4,30%	3,50%	3,20%	
NE	Récepteur N°3	9,90%	9,20%	6,40%	3,60%	4,30%	3,20%	9,90%	
SE	Récepteur N°6	13,30%	13,50%	14,20%	14,20%	14,30%	12,10%	13,80%	

 **Conclusion**

Les deux principaux paramètres qui influencent l'impact des émissions atmosphériques générées par l'exploitation de la carrière sont les suivants :

- La pluviométrie ;

- La direction des vents.

La pluviométrie agit à deux niveaux : sur les émissions et sur la dispersion. Lorsque la pluviométrie augmente, les émissions diminuent et les composés émis sont « plaqués » au sol.

La direction des vents agit uniquement sur la dispersion. Les cibles les plus proches ne se trouvent pas sous les vents dominants, ce qui les « protège » des émissions de la carrière.

5.3.4. Influence des saisons sur l'exposition des cibles

Le climat de La Réunion est tropical humide. Mais il se singularise surtout par de grandes variabilités liées à la géographie de l'île.

Il existe deux saisons marquées à La Réunion :

- La saison des pluies qui peut être définie entre janvier et mars et qui correspond à l'été austral ;
- La saison sèche, plus longue, qui débute au mois de mai pour s'achever au mois de novembre et qui correspond à l'hiver austral.

Afin d'examiner les effets des saisons sur l'exposition des populations, des simulations numériques ont été réalisées sur des périodes correspondant à ces deux saisons, à savoir :

- Les mois de janvier et de février pour l'été austral ;
- Les mois de juillet et d'août pour l'hiver austral.

Les concentrations calculées en *moyenne* pour lesdites périodes sont présentées dans les tableaux suivants.

Il faut garder à l'esprit que ces résultats sont donnés pour des périodes limitées de l'année et que ceux-ci ne sont pas représentatifs de l'ensemble de l'année.

Il est constaté que les concentrations sont plus importantes lors de la saison sèche en comparaison avec la saison des pluies, la pluviométrie agissant notamment sur les émissions de poussières. L'augmentation de l'humidité entrave l'envol des poussières, ce qui a pour effet de diminuer fortement les émissions.

Le graphique ci-après est issu du document de l'US EPA, AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 13: Miscellaneous Sources, 13.2.2 Unpaved Roads. Il présente l'effet de l'humidité sur l'envol des poussières pour les routes non pavées.

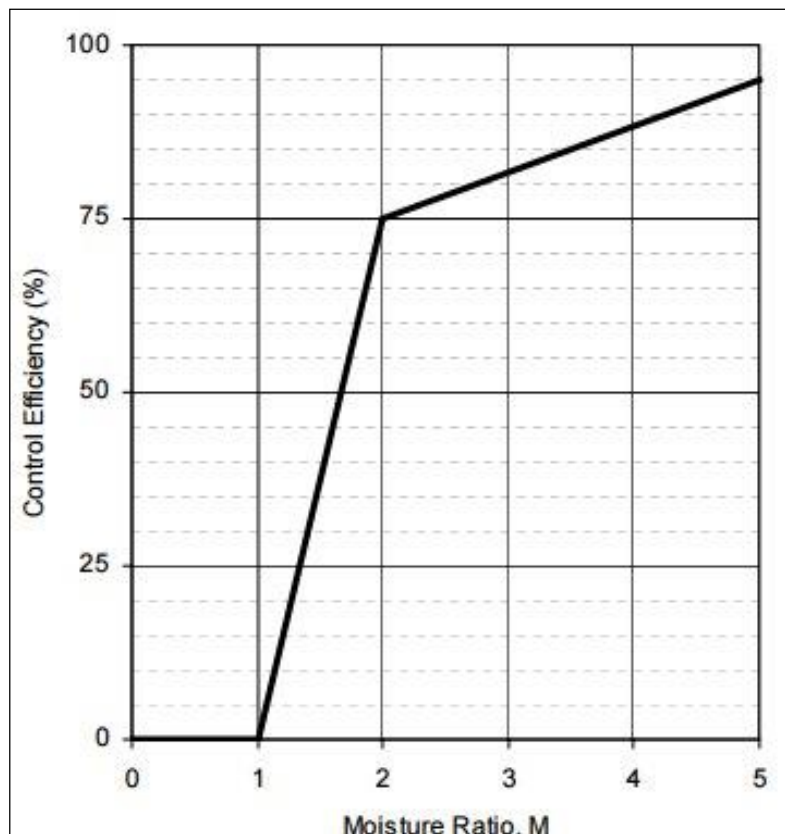


Figure 30: Effet de l'humidité sur l'envol des poussières pour les routes non pavées

NB : « Moisture ratio » correspond au taux d'humidité et « control efficiency » correspond à l'abattement obtenu.

SCPR – EMC2 – Carrière de la Ravine du Trou 2 – EQRS – Rapport d'étude N°2d

Tableau 61: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Phase 1 et Travaux préparatoires – Effets des saisons

	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	Monoxyde de carbone	Dioxyde d'azote	COVNM	Particules diesel	Dépôts
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[g/m ²]
HIVER AUSTRAL – MOYENNE POUR JUILLET ET AOUT								
Maximum	127,61	34,395	6,944	12,732	8,133	0,912	0,142	0,042
Récepteur 1	9,72	3,921	0,212	0,379	0,242	0,027	0,004	0,007
Récepteur 2	6,49	2,661	0,208	0,451	0,288	0,032	0,005	0,005
Récepteur 3	22,67	8,456	1,148	2,465	1,575	0,177	0,027	0,018
Récepteur 4	48,78	19,013	0,635	1,359	0,868	0,097	0,015	0,013
Récepteur 5	26,81	8,800	2,869	6,440	4,113	0,461	0,072	0,021
Récepteur 6	37,88	13,882	3,299	5,381	3,437	0,386	0,060	0,025
ÉTE AUSTRAL – MOYENNE POUR JANVIER ET FEVRIER								
Maximum	59,88	18,581	1,854	9,297	5,938	0,666	0,104	0,018
Récepteur 1	0,98	0,304	0,042	0,229	0,146	0,016	0,003	0,001
Récepteur 2	2,17	0,663	0,049	0,309	0,197	0,022	0,003	0,001
Récepteur 3	8,45	2,893	0,309	1,861	1,189	0,133	0,021	0,007
Récepteur 4	4,57	1,440	0,143	0,882	0,563	0,063	0,010	0,003
Récepteur 5	45,15	13,426	0,720	4,724	3,017	0,338	0,053	0,009
Récepteur 6	20,13	6,835	0,892	3,941	2,517	0,282	0,044	0,010

SCPR – EMC2 – Carrière de la Ravine du Trou 2 – EQRS – Rapport d'étude N°2d

Tableau 62: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Phase 2 – Effets des saisons

	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	Monoxyde de carbone	Dioxyde d'azote	COVNM	Particules diesel	Dépôts
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[g/m ²]
HIVER AUSTRAL – MOYENNE POUR JUILLET ET AOUT								
Maximum	119,45	31,250	5,494	12,732	8,133	0,912	0,142	0,042
Récepteur 1	8,86	3,620	0,181	0,379	0,242	0,027	0,004	0,007
Récepteur 2	5,98	2,443	0,170	0,451	0,288	0,032	0,005	0,005
Récepteur 3	23,51	8,867	0,966	2,465	1,575	0,177	0,027	0,018
Récepteur 4	44,21	17,296	0,531	1,359	0,868	0,097	0,015	0,013
Récepteur 5	23,94	7,637	2,191	6,440	4,113	0,461	0,072	0,021
Récepteur 6	38,42	12,847	2,451	5,381	3,437	0,386	0,060	0,025
ÉTÉ AUSTRAL – MOYENNE POUR JANVIER ET FEVRIER								
Maximum	55,02	14,281	1,468	9,297	5,938	0,666	0,104	0,012
Récepteur 1	11,58	0,236	0,035	0,229	0,146	0,016	0,003	0,000
Récepteur 2	9,26	0,520	0,040	0,309	0,197	0,022	0,003	0,000
Récepteur 3	23,16	2,165	0,255	1,861	1,189	0,133	0,021	0,002
Récepteur 4	19,26	1,117	0,119	0,882	0,563	0,063	0,010	0,001
Récepteur 5	12,80	10,538	0,550	4,724	3,017	0,338	0,053	0,004
Récepteur 6	17,84	5,092	0,665	3,941	2,517	0,282	0,044	0,005

SCPR – EMC2 – Carrière de la Ravine du Trou 2 – EQRS – Rapport d'étude N°2d

Tableau 63: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Phase 3 – Effets des saisons

	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	Monoxyde de carbone	Dioxyde d'azote	COVNM	Particules diesel	Dépôts
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[g/m ²]
HIVER AUSTRAL – MOYENNE POUR JUILLET ET AOUT								
Maximum	127,33	32,447	6,284	12,732	8,133	0,912	0,142	0,042
Récepteur 1	9,70	3,830	0,194	0,379	0,242	0,027	0,004	0,007
Récepteur 2	6,48	2,558	0,191	0,451	0,288	0,032	0,005	0,005
Récepteur 3	22,62	8,310	1,020	2,465	1,575	0,177	0,027	0,018
Récepteur 4	48,67	18,372	0,570	1,359	0,868	0,097	0,015	0,013
Récepteur 5	26,75	8,194	2,847	6,440	4,113	0,461	0,072	0,021
Récepteur 6	37,80	12,522	2,640	5,381	3,437	0,386	0,060	0,025
ÉTÉ AUSTRAL – MOYENNE POUR JANVIER ET FEVRIER								
Maximum	59,74	17,693	1,678	9,297	5,938	0,666	0,104	0,018
Récepteur 1	0,97	0,289	0,039	0,229	0,146	0,016	0,003	0,001
Récepteur 2	2,16	0,641	0,046	0,309	0,197	0,022	0,003	0,001
Récepteur 3	8,43	2,496	0,273	1,861	1,189	0,133	0,021	0,007
Récepteur 4	4,56	1,350	0,131	0,882	0,563	0,063	0,010	0,003
Récepteur 5	45,05	13,340	0,713	4,724	3,017	0,338	0,053	0,009
Récepteur 6	20,09	5,949	0,716	3,941	2,517	0,282	0,044	0,009

SCPR – EMC2 – Carrière de la Ravine du Trou 2 – EQRS – Rapport d'étude N°2d

Tableau 64: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Phase 4 – Effets des saisons

	TSP	PM₁₀	PM_{2,5}	Monoxyde de carbone	Dioxyde d'azote	COVNM	Particules diesel	Dépôts
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[g/m ²]
HIVER AUSTRAL – MOYENNE POUR JUILLET ET AOUT								
Maximum	127,70	32,456	6,285	12,732	8,133	0,912	0,142	0,042
Récepteur 1	9,73	3,831	0,194	0,379	0,242	0,027	0,004	0,007
Récepteur 2	6,50	2,559	0,191	0,451	0,288	0,032	0,005	0,005
Récepteur 3	22,69	8,312	1,020	2,465	1,575	0,177	0,027	0,018
Récepteur 4	48,81	18,377	0,570	1,359	0,868	0,097	0,015	0,013
Récepteur 5	26,82	8,196	2,848	6,440	4,113	0,461	0,072	0,021
Récepteur 6	37,91	12,526	2,641	5,381	3,437	0,386	0,060	0,025
ÉTÉ AUSTRAL – MOYENNE POUR JANVIER ET FEVRIER								
Maximum	59,92	17,698	11,191	11,621	7,423	0,833	0,130	0,018
Récepteur 1	0,98	0,289	0,257	0,287	0,183	0,021	0,003	0,001
Récepteur 2	2,17	0,641	0,306	0,386	0,247	0,028	0,004	0,001
Récepteur 3	8,45	2,496	1,818	2,326	1,486	0,167	0,026	0,007
Récepteur 4	4,57	1,350	0,875	1,102	0,704	0,079	0,012	0,003
Récepteur 5	45,18	13,344	4,753	5,905	3,772	0,423	0,066	0,009
Récepteur 6	20,15	5,950	4,777	4,926	3,146	0,353	0,055	0,010

SCPR – EMC2 – Carrière de la Ravine du Trou 2 – EQRS – Rapport d'étude N°2d

Tableau 65: Résultats des simulations numériques – Contribution de l'installation aux niveaux ambiants – Remise en état – Effets des saisons

	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	Monoxyde de carbone	Dioxyde d'azote	COVNM	Particules diesel	Dépôts
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[g/m ²]
HIVER AUSTRAL – MOYENNE POUR JUILLET ET AOUT								
Maximum	126,09	32,417	6,278	12,732	8,133	0,912	0,142	0,042
Récepteur 1	9,61	3,827	0,194	0,379	0,242	0,027	0,004	0,007
Récepteur 2	6,41	2,555	0,190	0,451	0,288	0,032	0,005	0,005
Récepteur 3	22,40	8,302	1,019	2,465	1,575	0,177	0,027	0,018
Récepteur 4	48,20	18,355	0,570	1,359	0,868	0,097	0,015	0,013
Récepteur 5	26,49	8,186	2,844	6,440	4,113	0,461	0,072	0,020
Récepteur 6	37,43	12,511	2,637	5,381	3,437	0,386	0,060	0,024
ÉTÉ AUSTRAL – MOYENNE POUR JANVIER ET FEVRIER								
Maximum	59,16	17,676	1,677	9,297	5,938	0,666	0,104	0,018
Récepteur 1	0,97	0,288	0,039	0,229	0,146	0,016	0,003	0,001
Récepteur 2	2,14	0,640	0,046	0,309	0,197	0,022	0,003	0,001
Récepteur 3	8,35	2,493	0,272	1,861	1,189	0,133	0,021	0,007
Récepteur 4	4,51	1,348	0,131	0,882	0,563	0,063	0,010	0,003
Récepteur 5	44,61	13,328	0,712	4,724	3,017	0,338	0,053	0,009
Récepteur 6	19,89	5,943	0,716	3,941	2,517	0,282	0,044	0,009

Les cartographies ci-dessous présentent les isocontours obtenus pour les poussières PM_{10} et $PM_{2.5}$.

L'ensemble des cartographies des polluants pour chaque phase et pour les deux saisons testées est fourni en annexe.

RAPPEL

Les résultats de ce paragraphe (concentrations et dépôts) ont été calculés, d'une part, sur les mois de Janvier & Février, à savoir : durant l'été austral (*saison des pluies*), et, d'autre part, sur les mois de Juillet & Août, à savoir : durant l'hiver austral (*saison sèche*). Cela ne signifie pas qu'ils sont représentatifs de l'ensemble des situations météorologiques observées sur l'année complète.

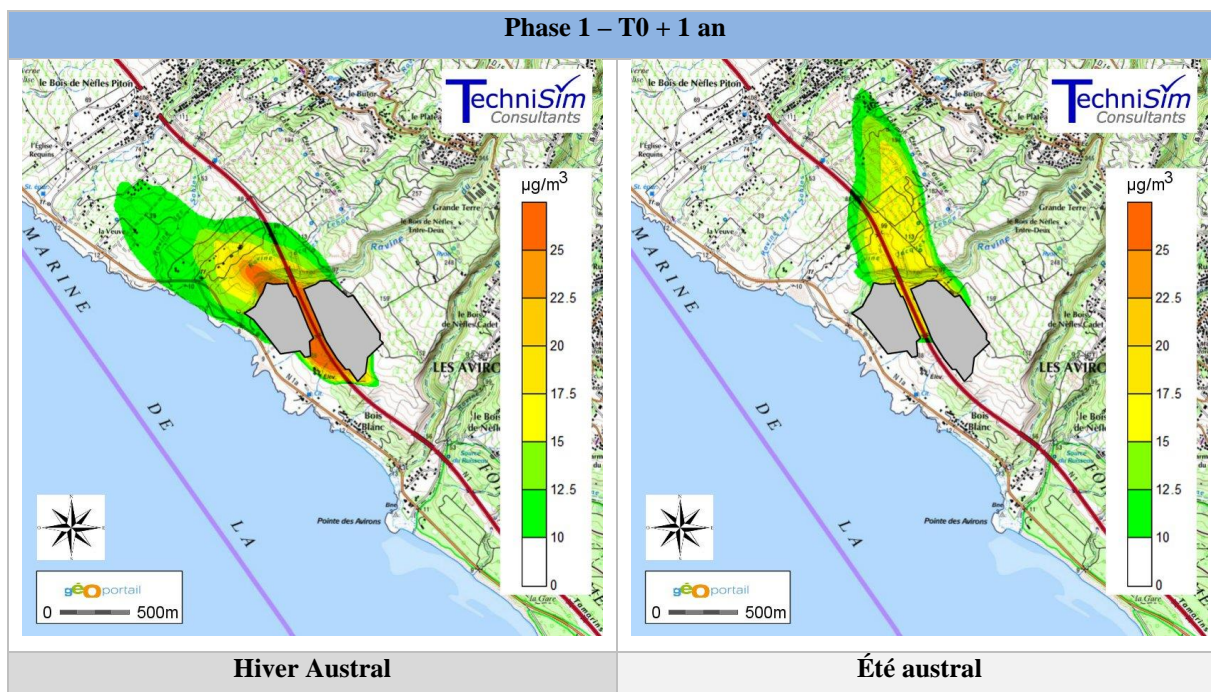


Figure 31: Concentration en Particules PM_{10} – Moyenne sur la période - Phase 1 – T0 + 1 an

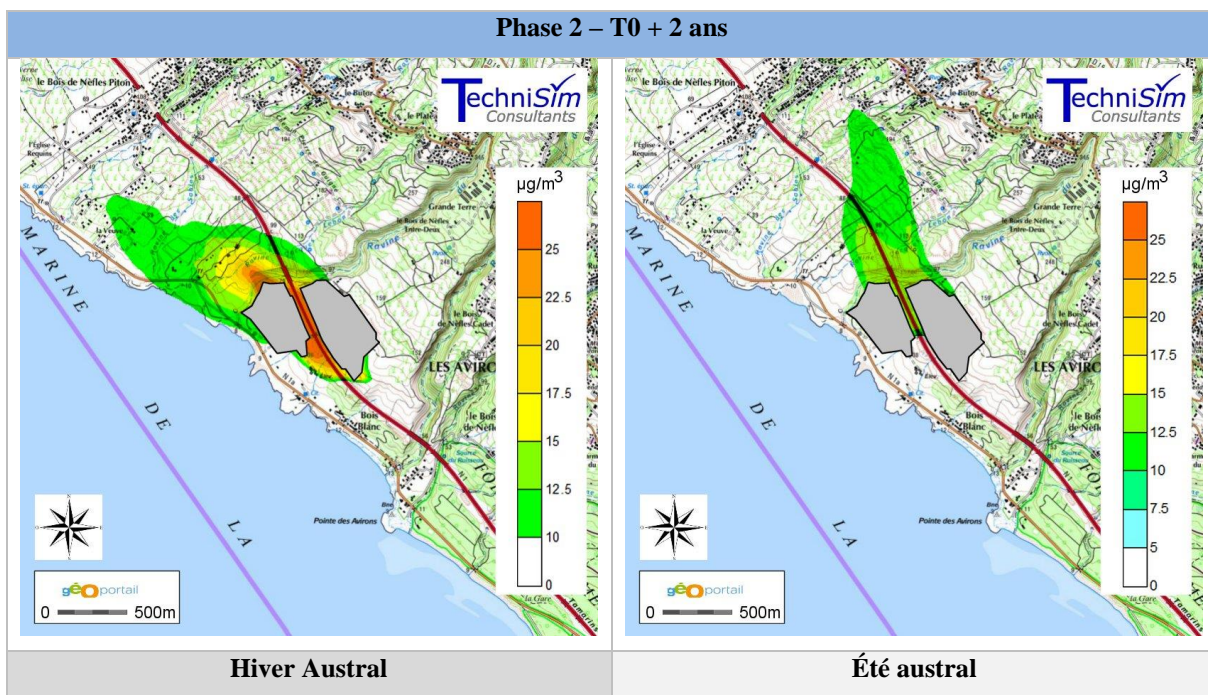


Figure 32: Concentration en Particules PM_{10} – Moyenne sur la période - Phase 2 – T0 + 2 ans

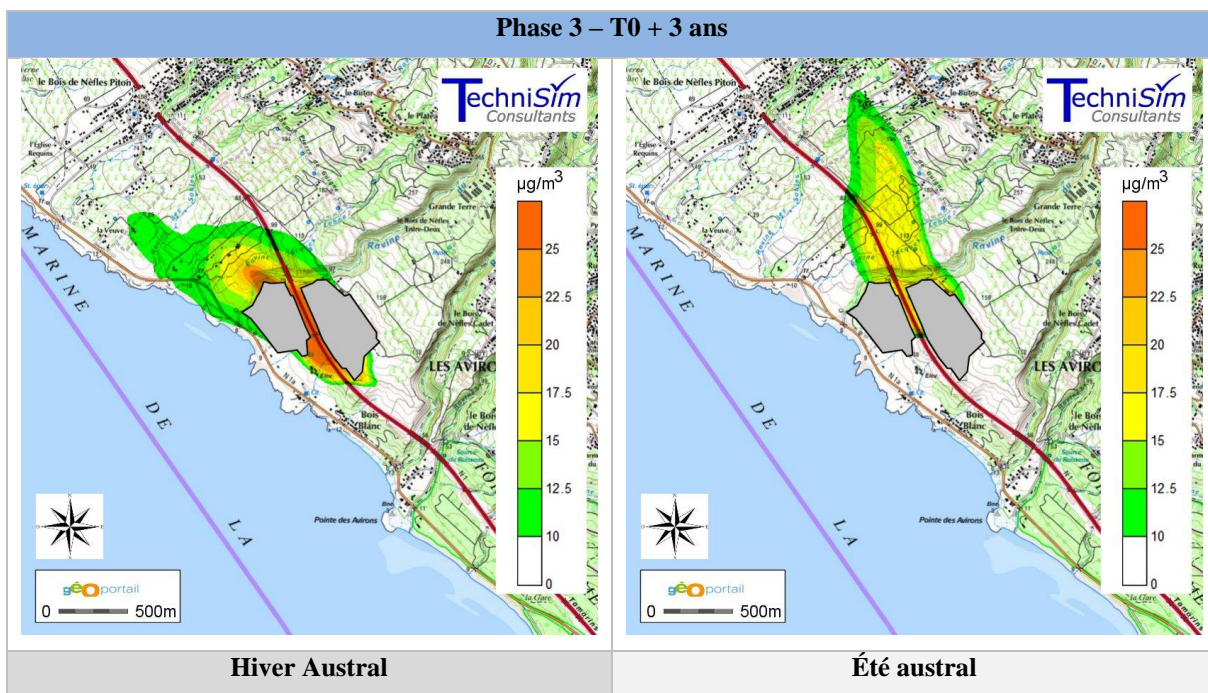


Figure 33: Concentration en Particules PM_{10} – Moyenne sur la période - Phase 3 – T0 + 3 ans

Phase 4 – T0 + 4 ans

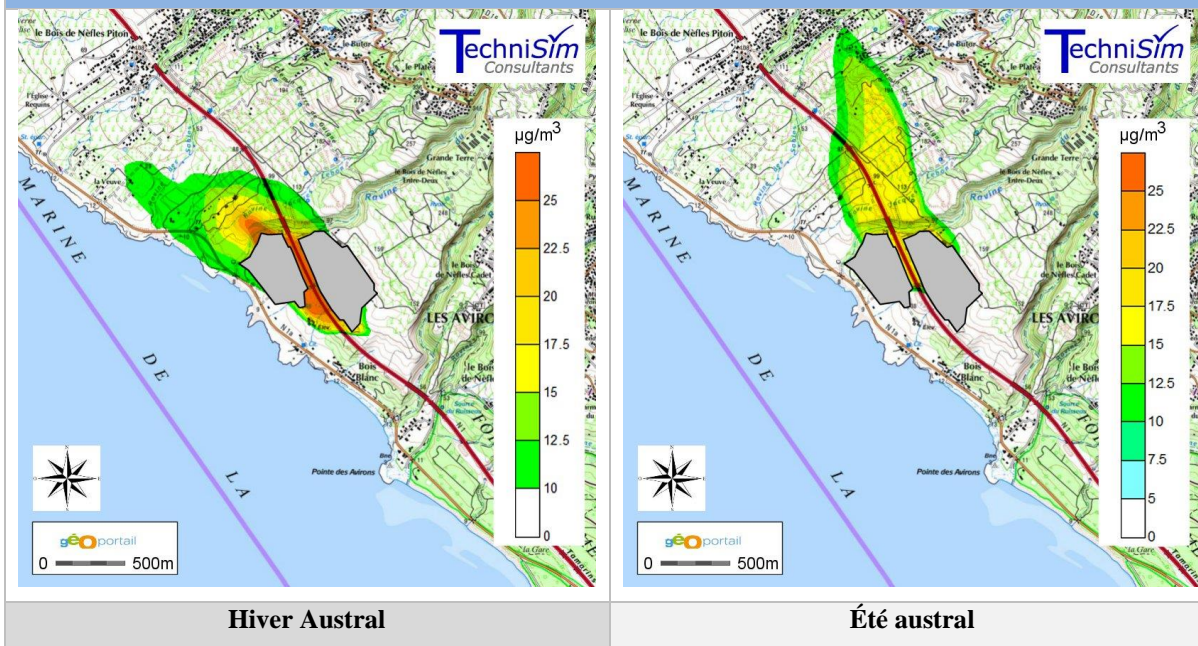


Figure 34: Concentration en Particules PM₁₀ – Moyenne sur la période - Phase 4 – T0 + 4 ans

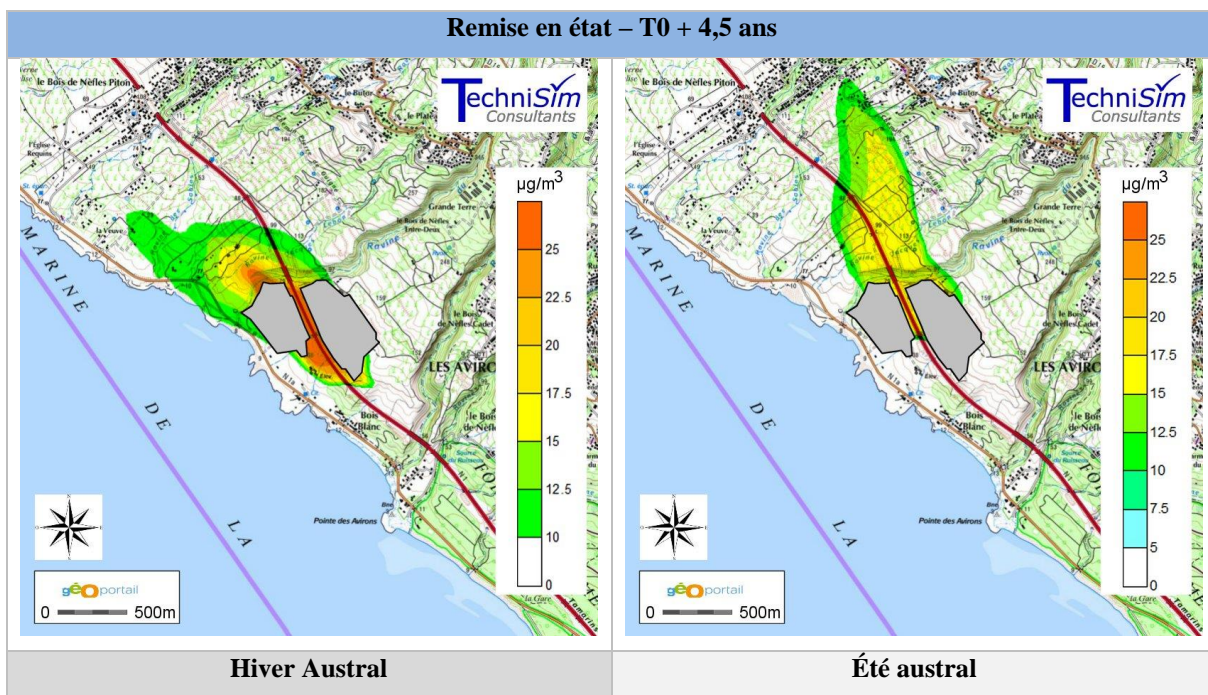


Figure 35: Concentration en Particules PM_{10} – Moyenne sur la période - Remise en état –
T0 + 4,5 ans

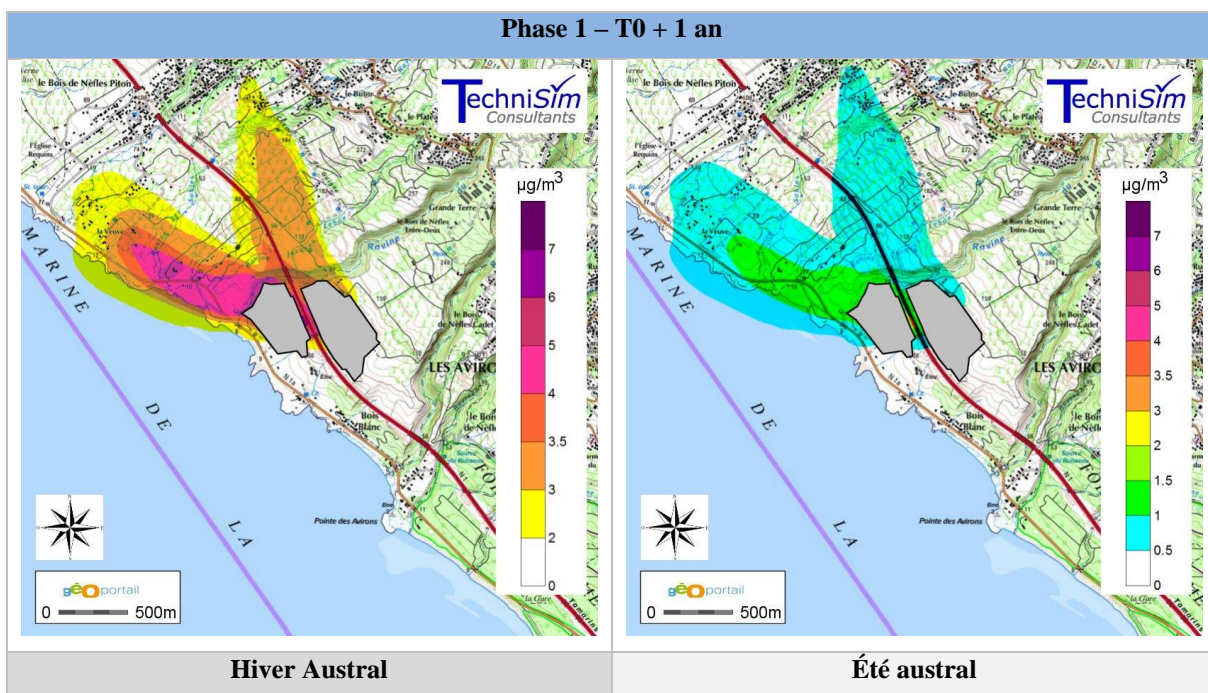


Figure 36: Concentration en Particules $PM_{2.5}$ – Moyenne sur la période - Phase 1 – T0 + 1
an

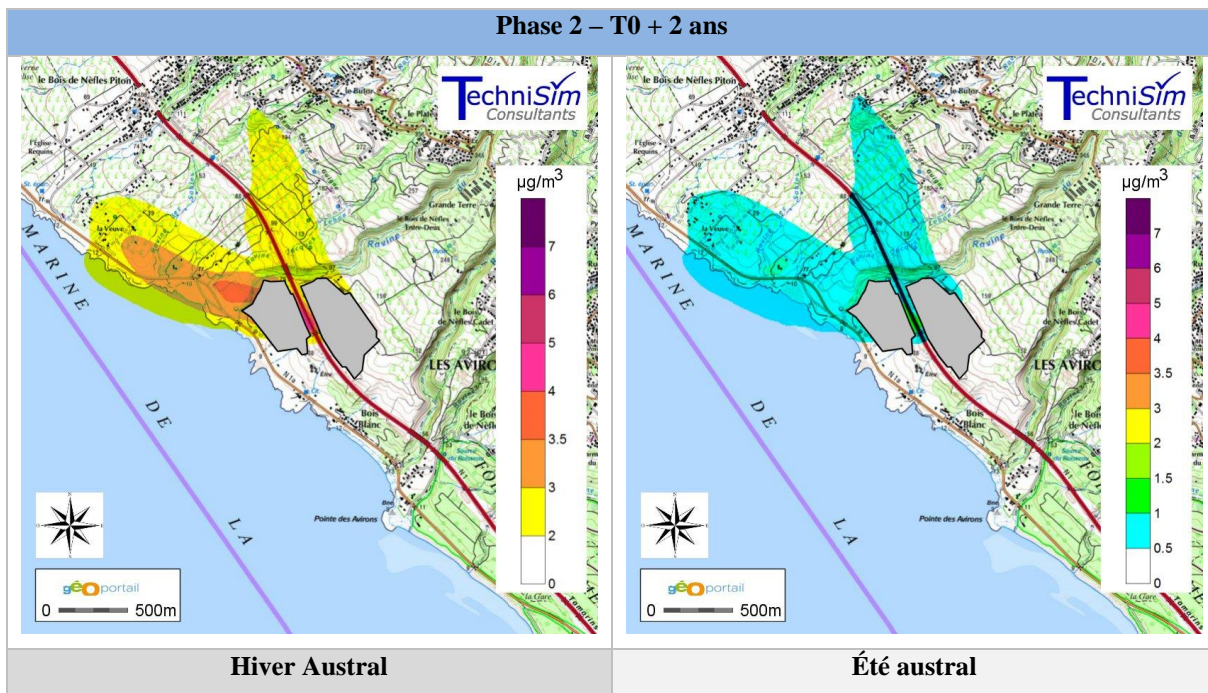


Figure 37: Concentration en Particules $PM_{2.5}$ – Moyenne sur la période - Phase 2 – T0 + 2 ans

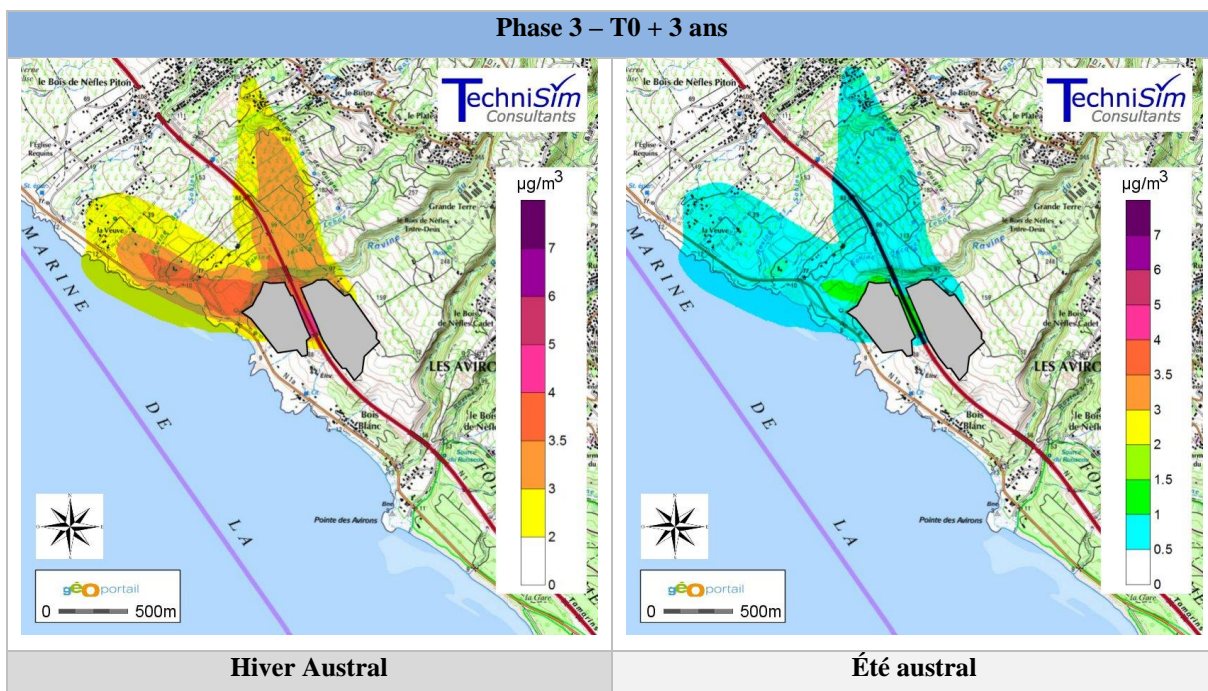


Figure 38: Concentration en Particules $PM_{2.5}$ – Moyenne sur la période - Phase 3 – T0 + 3 ans

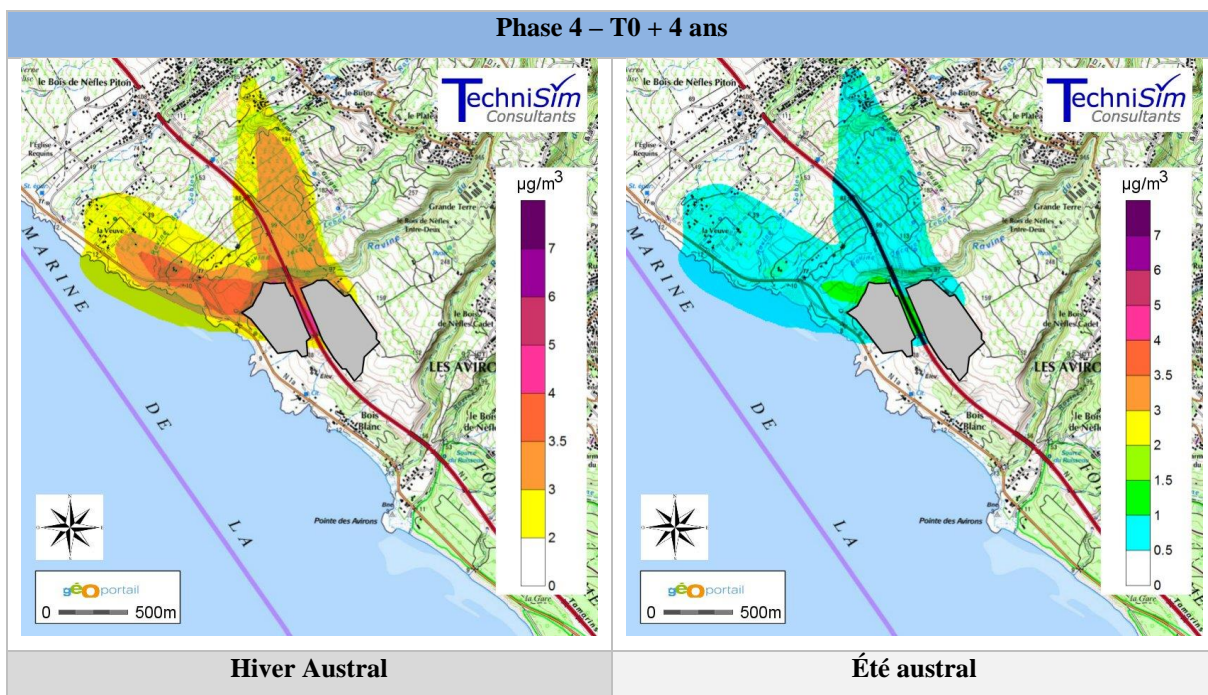


Figure 39: Concentration en Particules $PM_{2,5}$ – Moyenne sur la période - Phase 4 – T0 + 4 ans

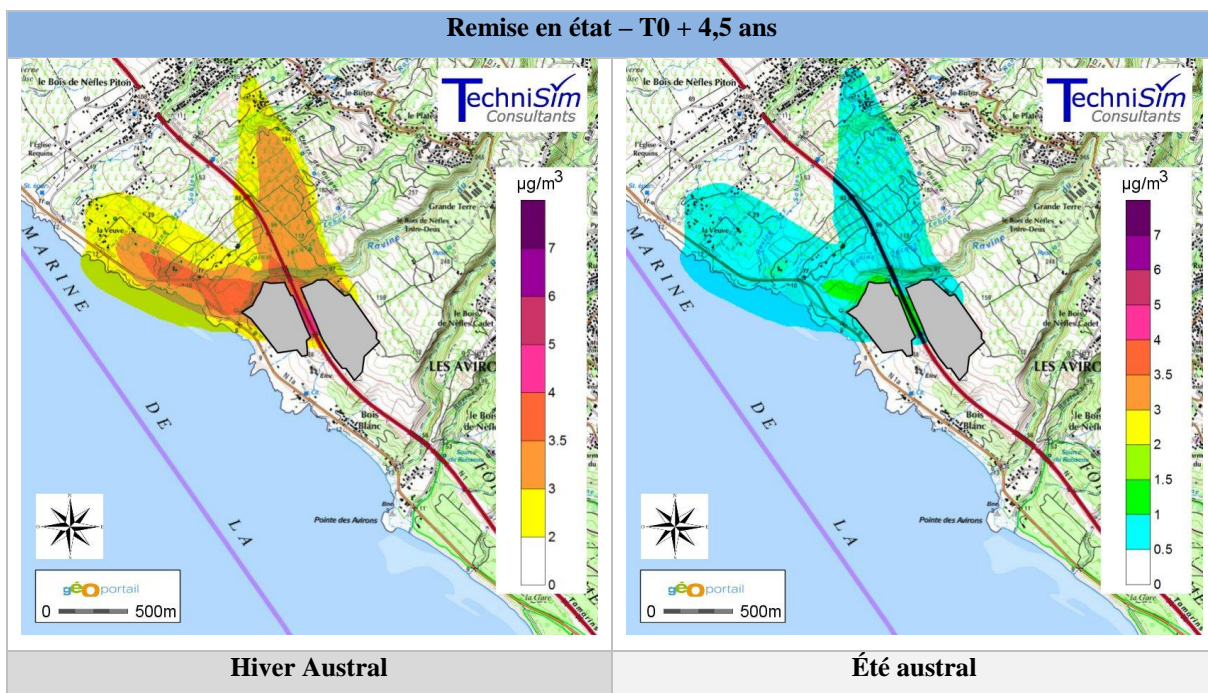


Figure 40: Concentration en Particules $PM_{2,5}$ – Moyenne sur la période - Remise en état – T0 + 4,5 ans

5.4. Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires – EQRS

L'étude de l'impact des rejets de l'installation sur la santé des populations est établie à l'aide d'une EQRS. L'objectif de la démarche est l'identification et l'estimation des risques pour la santé de populations vivant des situations environnementales dégradées (que cela provienne du fait des activités humaines ou bien du fait des activités naturelles).

L'EQRS permet de calculer : soit un pourcentage de population susceptible d'être touchée par une pathologie, soit un nombre de cas attendus de maladie. L'impact sanitaire peut ainsi être déterminé.

L'EQRS est menée selon :

- Le guide de l'InVS de 2007 « Estimation de l'impact sanitaire d'une pollution environnementale et évaluation quantitative des risques sanitaires » ;
- Le guide de l'INERIS de 2003 sur l'« Évaluation des Risques Sanitaires dans les études d'impact des ICPE » ;
- Le guide de l'INERIS de 2013 « Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires ».

5.4.1. Contenu et démarche de l'EQRS

Conventionnellement, une EQRS est constituée de quatre étapes qui sont les suivantes :

- Identification des dangers (sélection des substances selon les connaissances disponibles) ;
- Définition des relations doses-réponses (sélection des valeurs toxiques de référence pour chaque polluant considéré) ;
- Évaluation des expositions des populations aux agents dangereux identifiés selon les voies, niveaux et durées d'exposition correspondants ;
- Caractérisation des risques sanitaires *via* le calcul des indices sanitaires.

L'EQRS prend en considération toutes les composantes de l'environnement, aussi bien l'air respiré que l'eau absorbée.

Par conséquent, tous les processus de transfert sont examinés (retombée sur le sol, transfert des polluants du sol dans les plantes, etc.).

Le schéma conceptuel de la démarche est présenté dans la figure qui va suivre.

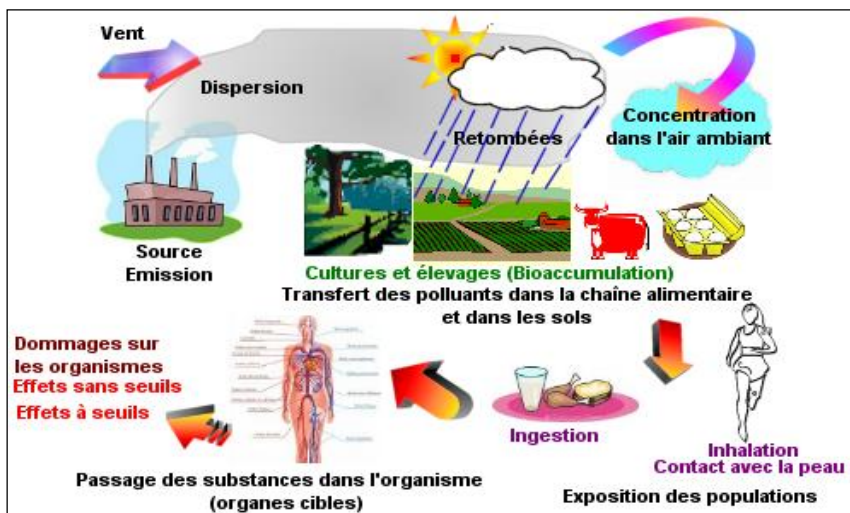


Figure 41: Schéma conceptuel de la démarche d'une ERS

Remarque

Il convient de bien distinguer le « danger » du « risque ».

Le danger d'un agent physique, chimique ou biologique correspond à l'effet sanitaire néfaste ou indésirable qu'il peut engendrer sur un individu lorsqu'il est mis en contact avec celui-ci.

Alors que le risque correspond à la probabilité de survenue d'un effet néfaste, indépendamment de sa gravité.

Étape n°1: L'identification des composés et identification des dangers

L'étape d'identification des dangers consiste à connaître les dangers, ou le potentiel dangereux, des agents chimiques considérés, associés aux voies d'exposition retenues [InVS, 2000].

Celle-ci consiste en une synthèse des connaissances scientifiques disponibles à l'instant de l'étude débouchant sur un bilan de ce que l'on sait, de ce que l'on ignore et de ce qui est incertain. En pratique, la méthode consiste à réaliser un inventaire de l'ensemble des substances ou agents qui sont rejetés dans l'environnement et de l'ensemble des effets sanitaires indésirables afférents à chacun d'entre eux.

La toxicité d'une substance peut être qualifiée de :

- **Aigüe** : manifestation de l'effet à court terme de l'administration d'une dose unique de substance ;

- *Subchronique* : manifestation de l'effet de l'administration répétée d'une substance, pendant une période de 14 jours à 3 mois ;
- *Chronique* : manifestation de l'effet de l'administration répétée d'une substance, pendant une période supérieure à 3 mois.

Par ailleurs, une substance peut avoir des effets distincts selon son mode d'exposition, c'est-à-dire selon qu'elle est inhalée ou bien ingérée (les organes en contact étant bien entendu différents).

Au niveau des effets, ceux-ci sont catégorisés comme étant « à seuil » ou « sans seuil ».

Les *effets toxiques à seuils* correspondent aux effets aigus et aux effets chroniques non cancérogènes, non génotoxiques et non mutagènes. On admet qu'il existe une dose limite au-dessous de laquelle le danger ne peut apparaître. La valeur toxicologique de référence [VTR] correspond alors à cette valeur. Par ailleurs, pour ce type d'effet, la gravité est proportionnelle à la dose.

Les *effets toxiques sans seuils* correspondent pour l'essentiel à des effets cancérogènes génotoxiques et des mutations génétiques, pour lesquels la fréquence – et non la gravité – est proportionnelle à la dose. L'approche probabiliste conduit à considérer qu'il existe un risque, infime mais non nul, qu'une seule molécule pénétrant dans le corps provoque des changements dans une cellule à l'origine d'une lignée cancéreuse. La VTR est alors un excès de risque unitaire (ERU) de cancer.

À la suite de ces recherches, seules quelques substances sont retenues pour l'EQRS.

Étape n° 2 : L'estimation de la dose-réponse

Cette étape permet d'estimer le risque en fonction de la dose. En toxicologie animale ou en épidémiologie, les effets sont généralement connus pour de hautes doses (expérimentations contrôlées, expositions professionnelles, accidentelles). Or, pour connaître les risques encourus à basses doses telles qu'elles sont présentes dans notre environnement, il est nécessaire d'extrapoler les risques observés (des hautes doses vers les basses doses) à partir de l'étude de la relation dose-effet. Cette relation s'étudie notamment grâce à des méthodes statistiques, épidémiologiques, toxicologiques et pharmacologiques et en particulier la modélisation mathématique. Celle-ci permet de définir des valeurs toxicologiques de référence (VTR) qui traduisent le lien entre la dose de la substance toxique et l'occurrence ou la sévérité de l'effet étudié dans la population.

Le calcul des VTR s'effectue différemment selon le danger considéré :

Par une approche déterministe lorsqu'il s'agit des effets avec seuils ;

Par une approche probabiliste lorsqu'il s'agit des effets sans seuils.

Pour les effets à seuils, la VTR correspond à la dose en dessous de laquelle le(s) effet(s) néfaste(s) n'apparaissent pas. Cette dose est calculée à partir de la dose expérimentale reconnue comme la plus faible sans effet (dose dite NOEL pour *No Observed Effect Level*) et d'une série de facteurs de sécurité. Ces facteurs de sécurité prennent en compte différentes incertitudes comme, notamment, les difficultés de transposition de l'animal à l'homme (variabilité intra et inter-espèces), les durées d'exposition, la qualité des données, etc.

La VTR est alors calculée mathématiquement par division de la dose NOEL par le produit des différents facteurs de sécurité pris en compte.

La VTR prend alors la forme d'une dose journalière acceptable [DJA] dans le cas de l'ingestion (exprimée en mg/kg/j) et de l'exposition cutanée ou d'une concentration maximale admissible [CMA] dans le cas d'exposition respiratoire (exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

En dessous de ce seuil de dose, la population est considérée comme protégée.

Pour les effets sans seuils, la VTR est alors un excès de risque unitaire [ERU] de cancer. L'ERU est calculé soit à partir d'expérimentations chez l'animal, soit d'études épidémiologiques chez l'homme. L'ERU est le résultat des extrapolations des hautes doses aux basses doses à travers des modèles mathématiques. L'approche probabiliste conduit à considérer qu'il existe un risque, infime mais non nul, qu'une seule molécule pénétrant dans le corps provoque des changements dans une cellule à l'origine d'une lignée cancéreuse.

Pour la voie respiratoire, l'ERU est l'inverse d'une concentration dans l'air et s'exprime en $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$. Il représente la probabilité individuelle de développer un cancer pour une concentration de produit toxique de $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'air inhalé par un sujet pendant toute sa vie.

Pour la voie orale, l'ERU est l'inverse d'une dose journalière et s'exprime en $(\text{mg}/\text{kg}/\text{jour})^{-1}$. Il représente la probabilité individuelle de développer un cancer pour une dose de produit toxique de $1\text{mg}/\text{kg}/\text{jour}$ ingéré par un sujet pendant toute sa vie.

Étape N°3 : Évaluation des expositions

VOIES D'EXPOSITION EN FONCTION DU COMPARTIMENT ENVIRONNEMENTAL

Vecteurs de transfert

Les vecteurs de transfert sont les milieux permettant de mettre en contact les sources potentielles de danger identifiées au paragraphe précédent avec les populations riveraines du projet, appelées « cibles » par la suite.

Ces vecteurs peuvent être l'air, l'eau, le sol ou le sous-sol :

- **Air** : L'air constitue le vecteur principal de transfert par transport des émissions atmosphériques liées au fonctionnement du site vers les populations.

L'air sera pris en compte comme vecteur de transfert privilégié dans la présente étude.

- **Sol** : Le sol constitue un milieu récepteur des particules émises à l'atmosphère. Les populations alentours y sont directement exposées. Il peut donc devenir vecteur de transfert par mobilisation de particules par le vent ou en tant que milieu de croissance de végétaux consommés (après dépôt au sol des particules, celles-ci sont susceptibles de se bioaccumuler au sein de végétaux), par les populations et animaux alentours. Cependant, les rejets atmosphériques émis par le site étant principalement constitués de poussières (liées aux opérations d'extraction et de traitement des matériaux ainsi qu'à leur manutention) et de gaz d'échappement (liés à la circulation des véhicules), la prise en compte de la déposition particulaire et de la bioaccumulation de ces rejets dans les sols n'est pas jugé pertinente

⇒ Le sol ne sera donc pas pris en compte comme vecteur de transfert dans la présente étude.

- **Sous-sols et eaux souterraines** : Les eaux souterraines peuvent représenter un vecteur de transfert des composés issus de l'activité du site vers les populations. Cependant, le site n'est implanté dans aucun périmètre de protection associé à des

captages d'alimentation en eau potable. Par ailleurs, toute pollution du sous-sol est prévenue de par le mode d'exploitation avec la collecte et le traitement des eaux usées (sanitaires, etc.), la mise sur rétention des produits liquides (fioul domestique, etc.) sur rétention, etc.

⇒ Les sous-sols et les eaux souterraines ne seront donc pas pris en compte comme vecteur de transfert dans la présente étude.

- **Eaux superficielles** : Les eaux superficielles constituent le milieu récepteur des rejets liquides. Cependant, les terrains ne sont traversés par aucun cours d'eau permanent ou temporaire. Les cours d'eaux superficiels sont trop éloignés pour subir une quelconque influence des activités actuelles et projetées.

Compte tenu de la topographie du site, de la nature des rejets liquides générés par le site et de leur gestion:

⇒ Les eaux superficielles ne seront donc pas prises en compte comme vecteur de transfert dans la présente étude.

Voies d'exposition

- **Inhalation** : L'inhalation constitue la voie d'exposition privilégiée dans le cas présent. Les polluants émis sont, après dispersion, respirés directement par les populations.
- **Ingestion du sol**: Comme précisé auparavant, la prise en compte de la déposition particulaire et de la bioaccumulation de ces rejets dans les sols n'est pas jugé pertinente.

⇒ Par conséquent, l'ingestion de sol n'est pas retenue comme voie d'exposition possible.

- **Ingestion des végétaux autoproduits** : Les plantes peuvent être contaminées par l'absorption foliaire et/ou racinaire, et les dépôts gazeux et particulaires des polluants. Les poussières émises étant essentiellement minérales, les dépôts particulaires, ne constituent pas un vecteur de contamination des plantes. Seuls les polluants contenus dans les gaz d'échappement peuvent potentiellement contaminer les végétaux. Or, ces émissions ne sont pas jugées pertinentes au regard du trafic ambiant.

⇒ Par conséquent, cette voie d'exposition n'est pas jugée pertinente dans la présente étude.

- **Ingestion des produits d'origine animale autoproduits** : Les animaux peuvent être « contaminés » par la consommation de sol et/ou de végétaux.

Comme pour les végétaux, seuls les polluants contenus dans les gaz d'échappement peuvent potentiellement contaminer les animaux et donc les produits d'origine animale (œuf, lait, viande). Or, ces émissions ne sont pas jugées pertinentes au regard du trafic ambiant.

⇒ Par conséquent, cette voie d'exposition n'est pas jugée pertinente dans la présente étude.

Dans la présente étude, seule l'inhalation sera prise en compte comme voie de contamination. L'ingestion n'est pas jugée pertinente en tant que voie d'exposition.

Synthèse

Le tableau qui va suivre présente les voies d'exposition retenues ici en fonction du compartiment environnemental.

Tableau 66: Voies d'exposition retenues en fonction du compartiment environnemental

		Mode de transfert des polluants vers le milieu contaminé	Voie d'exposition et population cible
M i l i e u c o n t a m i n é	Air	Dispersion atmosphérique de sources diffuses (particules et gaz).	<u>Voie d'exposition</u> : inhalation de polluants sous forme gazeuse et particulaire. <u>Population cible</u> : résidents (adultes et enfants) à proximité de l'installation.
	Sols	Dépôts gazeux et particulaires des polluants émis par l'installation.	<i>Non pertinente pour la présente étude.</i>
	Eaux	Aucun rejet d'eau industrielle et/ou sanitaire provenant de l'installation	<i>Non pertinente pour la présente étude.</i>
	Végétaux	<ul style="list-style-type: none"> - Dépôts gazeux et particulaires des polluants émis par l'installation sur les végétaux. - Transferts des polluants émis par l'installation via la partie aérienne des végétaux, via l'air capté par la plante. - Dépôts indirects par recirculation des poussières du sol - Prélèvement par les racines puis transfert vers la partie aérienne de la plante. 	<i>Non pertinente pour la présente étude.</i>
	Produits d'origine animale	<ul style="list-style-type: none"> - Dépôts gazeux et particulaires des polluants émis par l'installation sur les sols - Ingestion des poussières par les animaux 	<i>Non pertinente pour la présente étude.</i>

DEFINITION DES PARAMETRES DES SCENARIOS D'EXPOSITION

Le tableau ci-après présente les paramètres des scénarios d'expositions retenus.

Les concentrations utilisées pour les calculs sont les concentrations obtenues à l'aide de la simulation numérique.

D'une manière générale, les cas des effets 'à seuils' sont distingués de ceux des effets 'sans seuils' où intervient le nombre d'années d'exposition.

Tableau 67: Paramètres retenus pour les scénarios d'exposition

	Hypothèses d'exposition considérée	Concentration retenue
Inhalation	Résident permanent : 24h/24 – 365 jours/an Durée d'exposition pour les effets sans seuil : 4,6 ans (durée d'exploitation)	Concentration calculée à l'aide de la modélisation numérique aux niveaux des récepteurs
Ingestion	Voie non retenue	

Étape N°4 : Caractérisation des risques

La caractérisation des risques est réalisée à l'aide du calcul des indices de risques, Ces indices diffèrent selon que l'on examine les effets « à seuils » ou « sans seuils »,

Effets à seuils – Quotient de dangers

Pour les effets toxiques « à seuils », l'expression déterministe de la survenue d'un effet toxique dépend du dépassement d'une valeur : la **Valeur Toxique de Référence [VTR]**, Il est alors calculé un **Quotient de Danger [QD]**, qui correspond au rapport de la dose journalière exposition sur la VTR,

Ce quotient de danger est calculé suivant la relation suivante :

Inhalation	Orale
QD = CMI/CAA	QD = DJE/DJA
CMI = Concentration Moyenne Inhalée [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] CAA = Concentration Admissible dans l'Air [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	DJE = Dose Journalière d'Exposition [$\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$] DJA = Dose Journalière Admissible [$\text{mg}/\text{kg},\text{j}$]

L'acceptabilité du risque est réalisée selon les recommandations de la circulaire du 09 août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations soumises à autorisation.

Lorsque le QD est inférieur à 1, cela signifie que la population exposée est théoriquement hors de danger, et ce, même pour les populations sensibles, compte tenu des facteurs de sécurité utilisés.

Si, au contraire, le QD est supérieur ou égal à 1, cela signifie que l'effet toxique peut se déclarer sans qu'il soit possible de prédire la probabilité de survenue de cet événement.

Effets sans seuils – Excès de Risques Individuel

Pour les effets toxiques sans seuils, on calcule *l'Excès de Risque Individuel [ERI]*, en multipliant *l'Excès de Risque Unitaire [ERU]* à la dose journalière d'exposition [DJE] pour la voie orale ou bien à la concentration moyenne inhalée [CMI] pour la voie inhalation.

Inhalation	Orale
ERI = CMI*ERU_{inhalation}	ERI = DJE*ERU_{orale}
CMI = Concentration Moyenne Inhalée [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	DJE = Dose Journalière d'Exposition [$\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$]
ERU = Excès de Risque Unitaire [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] ⁻¹	ERU = Excès de Risque Unitaire [$\text{mg}/\text{kg},\text{j}$] ⁻¹

L'interprétation des résultats s'effectue ensuite par comparaison à des niveaux de risque jugés socialement acceptables, En France, l'INVS utilise la valeur de 10^{-5} , cette valeur est reprise dans *Circulaire du 09 août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations soumises à autorisation*.

Effets cumulés

Dans une EQRS, les individus sont rarement exposés à une seule substance, afin de prendre en considération les effets des mélanges, on procède comme suit :

- *Effets « à seuils »* : les QD sont additionnés uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible ;
- *Effets « sans seuils »* : la somme des ERI est effectuée, quel que soit l'organe cible.

Calcul des doses journalières

Pour l'inhalation, la dose journalière est en fait une concentration inhalée.

Comme on considère des expositions de longue durée, on s'intéresse à la concentration moyenne inhalée par jour. Celle-ci se calcule à l'aide de la formule ci-après :

$$\sum_i [(C_i \times t_i)] \times F \times \frac{T}{T_m}$$

CI	Concentration moyenne inhalée	[µg/m ³]
ti	Fraction du temps d'exposition à la concentration CI pendant une journée	[Sans dimension]
F	Fréquence ou taux d'exposition => nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours	[Sans dimension]
T	Nombre d'années d'exposition	[années]
Tm	Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée	[année]

Pour l'ingestion, la dose totale d'exposition est calculée à l'aide de la relation suivante.

$$DJE_{TOTALE} = DJE_{sol} + \sum_i DJE_i$$

Avec	DJE_{TOTALE}	Dose journalière totale d'exposition	[mg/(kg.jour)]
	DJE_{sol}	Dose d'exposition par ingestion du sol	[mg/(kg.jour)]
		= (Qs*Cs*Bs)/P*F/365	
		Qs : Quantité de sol ingéré par jour par la cible	[g/jour]
		Cs : Concentration de polluant dans le sol	[mg/kg]
		Bs : Facteur de biodisponibilité du polluant = 1	[-]
		F : Nombre de jours d'exposition par an = 365	[-]
		P : Poids de la cible	[kg]
	DJE_i	Dose d'exposition liée à l'ingestion de l'aliment i (i : légume, légumes-feuilles, etc.)	[mg/(kg.jour)]
		= (Qi*Ci*Fi)/P*F/365	
		Qi : Quantité d'aliment i considéré ingéré par jour par la cible	[g/jour]
		Ci : Concentration de polluant dans l'aliment i considéré	[mg/kg]
		Fi : Fraction d'aliment i provenant de la zone d'exposition= 1	[-]
		F : Nombre de jours d'exposition par an = 365	[-]
		P : Poids de la cible	[kg]

Pour les effets sans seuils, les DJE sont calculées pour les différentes classes d'âge.

Pour une classe d'âge donnée :

$$DJE_{TOTAL} = \left(DJE_{sol} + \sum_i DJE_i \right) \times \frac{T_j}{70}$$

Avec T_j , Durée d'exposition associée à la classe d'âge j [année].

1.1.1. Identification des dangers et choix des VTR

Les chapitres précédents ont permis d'identifier les polluants pouvant être rejetés dans l'atmosphère. Il est distingué :

- Les polluants émis par les engins et véhicules motorisés : Oxydes d'azote dont le NO₂, le dioxyde de soufre, les COV dont le benzène, le monoxyde de carbone, les particules provenant de la combustion des carburants.
- Les poussières émises par le traitement et de la manutention des produits pondéreux⁴, de la circulation sur les pistes non enrobées, des envols sur les stocks de matériaux.

Il convient maintenant d'examiner l'impact potentiel de ces composés sur la santé des populations.

Évaluation des effets des polluants émis par les engins et véhicules motorisés

Les effets sanitaires sont présentés en détail à l'annexe N°7. Le tableau suivant présente les VTR retenues pour les composés émis par le trafic (gaz d'échappement).

Les COV sont assimilés de manière conservatrice à du benzène (composé dont les effets cancérogènes sont connus et avérés).

⁴ Matières de densité élevée utilisées dans l'industrie

Tableau 68: VTR retenues pour les composés émis par le trafic (gaz d'échappement) – Effets sans seuils

Composés	Voie d'exposition	Facteur d'incertitude	Valeur de référence	Source	Année de révision de VTR	Effet citrique
Oxydes d'azote	Pas de VTR disponible					
Monoxyde de carbone	Pas de VTR disponible					
Dioxyde de soufre	Pas de VTR disponible					
Particules diesel	Inhalation (chronique)	30	RfC = 5 µg/m ³	US EPA	2003	Effets respiratoires
Benzène	Inhalation (chronique)	10	MRL = 10 µg/m ³	ATSDR	2005	Diminution du nombre de lymphocytes

Tableau 69: VTR retenues pour les composés émis par le trafic (gaz d'échappement) – Effets à seuils

Composés	Organe cible	ERU	unité	Source	Année de révision
Benzène	Sang	2.60E-05	[µg/m ³] ⁻¹	ANSES	2013
Particules diesel	Poumon	3.40E-05	[µg/m ³] ⁻¹	OMS	1996

Évaluation des effets des poussières engendrées par l'installation

Selon les matériaux ou minéraux exploités, les substances susceptibles d'être émises dans l'environnement ne présentent pas toutes des dangers pour la santé.

Dans le cas présent, les poussières émises contiennent du dioxyde de silicium ou silice. L'élément silice [Si] est un composant majeur de la croûte terrestre (environ 25%). Il existe principalement sous différentes formes :

- La silice libre ou dioxyde de silicium (SiO₂);
- Les silicates qui sont des minéraux contenant une combinaison de silice avec divers oxydes métalliques.

La silice peut se trouver sous forme amorphe ou sous forme cristalline qui est sa forme la plus dangereuse.

La figure suivante présente les différentes formes de silice existantes.

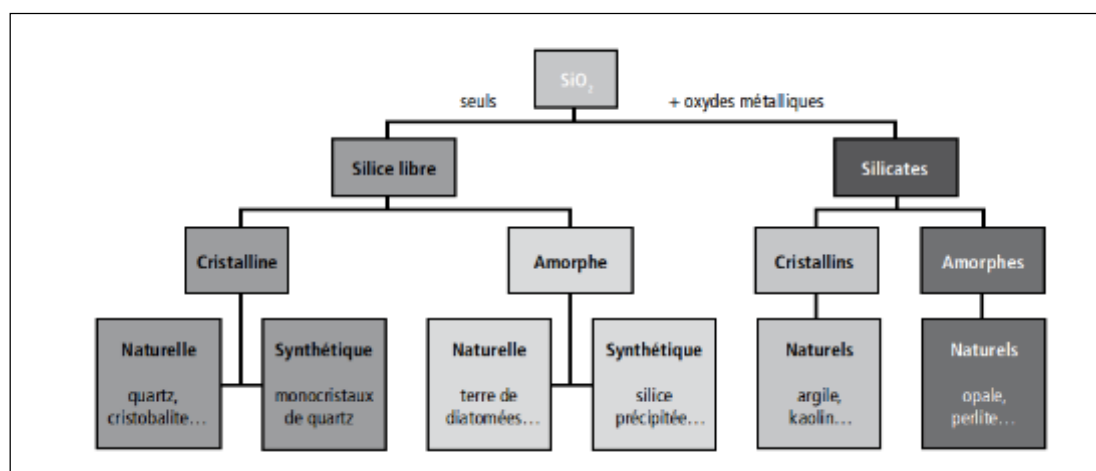


Figure 42: Les différentes formes de silice (source INVS)

Il existe huit polymorphes de silice cristalline libre. Ils ont la même composition chimique mais ont des structures spatiales différentes. Ces structures dépendent des conditions de température et de pression dans lesquelles ils se sont formés. On distingue notamment :

- Le quartz (N° CAS : 14808-60-7) : il représente 12 % de la croûte terrestre. Il est le composant principal de roches ignées comme le granit et de roches sédimentaires comme le sable.
- La cristobalite (N° CAS : 14464-46-1) : ce minéral est beaucoup plus rare que le quartz dans la nature. Seules certaines roches volcaniques et certaines météorites sont susceptibles d'en contenir.
- La tridymite (N° CAS : 15468-32-3) : comme la cristobalite, ce minéral se trouve uniquement dans certaines roches volcaniques et météorites.

Les particules de silice les plus fines (d'un diamètre inférieur à 5 microns) pénètrent par les voies respiratoires jusqu'aux alvéoles pulmonaires et s'y déposent. L'organisme réagit en produisant une substance aboutissant à la constitution de nodules (nombreux petits nœuds) qui vont se concentrer jusqu'à obstruer et détruire peu à peu le poumon (maladie de la silicose).

C'est un processus lent (il existe un temps de latence de plusieurs années entre l'inhalation de poussières et la formation de nodules) et évolutif (le processus se poursuit même après la cessation d'activité : le retrait du poste de travail ne suffit pas à stopper l'évolution de la maladie).

Les poussières de silice peuvent provoquer une irritation des yeux et du tractus respiratoire en exposition aiguë.

L'exposition chronique à la silice peut induire une silicose. Il s'agit d'une pneumoconiose fibrosante secondaire à l'inhalation de particules de silice libre. Les manifestations sont tardives et fonction de la durée d'exposition ainsi que de la concentration en silice dans l'air. En outre, le lien entre l'exposition à la silice et la survenue de certaines affections auto-immunes est envisagé dans de nombreux cas.

La silice cristalline joue un rôle certain dans l'apparition de certains cancers, en particulier le cancer broncho-pulmonaire. En 1996, la silice cristalline inhalée sous forme de quartz ou de cristobalite de source professionnelle a été classée comme cancérogène pour l'homme (groupe 1) par le CIRC.

Le tableau suivant présente les VTR retenues pour la silice cristalline libre.

Tableau 70: VTR retenue pour la silice libre

Composés	Voie d'exposition	Facteur d'incertitude	Valeur de référence	Source	Année de révision de VTR	Effet citrique
<i>Quartz</i>	Inhalation (chronique)	Non précisé	REL = 3 µg/m ³	OEHHA	Non précisé	Effet sur le système respiratoire
<i>Tridymite</i>						
<i>Cristobalite</i>						

En vue d'évaluer les risques liés à la présence de silice, des analyses microstructurales et chimiques d'échantillons de roches provenant du site, ont été réalisées au LERM en août 2015⁵.

Les différentes analyses réalisées avec les différents échantillons de roche ne mettent pas en évidence la présence de silice cristalline de type : quartz, cristobalite et tridymite.

Par conséquent, les risques sanitaires liés à la présence de silice libre sont écartés.

5.4.2. Calcul des indices sanitaires

Effets avec seuils

Les tableaux suivants présentent les quotients de dangers obtenus sur le domaine.

⁵ Les résultats des rapports d'analyse sont disponibles en annexe.

Pour les calculs, il a été utilisé la concentration la plus élevée sur les trois phases d'exploitation.

Tableau 71: Quotients de dangers obtenus sur le domaine

	Benzène	Particules diesel	Additionné
Maximum	7,68E-02	3,98E-03	8,08E-02
Médiane	9,07E-03	4,71E-04	9,55E-03
Récepteur N°1	2,29E-02	1,19E-03	2,41E-02
Récepteur N°2	1,79E-02	9,30E-04	1,89E-02
Récepteur N°3	3,95E-02	2,05E-03	4,15E-02
Récepteur N°4	3,61E-02	1,87E-03	3,80E-02
Récepteur N°5	2,57E-02	1,34E-03	2,71E-02
Récepteur N°6	2,43E-02	1,26E-03	2,55E-02

Il est constaté que les quotients de danger sont tous inférieurs à 1. Par ailleurs, lorsque l'on additionne les quotients de dangers pour les organes cibles, on constate qu'ils restent également inférieurs à 1.

Par conséquent et au regard des connaissances actuelles, les effets critiques n'apparaîtront pas *a priori* au sein de la population exposée.

Effets sans seuil

Les tableaux suivants présentent les excès de risque individuel obtenus sur le domaine.

Tableau 72: Excès de risque individuel obtenus sur le domaine – Voie inhalation

	Benzène	Particules diesel	Cumulé
Maximum	1,31E-06	2,61E-07	1,57E-06
Médiane	1,55E-07	3,09E-08	1,86E-07
Récepteur N°1	3,58E-07	7,13E-08	4,30E-07
Récepteur N°2	1,63E-07	3,25E-08	1,96E-07
Récepteur N°3	9,81E-08	1,95E-08	1,18E-07
Récepteur N°4	7,09E-08	1,41E-08	8,50E-08
Récepteur N°5	5,73E-08	1,14E-08	6,87E-08
Récepteur N°6	4,36E-08	8,69E-09	5,23E-08

Les ERI sont tous inférieurs à 10^{-5} . Cet indice correspond à la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu développe un effet associé à une exposition pendant sa vie entière à une unité de dose (ou de concentration) d'un agent dangereux. On considère qu'un ERI au-dessous de 10^{-5} représente un risque acceptable.

Par conséquent, le risque sanitaire représenté par l'installation est jugé acceptable.

5.4.3. Incertitudes relatives à l'EQRS

L'évaluation quantitative des risques sanitaires est segmentée en quatre étapes qui sont respectivement sujettes à des incertitudes spécifiques [Hubert, 2003].

Le tableau ci-après schématise les différentes étapes et les incertitudes qui leur sont associées.

<p>Étape 1 : Identification du danger</p> <p><i>Quels sont les effets néfastes de l'agent et son mode de contact ?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Interaction de mélanges de polluants - Produits de dégradation des molécules mal connus - Données pas toujours disponibles pour l'homme ou même l'animal
<p>Étape 2 : Choix de la VTR</p> <p><i>Quelle est la relation entre la dose et la réponse de l'organisme ?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Extrapolation des observations lors d'expérimentation à dose moyenne vers les faibles doses d'exposition de populations - Transposition des données d'une population vers une autre (utilisation de données animales pour l'homme) - Analogie entre les effets de plusieurs facteurs de risques différents (analogie entre différents polluants)
<p>Étape 3 : Estimation de l'Exposition</p> <p><i>Qui, où, combien et combien de temps en contact avec l'agent dangereux ?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Difficulté à déterminer la contamination des différents médias d'exposition (manque ou erreur de mesure, variabilité des systèmes environnementaux, pertinence de la modélisation) - Mesure de la dose externe, interne et biologique efficace - Difficulté de définir les déplacements, temps de séjours, activité, habitudes alimentaires de la population
<p>Étape 4 : Caractérisation du risque</p> <p><i>Quelle est la probabilité de survenue du danger pour 1 individu dans une population donnée ?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Méconnaissance de l'action de certains polluants (VTR non validées) - Hypothèses posées en termes de dispersion des polluants influencent le résultat - Calcul de l'impact sanitaire qui rajoute un niveau d'incertitude

Identification des dangers

L'identification des dangers est une démarche qualitative initiée par un inventaire des différents produits susceptibles de provoquer des nuisances d'ordre sanitaire.

A ce stade, les incertitudes sont liées au défaut d'information et aux controverses scientifiques.

Dans le cas présent, l'EQRS a porté sur les polluants dont les effets sont connus. Les autres ont été exclus de la démarche car les substances ont été jugées non pertinentes ou bien tout simplement car l'information n'existe pas.

Ces substances n'ont pas encore de facteurs d'émission, mais la proximité des valeurs de référence avec les teneurs ambiantes et/ou la sévérité des effets sanitaires conduisent les spécialistes à recommander des recherches sur leurs facteurs d'émission.

Évaluation de la toxicité

L'identification exhaustive des dangers potentiels pour l'homme, le risque lié à des substances non prises en compte dans l'évaluation et la possibilité d'interaction de polluants tendent à sous-estimer le risque en raison du manque de connaissances et de données dans certains domaines.

Les études toxicologiques et épidémiologiques présentent des limites. Les VTR sont établies principalement à partir d'études expérimentales chez l'animal mais également à partir d'études et d'enquêtes épidémiologiques chez l'homme. L'étape qui génère l'incertitude la plus difficile à appréhender est sans doute celle de la construction des relations dose-réponse, étape initiale de l'établissement des valeurs toxicologiques de référence (VTR). Il est rappelé que pour le cas des produits cancérogènes sans effet de seuil, ces VTR sont considérées comme étant des probabilités de survenue de cancer excédentaire par unité de dose.

Lorsque les VTR sont établies à partir de données animales, l'extrapolation à l'homme se réalise en général en appliquant des facteurs de sécurité (appelés aussi facteurs d'incertitude ou facteurs d'évaluation) aux seuils sans effets néfastes définis chez l'animal.

Lorsque la VTR est établie à partir d'une étude épidémiologique conduite chez l'homme (par exemple sur une population de travailleurs), l'extrapolation à la population générale se fait également en appliquant un facteur de sécurité afin de tenir compte notamment de la différence de sensibilité des deux populations.

Ainsi, les facteurs de sécurité ont-ils pour but de tenir compte des incertitudes et de la variabilité liée à la transposition inter-espèces, à l'extrapolation des résultats expérimentaux ou aux doses faibles, et à la variabilité entre les individus au sein de la population.

Ces facteurs sont variables d'une substance à une autre. Pour certains, il n'existe pas de facteur de quantification en l'état actuel des connaissances.

Évaluation de l'exposition

Quatre types d'incertitudes peuvent être associés à l'évaluation de l'exposition. Ces incertitudes portent sur :

- La définition des populations et des usages ;
- Les modèles utilisés ;
- Les paramètres ;
- Les substances émises par les sources de polluants considérées.

Les phénomènes intervenant dans l'exposition des populations à une source de polluants dans l'environnement sont très nombreux. Le manque de connaissances et les

incertitudes élevées autour de certains modes de transfert des polluants dans l'atmosphère amènent à utiliser des représentations mathématiques simples pour modéliser la dispersion. A noter que ces représentations mathématiques induisent des incertitudes difficilement quantifiables.

Caractérisation du risque

Dernière étape de l'EQRS : la caractérisation du risque, ce dernier étant défini ici comme une «éventualité» d'apparition d'effet indésirable. Pour les produits cancérigènes sans effet de seuil, la quantification du risque consiste à mettre en relation, pour les différentes voies d'exposition identifiées, les VTR et les doses d'exposition, afin d'arriver à une prédiction sur l'apparition de cancers au sein d'une population exposée. Les incertitudes inhérentes à cette étape concernent, outre les modèles conceptuels utilisés pour estimer les doses pour les voies d'exposition considérées, les valeurs numériques des facteurs d'exposition qui influencent les résultats des calculs de dose (facteur d'ingestion, fréquence et durée d'exposition, poids corporel, etc...).

Par ailleurs, il faut garder à l'esprit que les expositions moyennes calculées se basent sur des hypothèses très pénalisantes et très éloignées de la réalité pour les scénarios « résident ». En effet, on considère que l'individu exposé est présent dans un même lieu, 24h/24, 7j/j et 365 jours par an, et ce, pendant **4,5 ans**.

Ce qui sous-entend qu'il ne quitte jamais son lieu de résidence. Cette hypothèse très pénalisante n'est pas réaliste puisque généralement une personne quitte son lieu de résidence pour ses activités (scolaires, professionnelles ou de loisirs).

5.4.4. Synthèse de l'EQRS

Les indices de risques sont largement inférieurs au seuil de référence, et ce, même en considérant la concentration maximale calculée.

Par conséquent, les risques sanitaires de l'installation sont jugés acceptables.

5.5. Effets du bruit généré par l'installation

Les données et les analyses présentées dans ces paragraphes sont issues du document : « *SCPR - RAPPORT DE L'ETUDE D'IMPACT SONORE DE LA CARRIERE DE LA RAVINE DU TROU, A2MS, R728-02-15.6236 du 14 janvier 2016* ».

5.5.1. Effets critiques du bruit sur la santé selon l'OMS

L'OMS a publié dans son rapport « Guidelines for Community Noise (Lignes directrices pour la lutte contre le bruit ambiant) », les effets critiques du bruit sur la santé. Ces valeurs sont indiquées dans le tableau ci-après.

Tableau 73: Effets critiques du bruit sur la santé selon l'OMS

Environnement	Effet critique pour la santé	Niveau sonore dB(A)*	Temps en heures
Espaces extérieurs	Nuisance	50-55	16
Intérieur des locaux d'habitation	Intelligibilité de la parole	35	16
Chambres à coucher	Troubles du sommeil	30	8
Salles de classe	Perturbation de la communication	35	Pendant les cours
Zones industrielles et commerciales et aires de circulation	Déficits auditifs	70	24
Musique par écouteurs	Déficits auditifs	85	1
Fêtes et loisirs	Déficits auditifs	100	4

5.5.2. Identification des bruits émis par l'installation et des zones sensibles

L'étude d'impact a permis de caractériser l'état sonore initial (bruit de fond) au niveau des zones habitées périphériques et d'évaluer dans un premier temps la situation sonore de l'exploitation sans traitement.

Il a été étudié les effets de chaque type d'engins et d'équipements devant être utilisés sur le site. L'hypothèse admise pour la durée de fonctionnement de ces sources de bruit est de 11,6 heures d'utilisation sur les 15 heures d'activité journalière.

Les zones dites sensibles aux nuisances acoustiques en voisinage proche sont représentées par des zones à émergences réglementées (ZER).

La disposition de ces ZER est indiquée sur la figure suivante.



Figure 43 : Emplacement des ZER vis-à-vis des limites du site

Les objectifs de bruit considérés pour chacune de ces ZER sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau 74 : Objectifs de bruit particulier pour l'ensemble des secteurs habités

	Bruit particulier admissible retenu dB(A)
ZER 1	49,0
ZER 2	49,0
ZER 3	45,8
ZER 4	47,8
ZER 5	49,0
ZER 6	45,8
ZER 7	49,0

5.5.3. Modélisation de l'impact acoustique sans mesure compensatoire

Emergences

L'analyse de la situation sonore sans mise en place de traitement fait apparaître des dépassements par rapport aux émergences admissibles pour chaque phase d'exploitation, et cela pour les ZER 1, 2, 3, 4 et 5.

Au maximum, ces émergences atteignent pour les ZER 1 et 4 (les plus impactées) :

- 12,0 à 13,5 dB(A) en journée de 7h à 20h,
- 8,5 à 9,0 dB(A) la nuit de 5h à 7h.

Limite de propriétés :

L'analyse des cartographies de modélisation montre que - en limite de propriété - le niveau de bruit ne dépasse jamais 70dB(A). Cette exigence réglementaire est donc respectée, y compris sans aucun traitement spécifique des équipements bruyants.

En revanche, sur une large partie Sud de l'exploitation (Sud-Ouest, Sud et Sud-Est), le niveau de bruit est compris entre 60 et 65dB(A). Il existe donc un dépassement du niveau sonore admissible lors de l'exploitation nocturne.

Tonalité marquée :

L'exploitation de la carrière ne présente pas de tonalité marquée particulière. Seuls les bips de recul des engins sont susceptibles d'être perçus comme tels. Il est donc préférable de les considérer comme une source de gêne potentielle pour le voisinage et de prévoir les dispositifs adaptés pour prévenir tout risque de perturbation.

La situation sonore de la carrière sans traitement ne peut respecter les dispositions réglementaires. Des traitements et/ou aménagements sont donc à prévoir pour que l'activité puisse se dérouler en accord avec son environnement sonore.

5.5.4. Modélisation des mesures compensatoires envisagées

Emergence :

Une fois les mesures compensatoires installées, aucun dépassement des objectifs de bruit particulier ne se produit.

Les émergences résultantes dans le voisinage sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 75 : Émergences résultantes dans les ZER en période diurne et nocturne Sans traitement spécifique [dB(A)]

	Emergences résultantes de jour en dB(A)				Emergences résultantes de nuit en dB(A)					
	Emergence admissible	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Emergence admissible	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
ZER 1	5,0 dB(A)	4,8	4,4	4,2	4,4	3,0 dB(A)	3,0	2,8	2,6	2,7
ZER 2		3,9	3,4	3,0	2,6		2,4	2,0	1,8	1,5
ZER 3		3,3	3,4	4,6	5,0		1,2	1,3	1,9	2,0
ZER 4		4,3	4,6	3,4	3,2		1,7	1,8	1,3	1,2
ZER 5		2,5	2,5	2,1	2,2		1,4	1,5	1,2	1,2
ZER 6		0,3	0,3	0,2	0,2		0,1	0,1	0,0	0,0
ZER 7		1,3	1,5	0,9	0,9		0,7	0,8	0,5	0,5

Les émergences sont toutes respectées, quelles que soient la période considérée (diurne ou nocturne) ou la ZER étudiée.

Limite de propriété

L'exigence d'un maximum de 70 dB(A) en limite de propriété était déjà respectée, cela sans aucun moyen de compensation. Cet aspect-là reste donc inchangé.

Il apparaît également que la mise en place des dispositifs de compensation diminue le niveau de bruit. Le niveau sonore admissible en période nocturne sera de ce fait respecté.

Tonalité marquée

La mise en place des avertisseurs à fréquences mélangées type « cri du lynx » sur les engins mobiles permet d'éviter les tonalités marquées induites par les bips de recul traditionnels.

Dans ces conditions, aucune tonalité marquée ne résultera de l'exploitation de la carrière.

5.5.5. Cas particulier des tirs de mine

La réglementation française ne concerne pas les tirs de mine.

Une analyse des effets des tirs de mine sur l'ambiance sonore proche a néanmoins été réalisée afin de s'assurer de la non-gêne du voisinage.

Afin d'obtenir ces informations, une étude spécifique a été menée sur la carrière de Kougou à Mayotte. Une comparaison avec les configurations du site de Ravine du Trou a été effectuée afin de pouvoir transposer les résultats de Kougou au site de Saint-Leu.

Pour chaque situation étudiée, les résultats montrent que le niveau de surpression résultant à proximité des habitations les plus proches **respecte** :

- la valeur maximum de 125 dB(A) recommandée par la réglementation ;
- la valeur de 115 dB(A) définie dans la littérature spécialisée comme étant le niveau « de confort » à ne pas dépasser pour le voisinage.

Il faut garder à l'esprit que ce constat reste relatif aux hypothèses et aux considérations utilisées.

5.5.6. Synthèse

L'ensemble de ces aménagements permettra à l'exploitation de carrière de respecter les dispositions réglementaires qui reposent sur les directives de l'OMS.

Par conséquent, les émissions sonores liées à l'exploitation de la carrière ne sont pas susceptibles de provoquer d'impact sanitaire.

5.6. Impact des vibrations sur la santé

Les tirs de mines induisent, outre les ondes aériennes, des vibrations dans les terrains avoisinants, qui se définissent par leur amplitude, leur vitesse et leur accélération en fonction du temps. Deux types de mouvements caractérisent principalement les vibrations générées par une carrière :

- Les mouvements stationnaires liés aux unités de traitement ;
- Les mouvements transitoires liés aux tirs de mines.

Hors les conséquences physiologiques ou psychiques sur l'être humain, les vibrations peuvent causer des dégradations aux constructions et provoquer des fissures, des déjointements ou des bris de vitre.

5.6.1. Effets des vibrations émises par les matériels et les machines et les engins

La transmission de ces vibrations au niveau du sol n'étant que de quelques mètres, ces effets concernant essentiellement les travailleurs du site. Il s'agit de vibrations d'origine mécanique et qui se répercutent sur l'ensemble du corps.

Les pathologies associées sont fonction des caractéristiques des vibrations initiales, de la durée d'exposition, de la posture de l'individu, des efforts qu'il exerce.

5.6.2. Effets des vibrations émises par les tirs de mine

L'énergie dégagée par un tir de mines n'est pas utilisée dans son intégralité afin de fragmenter les roches. Même si la majeure partie sert à fractionner le sol, une partie est transformée en onde acoustique (ou surpression aérienne), une autre en onde vibrationnelle (ou vibration solidienne).

Les figures suivantes décrivent la répartition de l'énergie de l'explosion.

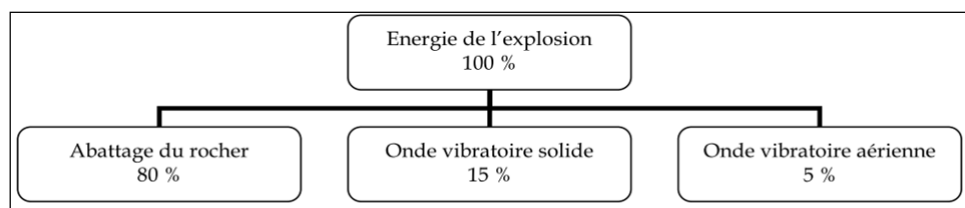


Figure 44 : Répartition de l'énergie dégagée par un tir de mines

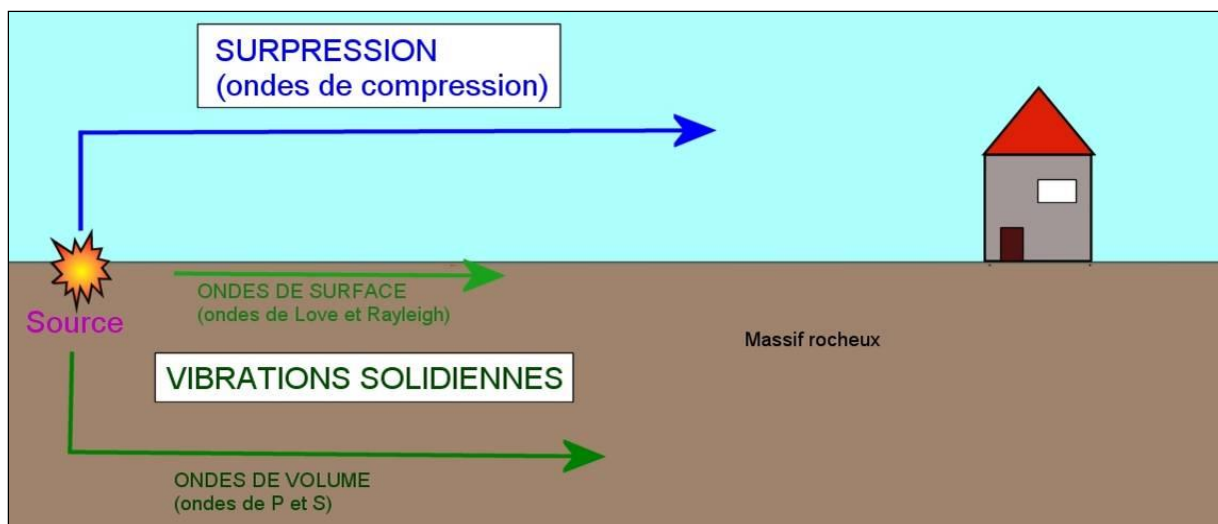


Figure 45 : Schéma conceptuel des vibrations induites par l'explosion d'une mine

Propagation des tirs de mines

Les vibrations émises lors des tirs se propagent dans le sous-sol tout en s'y amortissant. Les critères retenus pour déterminer les niveaux de vibrations sont les suivants :

- La charge unitaire ou masse d'explosif mise en jeu ;
- La distance entre le lieu de tir et le point considéré.

La loi de Chapot permet de relier la vitesse de vibration à une distance D de la source avec l'énergie de l'explosion :

$$V = K \times$$

Vitesse particulière de vibration

[mm/s]

Distance point de tir – point de contrôle [m]

Charge unitaire d'explosif [kg]

Coefficients propres à chaque site

et n

K = 2500 et n = -1,8 en valeur

moyenne

K = 6000 et n = -1,8 en valeur

maximale

Impact sur la santé

Les nuisances induites dépendent pour une large partie de la sensibilité intrinsèque des individus, qui s'avère très subjective. Certaines études ont indiqué que les personnes sont sensibles à des vitesses particulières de l'ordre de 0,1 mm/s.

À cette perception s'ajoute le critère de gêne (la vibration peut être perçue comme désagréable) et l'« effet de surprise ».

Tableau 76 : Perception des vibrations solidiennes

Vitesse vibratoire (mm/s)	Plaignants (%)	Sensations
0,9	0,008	possible
2,5	1,2	faible perception
5,1	4,5	perceptible
10,2	9,3	nettement perceptible
15,3	18	surprise
20,3	24	désagréable
25,4	45	très désagréable
102,0	65	insupportable
152,0	90	inadmissible

Pour les ondes de surpression aérienne, le seuil en dessous duquel la probabilité d'avoir des plaintes devient très faible est de 115 dBL (décibel linéaire), parfois appelé seuil de confort.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a défini un seuil limite de 139 dBL pour éviter la détérioration de l'appareil auditif des riverains pour la surpression aérienne.

D'un point de vue réglementaire, le **seuil maximum pour les ondes aériennes est de 125 dBL** (Circulaire n° 96-52 du 02/07/96 relative à l'application de l'arrêté du 22/09/94 relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières.

La réglementation prévoit des mesures lors des premiers tirs de mines, puis périodiquement avec une fréquence déterminée par arrêté d'autorisation, afin de s'assurer de respecter les normes en vigueur.

Impact sur les structures :

L'impact le plus important des ondes impulsionnelles engendrées par l'exploitation d'une carrière est celui causé sur un bâtiment.

Les effets des vibrations sur les constructions comprennent :

- Des effets directs (comme des fissurations) résultant de mise en résonance des structures du bâtiment, ou d'excitation dues à des sources impulsionnelles intenses ;
- Des effets indirects par densification du sol soumis à vibrations.

Les tableaux ci-dessous décrivent les seuils d'effet des vibrations causées par des ondes solidiennes et aériennes.

Tableau 77 : Impacts des vibrations de l'onde solidienne sur les bâtiments

Niveaux de vibration	Effets induits
A partir de 0,1 mm/sec	Seuil de détectabilité pour l'homme
Jusque 3 mm/sec	Vibrations ne risquant pas d'entraîner des dommages pour les bâtiments sensibles et monuments classés aux basses fréquences (selon la norme DIN 4150)
Jusque 5 mm/sec	Vibrations ne risquant pas d'entraîner des dommages pour les habitations et leurs annexes, les bâtiments avec enduits et constructions similaires aux basses fréquences (selon la norme DIN 4150)
Jusque 10 mm/sec	Pas de risque pour les bâtiments industriels aux basses fréquences (selon la norme DIN 4150); risques légers de dommages en fonction du contenu fréquentiel
Supérieur à 10 mm/sec	Les risques de dégradations aux bâtiments existent et dépendent du contenu fréquentiel

Tableau 78 : Impacts des vibrations de l'onde aérienne sur les bâtiments

Amplitude de la surpression aérienne		Effets constatés et seuils applicables
Décibel linéaire	Pascal	
<100	<2	Surpression imperceptible
112	8	Apparition des premières plaintes
120	20	Les plaintes deviennent nombreuses, les vitres vibrent, les lustres oscillent....
125	35	Seuil conseillé par l'arrêté du 22/09/94 (carrières)
130	63	Seuil USBM- Vibrations sensibles des planchers
135	112	Premiers dégâts superficiels (fissures de plâtre et d'enduit, déplacement de tuiles)
139	180	Seuil maximum d'exposition des personnes (OMS)
140	200	Bris des vitres les plus fragiles
170	6000	Bris de toutes les vitres

D'un point de vue réglementaire, parmi les ondes générées par l'explosion, seules les ondes vibrationnelles solides sont réglementées dans **l'article 22 de l'arrêté du 22 septembre 1994** : *« Les tirs de mines ne doivent pas être à l'origine de vibrations susceptibles d'engendrer dans les constructions avoisinantes des vitesses particulières pondérées supérieures à 10 mm/s mesurées suivant les trois axes de la construction. »*

Au regard de la réglementation, les dégâts sur les structures sont donc écartés, via le respect de la valeur limite de 10 mm/s.

5.6.3. Mesures de prévention/compensation :

La première mesure de réduction des effets est une distance importante entre le tir de mine et la zone à protéger.

Étant donné que la vitesse de vibration est inversement proportionnelle à la distance qui sépare la cible de la source, en augmentant la distance : la vitesse diminue.

L'effet de surprise des populations alentour peut être maîtrisé par :

- une alerte téléphonique ou par SMS ;
- une annonce sonore préventive caractéristique.

En outre, pour limiter les effets psychologiques, la société SCPR s'engage également à réaliser une large concertation et une campagne d'information autour du projet pour limiter les idées reçues et permettre à chacun d'avoir une bonne connaissance du fonctionnement réel d'une carrière de roche massive.

En outre, l'arrêté du 22/09/94 relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières impose que le respect de la valeur de vitesses particulières pondérées supérieures à 10 mm/s - mesurées suivant les trois axes de la construction ci-dessus - soit vérifié dès les premiers tirs réalisés sur la carrière, puis par campagnes périodiques dont la fréquence est fixée par l'arrêté d'autorisation.

Ces mesures permettront de limiter la gêne provoquer par les vibrations ainsi que de réduire au maximum les impacts sur la santé et les impacts psychologiques sur les populations.

6. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE D'IMPACT

Le tableau ci-après présente les conclusions de l'étude d'impact.

Tableau 79: Synthèse de l'étude d'impact

Thèmes	Mesures compensatoires prévues	Conclusion/Synthèse
Qualité de l'air	*Durant l'exploitation : arrosage des pistes à l'aide d'un système de sprinklage ou à l'aide un camion-citerne en vue de réduire l'envol des poussières. * Mise en place d'un plan de surveillance de l'envol des poussières.	Les augmentations les plus importantes sont celles des poussières totales (TSP) et des PM ₁₀ . Néanmoins, ces augmentations concernent l'intérieur du site. Au niveau des récepteurs (habitations proches du site), les hausses sont faibles par rapport aux seuils réglementaires.
Population aux alentours		
Santé		Pas d'effet sanitaire mis en évidence par l'EQRS
Bruit	* Utilisation d'un tambour type MDS M820R * Utilisation d'avertisseurs type 'Cri du Lynx' * Amortissement des trémies * Utilisation de grilles de tri en polyuréthane ou caoutchouc * Mise en place de merlons (4 et 5 mètres de hauteur) * Respect des normes en vigueur pour l'utilisation et le fonctionnement des engins * Réalisation de mesures de bruit 3 mois après le début de l'exploitation, puis annuellement, pour confirmer le respect des normes	Pas de nuisances pour les populations aux alentours
Vibration	* Réalisation de mesures des vibrations. *Mise en place d'alertes téléphonique et/ou par SMS et d'annonce sonore.	Pas de nuisances pour les populations aux alentours au regard de la réglementation.

7. CONCLUSION

Ce document présente l'étude de l'impact sur la santé des populations, des rejets provenant de l'exploitation d'une carrière de roche massive sur la commune de Saint Leu de La Réunion.

Ce projet est porté par la Société de Concassage et de Préfabrication de la Réunion [SCPR].

Au regard des moyens prévus pour le traitement des effluents aqueux, seuls les rejets atmosphériques ainsi que les nuisances sonores et vibratoires ont été considérés.

L'impact sur la santé des populations a été déterminé à l'aide d'une simulation numérique de la dispersion des rejets. Concernant les impacts du bruit et des vibrations, des études particulières ont été conduites.

L'impact des émissions sur la santé des populations a été réalisé selon la méthode suivante :

- 1) Identification et caractérisation les sources d'émissions de l'installation ;
- 2) Définition des données météorologiques de la zone ;
- 3) Simulations de la dispersion de rejet dans l'environnement à l'aide d'un modèle numérique ;
- 4) Exploitation des résultats.

Dans une première analyse, les résultats des simulations numériques ont été comparés avec aux seuils réglementaires définis par le décret N°2010-1250 du 21 octobre 2010.

Ensuite, afin de considérer tous les effets potentiels des rejets de l'installation, une Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires [EQRS] a été réalisée. Cette méthode utilisée par l'INERIS et l'InVS consiste à juger de l'impact sanitaire *via* le calcul d'indicateurs sanitaires (Quotient de Danger et Excès de Risque Individuel).

Ainsi, il a été successivement présenté :

- Une identification des dangers liés aux substances « traceurs » retenues ;
- Une identification et une sélection des VTR ;
- Une caractérisation des risques sanitaires pour la voie inhalation pour différents scénarios d'exposition ;
- Une identification des facteurs d'incertitude liés à l'évaluation menée.

Il a été examiné en sus l'effet de la saisonnalité sur l'impact des rejets atmosphérique de la carrière.

Il en ressort que la pluviométrie (plus importante durant l'été austral) réduit fortement l'exposition des populations aux émissions.

En outre, les populations les plus proches du site ne se trouvent pas sous les vents dominants du secteur, ce qui les « protège » des émissions de la carrière.

En définitive et pour les différents scénarios d'expositions examinées, les risques sanitaires sont jugés acceptables.

En effet, les quotients de dangers (individuels et cumulés) sont tous inférieurs à 1.

De même, les excès de risques individuels et cumulés sont inférieurs au seuil de 10^{-5} .

Du point de vue des nuisances sonores, la mise en place de moyens de compensation spécifiques au site permettra un respect des seuils réglementaires.

Aucune nuisance n'est ainsi à prévoir durant l'exploitation de la carrière.

8. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1]	CITEPA, 2014. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en Outre-mer – Format Outre-mer
[2]	Environnement & Industrie à la Réunion, édition 2007 – DRIRE Réunion – Février 2008.
[3]	Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air, Rapport définitif – Observatoire Réunionnais de l'Air - période 2011-2015
[4]	Registre Français des Émissions Polluantes – Site internet : www.irep.ecologie.gouv.fr/
[5]	Bilan de la qualité de l'air sur la commune de Saint-Louis – Période de surveillance 2000 à 2013, Observatoire Réunionnais de l'Air, Document DE017H
[6]	ARS, 2011. Relevé de contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine, commune de Saint Leu - La Réunion
[7]	ARS, 2011. Relevé de contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine, commune Les Avirons - La Réunion
[8]	Insee, RP2006 et RP2011 exploitations principales, Dossier statistique- Commune de Saint-Leu (97413) - Dossier complet
[9]	Insee, RP2006 et RP2011 exploitations principales, Dossier statistique- Commune des Avirons (97401) - Dossier complet
[10]	État de santé de la population à La Réunion – Rapport 2008 – Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales
[11]	Australia Mining and Quarry (1998) – QuarrySAFE, Hazardous substances in Quarries, occupational Health and Safety committee
[12]	Document d'orientation sur les risques sanitaires liés aux carrières, Réflexions sur les composants sources de dangers et transferts dans les études d'impact, rapport final, BRGM, juillet 2004
[13]	Chartier R., Lansart M. (2004) – Document d'orientation sur les risques sanitaires liés aux carrières – réflexions sur les composantes « Source de dangers » et « Transfert » de l'étude d'impact. Rapport final. BRGM/RP-53246-FR, 94 p., 16 ill., 3 ann.
[14]	US EPA, AP42 , Chapter 13: Miscellaneous Sources – 13.3 - Explosives Detonation
[15]	US EPA, AP42, 13.2.3 Heavy Construction Operations
[16]	US EPA, AP 42, 13.2.4 Aggregate Handling And Storage Piles
[17]	US EPA, AP 42, 13.2.2 Unpaved Road
[18]	US EPA, AP 42, 13.2.5 Industrial Wind Erosion
[19]	US EPA, Emission Standards Reference Guide Nonroad Engines and Vehicles
[20]	US EPA, AP 42, 11.19.2 Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing
[21]	INRS - Fiche toxicologique N°232 - Silice cristalline
[22]	InVS - Éléments techniques sur l'exposition professionnelle aux poussières alvéolaires de silice cristalline libre

Annexes

ANNEXE N°1 : STATIONS DE L'ORA – ÉQUIPEMENTS ET RESULTATS DES MESURES

Présentation des stations de mesure



Station mobile NINA sur le point de mesure
MANIRON



Station fixe Sarda Garriga

Résultats des mesures

Dioxyde d'azote

Tableau 80: Dioxyde d'azote – Moyenne annuelle [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	Année											
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Saint-Louis												
Station CTG	9	8	Arrêt des mesures									
Sarda Garriga			12*	10	13	10	19	10	Arrêt des mesures	7	9	6,6
Rivière Saint-Louis											11	12,8
Collège Saint-Louis											6	4,6
Maniron											4	4,3
Lambert											5	4,4

*Données existantes à partir du 1^{er} aout 2005

Tableau 81: Dioxyde d'azote – Maximum horaire [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	Année											
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Saint-Louis												
Station CTG	114	79	Arrêt des mesures									
Sarda Garriga			45	105	54	77	112	49	Arrêt des mesures	195	54	58
Rivière Saint-Louis											72	52
Collège Saint-Louis											28	46
Maniron											43	31
Lambert											32	30

Remarque : au cours de la période 2003 à 2013, aucun dépassement du seuil de recommandation et d'information ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'a été constaté, quelle que soit la station.

Tableau 82: Oxydes d'azote – Moyenne annuelle [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	Année											
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Saint-Louis												
Station CTG	11	9	Arrêt des mesures									
Sarda Garriga			10*	12	12	12	17	9	Arrêt des mesures	11	12	14,1
Rivière Saint-Louis											12	21,4
Collège Saint-Louis											5	6,6
Maniron											4	5,9
Lambert											4	6

*Données existantes à partir du 1^{er} aout 2005

Dioxyde de soufre

Tableau 83: Dioxyde de soufre– Moyenne annuelle [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	Année											
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Saint-Louis												
Station CTG	8	10	Arrêt des mesures									
Sarda Garriga			8*	11	12	7	4	4	3	4	5	6,7
Rivière Saint-Louis											3	2,6
Collège Saint-Louis											6	4,3
Maniron											2	3,2
Lambert											2	3,1

*Données existantes à partir du 1^{er} aout 2005

Tableau 84: Dioxyde de soufre – Maximum horaire maximale [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	Année											
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Saint-Louis												
Station CTG	202	259	Arrêt des mesures									
Sarda Garriga			301	535	582	373	232	280	211	212	311	278
Rivière Saint-Louis											124	60
Collège Saint-Louis											261	141
Maniron											67	80
Lambert											86	54

Tableau 85: Nombre de dépassement – Dioxyde de soufre

	Année											
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Saint-Louis												
Nombre de moyennes horaires supérieures à 350 µg/m³/heure												
Station CTG	0	0	Arrêt des mesures									
Sarda Garriga			0	17	43	2	0	0	0	0	0	0
Rivière Saint-Louis											0	0
Collège Saint-Louis											0	0
Maniron											0	0
Lambert											0	0
Nombre de moyennes journalières supérieures à 125 µg/m³/jour												
Station CTG	0	0	Arrêt des mesures									
Sarda-Garriga			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rivière Saint-Louis											0	0
Collège Saint-Louis											0	0
Maniron											0	0
Lambert											0	0
Moyenne semestrielle allant du 1^{er} octobre au 1^{er} mars												
Station CTG	8	15	Arrêt des mesures									
Sarda Garriga			9	17	9	5	5	5	3*	6	9,2	
Rivière Saint-Louis											4,8	
Collège Saint-Louis											6,2	
Maniron											3,1	
Lambert											2,4	

* : moins de 75% de données

Benzène

Tableau 86: Benzène– Moyenne annuelle [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	Année											
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Saint-Louis												
Station CTG	0,5	Arrêt des mesures										
Sarda Garriga				0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	Arrêt des mesures			

Monoxyde de carbone

Tableau 87: Monoxyde de carbone– Moyenne maximale sur 8h [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	Année											
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Saint-Louis												
Sarda Garriga										0,28	0,4	0,5
Rivière Saint-Louis											0,4	0,4
Collège Saint-Louis											0,2	0,4
Maniron											0,3	0,2
Lambert											0,3	0,2

Particules fines en suspension PM₁₀

Tableau 88: Particules fines PM₁₀ [unité : µg/m³]

	Année											
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Saint-Louis												
Moyenne annuelle												
Station CTG	68	52	Arrêt des mesures									
Sarda Garriga			22	21	23	22	21	20	Arrêt des mesures	16	20	17,1
Rivière Saint-Louis											8	10,8
Collège Saint-Louis											6	8,6
Maniron											6	6,9
Lambert											8	6,2
Nombre de moyennes journalières supérieures à 50 µg/m³												
Station CTG	104	86	Arrêt des mesures									
Sarda Garriga			0	0	1	0	0	0	Arrêt des mesures	3	0	0
Rivière Saint-Louis											0	0
Collège Saint-Louis											0	0
Maniron											0	0
Lambert											0	0

Particules fines en suspension PM_{2.5}

Tableau 89: Particules fines PM_{2.5} – Moyenne annuelle [unité : µg/m³]

	Année											
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Saint-Louis												
Rivière Saint-Louis												6,8
Collège Saint-Louis												5
Maniron												4,2
Lambert												3,7

Métaux lourds

Tableau 90: Métaux lourds – Moyenne annuelle [unité : ng/m³]

Plomb (µg/m ³)							Arsenic (ng/m ³)						
Station	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Station	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Sarda Garriga	0,002	0,0032	-	0,0019	0,0013	0,0012	Sarda Garriga	0,2	0,5	-	<0,15	0,15	0,14
Cadmium (ng/m ³)							Nickel (ng/m ³)						
Station	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Station	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Sarda Garriga	0,1	0,09	-	<0,15	0,15	0,28	Sarda Garriga	2,7	1,2	-	1,5	1,09	0,99

- : données non représentatives

Les valeurs de recommandation et d'information, ainsi que les valeurs limites pour chaque polluant, sont regroupées dans le tableau ci-après.

ANNEXE N°2 : NORMES EN VIGUEUR POUR LA QUALITE DE L'AIR

Tableau g1: Valeurs limites réglementaires pour la qualité de l'air [unité : µg/m³]

	SO ₂		NO ₂		NO _x	PM ₁₀		Benzène	Ozone
	Moyenne horaire maximale	Moyenne annuelle	Moyenne horaire maximale	Moyenne annuelle	Moyenne annuelle	Moyenne annuelle	Moyenne horaire maximale	Moyenne annuelle	Moyenne horaire maximale
<i>Valeurs limites</i>	350 à ne pas dépasser + de 24 heures par an		200 à ne pas dépasser + de 18 heures par an	40		40		5	
<i>Objectifs de qualité</i>		50		40		30		2	6 000 pour la protection de la végétation 120 pour la protection de la santé
<i>Seuil de recommandation et d'information</i>	300		200				50		180
<i>Seuils d'alerte</i>	500 sur 3 heures consécutives		400 sur 3 heures consécutives 200 si dépassement de ce seuil la veille et risque de dépassement le lendemain				80		240
<i>Niveau critique</i>		20			30				

SCPR – EMC2 – Carrière de la Ravine du Trou 2 – EQRS – Rapport d'étude N°2d

	PM_{2,5}	HAP [benzo(a)pyrène]	Monoxyde de carbone	Plomb	Arsenic	Cadmium	Nickel
	Moyenne horaire maximale / Moyenne annuelle	Moyenne annuelle	Maximum journalier	Moyenne annuelle	Moyenne annuelle	Moyenne annuelle	Moyenne annuelle
Normes en vigueur							
<i>Valeurs limites</i>	25		10 000	0,5			
<i>Objectifs de qualité</i>	10			0,25			
<i>Seuil de recommandation et d'information</i>							
<i>Seuils d'alerte</i>							
<i>Niveau critique</i>							
<i>Valeur Cible</i>	20	0,001			0,006	0,005	0,020

ANNEXE N°3 : MESURES *IN SITU* DES POUSSIÈRES

Description de l'appareil utilisé : Analyseur de poussières Thermo pDR 1500

L'appareil utilisé pour la quantification des particules fines lors de la campagne de mesure était un analyseur de poussières Thermo pDR 1500.

Il s'agit d'un néphélomètre qui permet une mesure en temps réel de la concentration massique des poussières en suspension dans l'air. Selon le cyclone choisi, l'analyseur calcule automatiquement le débit d'aspiration correspondant au seuil granulométrique désiré.



Figure 46: Néphélomètres pDR 1500

Après cyclonage, les particules dont le diamètre aérodynamique correspond à la fraction réglementaire sélectionnée pénètrent dans la cellule de mesure illuminée par une diode émettant dans le proche infrarouge. La lumière diffusée par les particules présentes dans la cellule est focalisée sur un photo-détecteur. Le signal de mesure émis par le photo-détecteur est proportionnel à la concentration massique en poussières en suspension dans l'air ambiant.

Le principe de l'appareil est illustré dans la figure suivante.

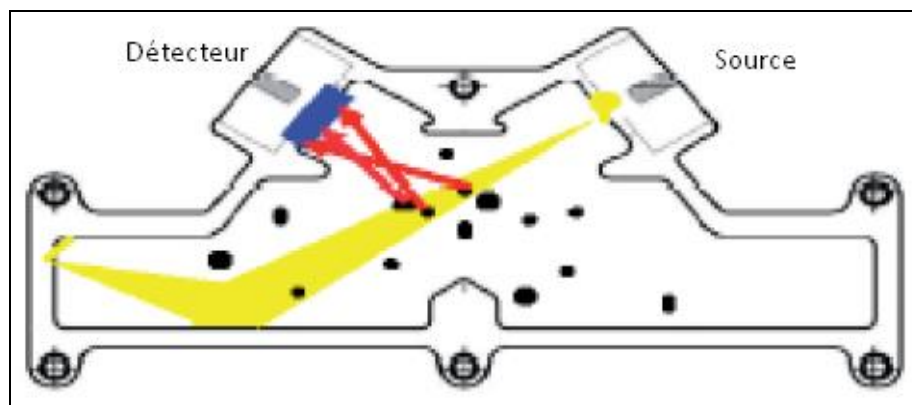




Figure 47 : Principe du pDR-1500

Une étude réalisée par le LCSQA [Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air] en décembre 2008 sur les indicateurs optiques pour les mesures des particules dans les environnements intérieurs indique que la mesure massique des particules *via* des indicateurs optiques reste entièrement indicative puisque la densité de l'aérosol étudié est une source d'approximation. Des tests ont été réalisés en chambre d'exposition afin d'évaluer les performances des différents indicateurs optiques.

En ce qui concerne la capacité des indicateurs optiques à suivre des profils dynamiques de concentration, le pDR 1500 a montré des suivis temporels proches comparables à celui du FDMS.

Fiches de mesure

Point N°1			
Coordonnées GPS WGS84			
Latitude	21,24131° S	Longitude	55,31488° E
Date de réalisation de la mesure			29 mars 2015
Heure	16h22	Durée	13 minutes
Description du site			
			
Résultats [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
Particules PM_{2,5}			
Moyenne	Maximum	Minimum	Écart-type
22,27	27,18	16,15	4,03
Particules PM₁₀			
Moyenne	Maximum	Minimum	Écart-type
42,74	51,2	35,82	4,03

Point N°2

Coordonnées GPS WGS84

Latitude	21,23892° S	Longitude	55,31097° E
Date de réalisation de la mesure			29 mars 2015
Heure	14h46	Durée	30 minutes

Description du site



Résultats [unité : µg/m³]

Particules PM_{2.5}

Moyenne	Maximum	Minimum	Écart-type
34,87	73,48	13,53	13,92

Particules PM₁₀

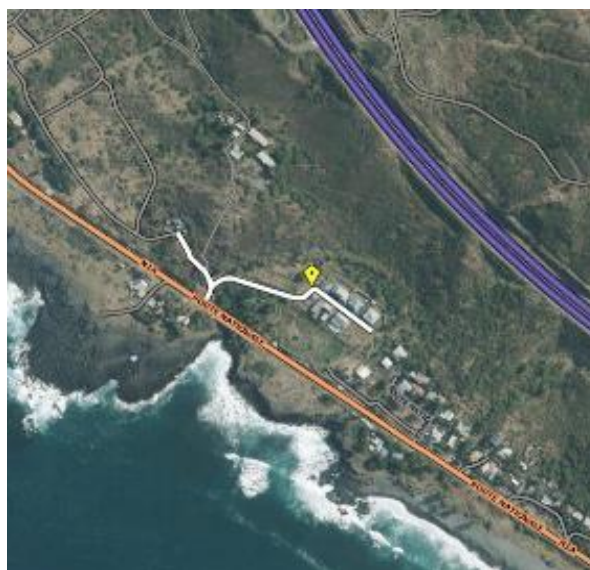
Moyenne	Maximum	Minimum	Écart-type
46,40	130,53	8,08	23,40

Point N°3

Coordonnées GPS WGS84

Latitude	21,24372° S	Longitude	55,31614° E
Date de réalisation de la mesure			29 mars 2015
Heure	15h53	Durée	16 minutes

Description du site



Résultats [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Particules PM_{2.5}

Moyenne	Maximum	Minimum	Écart-type
42,33	65,53	16,95	13,98

Particules PM₁₀

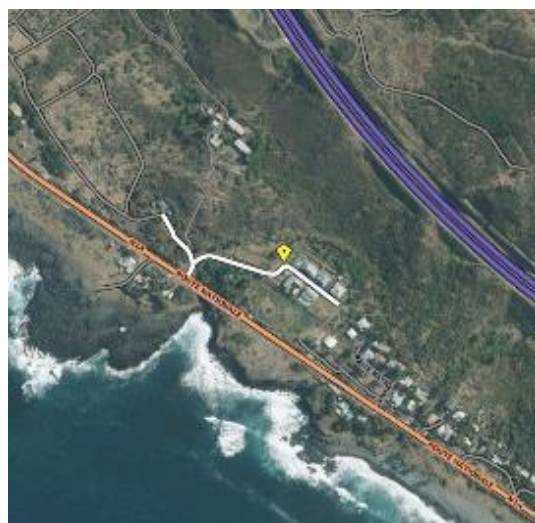
Moyenne	Maximum	Minimum	Écart-type
36,86	48,62	17,92	10,06

Point N°3 bis

Coordonnées GPS WGS84

Latitude	21,24372° S	Longitude	55,31614° E
Date de réalisation de la mesure			
Heure	10h17	Durée	67 minutes

Description du site



Résultats [unité : µg/m³]

Particules PM_{2.5}

Moyenne	Maximum	Minimum	Écart-type
8,75	14,81	5,65	2,17

Particules PM₁₀

Moyenne	Maximum	Minimum	Écart-type
16,11	26,31	8,39	4,24

Point N°4

Coordonnées GPS WGS84

Latitude	21,23684° S	Longitude	55,31763° E
Date de réalisation de la mesure			29 mars 2015
Heure	16h44	Durée	14 minutes

Description du site



Résultats [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Particules PM_{2,5}

Moyenne	Maximum	Minimum	Écart-type
13,06	15,79	10,4	1,80

Particules PM₁₀

Moyenne	Maximum	Minimum	Écart-type
11,76	14,39	10,36	0,96

Point N°5

Coordonnées GPS WGS84

Latitude	21,24094° S	Longitude	55,31701° E
Date de réalisation de la mesure			29 mars 2015
Heure	17h08	Durée	10 minutes

Description du site



Résultats [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Particules PM_{2.5}

Moyenne	Maximum	Minimum	Écart-type
11,03	13,88	8,45	1,95

Particules PM₁₀

Moyenne	Maximum	Minimum	Écart-type
11,14	11,7	10,76	0,30

Point N°6

Coordonnées GPS WGS84

Latitude	21,24363° S	Longitude	55,31503° E
----------	-------------	-----------	-------------

Date de réalisation de la mesure

Heure	10h47	Durée	31 minutes
-------	-------	-------	------------

Description du site



Résultats [unité : µg/m³]

Particules PM_{2.5}

Moyenne	Maximum	Minimum	Écart-type
10,23	16,18	6,3	2,19

Particules PM₁₀

Moyenne	Maximum	Minimum	Écart-type
23,90	46,98	10,45	9,78

Point N°7

Coordonnées GPS WGS84

Latitude	21,24124° S	Longitude	55,31282° E
Date de réalisation de la mesure			
Heure	11,07	Durée	36 minutes

Description du site



Résultats [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Particules PM_{2.5}

Moyenne	Maximum	Minimum	Écart-type
10,40	24,27	4,58	3,89

Particules PM₁₀

Moyenne	Maximum	Minimum	Écart-type
18,59	32,99	10,66	4,44

ANNEXE N°4 : DONNEES METEOROLOGIQUES OBSERVEES LORS DES MESURES *IN-SITU*

Conditions météorologiques observées lors des mesures								
Date [Jour/Mois/Année]	Température [°C]	Humidité [%]	Point de rosée [°C]	Vitesse du vent [m/s]	Vitesse en rafale [m/s]	Direction moyenne du vent [°]	Pluviométrie [mm]	Pression atmosphérique [hPa]
29/03/2015	32,4	54	21,9	0,4	0,4	71	0,0	1035,93
29/03/2015	32,0	56	22,1	0,4	1,3	53	0,0	1035,90
29/03/2015	31,6	57	22,0	0,9	1,3	25	0,0	1035,90
29/03/2015	31,3	59	22,3	0,9	1,3	40	0,0	1035,90
29/03/2015	31,0	60	22,3	0,9	1,8	44	0,0	1035,87
29/03/2015	30,8	60	22,2	0,9	2,2	37	0,0	1035,87
29/03/2015	30,7	61	22,3	1,3	2,2	38	0,0	1035,83
29/03/2015	30,5	61	22,1	1,3	2,2	45	0,0	1035,83
29/03/2015	30,4	61	22,1	0,9	2,2	50	0,0	1035,80
29/03/2015	30,4	61	22,0	0,9	2,2	50	0,0	1035,73
29/03/2015	30,4	61	22,0	0,9	2,2	48	0,0	1035,76
29/03/2015	30,3	60	21,7	0,9	2,2	48	0,0	1035,73
29/03/2015	30,3	61	21,9	0,9	2,2	52	0,0	1035,73

Conditions météorologiques observées lors des mesures								
Date [Jour/Mois/Année]	Température [°C]	Humidité [%]	Point de rosée [°C]	Vitesse du vent [m/s]	Vitesse en rafale [m/s]	Direction moyenne du vent [°]	Pluviométrie [mm]	Pression atmosphérique [hPa]
14/10/2015	27,8	58,3	18,8	0,8	1,4	217,5	0,0	1046,2
14/10/2015	27,0	63,5	19,5	1,3	2,7	340,5	0,0	1046,2
14/10/2015	27,1	60,6	18,8	1,0	2,5	336,9	0,0	1046,2
14/10/2015	27,1	59,0	18,4	0,9	2,2	338,0	0,0	1046,3
14/10/2015	27,1	59,0	18,4	0,9	2,2	338,0	0,0	1046,3
14/10/2015	27,1	59,0	18,4	0,9	2,2	338,0	0,0	1046,3
14/10/2015	27,1	59,0	18,4	0,9	2,2	338,0	0,0	1046,3

ANNEXE N°5 : ANALYSES DE LA QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION

Saint-Leu

Tableau 92: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Saint-Leu – CD 13

Paramètre	Valeur	Limite de qualité	Référence de qualité
Ammonium (en NH ₄)	<0,01 mg/L		≤ 0,1 mg/L
Aspect (qualitatif) *	0		
Bact. aér. revivifiables à 22°/68h	3 n/mL		
Bact. aér. revivifiables à 36°/44h	2 n/mL		
Bactéries coliformes /100ml-MS	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Chlore libre *	0,23 mg/LCl ₂		
Chlore total *	0,27 mg/LCl ₂		
Conductivité à 25°C	640 µS/cm		≥200 et ≤ 1100 µS/cm
Couleur (qualitatif) *	0		
Entérocoques /100ml-MS	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Escherichia coli /100ml -MF	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Odeur (qualitatif) *	0		
Température de l'eau *	18,5 °C		≤ 25 °C
Turbidité néphélométrique NFU	<0,25 NFU		≤ 2 NFU
pH	8,20 unité pH		≥6,5 et ≤ 9 unité pH

* Analyse réalisée sur le terrain

Tableau 93: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Saint-Leu – L'étang

Paramètre	Valeur	Limite de qualité	Référence de qualité
Ammonium (en NH ₄)	<0,01 mg/L		≤ 0,1 mg/L
Aspect (qualitatif) *	0		
Bact. aér. revivifiables à 22°/68h	28 n/mL		
Bact. aér. revivifiables à 36°/44h	16 n/mL		
Bact. et spores sulfito-rédu./100ml	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Bactéries coliformes /100ml-MS	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Chlore libre *	0,44 mg/ LCl ₂		
Chlore total *	0,61 mg/ LCl ₂		
Conductivité à 25°C	325 µS/cm		≥200 et ≤ 1100 µS/cm
Couleur (qualitatif) *	0		
Entérocoques /100ml-MS	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Escherichia coli /100ml -MF	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Odeur (qualitatif) *	0		
Température de l'eau *	21,3 °C		≤ 25 °C
Turbidité néphélométrique NFU	0,76 NFU		≤ 2 NFU
pH	8,75 unité pH		≥6,5 et ≤ 9 unité pH

* Analyse réalisée sur le terrain

Tableau 94: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Saint-Leu – La chaloupe Petite Ravine (Piton 800)

Paramètre	Valeur	Limite de qualité	Référence de qualité
Aluminium total µg/l	0 µg/l		≤ 200 µg/l
Ammonium (en NH ₄)	<0,01 mg/L		≤ 0,1 mg/L
Aspect (qualitatif) *	0		
Bact. aér. revivifiables à 22°/68h	1 n/mL		
Bact. aér. revivifiables à 36°/44h	1 n/mL		
Bact. et spores sulfito-rédu./100ml	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Bactéries coliformes /100ml-MS	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Chlore libre *	0,58 mg/ LCl ₂		
Chlore total *	0,69 mg/ LCl ₂		
Conductivité à 25°C	204 µS/cm		≥200 et ≤ 1100 µS/cm
Couleur (qualitatif) *	0		
Entérocoques /100ml-MS	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Escherichia coli /100ml - MF	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Odeur (qualitatif) *	0		
Température de l'eau *	23,8 °C		≤ 25 °C
Turbidité néphélobométrique NFU	<0,25 NFU		≤ 2 NFU
pH	8,05 unité pH		≥6,5 et ≤ 9 unité pH

* Analyse réalisée sur le terrain

Tableau 95: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Saint-Leu – Les hauts de St-Leu

Paramètre	Valeur	Limite de qualité	Référence de qualité
Aluminium total µg/l	4,00 µg/l		≤ 200 µg/l
Ammonium (en NH ₄)	<0,01 mg/L		≤ 0,1 mg/L
Aspect (qualitatif) *	0		
Bact. aér. revivifiables à 22°/68h	2 n/mL		
Bact. aér. revivifiables à 36°/44h	4 n/mL		
Bact. et spores sulfito-rédu./100ml	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Bactéries coliformes /100ml-MS	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Chlore libre *	0,39 mg/ LCl ₂		
Chlore total *	0,41 mg/ LCl ₂		
Conductivité à 25°C	110 µS/cm		≥200 et ≤ 1100 µS/cm
Couleur (qualitatif) *	0		
Entérocoques /100ml-MS	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Escherichia coli /100ml - MF	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Odeur (qualitatif) *	0		
Température de l'eau *	17,1 °C		≤ 25 °C
Turbidité néphélobométrique NFU	0,37 NFU		≤ 2 NFU
pH	8,25 unité pH		≥6,5 et ≤ 9 unité pH

* Analyse réalisée sur le terrain

Tableau 96: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Saint-Leu – Maduran

Paramètre	Valeur	Limite de qualité	Référence de qualité
Ammonium (en NH ₄)	<0,01 mg/L		≤ 0,1 mg/L
Aspect (qualitatif) *	0		
Bact. aér. revivifiables à 22°/68h	2 n/mL		
Bact. aér. revivifiables à 36°/44h	2 n/mL		
Bact. et spores sulfito-rédu./100ml	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Bactéries coliformes /100ml-MS	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Carbone organique total	0,72 mg/L C		≤ 2 mg/L C
Chlore libre *	0,70 mg/ LCl ₂		
Chlore total *	0,75 mg/ LCl ₂		
Chlorures	5,1 mg/L		≤ 250 mg/L
Conductivité à 25°C	326 µS/cm		≥200 et ≤ 1100 µS/cm
Couleur (qualitatif) *	0		
Entérocoques /100ml-MS	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Escherichia coli /100ml -MF	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Nitrates (en NO ₃)	0,7 mg/L	≤ 50 mg/L	
Nitrites (en NO ₂)	<0,01 mg/L	≤ 0,1 mg/L	
Odeur (qualitatif) *	0		
Sulfates	31,8 mg/L		≤ 250 mg/L
Température de l'eau *	19,0 °C		≤ 25 °C
Titre alcalimétrique	0,8 °F		
Titre alcalimétrique complet	13,5 °F		
Titre hydrotimétrique	9,7 °F		
Turbidité néphélométrique NFU	0,41 NFU	≤ 1 NFU	≤ 0,5 NFU
pH	8,55 unité pH		≥6,5 et ≤ 9 unité pH

* Analyse réalisée sur le terrain

Tableau 97: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Saint-Leu – Piton 1000

Paramètre	Valeur	Limite de qualité	Référence de qualité
Ammonium (en NH ₄)	<0,01 mg/L		≤ 0,1 mg/L
Aspect (qualitatif) *	0		
Bact. aér. revivifiables à 22°/68h	<1 n/mL		
Bact. aér. revivifiables à 36°/44h	4 n/mL		
Bact. et spores sulfito-rédu./100ml	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Bactéries coliformes /100ml-MS	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Carbone organique total	0,76 mg/L C		≤ 2 mg/L C
Chlore libre *	0,53 mg/ LCl ₂		
Chlore total *	0,6 mg/ LCl ₂		
Chlorures	4,4 mg/L		≤ 250 mg/L
Conductivité à 25°C	327 µS/cm		≥200 et ≤ 1100 µS/cm
Couleur (qualitatif) *	0		
Entérocoques /100ml-MS	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Escherichia coli /100ml -MF	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Nitrates (en NO ₃)	0,7 mg/L	≤ 50 mg/L	
Nitrites (en NO ₂)	<0,01 mg/L	≤ 0,1 mg/L	
Odeur (qualitatif) *	0		
Sulfates	31,6 mg/L		≤ 250 mg/L
Température de l'eau *	19,5 °C		≤ 25 °C
Titre alcalimétrique	0,7 °F		
Titre alcalimétrique complet	13,5 °F		
Titre hydrotimétrique	9,6 °F		
Turbidité néphélométrique NFU	0,42 NFU	≤ 1 NFU	≤ 0,5 NFU
pH	8,50 unité pH		≥6,5 et ≤ 9 unitépH

Tableau 98: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Saint-Leu – Ville St-Leu

Paramètre	Valeur	Limite de qualité	Référence de qualité
Ammonium (en NH ₄)	<0,01 mg/L		≤ 0,1 mg/L
Aspect (qualitatif) *	0		
Bact. aér. revivifiables à 22°/68h	1 n/mL		
Bact. aér. revivifiables à 36°/44h	<1 n/mL		
Bactéries coliformes /100ml-MS	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Chlore libre *	0,37 mg/ LCl ₂		
Chlore total *	0,37 mg/ LCl ₂		
Conductivité à 25°C	535 µS/cm		≥200 et ≤ 1100 µS/cm
Couleur (qualitatif) *	0		
Entérocoques /100ml-MS	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Escherichia coli /100ml - MF	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Odeur (qualitatif) *	0		
Température de l'eau *	22,7 °C		≤ 25 °C
Turbidité néphélométrique NFU	0,26 NFU		≤ 2 NFU
pH	8,20 unité pH		≥6,5 et ≤ 9 unité pH

* Analyse réalisée sur le terrain

Les Aviron :

Tableau 99: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Les Aviron – Ville-Bananes

Paramètre	Valeur	Limite de qualité	Référence de qualité
Ammonium (en NH ₄)	<0,01 mg/L		≤ 0,1 mg/L
Aspect (qualitatif) *	0		
Bact. aér. revivifiables à 22°/68h	2 n/mL		
Bact. aér. revivifiables à 36°/44h	2 n/mL		
Bact. et spores sulfito-rédu./100ml	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Bactéries coliformes /100ml-MS	1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Carbone organique total	0,64 mg/L C		≤ 2 mg/L C
Chlore libre *	0,27 mg/ LCl ₂		
Chlore total *	0,32 mg/ LCl ₂		
Chlorures	10,4 mg/L		≤ 250 mg/L
Conductivité à 25°C	233 µS/cm		≥200 et ≤ 1100 µS/cm
Couleur (qualitatif) *	0		
Entérocoques /100ml-MS	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Escherichia coli /100ml - MF	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Nitrates (en NO ₃)	3,7 mg/L	≤ 50 mg/L	
Nitrites (en NO ₂)	<0,01 mg/L	≤ 0,1 mg/L	
Odeur (qualitatif) *	0		
Sulfates	14,8 mg/L		≤ 250 mg/L
Température de l'eau *	19,1 °C		≤ 25 °C
Titre alcalimétrique complet	0 °F		
Titre alcalimétrique complet	8,2 °F		
Titre hydrotimétrique	7,2 °F		
Turbidité néphélométrique	0,75 NFU	≤ 1 NFU	≤ 0,5 NFU

Paramètre	Valeur	Limite de qualité	Référence de qualité
NFU			
pH	8,25 unité pH		≥6,5 et ≤ 9 unité pH

* Analyse réalisée sur le terrain

Tableau 100: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Les Avirons – Bras sec

Paramètre	Valeur	Limite de qualité	Référence de qualité
Ammonium (en NH ₄)	<0,01 mg/L		≤ 0,1 mg/L
Aspect (qualitatif) *	0		
Bact. aér. revivifiables à 22°/68h	16 n/mL		
Bact. aér. revivifiables à 36°/44h	12 n/mL		
Bact. et spores sulfito-rédu./100ml	3 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Bactéries coliformes /100ml-MS	1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Carbone organique total	0,88 mg/L C		≤ 2 mg/L C
Chlore libre *	0,24 mg/ LC ₂		
Chlore total *	0,33 mg/ LC ₂		
Chlorures	5,3 mg/L		≤ 250 mg/L
Conductivité à 25°C	74 µS/cm		≥200 et ≤ 1100 µS/cm
Couleur (qualitatif) *	0		
Entérocoques /100ml-MS	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Escherichia coli /100ml -MF	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Nitrates (en NO ₃)	<0,5 mg/L	≤ 50 mg/L	
Nitrites (en NO ₂)	0,01 mg/L	≤ 0,1 mg/L	
Odeur (qualitatif) *	0		
Sulfates	<1 mg/L		≤ 250 mg/L
Température de l'eau *	12,9 °C		< 25 °C
Titre alcalimétrique	0 °F		
Titre alcalimétrique complet	2,9 °F		
Titre hydrotimétrique	3,0 °F		
Turbidité néphélométrique NFU	0,69 NFU	≤ 1 NFU	≤ 0,5 NFU
pH	7,85 unité pH		≥6,5 et ≤ 9 unité pH

* Analyse réalisée sur le terrain

Tableau 101: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Les Avirons – Cadet-Cyprès

Paramètre	Valeur	Limite de qualité	Référence de qualité
Ammonium (en NH ₄)	<0,01 mg/L		≤ 0,1 mg/L
Aspect (qualitatif) *	0		
Bact. aér. revivifiables à 22°/68h	12 n/mL		
Bact. aér. revivifiables à 36°/44h	3 n/mL		
Bact. et spores sulfito-rédu./100ml	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Bactéries coliformes /100ml-MS	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Chlore libre *	0,10 mg/ LCl ₂		
Chlore total *	0,10 mg/ LCl ₂		
Conductivité à 25°C	84 µS/cm		≥200 et ≤ 1100 µS/cm
Couleur (qualitatif) *	0		
Entérocoques /100ml-MS	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Escherichia coli /100ml - MF	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Odeur (qualitatif) *	0		
Température de l'eau *	14,7 °C		≤ 25 °C
Turbidité néphélométrique NFU	1,6 NFU		≤ 2 NFU
pH	7,70 unité pH		≥6,5 et ≤ 9 unité pH

Tableau 102: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Les Avirons – Cyprès (tevelave-camping)

Paramètre	Valeur	Limite de qualité	Référence de qualité
Aluminium total µg/l	0 µg/l		≤ 200 µg/l
Ammonium (en NH ₄)	<0,01 mg/L		≤ 0,1 mg/L
Aspect (qualitatif) *	0		
Bact. aér. revivifiables à 22°/68h	<1 n/mL		
Bact. aér. revivifiables à 36°/44h	<1 n/mL		
Bact. et spores sulfito-rédu./100ml	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Bactéries coliformes /100ml-MS	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Chlore libre *	0,63 mg/ LCl ₂		
Chlore total *	0,71 mg/ LCl ₂		
Conductivité à 25°C	100 µS/cm		≥200 et ≤ 1100 µS/cm
Couleur (qualitatif) *	0		
Entérocoques /100ml-MS	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Escherichia coli /100ml - MF	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Odeur (qualitatif) *	0		
Température de l'eau *	16,0 °C		≤ 25 °C
Turbidité néphélométrique NFU	0,53 NFU		≤ 2 NFU
pH	7,85 unité pH		≥6,5 et ≤ 9 unité pH

* Analyse réalisée sur le terrain

Tableau 103: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Les Avirons – Piton rouge

Paramètre	Valeur	Limite de qualité	Référence de qualité
Ammonium (en NH ₄)	0,01 mg/L		≤ 0,1 mg/L
Aspect (qualitatif) *	0		
Bact. aér. revivifiables à 22°/68h	1 n/mL		
Bact. aér. revivifiables à 36°/44h	1 n/mL		
Bact. et spores sulfito-rédu./100ml	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Bactéries coliformes /100ml-MS	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Chlore libre *	0,29 mg/ LCl ₂		
Chlore total *	0,40 mg/ LCl ₂		
Conductivité à 25°C	349 µS/cm		≥200 et ≤ 1100 µS/cm
Couleur (qualitatif) *	0		
Entérocoques /100ml-MS	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Escherichia coli /100ml - MF	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Odeur (qualitatif) *	0		
Température de l'eau *	25,8 °C		≤ 25 °C
Turbidité néphélobométrique NFU	0,37 NFU		≤ 2 NFU
pH	8,60 unité pH		≥6,5 et ≤ 9 unité pH

* Analyse réalisée sur le terrain

Tableau 104: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Les Avirons – Ravine sèche

Paramètre	Valeur	Limite de qualité	Référence de qualité
Ammonium (en NH ₄)	<0,01 mg/L		≤ 0,1 mg/L
Aspect (qualitatif) *	0		
Bact. aér. revivifiables à 22°/68h	<1 n/mL		
Bact. aér. revivifiables à 36°/44h	<1 n/mL		
Bact. et spores sulfito-rédu./100ml	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Bactéries coliformes /100ml-MS	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Chlore libre *	0,48 mg/ LCl ₂		
Chlore total *	0,66 mg/ LCl ₂		
Conductivité à 25°C	358 µS/cm		≥200 et ≤ 1100 µS/cm
Couleur (qualitatif) *	0		
Entérocoques /100ml-MS	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Escherichia coli /100ml - MF	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Odeur (qualitatif) *	0		
Température de l'eau *	21,7 °C		≤ 25 °C
Turbidité néphélobométrique NFU	0,66 NFU		≤ 2 NFU
pH	8,45 unité pH		≥6,5 et ≤ 9 unité pH

* Analyse réalisée sur le terrain

Tableau 105: Contrôle sanitaire 2015 de la qualité des eaux de consommation - Réseau Les Avirons – Toupin-Ruisseau

Paramètre	Valeur	Limite de qualité	Référence de qualité
1,1,1,2 Tétrachloropropane	<0,2 µg/l		
1,1,1,3 Tétrachloropropane	<0,2 µg/l		
1,3-dichloro-2-propanol	<50 µg/l		
2-Chloropropane	<2 µg/l		
3-Chloropropène	<0,2 µg/l		
Acrylamide	<0,10 µg/l	≤ 0,1 µg/l	
Ammonium (en NH ₄)	<0,01 mg/L		≤ 0,1 mg/L
Antimoine	<0,2 µg/l	≤ 5 µg/l	
Aspect (qualitatif) *	0		
Bact. aér. revivifiables à 22°/68h	13 n/mL		
Bact. aér. revivifiables à 36°/44h	18 n/mL		
Bact. et spores sulfito-rédu./100ml	<1 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Bactéries coliformes /100ml-MS	5 n/100mL		≤ 0 n/100mL
Benzo(a)pyrène *	<0,0010 µg/l	≤ 0,01 µg/l	
Benzo(b)fluoranthène	<0,005 µg/l	≤ 0,1 µg/l	
Benzo(g,h,i)pérylène	<0,005 µg/l	≤ 0,1 µg/l	
Benzo(k)fluoranthène	<0,005 µg/l	≤ 0,1 µg/l	
Bromochlorométhane	<0,2 µg/l		
Bromoforme	<0,2 µg/l	≤ 100 µg/l	
Cadmium	<0,2 µg/l	≤ 5 µg/l	
Chlore libre *	0,10 mg/LCl ₂		
Chlore total *	0,11 mg/LCl ₂		
Chlorobenzène	<0,2 µg/l		
Chlorodibromométhane	2,7 µg/l	≤ 100 µg/l	
Chloroforme	4,7 µg/l	≤ 100 µg/l	
Chloroprène	<0,2 µg/l		
Chlorure de vinyl monomère	<0,2 µg/l	≤ 0,5 µg/l	
Chrome total	0,7 µg/l	≤ 50 µg/l	
Conductivité à 25°C	132 µS/cm		≥200 et ≤ 1100 µS/cm
Couleur (qualitatif) *	0		
Cuivre	0,001 mg/L	≤ 2 mg/L	≤ 1 mg/L
Dibromométhane	<0,2 µg/l	≤ 0,1 µg/l	
Dibromoéthane-1,2	<0,2 µg/l		
Dichlorobenzène-1,2	<0,2 µg/l		
Dichlorobenzène-1,3	<0,2 µg/l		
Dichlorobenzène-1,4	<0,2 µg/l		
Dichloromonobromométhane	4,3 µg/l	≤ 100 µg/l	
Dichlorométhane	<10,0 µg/l		
Dichloropropane-1,2	<0,2 µg/l	≤ 0,1 µg/l	
Dichloropropane-1,3	<0,2 µg/l	≤ 0,1 µg/l	
Dichloropropane-2,2	<0,2 µg/l		
Dichloropropylène-1,3 total	<0,2 µg/l	≤ 0,1 µg/l	
Dichloropropène-1,1	<0,2 µg/l		
Dichloropropène-2,3	<0,2 µg/l		
Dichloroéthane-1,1	<0,2 µg/l		
Dichloroéthane-1,2	<0,2 µg/l	≤ 3 µg/l	
Dichloroéthylène-1,1	<0,2 µg/l		
Dichloroéthylène-1,2 cis	<0,2 µg/l		
Dichloroéthylène-1,2 total	<0,2 µg/l		
Dichloroéthylène-1,2 trans	<0,2 µg/l		
Entérocoques /100ml-MS	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Epichlorohydrine	<0,1 µg/l	≤ 0,1 µg/l	
Escherichia coli /100ml -MF	<1 n/100mL	≤ 0 n/100mL	
Fer total	42 µg/l		≤ 200 µg/l
Fluoranthène *	<0,01 µg/l		
Fréon 113	<0,2 µg/l		
Hexachlorobutadiène	<0,1 µg/l	≤ 0,1 µg/l	
Hexachloroéthane	<0,1 µg/l	≤ 0,1 µg/l	
Hydrocarb.polycycl.arom.(4subst)	<0,005 µg/l	≤ 0,1 µg/l	
Hydrocarb.polycycl.arom.(6subst*)	<0,001 µg/l		
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	<0,01 µg/l	≤ 0,1 µg/l	
Nickel	<0,2 µg/l	≤ 20 µg/l	
Nitrites (en NO ₂)	<0,01 mg/L	≤ 0,5 mg/L	
Odeur (qualitatif) *	0		
Plomb	<0,2 µg/l	≤ 10 µg/l	
Température de l'eau *	17,8 °C		≤ 25 °C
Trichloro-1,2,3-benzène	<0,2 µg/l		
Trichloro-1,2,4-benzène	<0,2 µg/l		
Trichloro-1,3,5-benzène	<0,2 µg/l		

Trichlorobenzènes (Total)	<0,2 µg/l		
Trichlorofluorométhane	<0,2 µg/l		
Trichloropropène-1,1,3	<0,2 µg/l		
Trichloroéthane-1,1,1	<0,2 µg/l		
Trichloroéthane-1,1,2	<0,2 µg/l		
Trichloroéthylène	<0,2 µg/l	≤ 10 µg/l	
Trichloro-1,2,3-propane	<0,2 µg/l		
Trihalométhanes (4 substances)	11,7 µg/l	≤ 100 µg/l	
Turbidité néphélogéométrique NFU	0,90 NFU		≤ 2 NFU
Tétrachloroéthane-1,1,1,2	<0,2 µg/l		
Tétrachloroéthane-1,1,2,2	<0,2 µg/l		
Tétrachloroéthylène+Trichloroéthylène	<0,2 µg/l	≤ 10 µg/l	
Tétrachloroéthylène-1,1,2,2	<0,2 µg/l	≤ 10 µg/l	
Tétrachlorure de carbone	<0,2 µg/l		
pH	7,95 unité pH		≥6,5 et ≤ 9 unité pH

* Analyse réalisée sur le terrain

ANNEXE N°6 : ANALYSE DETAILLEE DES CONDITIONS METEOROLOGIQUES

Pluviométrie

La pluviométrie est faible à très faible dans ce secteur en comparaison avec le reste du territoire (cf. figure ci-contre). Au niveau de la commune de Saint-Pierre, les précipitations les plus importantes, sont observées de la période de décembre à mars, c'est-à-dire durant l'été austral. La période de juin à novembre est la période la plus « sèche » et donc la plus favorable pour la production de poussières (hiver austral). En effet, la pluie entrave les envols des poussières tandis que, à l'inverse, un temps sec les favorise.

En conclusion, il a été retenu **trois conditions de pluviométrie** pour les simulations :

Pluviométrie maximale « été austral » (mois de juin);

Pluviométrie faible « hiver austral » (mois de février);

Pluviométrie moyenne « intersaison » (mois de mai).

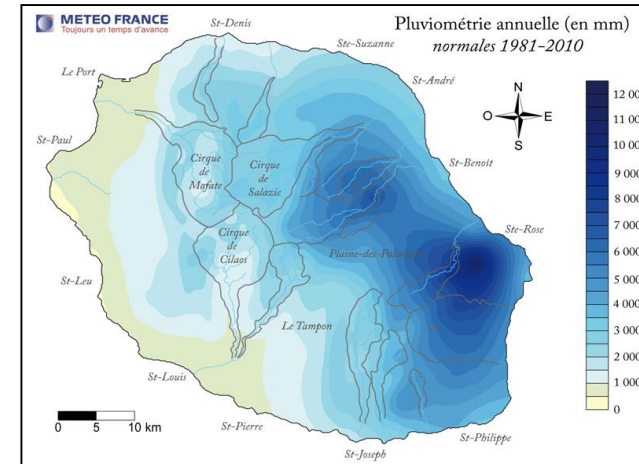


Figure 48: Pluviométrie annuelle – Normales entre 1981 et 2010

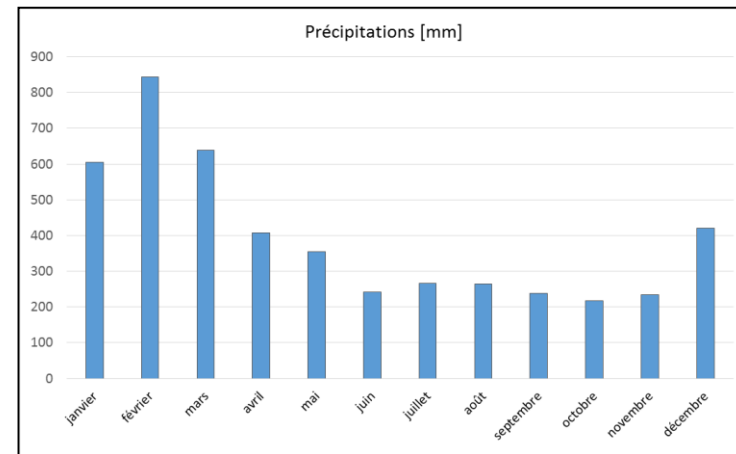


Figure 49: Pluviométrie mensuelle relevée à la station Météo France Ligne « Paradis » – Normales entre 1981 et 2010

Stabilité de l'atmosphère – Classe de stabilité de Pasquill

D'une manière générale, la stabilité de l'atmosphère varie de façon binaire sur le secteur. L'atmosphère est stable à très stable en période nocturne, pour évoluer rapidement vers un état instable à très instable avec le soleil.

Tableau 106: Répartition de la stabilité de l'atmosphère

A - Très instable	B et C - Instable à légèrement instable	D- Neutre	E - Légèrement stable à stable	F - Très stable
9,32%	37,53%	0,00%	50,70%	2,45%

En analysant mois par mois, il en ressort que :

- Les classes de stabilité A, F et E ont produit surtout lors de l'hiver austral.
- Les classes de stabilité B et C se rencontrent plus fréquemment lors de l'été austral ;
- La classe de stabilité E a tendance à se produire plus fréquemment lors de l'hiver austral, mais cette tendance est nettement marquée que la classe de stabilité F.

En conclusion, les situations utilisées pour les simulations sont les suivantes :

Classe de stabilité F – Hiver austral / période nocturne;

Classe de stabilité A – Hiver austral / période diurne ;

Classe de stabilité B et C – Été austral / période diurne.

Classe de stabilité E – Été austral et Hiver austral / période nocturne.

Vents – Vitesses et direction

Le vent est un élément prépondérant dans la production de poussières, notamment via l'érosion éolienne, Par ailleurs, la vitesse du vent, influence la stabilité de l'atmosphère ; par conséquent ces deux paramètres ne peuvent être dissociés.

Le tableau ci-contre présente les vitesses relevées à la station météorologie de l'aéroport Pierrefonds.

Tableau 107: Vitesse des vents à la station Aéroport Pierrefonds – Année 2011

Vitesse ≤ 1 m/s	1 < Vitesse ≤ 3 m/s	3 < Vitesse ≤ 5 /s
1,5%	23,1%	36,8%
5 < Vitesse ≤ 8 m/s	8 < Vitesse ≤ 10 m/s	Vitesse > 10 m/s
27,0%	7,1%	4,5%

La dernière étape de la définition des situations météorologiques qui serviront de base à l'étude, est la direction du vent. Il est constaté que les vents dominants sont de secteur est-nord-est ; sud-est ; et sud-sud-ouest. Par conséquent, ces directions seront retenues pour l'étude.

ANNEXE N°7 : CARTOGRAPHIES DES RESULTATS DES MODELISATIONS

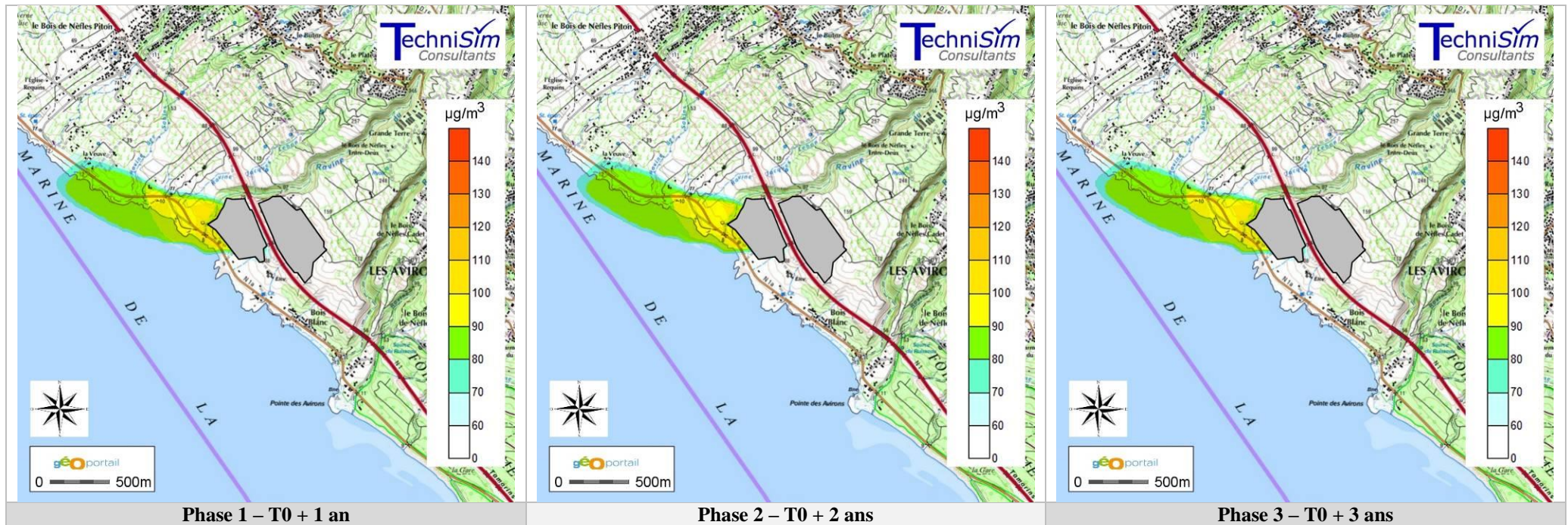


Figure 50: Concentration en Particules Totales en Suspension – Moyenne annuelle (+1 an, +2 ans, +3 ans)

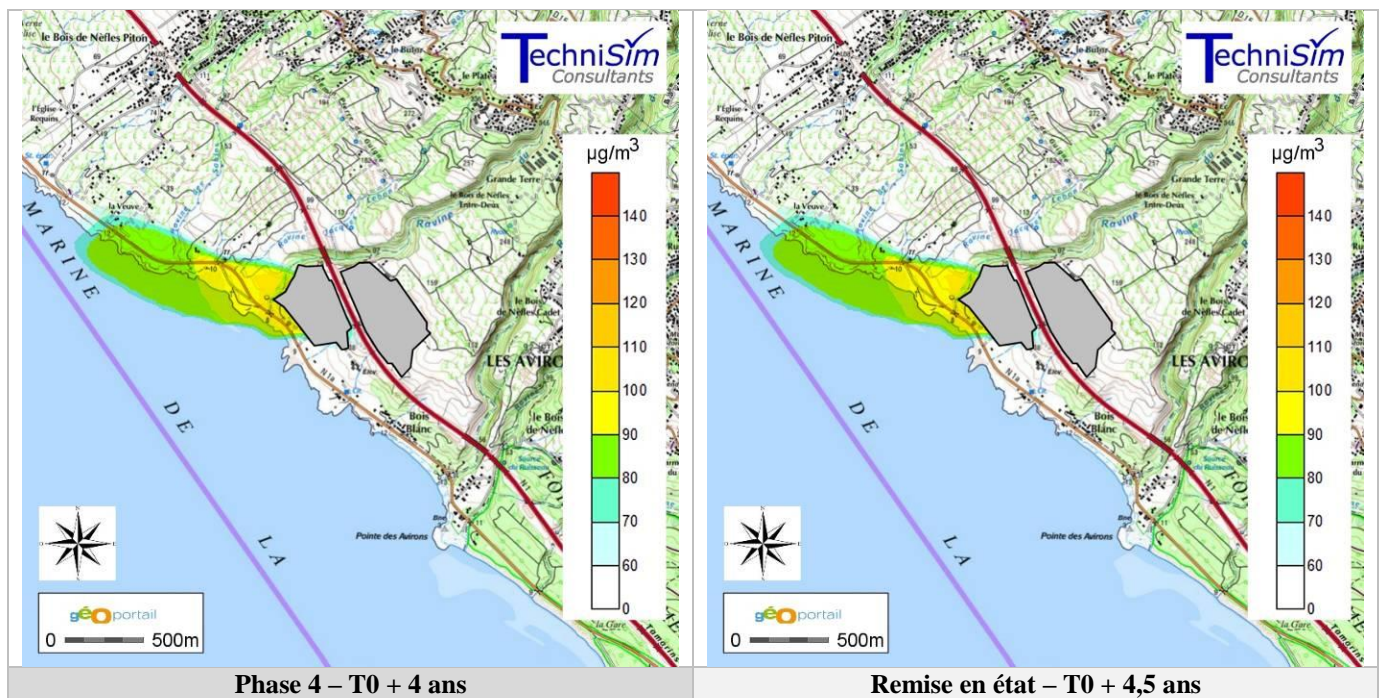


Figure 51: Concentration en Particules Totales en Suspension – Moyenne annuelle (+4 ans, +4,5 ans)

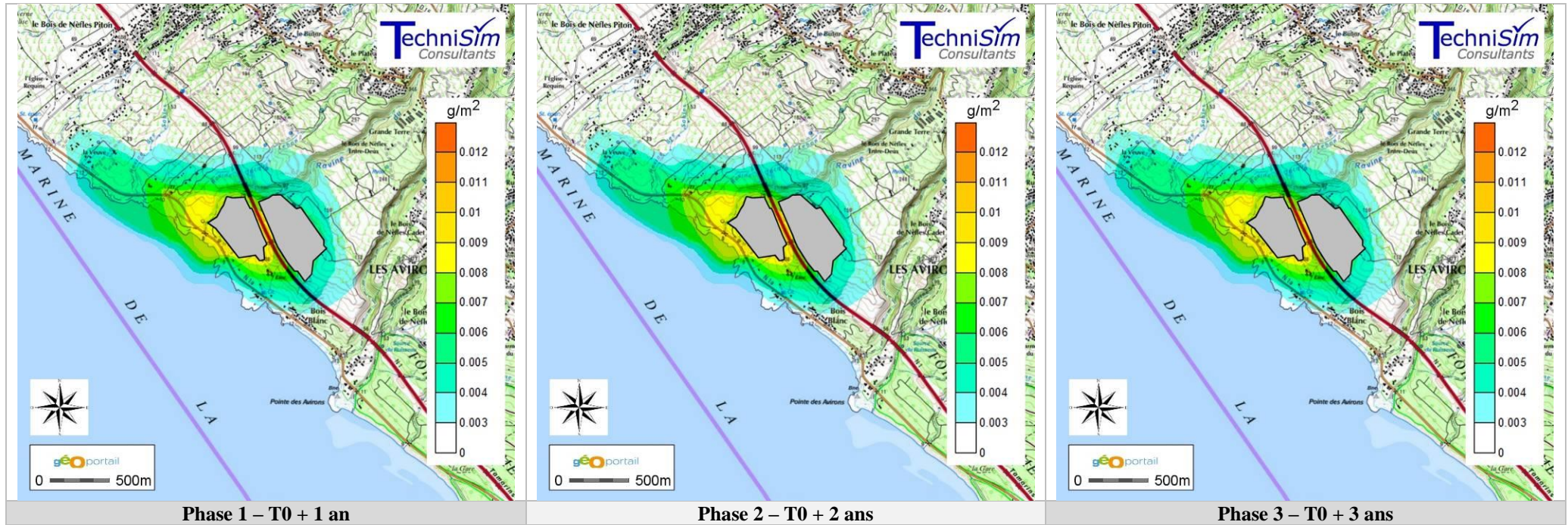


Figure 52: Dépôts en Particules Totales en Suspension – Moyenne annuelle (+1 an, +2 ans, +3 ans)

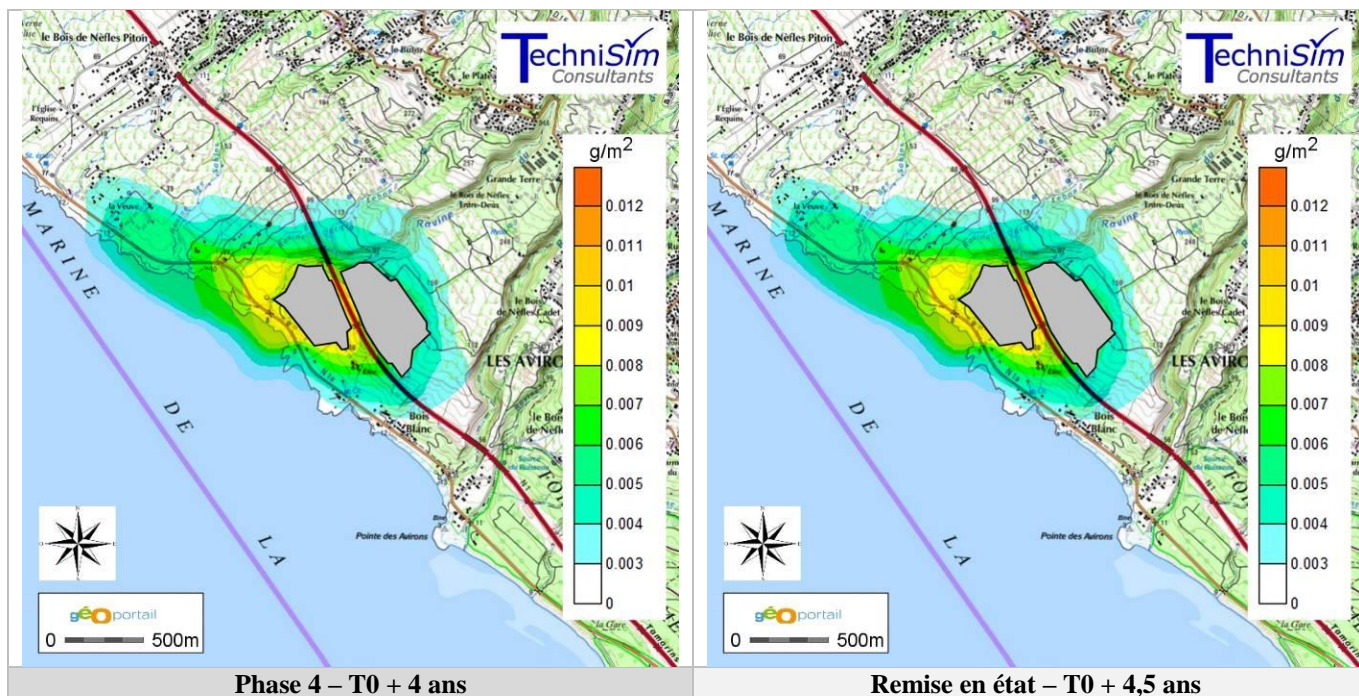


Figure 53: Dépôts en Particules Totales en Suspension – Moyenne annuelle (+4 ans, +4,5 ans)

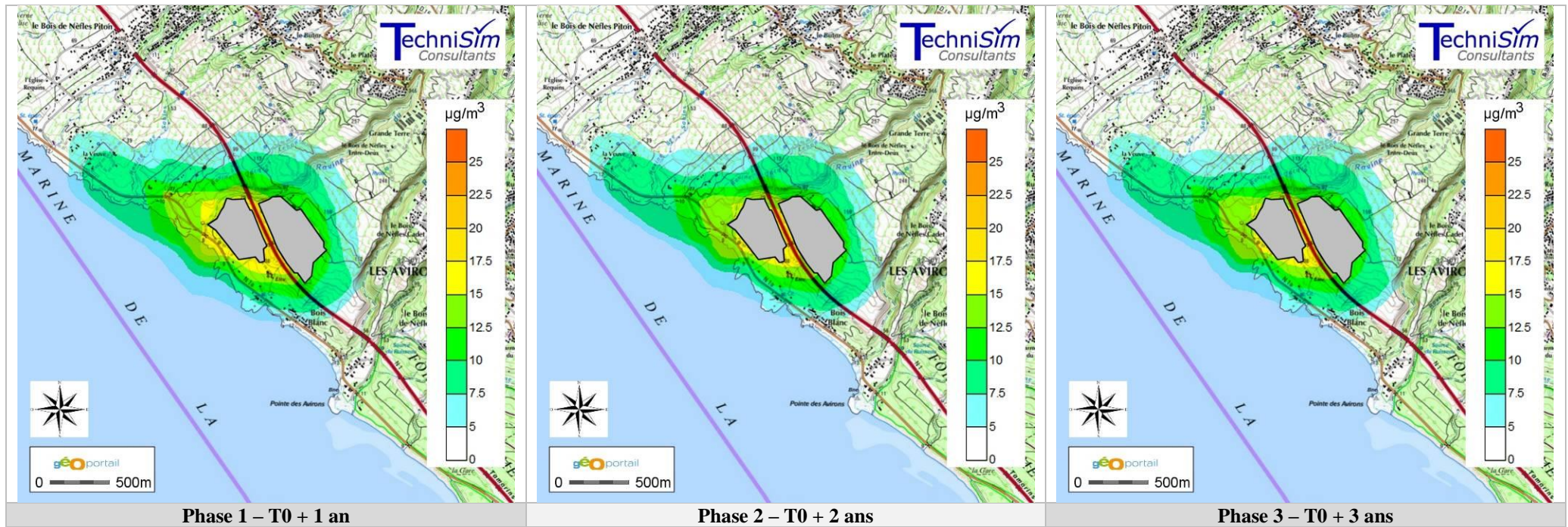


Figure 54: Concentration en Particules PM10 – Moyenne annuelle (+1 an, +2 ans, +3 ans)

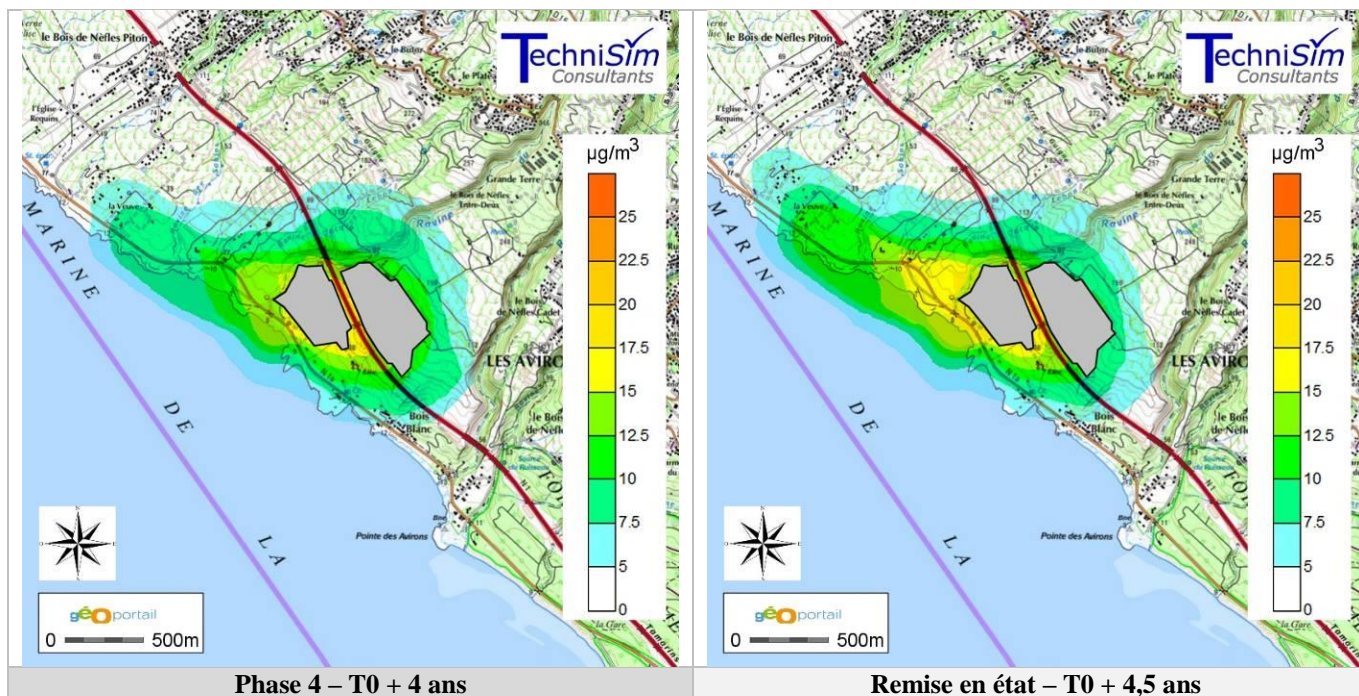


Figure 55: Concentration en Particules PM10 – Moyenne annuelle (+4 ans, +4,5 ans)

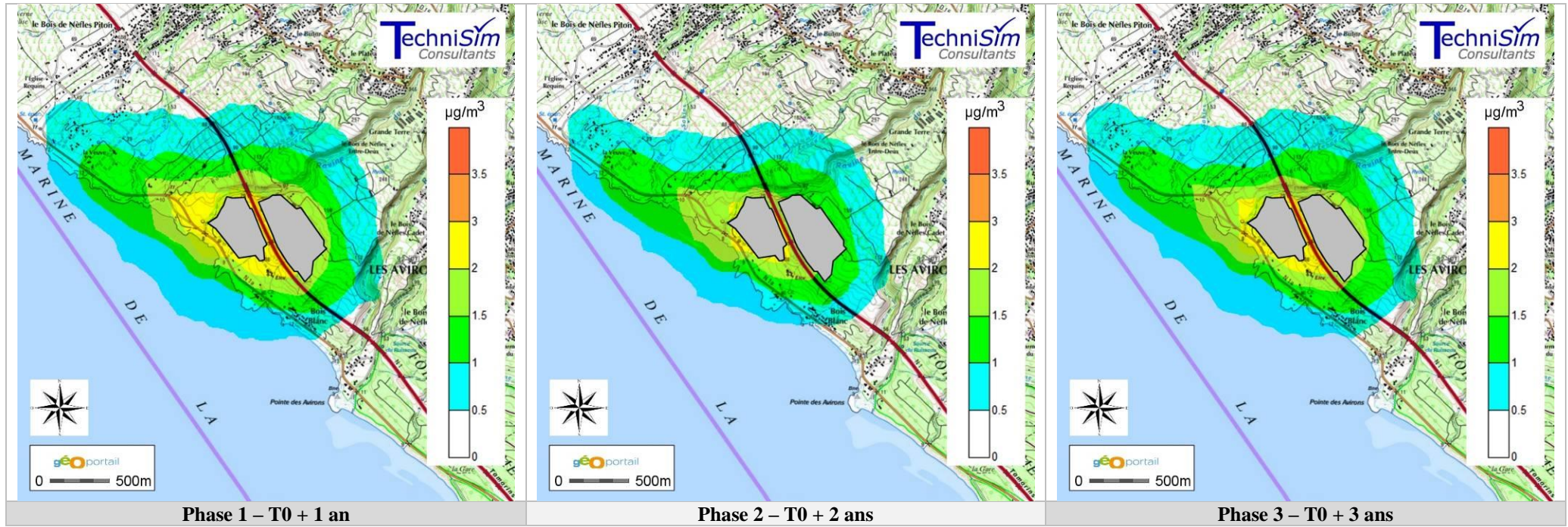


Figure 56: Concentration en Particules PM_{2.5} – Moyenne annuelle (+1 an, +2 ans, +3 ans)

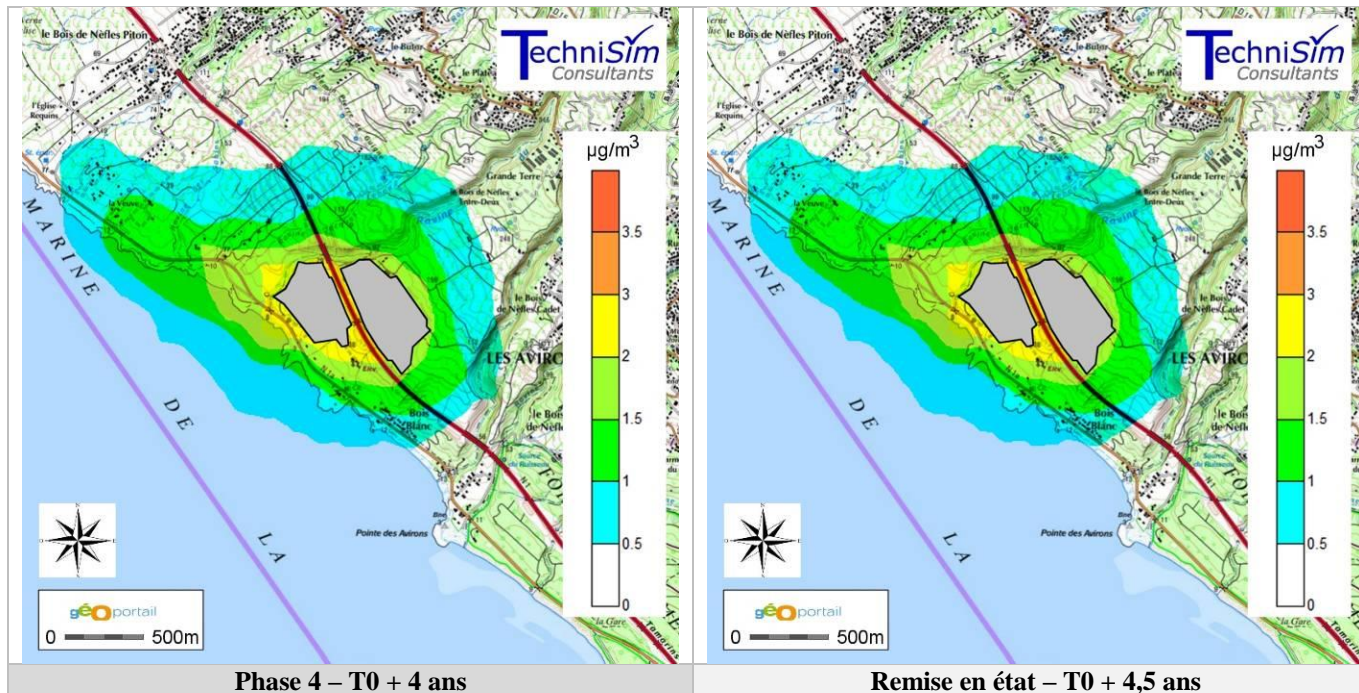


Figure 57: Concentration en Particules PM2.5 – Moyenne annuelle (+4 ans, +4,5 ans)

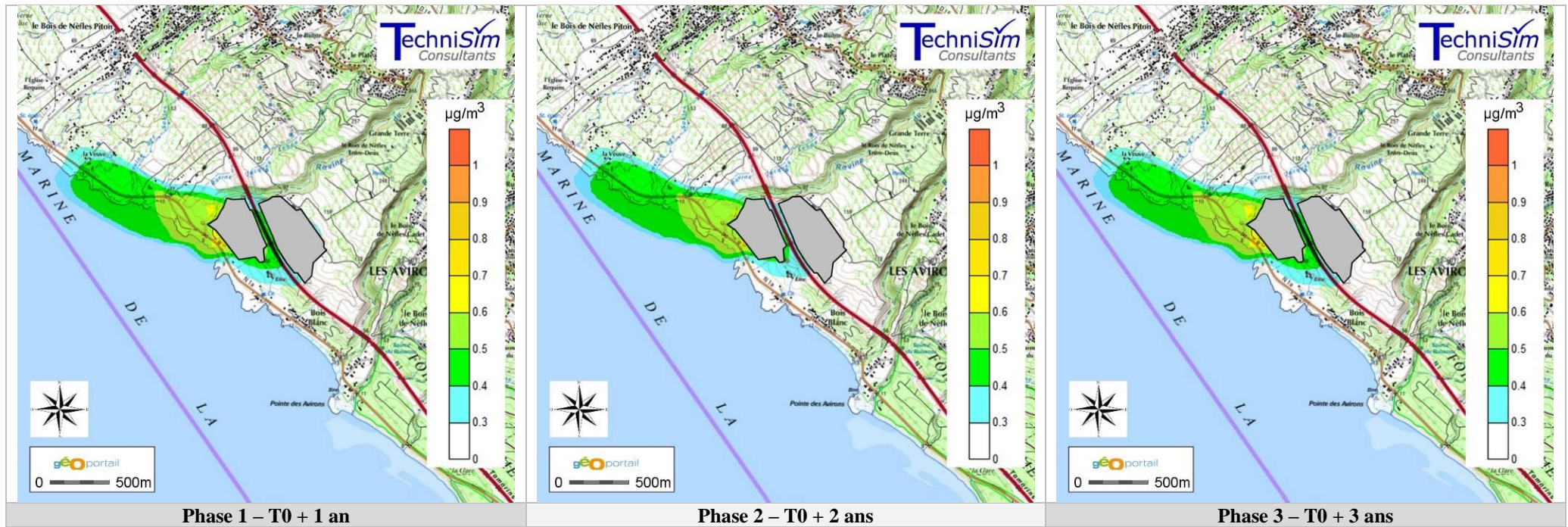


Figure 58: Concentration en Particules COVNM – Moyenne annuelle (+1 an, +2 ans, +3 ans)

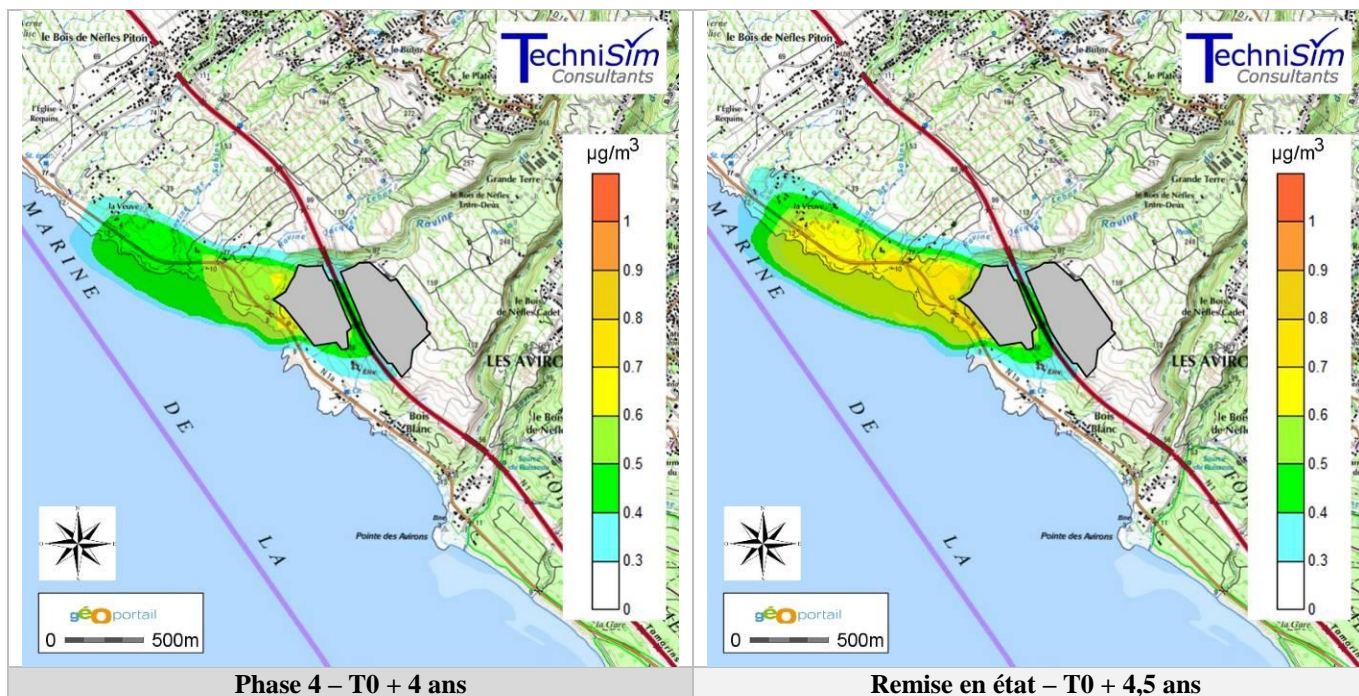


Figure 59: Concentration en Particules COVNM – Moyenne annuelle (+4 ans, +4,5 ans)

ANNEXE N°8 : CARTOGRAPHIES DES RESULTATS DES MODELISATIONS SELON LES SAISONS

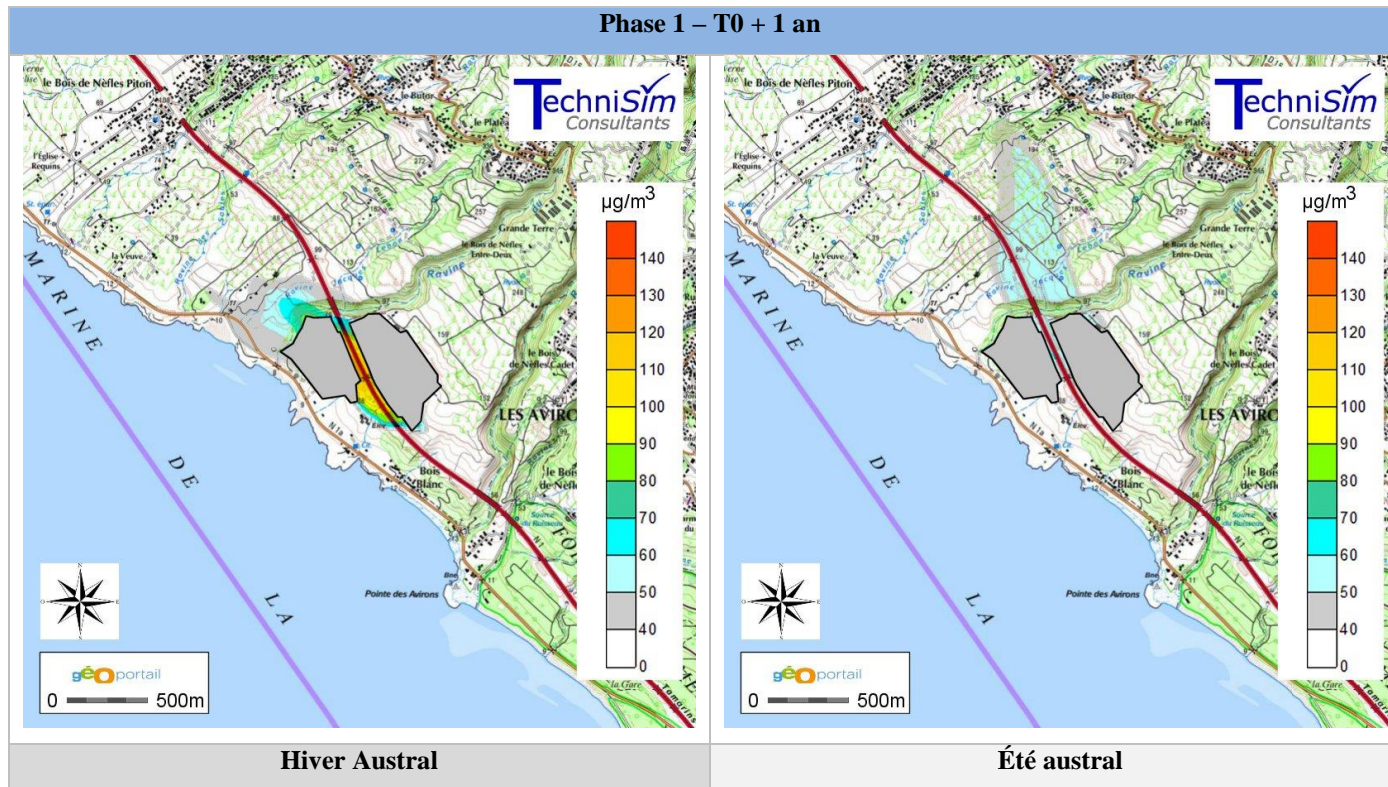


Figure 60: Concentration en Particules Totales en Suspension – Moyenne sur la période - Phase 1 – T0 + 1 an

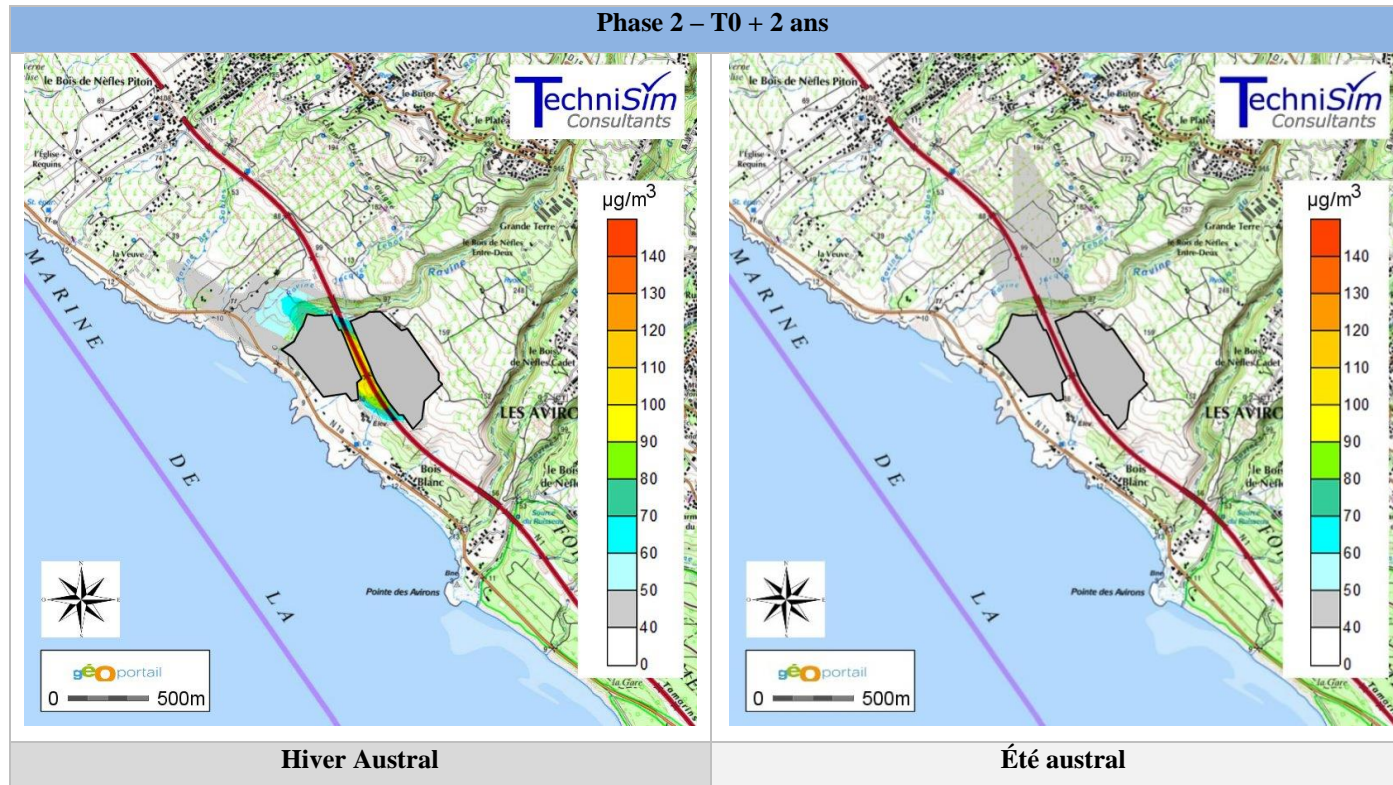


Figure 61: Concentration en Particules Totales en Suspension – Moyenne sur la période - Phase 2 – T0 + 2 ans

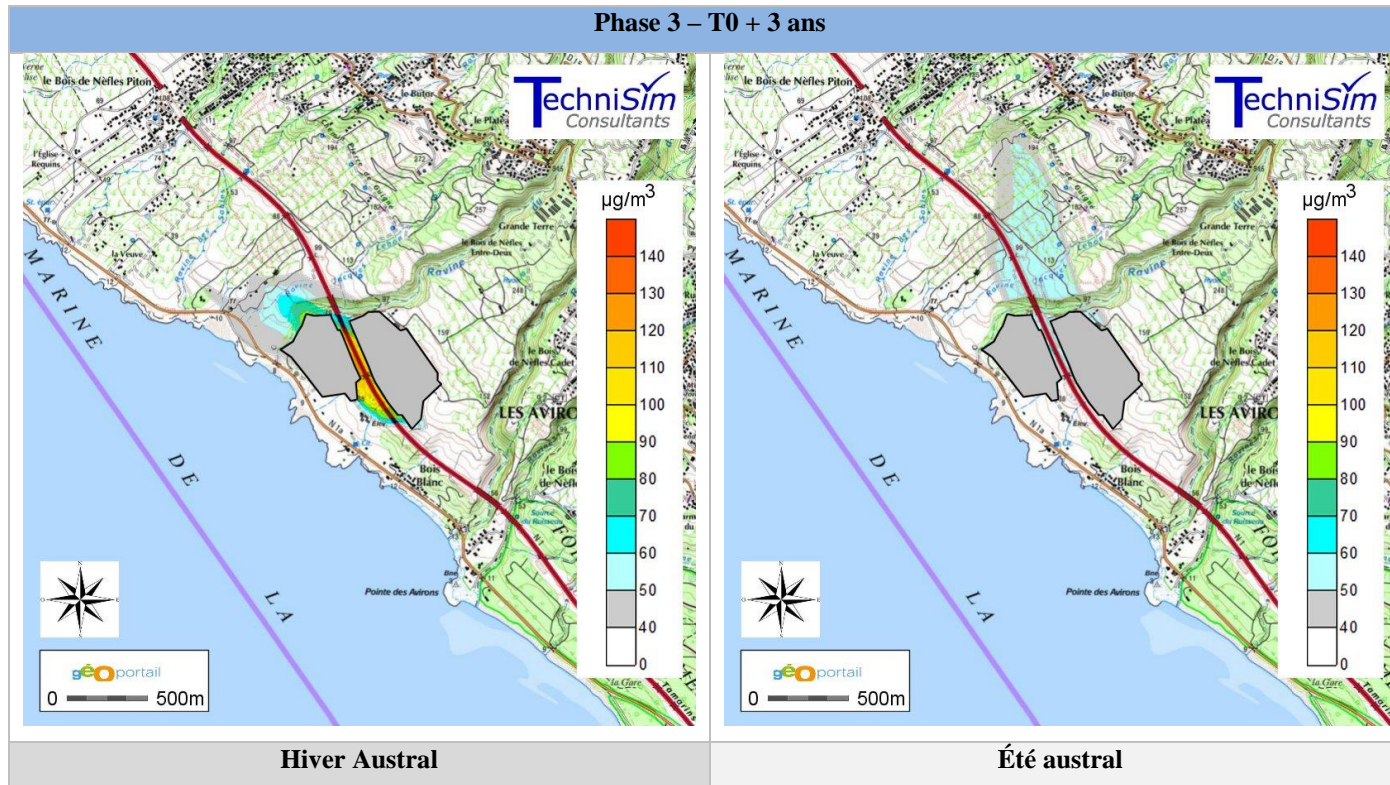


Figure 62: Concentration en Particules Totales en Suspension – Moyenne sur la période - Phase 3 – T0 + 3 ans

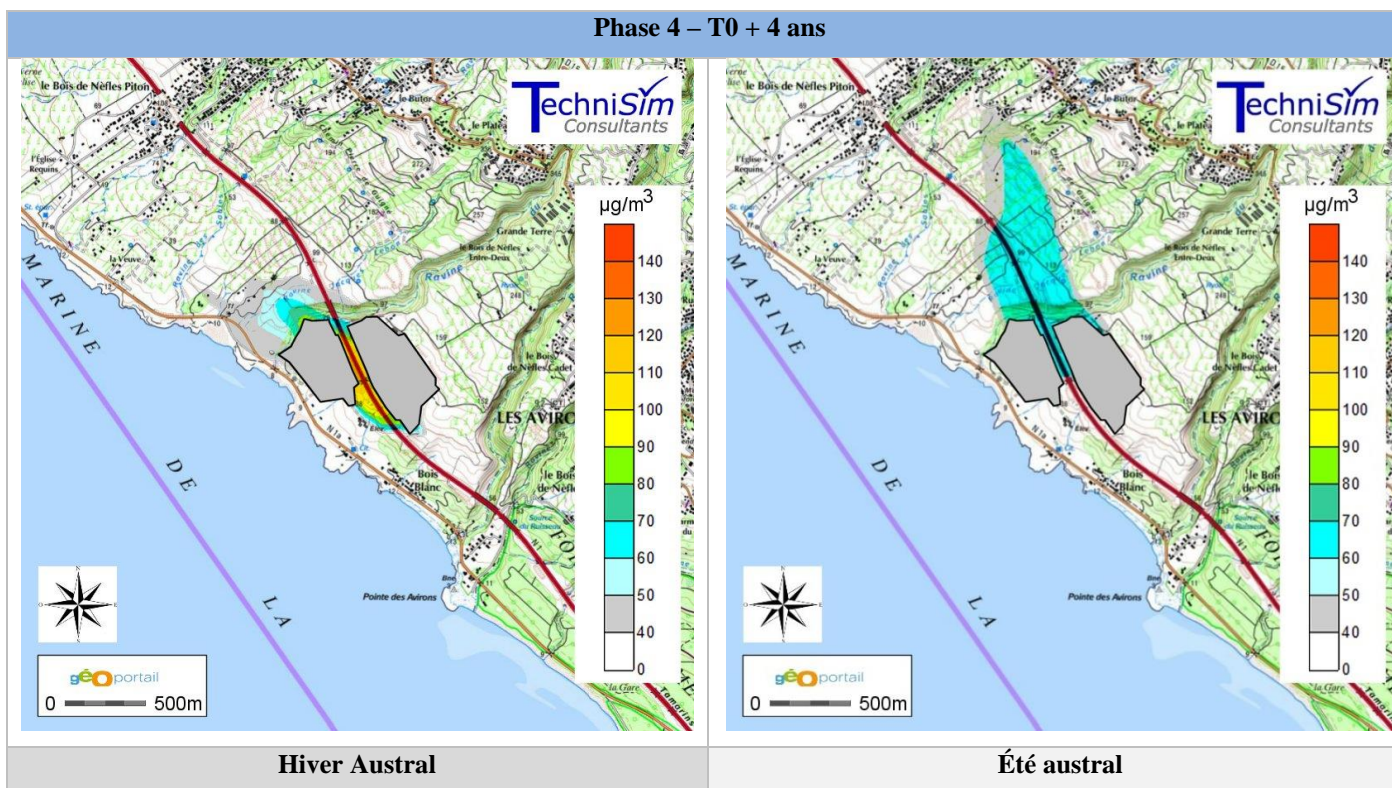


Figure 63: Concentration en Particules Totales en Suspension – Moyenne sur la période - Phase 4 – T0 + 4 ans

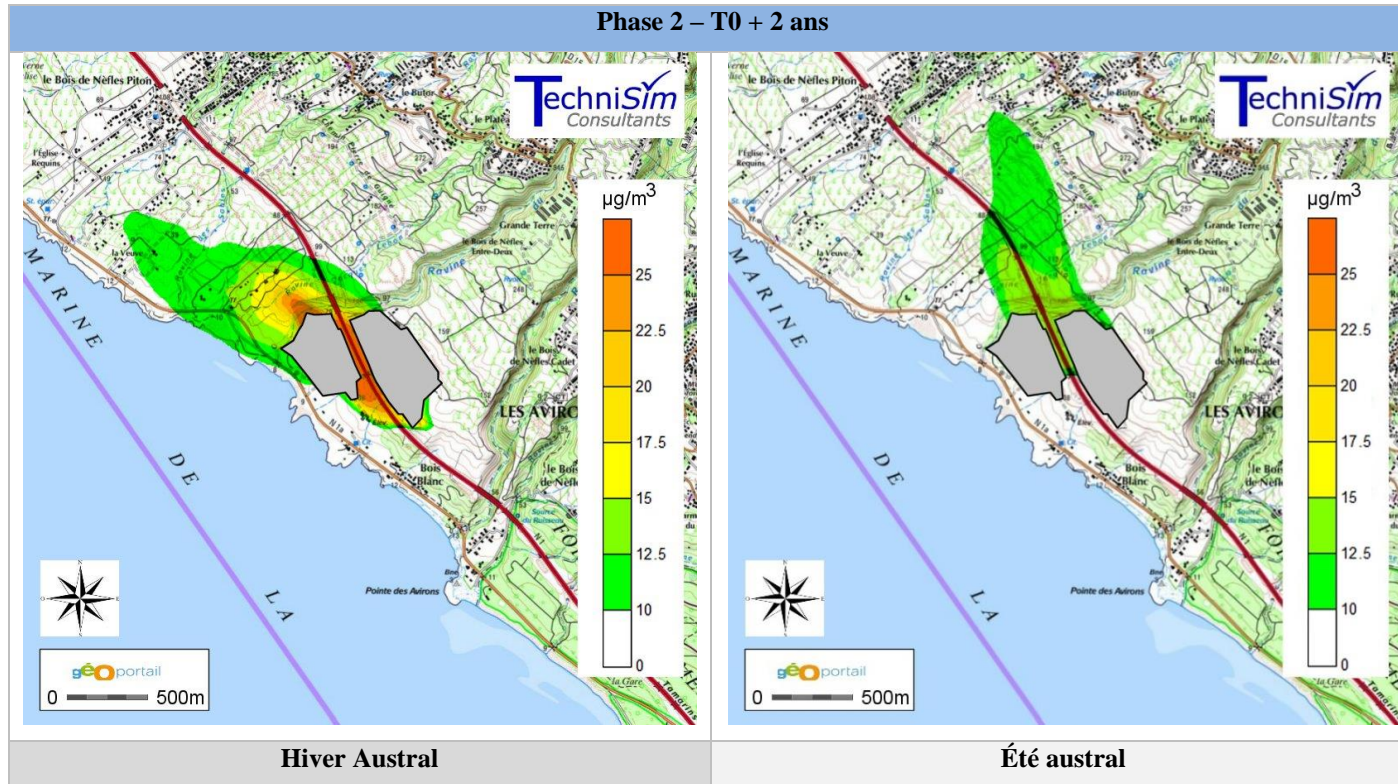


Figure 66: Concentration en Particules PM₁₀ – Moyenne sur la période - Phase 2 – T0 + 2 ans

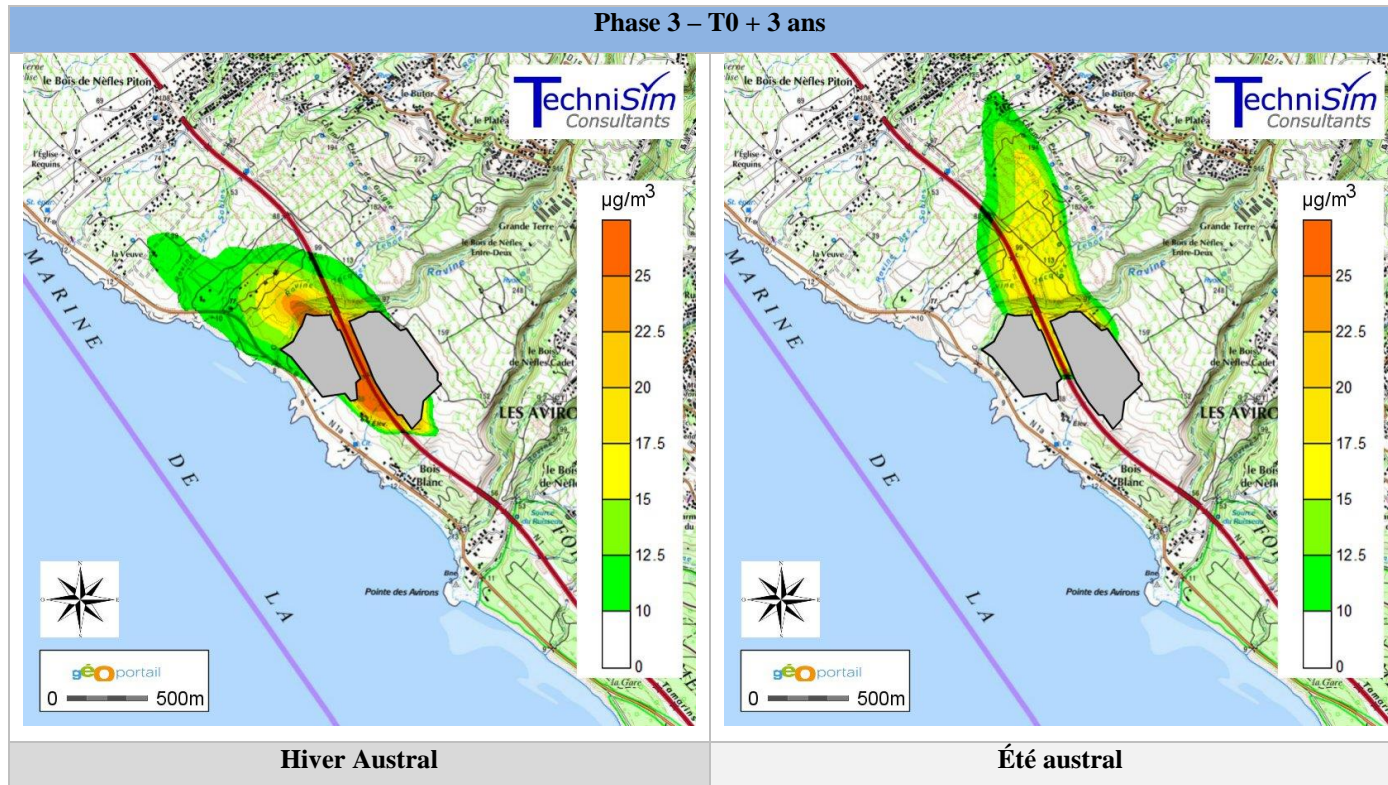


Figure 67: Concentration en Particules PM₁₀ – Moyenne sur la période - Phase 3 – T0 + 3 ans

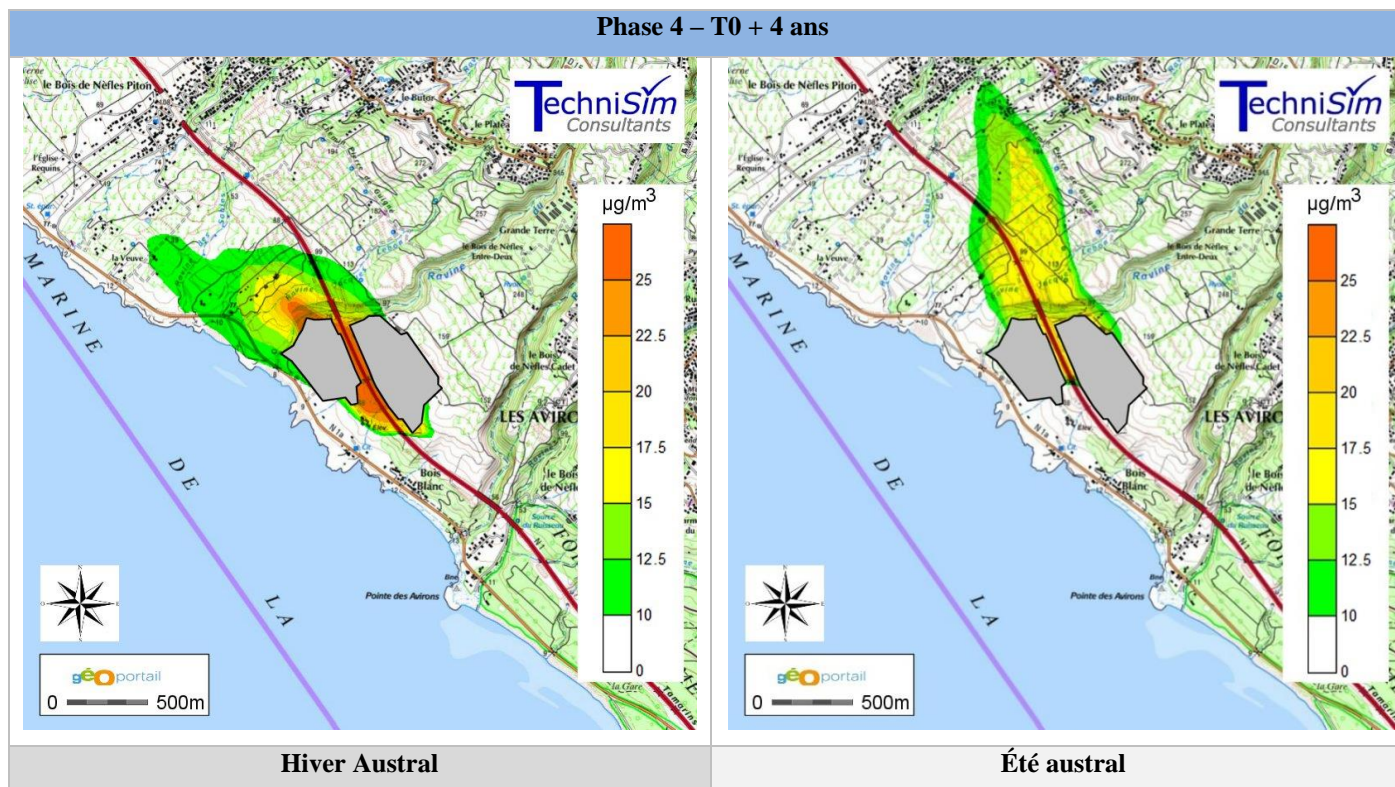


Figure 68: Concentration en Particules PM₁₀ – Moyenne sur la période - Phase 4 – T0 + 4 ans

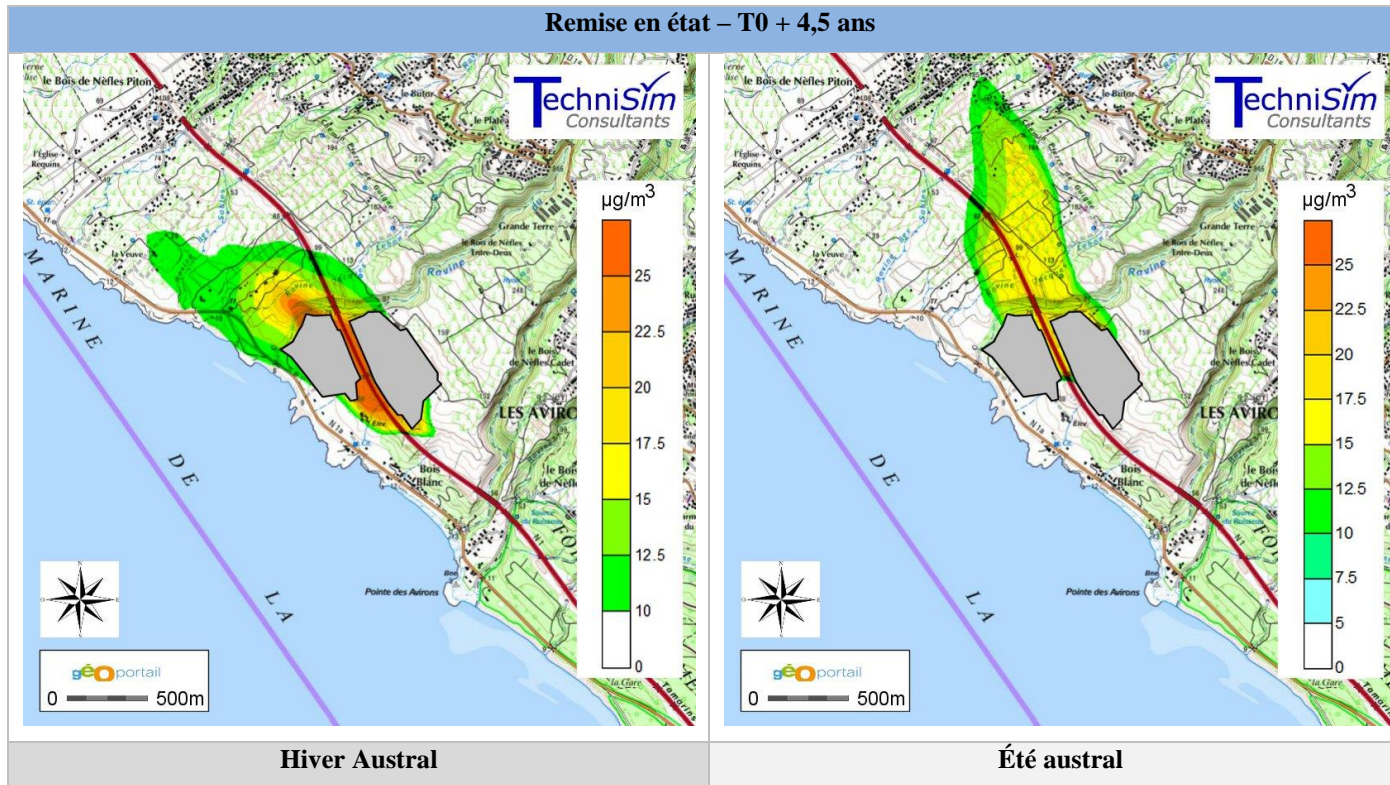


Figure 69: Concentration en Particules PM_{10} – Moyenne sur la période - Remise en état – T0 + 4,5 ans

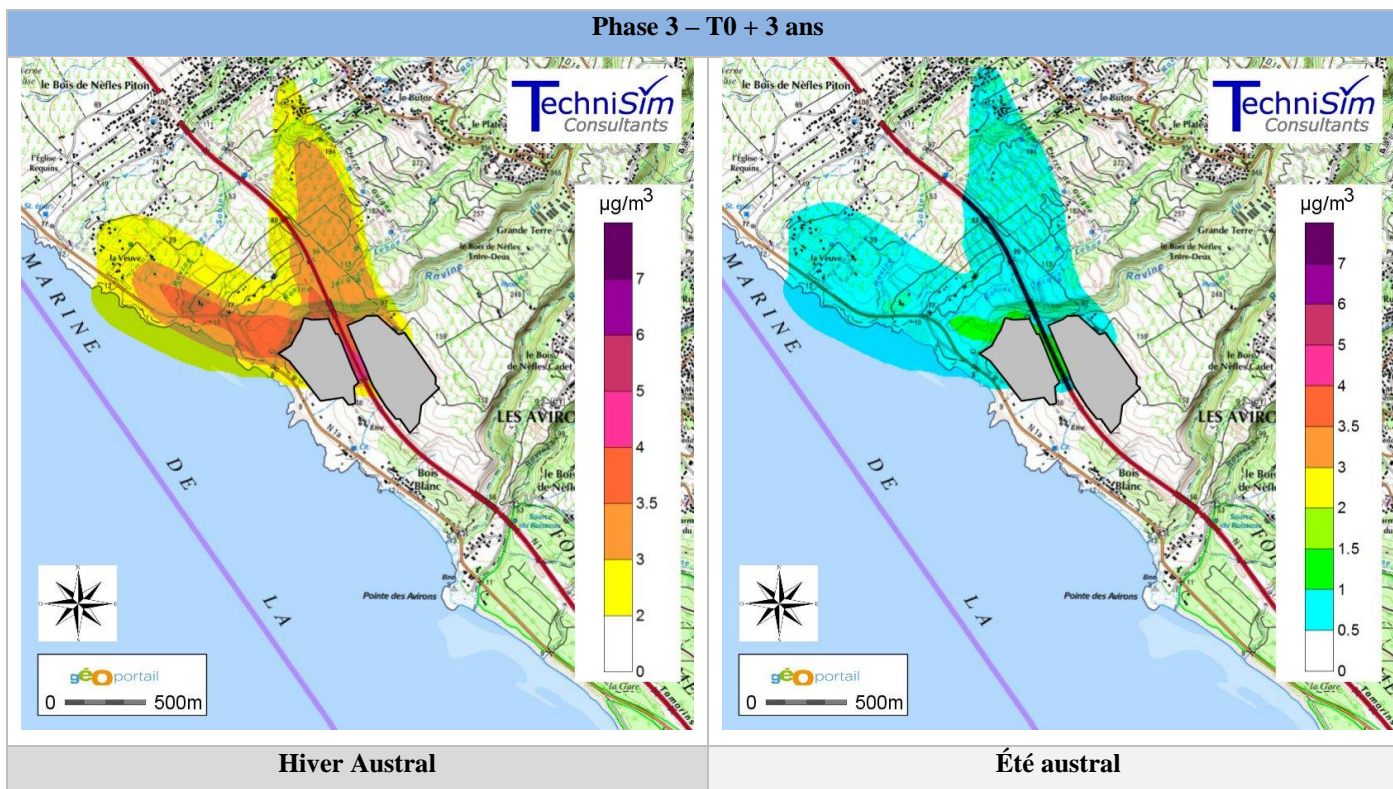


Figure 72: Concentration en Particules $PM_{2.5}$ – Moyenne sur la période - Phase 3 – T0 + 3 ans

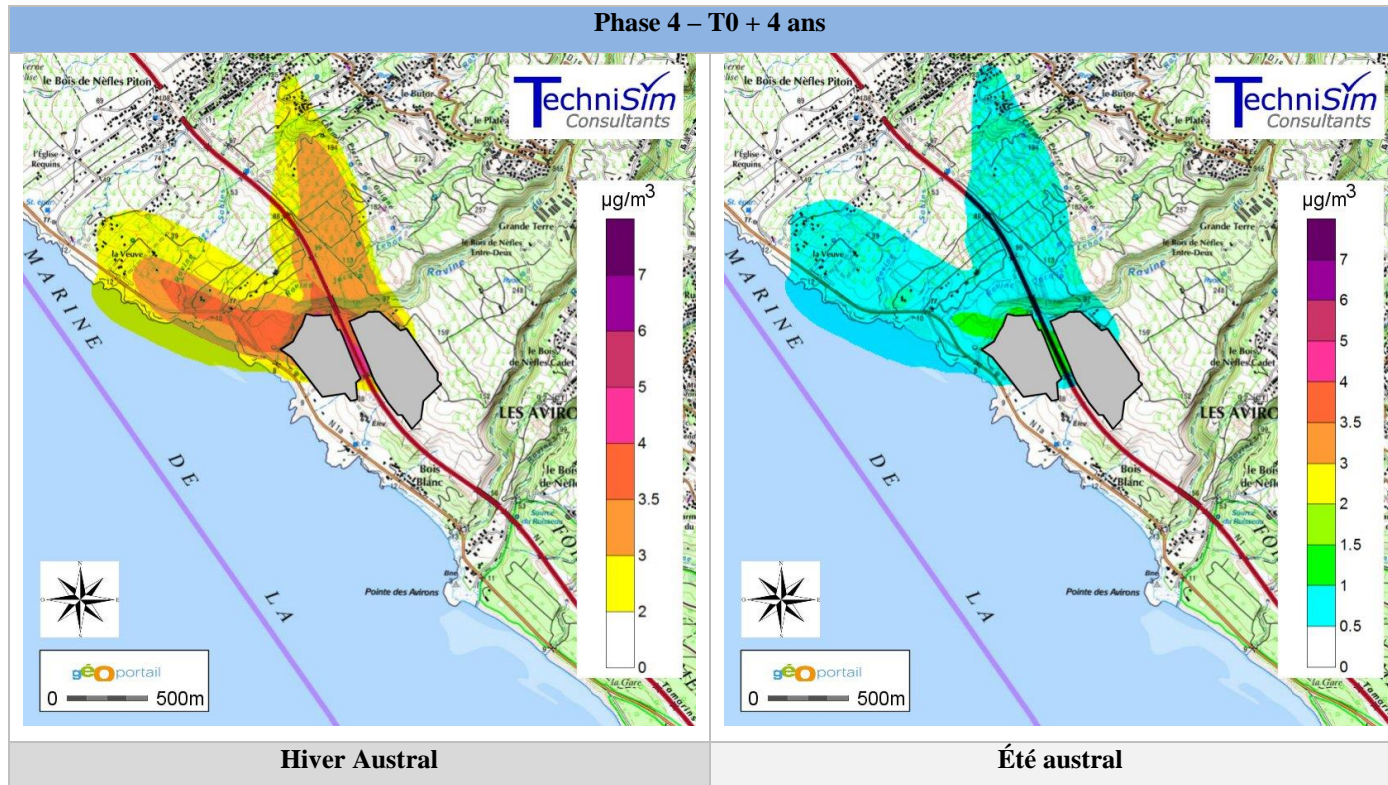


Figure 73: Concentration en Particules PM_{2.5} – Moyenne sur la période - Phase 4 – T0 + 4 ans

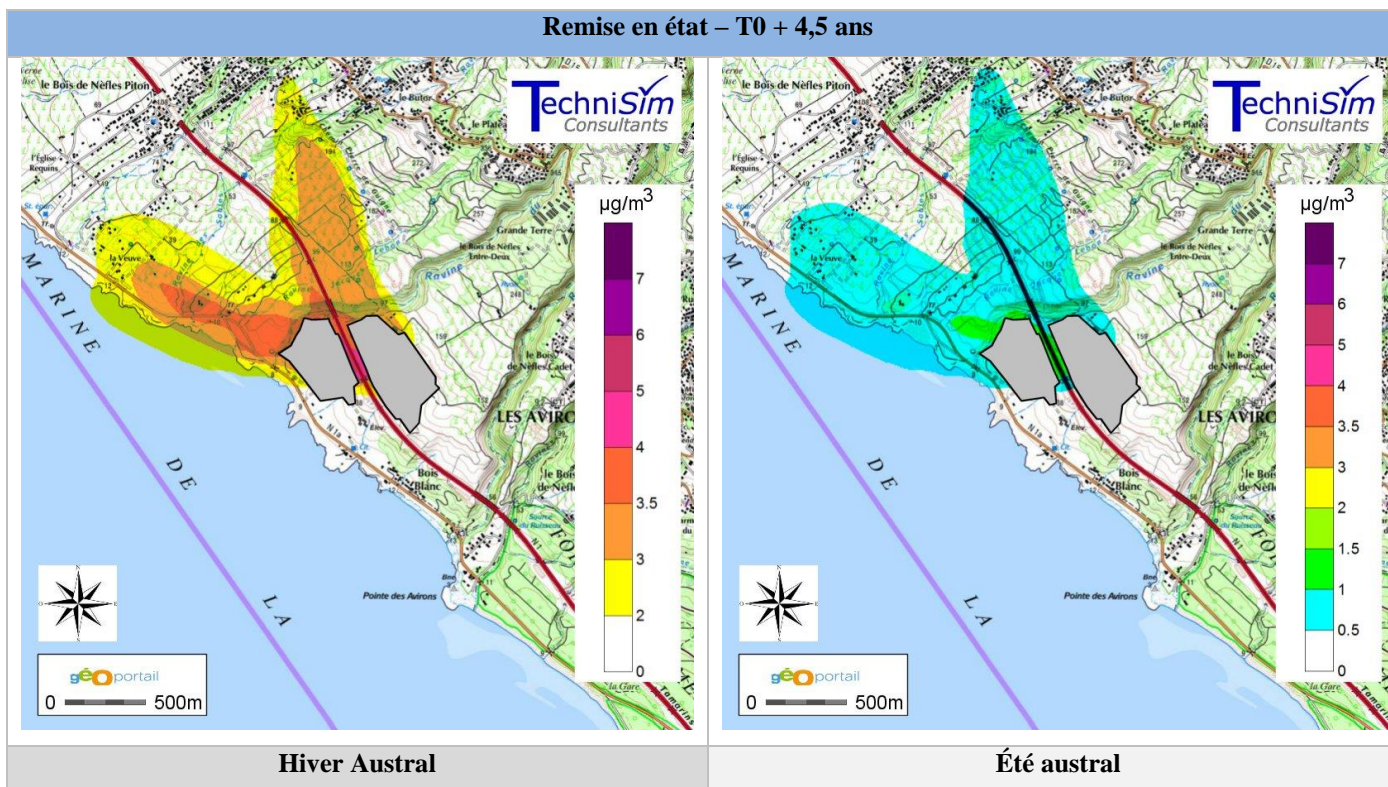


Figure 74: Concentration en Particules $PM_{2.5}$ – Moyenne sur la période - Remise en état – T0 + 4,5 ans

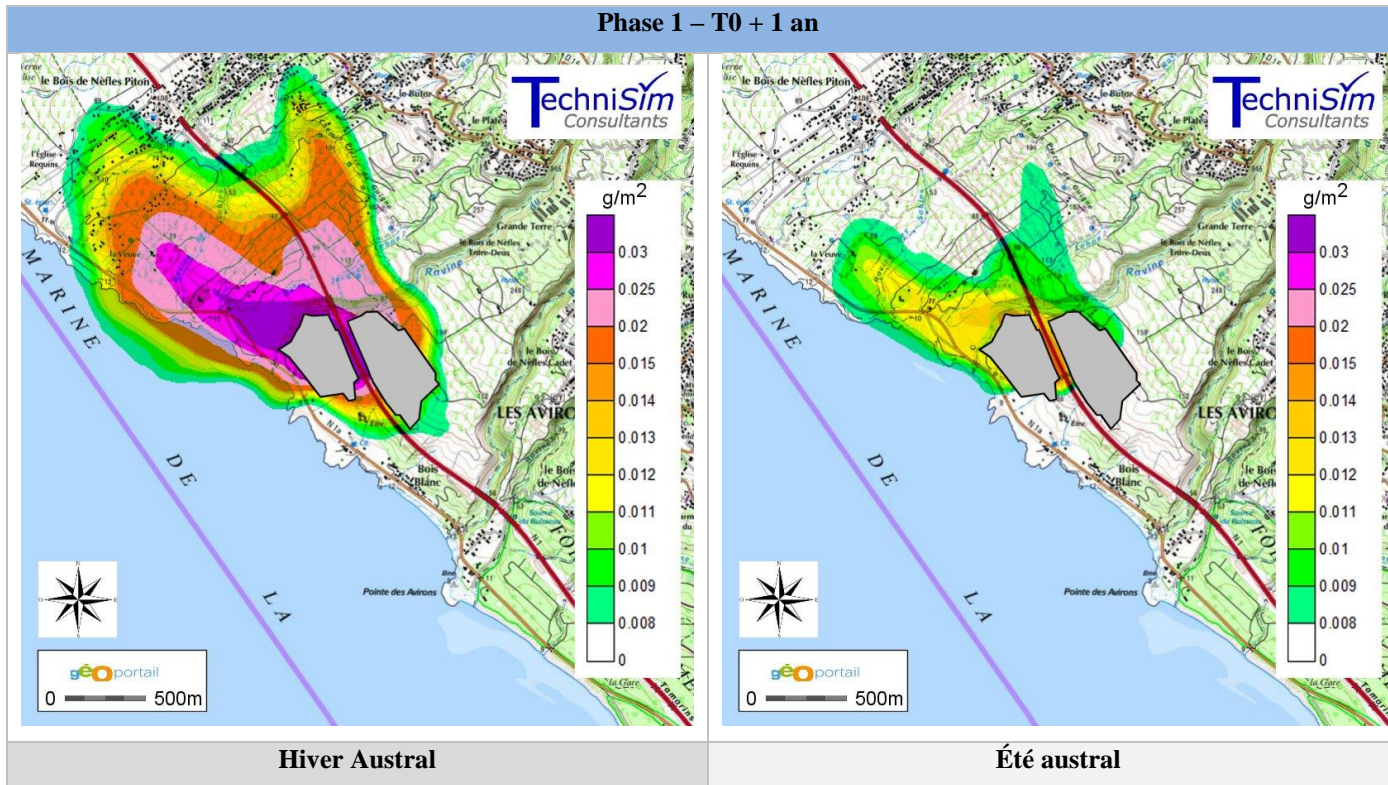


Figure 75: Dépôts en Particules Totales en Suspension – Moyenne sur la période - Phase 1 – T0 + 1 an

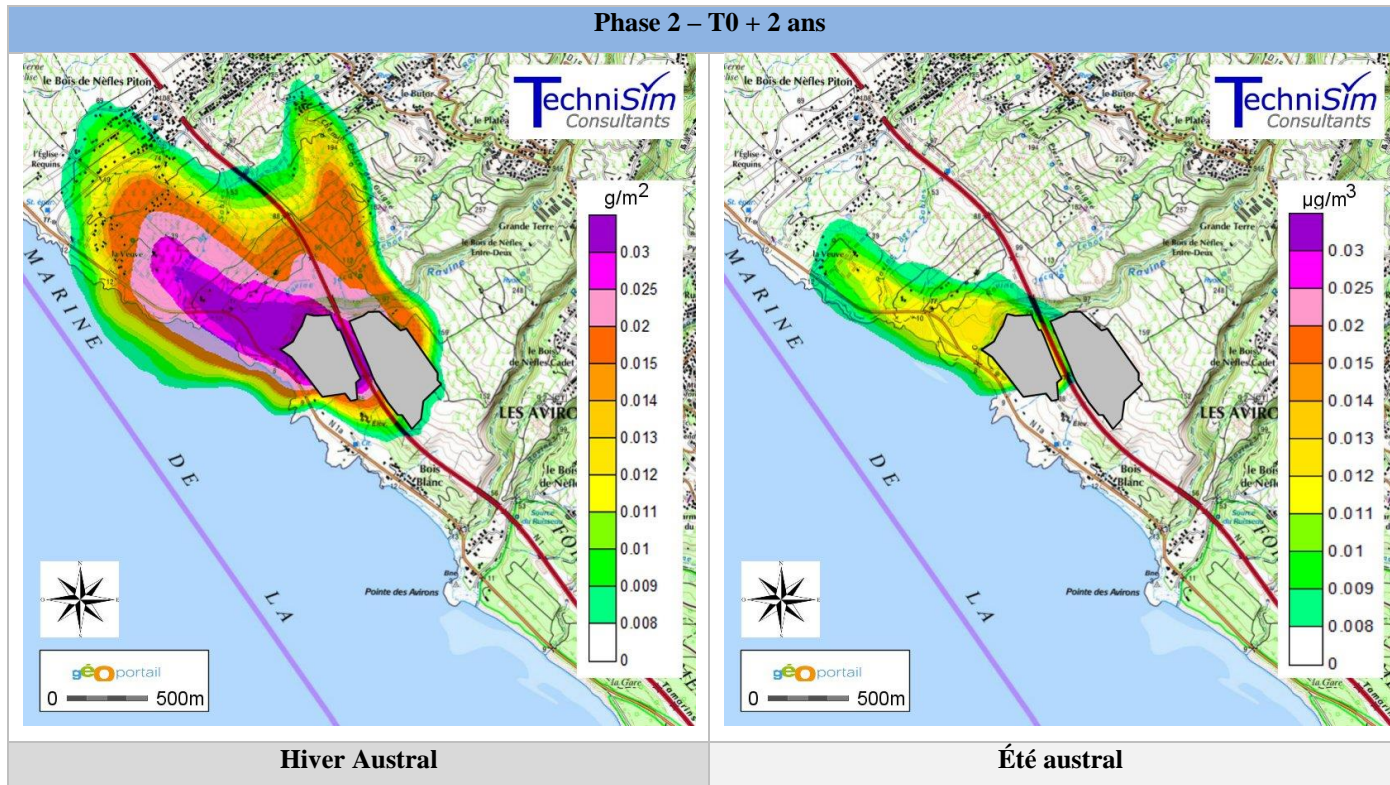


Figure 76: Dépôts en Particules Totales en Suspension – Moyenne sur la période - Phase 2 – T0 + 2 ans

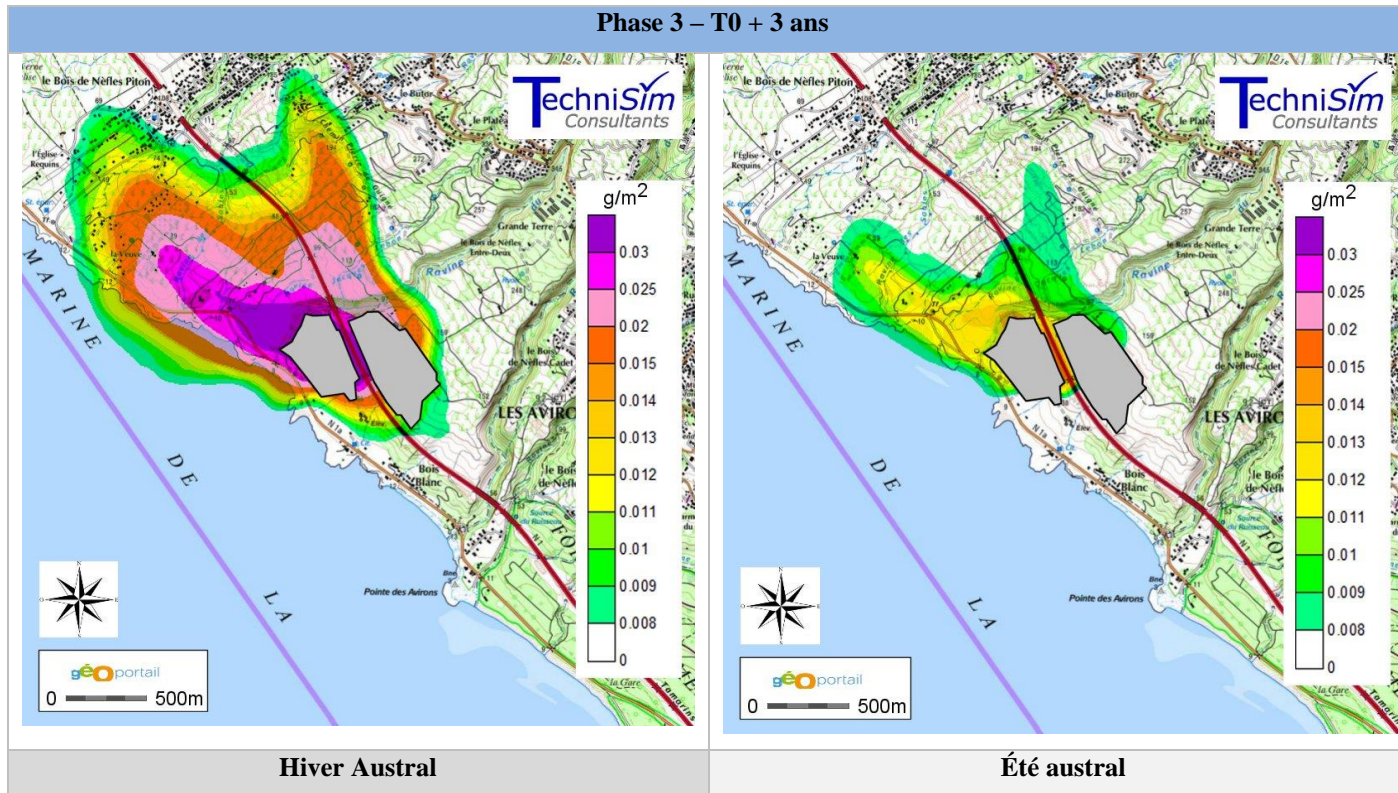


Figure 77: Dépôts en Particules Totales en Suspension – Moyenne sur la période - Phase 3 – T0 + 3 ans

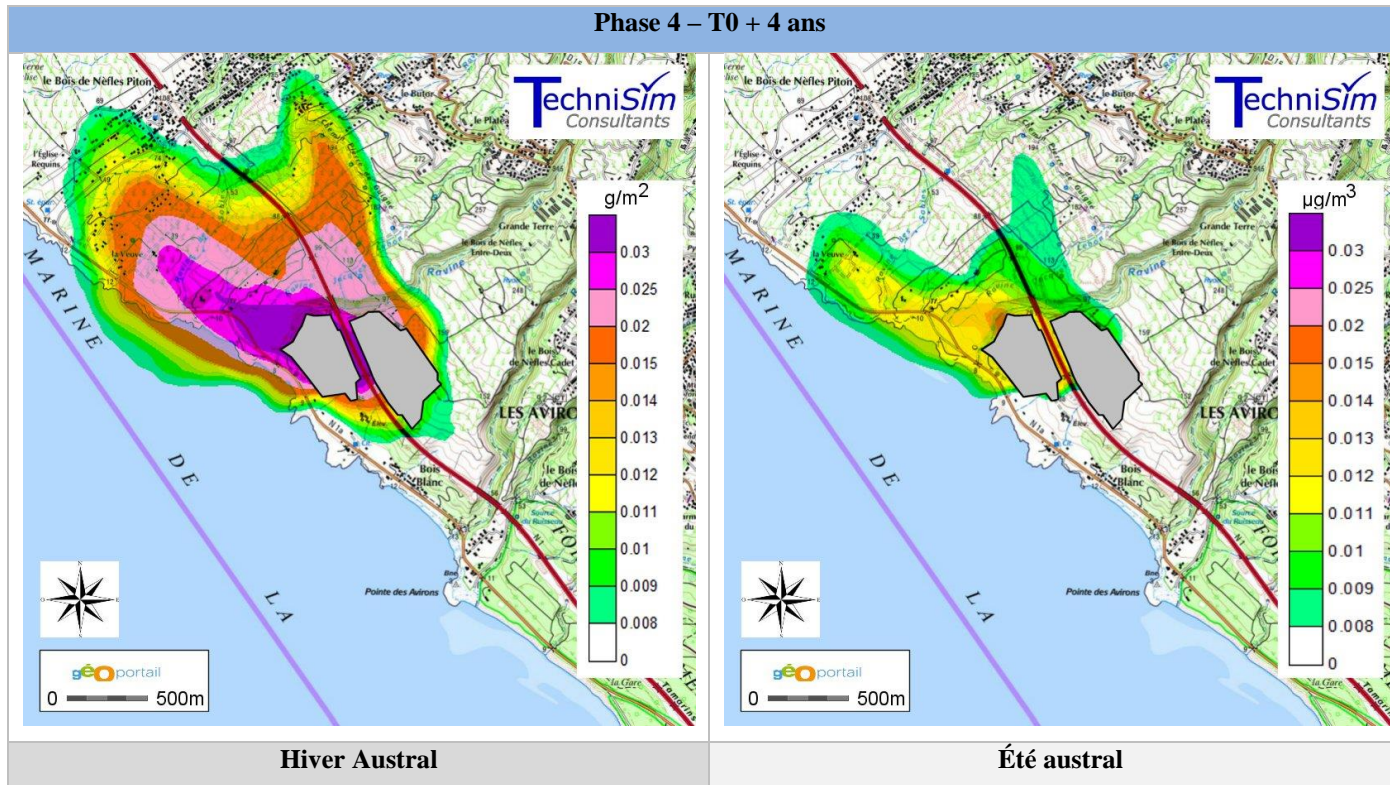


Figure 78: Dépôts en Particules Totales en Suspension – Moyenne sur la période - Phase 4 – T0 + 4 ans

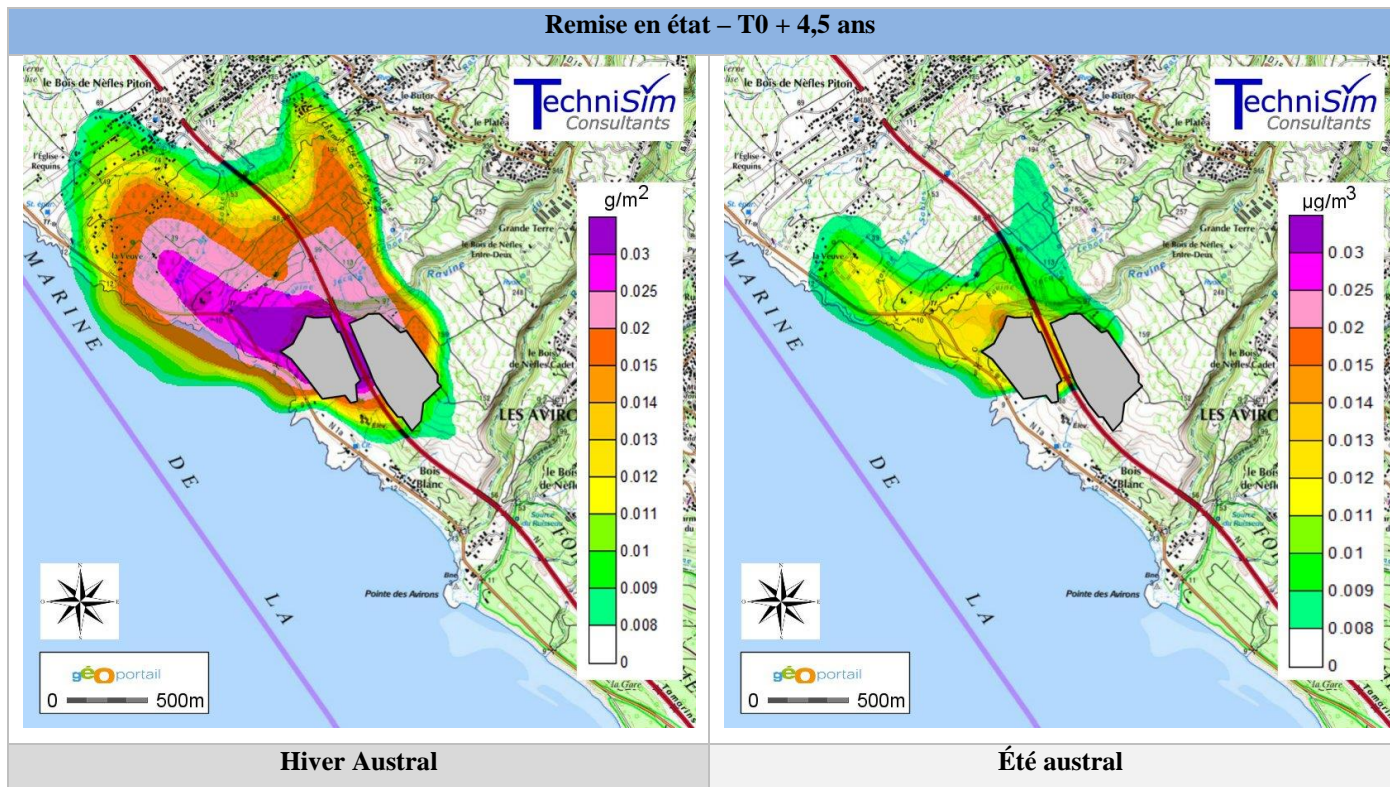


Figure 79: Dépôts en Particules Totales en Suspension – Moyenne sur la période - Remise en état – T0 + 4,5 ans

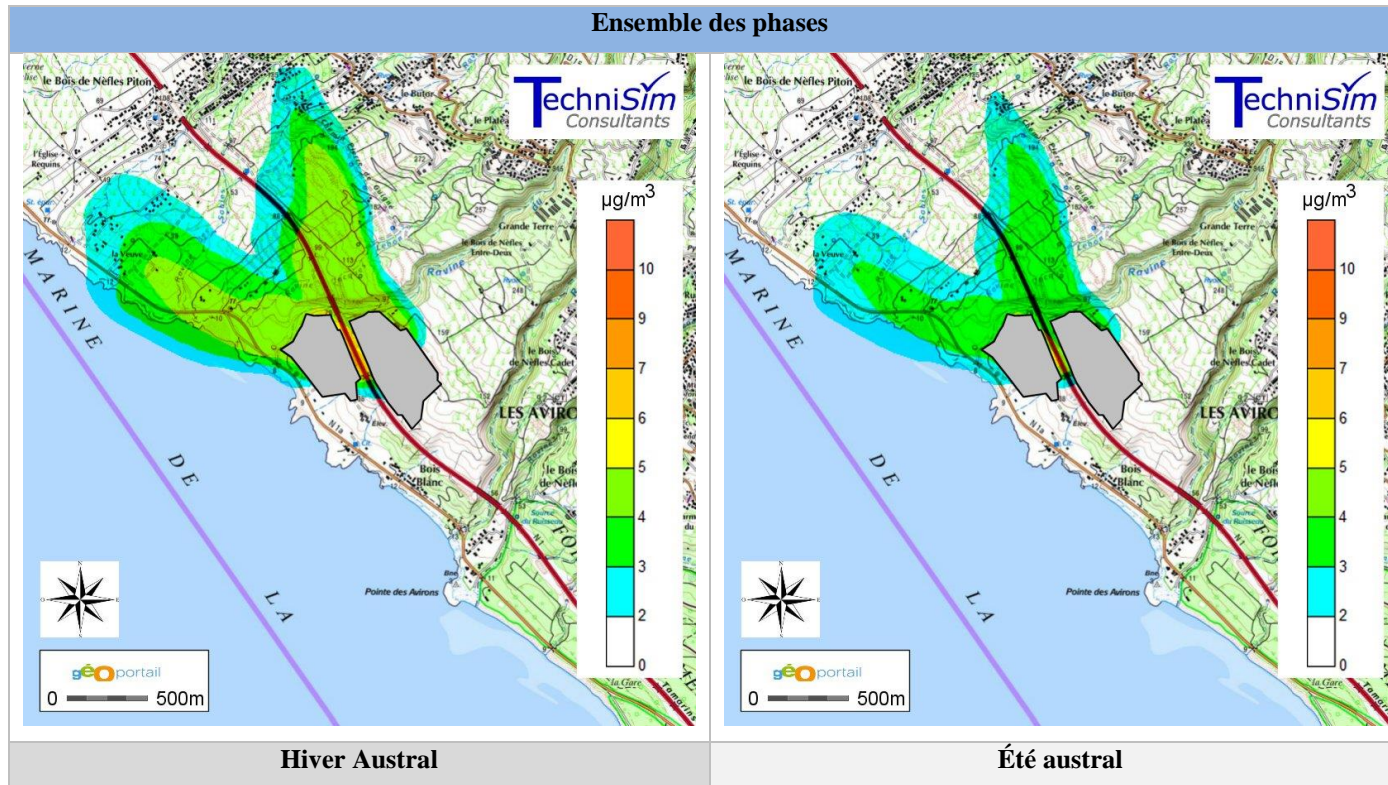


Figure 80: Concentration en dioxyde d'azote – Moyenne sur la période - ensemble des phases

ANNEXE N°9 : EFFETS SANITAIRES

Tableau 108: Effets sanitaires redoutés avec seuils

<p><i>Particules diesel</i></p>	<p>Le dépôt des particules en suspension dans le système respiratoire dépend des propriétés physico-chimiques de l'aérosol (la taille, la forme, la surface, le caractère,...). Après leur dépôt, les particules et particulièrement les particules inférieures à 0,1 µm semblent transloquer facilement vers des sites extrapulmonaires et atteignent alors différents organes cibles.</p> <p>Les effets des particules sont dus à la fois par leurs dépôts dans le système respiratoire, mais aussi par les polluants qu'elles transportent (imbrûlés, HAP, etc.). Elles peuvent en effet véhiculer sur leur surface des substances toxiques capables de passer la barrière air/sang au niveau des alvéoles pulmonaires.</p> <p>Les principaux effets toxicologiques des polluants, en particulier sur les mécanismes de stress oxydatif ainsi que sur l'appareil cardio-vasculaire, sont mis en évidence par plusieurs études biologiques. D'autres études ont aussi montré que la fonction respiratoire diminuait lors d'une exposition chronique à long-terme aux particules. En augmentant le stress oxydatif, elles aggravent l'inflammation des BPCO (Bronco-Pneumopathies Chroniques Obstructives) et conduisent à leur exacerbation. De même, l'inflammation alvéolaire serait à l'origine d'une inflammation systémique contribuant à augmenter la coagulabilité sanguine elle-même responsable de l'initialisation et la progression de l'athérosclérose à l'origine de maladies cardiaques ischémiques aiguës et d'accidents vasculaires cérébraux. De plus, des lésions anatomo-pathologiques des bronches et des bronchioles, ainsi qu'un épaissement de la paroi artérielle ont été aussi associés à une exposition chronique aux particules. Les effets de la pollution aérienne sur la variabilité de la fréquence cardiaque ont été mis en évidence pour la pollution particulaire.</p>
<p><i>Oxydes d'azote</i></p>	<p>Chez l'homme, le monoxyde d'azote a une action toxique au niveau des plaquettes, et induit la formation de nitrosylhémoglobine et de méthémoglobine. Il a également des effets respiratoires.</p> <p>Les enfants exposés au dioxyde d'azote dans l'air intérieur ont des symptômes respiratoires plus marqués et des prédispositions à des maladies respiratoires chroniques d'apparitions plus tardives, sans pour autant qu'il y ait une augmentation de leur fréquence. Les études chez les adultes n'ont pas montré d'augmentation de la fréquence des symptômes respiratoires.</p> <p>Les enfants exposés au dioxyde d'azote dans l'air extérieur montrent un allongement de la durée des symptômes respiratoires. Pour les adultes, la corrélation entre exposition et pathologies respiratoires chroniques n'est pas claire.</p>

<i>Monoxyde de carbone</i>	Les signes d'appel d'une intoxication chronique sont les mêmes que dans le cas d'une intoxication subaiguë débutante : céphalées, vertiges et asthénie, parfois associés à des troubles digestifs. Les études conduites afin d'évaluer l'effet sur le myocarde indiquent que l'oxyde de carbone favorise le développement d'une ischémie myocardique à l'effort chez les sujets ayant une coronaropathie préexistante sans favoriser l'apparition de trouble du rythme. Ces effets ont été observés pour les expositions répétées à faibles doses.
<i>Acétaldéhyde</i>	Chez l'homme, l'acétaldéhyde, en tant que métabolite de l'éthanol, induit des altérations hépatiques, des rougeurs de la face et des effets sur le développement lors de la consommation d'alcool.
<i>Benzène</i>	De nombreuses études ont mis en évidence des effets hémotoxiques et immuno-toxiques. La plupart des effets sanguins ont été associés à des expositions par inhalation.
<i>Formaldéhyde</i>	Les principaux effets observés, chez l'homme, sont des effets locaux au niveau des voies aériennes supérieures avec une irritation des yeux, du nez et de la gorge, et des lésions de l'épithélium nasal.

Tableau 109: Effets sanitaires redoutés sans seuils

	Effets cancérogènes	Effets sur la reproduction et le développement
<i>Acétaldéhyde</i>	Chez l'homme, une seule étude épidémiologique montre une augmentation de l'incidence des cancers toutes causes confondues chez des travailleurs exposés à l'acétaldéhyde mais le faible nombre de cas ne permet pas de conclure.	Chez l'animal, l'acétaldéhyde passe la barrière placentaire. Des effets tératogènes, de type retard de croissance, d'ossification ou augmentation du nombre de résorptions sont rapportés pour des expositions intrapéritonéales ou intraveineuses. L'acétaldéhyde a été étudié par l'Union Européenne mais il n'a pas été classé.
<i>Benzène</i>	Plus de 25 études font rapport d'une augmentation des taux de cancer au cours des expositions professionnelles au benzène. La leucémie aiguë est l'affection la plus souvent rapportée dans les études de cas mais l'épidémiologie retrouve une association significative avec les leucémies de tout type voire d'autres affections du tissu hématopoïétique comme les lymphomes non hodgkiniens.	Le benzène passe la barrière placentaire et est retrouvé dans la moelle osseuse du fœtus à des niveaux supérieurs ou égaux à ceux mesurés chez la mère exposée par inhalation. Étant les effets par inhalation sur la reproduction et le développement ne sont pas suffisants pour établir une relation causale.
<i>Formaldéhyde</i>	Le formaldéhyde a été classé dans le Groupe 1 par l'IARC en 2004, sur la base d'une preuve épidémiologique suffisante pour démontrer qu'il peut être à l'origine de cancers du nasopharynx chez l'homme. Il existe également une forte présomption, mais non suffisante, pour établir un lien de causalité entre l'exposition professionnelle au formaldéhyde et l'apparition de leucémies. Bien que l'excès de risque noté pour les cancers pulmonaires soit faible, le rôle du formaldéhyde ne peut être exclu définitivement.	Il n'existe pas, en l'état actuel des connaissances, de preuves suffisantes permettant de conclure à la toxicité du formaldéhyde sur la reproduction et le développement embryofœtal.

	Effets cancérigènes	Effets sur la reproduction et le développement
<i>Particules diesel</i>	Des études épidémiologiques ont montré un risque accru de risque de cancers pulmonaires pour des populations professionnellement exposées aux émissions des moteurs à combustion. Ces effets semblent se confirmer également expérimentalement mais certains résultats sont parfois contradictoires comme en témoigne des études de cancérogenèse expérimentales qui ont été menées sur des rats. Ainsi, "il est couramment admis par la communauté scientifique que les particules diesel sont responsables de la cancérogénicité expérimentale des émissions diesel " (SFSP, 1996). De surcroît, le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) classe les particules diesel comme étant probablement cancérigènes chez l'Homme.	Certaines études chez l'animal semblent montrer des atteintes possibles au niveau de la spermatogenèse. Ces données sont cependant trop partielles et ne peuvent pas être extrapolées actuellement chez l'homme.
<i>Oxydes d'azote</i>	Le monoxyde d'azote et le dioxyde d'azote n'ont pas été classés cancérogènes par l'UE, l'US EPA et l'IARC ; le monoxyde n'a pas été étudié par l'UE. Différentes études ont montré des résultats positifs quant à la génotoxicité du dioxyde d'azote, néanmoins il n'a pas été classé par l'UE. Le monoxyde d'azote n'a pas été étudié.	Le monoxyde d'azote n'a pas été étudié par l'UE, et le dioxyde d'azote n'est pas classé reprotoxique. Chez l'animal, le dioxyde d'azote induit des effets neuro comportementaux, des signes d'embryotoxicité. En revanche, aucun effet tératogène ou sur la spermatogenèse n'est rapporté.
<i>Monoxyde de carbone</i>	Le monoxyde de carbone n'est pas classé par le CIRC.	L'oxyde de carbone ne modifie pas la fertilité et ne semble pas tératogène, mais il est nettement foetoxique. Lors d'une intoxication grave de la mère dans le coma, il peut y avoir mort du fœtus ou, sinon, de graves séquelles neurologiques. Si l'exposition est prolongée ou l'intoxication aiguë moins importante, on peut observer un retard de croissance <i>in utero</i> et une augmentation de la mortalité néonatale. Si l'enfant survit, il ne semble pas y avoir de séquelles à long terme.

ANNEXE N°10 : RAPPORTS D'ETUDE - LERM

SCPR

Boulevard de la Marine – BP 57

97822 Le PORT Cedex

A l'attention de Monsieur Frédéric JACQUET

RAPPORT D'ETUDE – Département Matériaux

RAPPORT N° 15.37175.001.01.A – ARLES, LE 22 SEPTEMBRE 2015

ANALYSE MINÉRALOGIQUE ET CHIMIQUE D'UNE ROCHE
ECHANTILLON P2697 – ROCHE PINTADE - PROJET DE CARRIÈRE RAVINE DU TROU



REFERENCES DE L'ETUDE

Rapport d'étude n°	15.37175.001.01.A
N° de dossier	15.01.37175
Réf. offre LERM	DV55820/BCM21
Réf. client – N° de commande	Bon de commande n°15080071 en date du 12/08/2015
Site ou Ouvrage	-
Nombre d'annexes	-
Rapport d'essais COFRAC	-

PRODUCTION

Rédacteurs	Relecteur	Assistante
Thierry Rajnak	Jean-Pierre Commène	Muriel PEYCHAUD

DIFFUSION

Société	Mail	Exemplaires papier
SCPR	frederic.jacquet@scpr.re	1
LERM Arles	Thierry.rajnak@lerm.setec.fr	1

Ce dossier a été réalisé dans une entreprise dont le système de management de la qualité est certifié ISO 9001 par AFAQ/AFNOR Certification.

COORDONNEES

Siège social	Chargé d'affaire
<p>Lerm setec 23 rue de la Madeleine CS 60136 13631 ARLES Cedex FRANCE</p> <p>Tél +33 4 86 52 65 00 Fax +33 4 90 96 25 27 contact@lerm.setec.fr www.lerm.fr</p>	<p>Thierry RAJNAK Ingénieur Matériaux</p> <p>Lerm setec 23 rue de la Madeleine CS 60136 13631 ARLES Cedex FRANCE</p> <p>Tél +33 4 86 52 65 48 Thierry.rajnak@lerm.setec.fr</p>

1 — Objet de l'étude

A la demande et pour le compte de SCPR, le LERM a réalisé, d'août à septembre 2015, une étude ayant pour objectif de caractériser d'un point de vue minéralogique et chimique une roche référencée P 2697 - roche pintade, projet de carrière « Ravine du trou », située sur l'île de la Réunion.

2 — Programme de l'étude

Conformément au programme proposé, les essais en laboratoire ont été les suivants :

- ✚ examen lithologique et analyse minéralogique et pétrographique au microscope optique de granulats - identification et quantification des espèces minérales présentes,
- ✚ détermination de la teneur en silice par spectrométrie à la torche à plasma,
- ✚ analyse minéralogique quantitative par diffraction des rayons X (logiciel TOPAS).

3 — Identification de l'échantillon

Le tableau 1 donne les références et les principales caractéristiques de l'échantillon réceptionné au LERM le 24 août 2015.

Réf. LERM	Réf. SCPR	Description	Masse
37175-1	P2697 – Roche pintade, projet de carrière « Ravine du trou » - prélevé le 07/08/2015 par Yannick ROBERT	2 fragments de roche gris foncés avec des inclusions gris clair	m ≈ 4,3 kg

Tableau 1 : Identification de l'échantillon

5 — Synthèse et conclusions

L'étude en laboratoire, confiée au LERM en août 2015, dans le but de caractériser d'un point de vue microstructural et chimique une roche référencée P 2697 - roche pintade, projet de carrière « Ravine du trou », a permis de mettre en évidence les points suivants :

- l'examen pétrographique indique que la roche caractérisée correspond à un **basalte demi-deuil**,
- sa teneur en silice totale déterminée par voie chimique est égale à **44,76 %**,
- les principales espèces minérales déterminées par diffraction des rayons X sont les suivantes :

- ⇒ Plagioclase = 63 %;
- ⇒ Pyroxène = 28 %;

Et dans une moindre mesure :

- ⇒ Olivine = 6 % ;
- ⇒ Ilmenite = 1 % ;
- ⇒ Magnetite et/ou Hematite = 2 %.

Au total, l'ensemble des différentes analyses réalisées avec l'échantillon de roche (P 2697) ne mettent pas en évidence la présence de silice cristalline de type : quartz, cristobalite et tridymite.

L'ingénieur responsable de l'étude



T. RAJNAK

p/o Le directeur du département Matériaux



J.-P. COMMENE

Analyses chimiques réalisées par C. Ngwe Moweni
Examens microscopiques réalisés par G. Grenier et T. Hassini

*La reproduction intégrale de ce rapport sans modification d'aucune sorte est seule autorisée.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur des échantillons prélevés dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle des échantillons et ne peut être étendue à une population dont ils sont issus que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée.*

SCPR

Boulevard de la Marine – BP 57

97822 Le PORT Cedex

A l'attention de Monsieur Frédéric JACQUET

RAPPORT D'ETUDE – Département Matériaux

RAPPORT N° 15.37175.001.02.A – ARLES, LE 24 SEPTEMBRE 2015



ANALYSE MINÉRALOGIQUE ET CHIMIQUE DE ROCHE
ECHANTILLON P 2698 – SCORIES - PROJET DE CARRIÈRE RAVINE DU TROU



SCPR

REFERENCES DE L'ETUDE

Rapport d'étude n°	15.37175.001.02.A
N° de dossier	15.01.37175
Réf. offre LERM	DV55820/BCM21
Réf. client – N° de commande	Bon de commande n°15080071 en date du 12/08/2015
Site ou Ouvrage	-
Nombre d'annexes	-
Rapport d'essais COFRAC	-

PRODUCTION

Rédacteurs	Relecteur	Assistante
Thierry Rajnak	Jean-Pierre Commène	Muriel PEYCHAUD

DIFFUSION

Société	Mail	Exemplaires papier
SCPR	frederic.jacquet@scpr.re	1
LERM Arles	Thierry.rajnak@lerm.setec.fr	1

Ce dossier a été réalisé dans une entreprise dont le système de management de la qualité est certifié ISO 9001 par AFAQ/AFNOR Certification.

COORDONNEES

Siège social	Chargé d'affaire
<p>Lerm setec 23 rue de la Madeleine CS 60136 13631 ARLES Cedex FRANCE</p> <p>Tél +33 4 86 52 65 00 Fax +33 4 90 96 25 27 contact@lerm.setec.fr www.lerm.fr</p>	<p>Thierry RAJNAK Ingénieur Matériaux</p> <p>Lerm setec 23 rue de la Madeleine CS 60136 13631 ARLES Cedex FRANCE</p> <p>Tél +33 4 86 52 65 48 Thierry.rajnak@lerm.setec.fr</p>

1 — Objet de l'étude

A la demande et pour le compte de SCPR, le LERM a réalisé, d'août à septembre 2015, une étude ayant pour objectif de caractériser d'un point de vue minéralogique et chimique une roche référencée P 2698 - scories, projet de carrière « Ravine du trou » située sur l'île de la Réunion.

2 — Programme de l'étude

Conformément au programme proposé, les essais en laboratoire ont été les suivants :

- ✚ examen lithologique et analyse minéralogique et pétrographique au microscope optique de granulats - identification et quantification des espèces minérales présentes,
- ✚ détermination de la teneur en silice par spectrométrie à la torche à plasma,
- ✚ analyse minéralogique quantitative par diffraction des rayons X (logiciel TOPAS).

3 — Identification de l'échantillon

Le tableau 1 donne les références et les principales caractéristiques de l'échantillon réceptionné au LERM le 24 août 2015.

Réf. LERM	Réf. SCPR	Description	Masse
37175-2	P2698 – Scories projet de carrière « Ravine du trou » - prélevé le 07/08/2015 par Yannick ROBERT	fragment de roche gris foncés et marron	m ≈ 3,8 kg

Tableau 1 : Identification de l'échantillon

5 — Synthèse et conclusions

L'étude en laboratoire, confiée au LERM en août 2015, dans le but de caractériser d'un point de vue microstructural et chimique une roche référencée P 2698 - scories, projet de carrière « Ravine du trou », a permis de mettre en évidence les points suivants :

- l'examen pétrographique indique que la roche caractérisée correspond à une trachy-andésite (ou mugéarite),
- sa teneur en silice totale déterminée par voie chimique est égale à 44,93 %,
- les principales espèces minérales déterminées par diffraction des rayons X sont les suivantes :

- ⇒ Plagioclase = 39 % ;
- ⇒ Pyroxène = 23 % ;
- ⇒ Sanidine = 23 % ;

Et dans une moindre mesure :

- ⇒ Ilmenite = 2 % ;
- ⇒ Magnetite et/ou Hematite = 8 % ;
- ⇒ Leucite = 2 % ;
- ⇒ Phases amorphes = 3 %.

Au total, l'ensemble des différentes analyses réalisées avec l'échantillon de roche (P 2698) ne mettent pas en évidence la présence de silice cristalline de type : quartz, cristobalite et tridymite.

L'ingénieur responsable de l'étude



T. RAJNAK

p/o Le directeur du département Matériaux



J.-P. COMMENE

Analyses chimiques réalisées par C. Ngwe Mweni
Examens microscopiques réalisés par G. Grenier et T. Hassini

*La reproduction intégrale de ce rapport sans modification d'aucune sorte est seule autorisée.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur des échantillons prélevés dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle des échantillons et ne peut être étendue à une population dont ils sont issus que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée.*

SCPR

Boulevard de la Marine – BP 57

97822 Le PORT Cedex

A l'attention de Monsieur Frédéric JACQUET

RAPPORT D'ETUDE – Département Matériaux

RAPPORT N° 15.37175.001.03.A – ARLES, LE 24 SEPTEMBRE 2015



ANALYSE MINÉRALOGIQUE ET CHIMIQUE DE ROCHE
ECHANTILLON P 2699 – ROCHE BLEUE - PROJET DE CARRIÈRE RAVINE DU TROU



REFERENCES DE L'ETUDE

Rapport d'étude n°	15.37175.001.03.A
N° de dossier	15.01.37175
Réf. offre LERM	DV55820/BCM21
Réf. client – N° de commande	Bon de commande n°15080071 en date du 12/08/2015
Site ou Ouvrage	-
Nombre d'annexes	-
Rapport d'essais COFRAC	-

PRODUCTION

Rédacteurs	Relecteur	Assistante
Thierry Rajnak	Jean-Pierre Commène	Muriel PEYCHAUD

DIFFUSION

Société	Mail	Exemplaires papier
SCPR	frederic.jacquet@scpr.re	1
LERM Arles	Thierry.rajnak@lerm.setec.fr	1

Ce dossier a été réalisé dans une entreprise dont le système de management de la qualité est certifié ISO 9001 par AFAQ/AFNOR Certification.

COORDONNEES

Siège social	Chargé d'affaire
<p>Lerm setec 23 rue de la Madeleine CS 60136 13631 ARLES Cedex FRANCE</p> <p>Tél +33 4 86 52 65 00 Fax +33 4 90 96 25 27 contact@lerm.setec.fr www.lerm.fr</p>	<p>Thierry RAJNAK Ingénieur Matériaux</p> <p>Lerm setec 23 rue de la Madeleine CS 60136 13631 ARLES Cedex FRANCE</p> <p>Tél +33 4 86 52 65 48 Thierry.rajnak@lerm.setec.fr</p>

1 — Objet de l'étude

A la demande et pour le compte de SCPR, le LERM a réalisé, d'août à septembre 2015, une étude ayant pour objectif de caractériser d'un point de vue minéralogique et chimique une roche référencée P 2699 - roche bleue, projet de carrière la « Ravine du trou » située sur l'île de la Réunion.

2 — Programme de l'étude

Conformément au programme proposé, les essais en laboratoire ont été les suivants :

- ✚ examen lithologique et analyse minéralogique et pétrographique au microscope optique de granulats - identification et quantification des espèces minérales présentes,
- ✚ détermination de la teneur en silice par spectrométrie à la torche à plasma,
- ✚ analyse minéralogique quantitative par diffraction des rayons X (logiciel TOPAS).

3 — Identification de l'échantillon

Le tableau 1 donne les références et les principales caractéristiques de l'échantillon réceptionné au LERM le 24 août 2015.

Réf. LERM	Réf. SCPR	Description	Masse
37175-3	P 2699 – Roche bleue, projet de carrière « Ravine du trou » - prélevé le 07/08/2015 par Yannick ROBERT	fragment de roche gris foncé	m ≈ 3,1 kg

Tableau 1 : Identification de l'échantillon

5 — Synthèse et conclusions

L'étude en laboratoire, confiée au LERM en août 2015, dans le but de caractériser d'un point de vue microstructural et chimique une roche référencée P 2699 - roche bleue, projet de carrière « Ravine du trou », a permis de mettre en évidence les points suivants :

- l'examen pétrographique indique que la roche caractérisée correspond à une trachy-andésite (ou mugéarite),
- sa teneur en silice totale déterminée par voie chimique est égale à 40,17 %,
- les principales espèces minérales déterminées par diffraction des rayons X sont les suivantes :

⇒ Plagioclase = 47 % ;

⇒ Pyroxène = 29 % ;

⇒ Sanidine = 16 % ;

Et dans une moindre mesure :

⇒ Ilmenite = 2 % ;

⇒ Magnetite et/ou Hematite = 8 %.

Au total, l'ensemble des différentes analyses réalisées avec l'échantillon de roche (P 2699) ne mettent pas en évidence la présence de silice cristalline de type : quartz, cristobalite et tridymite.

L'ingénieur responsable de l'étude



T. RAJNAK

p/o Le directeur du département Matériaux



J-P. COMMENE

Analyses chimiques réalisées par C. Ngwe Moweri
Examens microscopiques réalisés par G. Grenier et T. Hassini

*La reproduction intégrale de ce rapport sans modification d'aucune sorte est seule autorisée.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur des échantillons prélevés dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle des échantillons et ne peut être étendue à une population dont ils sont issus que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée.*