



DAEU – Dossier d’Autorisation Environnementale Unique

**Extension du périmètre ICPE
pour l’exploitation d’une
plateforme de compostage**

**ANNEXES
ETUDE D’IMPACT**

SOCIETE GARDEL SA
Usine Gardel
97160 Le Moule

FILAO
.....
INGENIEURS CONSEILS
ENVIRONNEMENT DEVELOPPEMENT DURABLE

ANNEXE 4.1 : Etude Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS), réalisée par TECHNISIM

ANNEXE 4.2 : Etude Odeur, réalisée par TECHNISIM

ANNEXE 4.3 : Etude Faune Flore, Réalisée par BIOS (Giles LEBLOND)

ANNEXE 4.4 : Lettre de Remise en état du site

Usine sucrière GARDEL
Plateforme de Compostage
Site du MOULE – Section Gardel
Étude des Risques Sanitaires

● **GUADELOUPE** ●

(Antilles françaises)

Rapport d'étude N°1 - EQRS

Réf : 212 701 012

| | | |
|-----------------------|---|--|
| <i>Destinataire :</i> |  | Monsieur Bertrand Viret Villa Rosemond, Ravine Chaude 97129 Lamentin Fixe : 06 90 80 45 01 Mél : bviret@filaoconseil.fr |
| <i>Date :</i> | 11 juin 2021 | |

Suivi des modifications

| Nom du fichier | Version | Date | Objet des modification | Rédacteurs | Relecteur/ Superviseur |
|--|---------|------------|------------------------|------------|---------------------------|
| Rapport_etude_EQRS_Filao_Guadeloupe _Compostage_Le_Moule_N1 | 1 | 6/04/2021 | Première version | TS IE | RG |
| Rapport_etude_EQRS_Filao_Guadeloupe _Compostage_Le_Moule_N1 | 1 | 11/06/2021 | Première version | TS IE | BV |
| | | | | | |

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| GLOSSAIRE | 8 |
| PRESENTATION DE L'ETUDE..... | 10 |
| 1 INTRODUCTION | 10 |
| 2 PRESENTATION SUCCINCTE DU SITE | 11 |
| ÉTAT INITIAL..... | 12 |
| 3 AIR AMBIANT..... | 12 |
| 3.1 Inventaire des émissions polluantes en Guadeloupe..... | 12 |
| 3.2 Identification des principales sources d'émission polluantes à proximité du projet | 21 |
| 3.3 Qualité de l'air - situation de la Guadeloupe..... | 26 |
| 3.3.1 Données de Gwad'air | 26 |
| 3.3.2 Données du Plan de Protection de l'Atmosphère de l'aire urbaine de Pointe-à-Pitre / Les Abymes | 27 |
| 3.3.3 Problématique des sargasses | 30 |
| 3.3.4 Synthèse | 33 |
| 4 QUALITE DES EAUX CONSOMMEES | 34 |
| 5 DONNEES SANITAIRES..... | 34 |
| 5.1 Bilan de l'état de santé de la population - généralités..... | 34 |
| 5.1.1 Vue d'ensemble de la population | 34 |
| 5.1.2 Nouvelles admissions en ALD | 36 |
| 5.1.3 Principales causes de mortalité générale | 39 |
| 5.2 Profil socio-sanitaire de la commune du MOULE | 41 |
| 5.2.1 Mortalité | 41 |
| 5.2.2 Morbidité..... | 42 |
| 5.3 Risques sanitaires et environnementaux | 42 |
| 6 ANALYSE DU DOMAINE D'ETUDE..... | 43 |
| 6.1 Description de l'environnement immédiat | 43 |
| 6.2 Environnement industriel | 44 |
| 6.3 Environnement humain | 49 |
| 6.3.1 Population de la commune Du Moule | 49 |
| 6.3.2 Établissements vulnérables | 51 |
| 7 ENVIRONNEMENT SONORE | 54 |
| 8 SYNTHÈSE DE L'ÉTAT INITIAL | 55 |
| ÉVALUATION DES IMPACTS | 58 |
| PLATEFORME DE COMPOSTAGE | 58 |
| 9 IMPACTS DES ACTIVITES DE LA PLATEFORME SUR LA QUALITE DE L'AIR..... | 58 |
| 9.1 Identification des sources d'émissions | 58 |
| 9.1.1 Identifications des rejets aqueux..... | 58 |
| 9.1.2 Identification des rejets atmosphériques | 59 |
| 9.2 Devenir des émissions dans l'environnement – simulation numérique..... | 63 |
| 9.2.1 Quantification des émissions atmosphériques..... | 63 |
| 9.2.2 Synthèse des émissions atmosphériques liées aux activités du site | 73 |
| 9.3 Devenir des émissions dans l'environnement – Simulation numérique..... | 77 |
| 9.3.1 Présentation du modèle utilisé..... | 77 |
| 9.3.2 Définition des données météorologiques | 77 |
| 9.3.3 Données topographiques | 78 |
| 9.3.4 Grille de calculs..... | 80 |
| 9.3.5 Résultats des modélisations | 81 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 9.3.6 | Comparaison avec les normes de la qualité de l'air | 88 |
| 10 | IMPACTS DES INSTALLATIONS SUR LA SANTE | 92 |
| 10.1 | Évaluation quantitative des risques sanitaires | 92 |
| 10.1.1 | Contenu et démarche de l'EQRS | 92 |
| 10.1.2 | Concentrations d'exposition | 102 |
| 10.1.3 | Calcul des doses d'exposition par ingestion | 105 |
| 10.1.4 | Calcul des indices sanitaires | 109 |
| 10.1.5 | Incertitudes relatives à l'EQRS | 115 |
| 10.1.6 | Synthèse de l'EQRS | 118 |
| 10.2 | Effets sanitaires de l'exposition aux bioaérosols de plate-forme de compostage..... | 118 |
| 11 | CONCLUSION | 124 |
| 12 | BIBLIOGRAPHIE | 125 |
| | ANNEXE N°1 – CRITERES NATIONAUX DE LA QUALITE DE L'AIR | 127 |
| | ANNEXE N°2 – EMISSIONS GAZEUSES LIEES AU COMPOSTAGE | 130 |
| | ANNEXE N°3 – COMPOSITION DES PRODUITS COMPOSTES | 146 |
| | ANNEXE N°4 – EFFETS SANITAIRES DES PRINCIPAUX COMPOSES | 148 |
| | ANNEXE N°5 – VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE | 154 |
| | ANNEXE N°6 – PARAMETRES DES SCENARIOS D'EXPOSITION | 163 |
| | ANNEXE N° 7 – PARAMETRES EMPLOYES DANS MODUL'ERS..... | 165 |

Table des illustrations

| | |
|--|----|
| Figure 1: Emplacement du projet | 11 |
| Figure 2: Evolution des émissions polluantes – dioxyde de soufre | 14 |
| Figure 3: Evolution des émissions polluantes – oxydes d'azote | 15 |
| Figure 4: Evolution des émissions polluantes – COVNM | 16 |
| Figure 5: Evolution des émissions polluantes – Monoxyde de carbone | 17 |
| Figure 6: Evolution des émissions polluantes – Gaz à effet de serre | 18 |
| Figure 7: Recensement des industries les plus proches | 22 |
| Figure 8: Parcelles agricoles aux alentours du projet | 24 |
| Figure 9: Réseau routier aux alentours du projet | 25 |
| Figure 10 : Concentrations moyennes annuelles en NO ₂ modélisées pour l'année 2015 | 28 |
| Figure 11: Concentrations moyennes annuelles en PM ₁₀ et PM _{2,5} modélisées pour l'année 2015 | 29 |
| Figure 12: Réseau de surveillance de l'hydrogène sulfuré et de l'ammoniac en Guadeloupe | 31 |
| Figure 13: Évolution et structure de la population - Population par grandes tranches d'âges | 35 |
| Figure 14: Répartition des décès par grandes causes initiales de décès en Guadeloupe, à Saint-Barthélemy, à Saint-Martin et en métropole, période 2008-2013 | 39 |
| Figure 15: Répartition des décès par grandes causes de mortalité prématurée en Guadeloupe, à Saint-Barthélemy, à Saint-Martin et en métropole, période 2008-2013 | 40 |
| Figure 16: Environnement proche du projet | 44 |
| Figure 17: Cartographie de l'impact de rejet de la centrale ALBIOMA – particules PM ₁₀ – moyenne annuelle | 47 |
| Figure 18: Cartographie de l'impact de rejet de la centrale ALBIOMA – dioxyde d'azote – moyenne annuelle | 48 |
| Figure 19: Cartographie de l'impact de rejet de la centrale ALBIOMA – COV – moyenne annuelle | 49 |
| Figure 20: Évolution de la population et de la densité au Moule entre 1967 et 2017 (Insee 2017) | 50 |
| Figure 21: Population par tranches d'âge au Moule (Insee 2017) | 50 |
| Figure 22: Répartition des catégories socioprofessionnelles au Moule en 2017 (Insee 2017) | 51 |
| Figure 23: Localisation des établissements vulnérables/sensibles autour du projet | 53 |
| Figure 24 : Emplacement des points de mesure d'émissions sonores (Source : Phoenix Acoustique 2018) | 54 |
| Figure 25: Cartographie de la synthèse des enjeux de l'état initial | 57 |

| | |
|--|-----|
| Figure 26: Identification des émissions atmosphériques liées aux activités de la plateforme | 59 |
| Figure 27: Caractéristiques géométriques d'un andain | 67 |
| Figure 28 : Evolution des teneurs et de la composition en COV des flux gazeux issus du compostage retenu pour l'étude | 70 |
| Figure 29 : Rose des vents utilisée pour les modélisations | 78 |
| Figure 30 : Modèle Numérique de Terrain (MNT) | 79 |
| Figure 31 : Exemple de champ de vents obtenus par Taldia | 80 |
| Figure 32 : Emplacements des récepteurs | 81 |
| Figure 33: Concentrations calculées en moyenne annuelle – Dioxyde d'azote | 84 |
| Figure 34: Cartographie des concentrations - Moyenne sur la période de fonctionnement de la plate-forme – Particules PM10 | 84 |
| Figure 35: Cartographie des concentrations - Moyenne sur la période de fonctionnement de la plate-forme – Ammoniac | 85 |
| Figure 36: Cartographie des concentrations - Moyenne sur la période de fonctionnement de la plate-forme – Oxydes d'azote | 86 |
| Figure 37: Cartographie des concentrations - Moyenne sur la période de fonctionnement de la plate-forme – Composés organiques volatils | 87 |
| Figure 38: Schéma conceptuel de la démarche d'une ERS | 93 |
| Figure 39: Logigramme – Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence | 97 |
| Figure 40: Usages recensés à proximité sur le domaine de calcul | 99 |
| Figure 41: Mécanismes de transfert pour les végétaux cultivés | 106 |
| Figure 42: Schéma conceptuel sous MODUL'ERS® | 107 |
| Figure 43: Cartographie des concentrations en microorganismes en moyenne journalière | 122 |
| Figure 44: Cartographie des risques biologiques associés aux bioaérosols | 123 |

Table des tableaux

| | |
|--|-----|
| Tableau 1: Emissions des particules recensées lors de l’inventaire 2015 sur la zone du PPA | 20 |
| Tableau 2: Émissions atmosphériques de l’établissement « Albioma Le Moule » | 23 |
| Tableau 3: Seuils sanitaires fixés par le HCSP | 32 |
| Tableau 4: Analyse statistique réalisée à partir des concentrations en hydrogène sulfuré et en ammoniac mesurées en temps réel par Gwad’Air – Année 2020 | 33 |
| Tableau 5: Ancienneté d’emménagement dans la résidence principale en 2017 | 36 |
| Tableau 6: Répartition des nouvelles ALD par motif d’admission en fonction du territoire – période 2012 à 2014 | 37 |
| Tableau 7: Taux standardisés de mortalité par cause en Guadeloupe et en métropole, période 2008-2013 | 40 |
| Tableau 8: Taux standardisés de mortalité prématurée par cause en Guadeloupe et en métropole, période 2008-2013 | 41 |
| Tableau 9: Emissions provenant des chaudières de la centrale thermique ALBIOMA | 46 |
| Tableau 10: Établissements vulnérables/sensibles | 52 |
| Tableau 11 : Résultats de la campagne de mesures sonores de 2018 (Source : Phoenix Acoustique 2018) | 54 |
| Tableau 12: Synthèse de l’état initial | 55 |
| Tableau 13: Identification des principales sources d’émissions pour le projet examiné | 63 |
| Tableau 14: Facteurs d’émissions de particules pour les opérations de manipulations des produits | 64 |
| Tableau 15 : Produits manipulés | 65 |
| Tableau 16 : Teneurs des métaux dans les produits compostés | 68 |
| Tableau 17: Facteurs d’émission retenus pour les émissions gazeuses provenant des andains | 69 |
| Tableau 18 : Données concernant les engins et la circulation sur le site | 72 |
| Tableau 19: Facteurs d’abattement – circulation des engins | 72 |
| Tableau 20: Quantités de particules émises par la circulation des engins et des véhicules présents sur le site | 73 |
| Tableau 21: Quantité de polluants émis par les activités du site durant la période de fonctionnement | 74 |
| Tableau 22: Flux de polluants calculés | 76 |
| Tableau 23: Résultats des modélisations pour les composés particulaires – Moyenne sur la période de fonctionnement de la plate-forme | 82 |
| Tableau 24: Résultats des modélisations pour les composés gazeux – Moyenne sur la période de fonctionnement de la plate-forme | 83 |
| Tableau 25: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Dioxyde d’azote | 89 |
| Tableau 26: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Particules PM10 | 90 |
| Tableau 27: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Autres composés | 91 |
| Tableau 28: Composés retenus pour l’EQRS | 95 |
| Tableau 29: Concentrations moyennes d’inhalation (CMI) calculées pour les effets à seuils | 103 |
| Tableau 30: Concentrations moyennes d’inhalation calculées pour les effets sans seuils | 104 |
| Tableau 31: Doses ingérées pour les effets à seuils | 108 |
| Tableau 32: Doses ingérées pour les effets sans seuils | 108 |
| Tableau 33: Quotients de dangers calculés pour les différents scénarios d’exposition - inhalation | 109 |
| Tableau 34: Quotients de dangers calculés pour les différents scénarios d’exposition - Ingestion | 110 |
| Tableau 35: Somme des tous les quotients de danger | 111 |
| Tableau 36: Excès de risque individuel calculés la voie inhalation | 111 |
| Tableau 37: Excès de risque individuel pour la voie ingestion | 113 |
| Tableau 38: Somme des tous les excès de risque individuel | 114 |
| Tableau 39: Effets sanitaires associés à certains agents biologiques pouvant être présents dans les bioaérosols | 119 |
| Tableau 40: Concentrations en microorganismes totaux et cultivables en pilote et sur site | 121 |
| Tableau 41 : Valeurs limites réglementaires pour la qualité de l’air | 128 |

Glossaire

| | |
|----------------|---|
| ACNUSA | Autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires |
| ALD | Affection de longue durée |
| ANSES | Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail |
| ARS | Agence régionale de santé |
| ATSDR | Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Etats Unis) |
| BTEX | Benzène – Toluène – Ethylbenzène – Xylènes |
| CAA | Concentration Admissible dans l'Air |
| CG | Copie de Gène |
| CIRC | Centre International de Recherche sur le Cancer |
| CITEPA | Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique |
| CMA | Concentration Maximale Admissible |
| COVNM | Composé organique volatil non méthanique |
| CSR | Combustible solide de récupération |
| DJA | Dose Journalière Admissible |
| EFSA | European Food Safety Authority |
| EHPAD | Établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes |
| EIS | Evaluation de l'Impact Sanitaire |
| EQRS | Evaluation quantitative des risques sanitaires |
| ERU | Excès de Risque Unitaire |
| ERUi | Excès de Risque Unitaire par Inhalation |
| ERUo | Excès de Risque Unitaire par voie Oral |
| FoBiG | Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe |
| INERIS | Institut national de l'environnement industriel et des risques |
| INSEE | Institut national de la statistique et des études économiques |
| InVS | Institut de Veille Sanitaire |
| LOAEL | Low Observed Adverse Effect Level |
| LTO | Landing and Take-off |
| MEET | MEthodology for calculating Transport Emissions and Energy Consumption |
| MRL | Minimum Risk Level |
| NOEL | No Observed Effect Level |
| OEHHA | Office of Environmental Health Hazard Assessment (Etats Unis) |
| OMS | Organisation Mondiale de la Santé |
| ORSAG | Observatoire régional de la Santé de Guadeloupe |
| PCB | Polychlorobiphényle |
| REL | Reference Exposure Level |
| RfC | Reference Concentration |
| RfD | Reference Dose |
| RIVM | Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu / Institut National de la santé public et de l'environnement (Pays Bas) |
| TA-LUFT | Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft |
| TCA | Tolerable Concentration in Air |
| TDI | Tolerable Daily Intake |
| TMJA | Trafic Moyen Journalier Annuel |

| | |
|---------------|---|
| UDI | Unité de Distribution |
| UFC | Unité formant colonie |
| US EPA | United States Environmental Protection Agency (Etats Unis) |
| UTCATF | Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie |
| UV | Ultra-violet |
| VTR | Valeur Toxicologique de Référence |

| | |
|-----------------------------------|--|
| As | Arsenic |
| B(a)P | Benzo(a)pyrène |
| C₆H₆ | Benzène |
| CH₄ | Méthane |
| CO | Monoxyde de carbone |
| CO₂ | Dioxyde de carbone |
| COV | Composé Organique Volatil |
| COVNM | Composé Organique Volatil Non Méthanique |
| Cr | Chrome |
| Cr | Chrome |
| HAP | Hydrocarbure aromatique polycyclique |
| N₂O | Protoxyde d'azote |
| NH₃ | Ammoniac |
| Ni | Nickel |
| NO | Monoxyde d'azote |
| NO₂ | Dioxyde d'azote |
| NO_x | Oxydes d'azote |
| O₃ | Ozone |
| PM | Particulate Matter (particule en suspension) |
| PM10 | Particules de taille inférieure à 10 µm |
| PM2,5 | Particules de taille inférieure à 2,5 µm |
| SO₂ | Dioxyde de soufre |

| | |
|-------------------------|--|
| µg/m³ | Microgrammes (=0,000001 gramme) par mètre cube d'air |
| g | Gramme |
| g/j | Gramme par jour |
| K | Kelvin |
| kg | Kilogramme |
| kg/j | Kilogramme par jour |
| m | Mètre |
| m/s | Mètre par seconde |
| m³ | Mètre cube |
| mg | Milligramme (0,001 gramme) |
| Nm³/h | Normal mètre cube par heure |

Présentation de l'étude

1 Introduction

Le bureau d'études FILAO sollicite l'appui de Technisim Consultants quant à la réalisation d'une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) dans le cadre d'une Demande D'Autorisation Environnementale.

Il s'agit en l'occurrence d'une plateforme de compostage de biomasse concernant l'usine GARDEL, sise sur le territoire de la commune du Moule [Guadeloupe/nord-est de l'île de Grande-Terre].

Le présent document concerne la réalisation de l'EQRS de la plateforme de compostage biomasse qui sera installée sur ce site.

Cette prestation se compose des trois étapes listées ci-dessous :

- Synthèse de l'état initial avant exploitation des phases projetées
- Évaluation de l'impact des émissions provenant de l'unité étudiée à l'aide d'une simulation numérique
- Caractérisation de l'impact sur la qualité de l'air et sur la santé

2 Présentation succincte du site

Le site de l'usine sucrière GARDEL se trouve au centre du bassin cannier de Grande-Terre, sur le territoire de la commune du Moule, en Guadeloupe.

Cette installation est reliée à la RD117 par le Sud et par les Routes de Gardel et de Brissac à l'Est.

La planche ci-dessous repère l'emplacement du site.

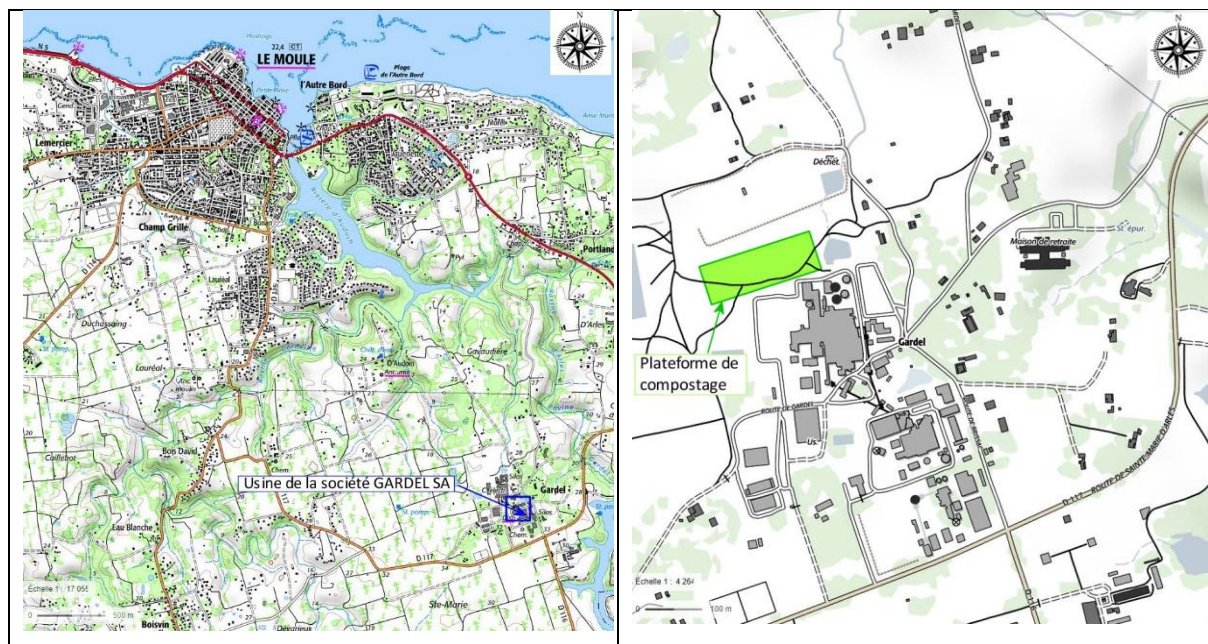


Figure 1: Emplacement du projet

État initial

Ce chapitre de l'étude correspond à l'état initial des différents compartiments environnementaux, ainsi qu'à l'analyse de l'environnement du projet.

L'objectif est double :

- D'une part : obtenir une « photographie » de l'environnement avant la mise en place de l'installation ;
- D'autre part : évaluer la sensibilité de l'environnement vis-à-vis de la pollution et identifier les sources de pollution déjà présentes, ainsi que les voies d'exposition (directes et indirectes).

3 Air ambiant

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.

Il se base sur différentes données et sources d'information.

Il est possible de citer notamment :

- Les inventaires des émissions réalisés par le Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA) ;
- Les données et les études sur la qualité de l'air réalisées par l'Association Agréée pour la surveillance de la qualité de l'air locale, en l'occurrence l'aasqa Gwad'Air.

3.1 Inventaire des émissions polluantes en Guadeloupe

Les données présentées dans ce sous-chapitre proviennent du Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA).

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 et font suite aux épisodes de pollution 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 [Centre International de Recherche sur le Cancer] a classé le dioxyde de soufre dans la catégorie 3, c'est-à-dire non classable comme cancérigène.

Les seuils d'exposition provenant de l'OMS [Organisation Mondiale de la Santé] sont les suivants :

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

Le graphique immédiatement suivant récapitule les inventaires du CITEPA pour le dioxyde de soufre.

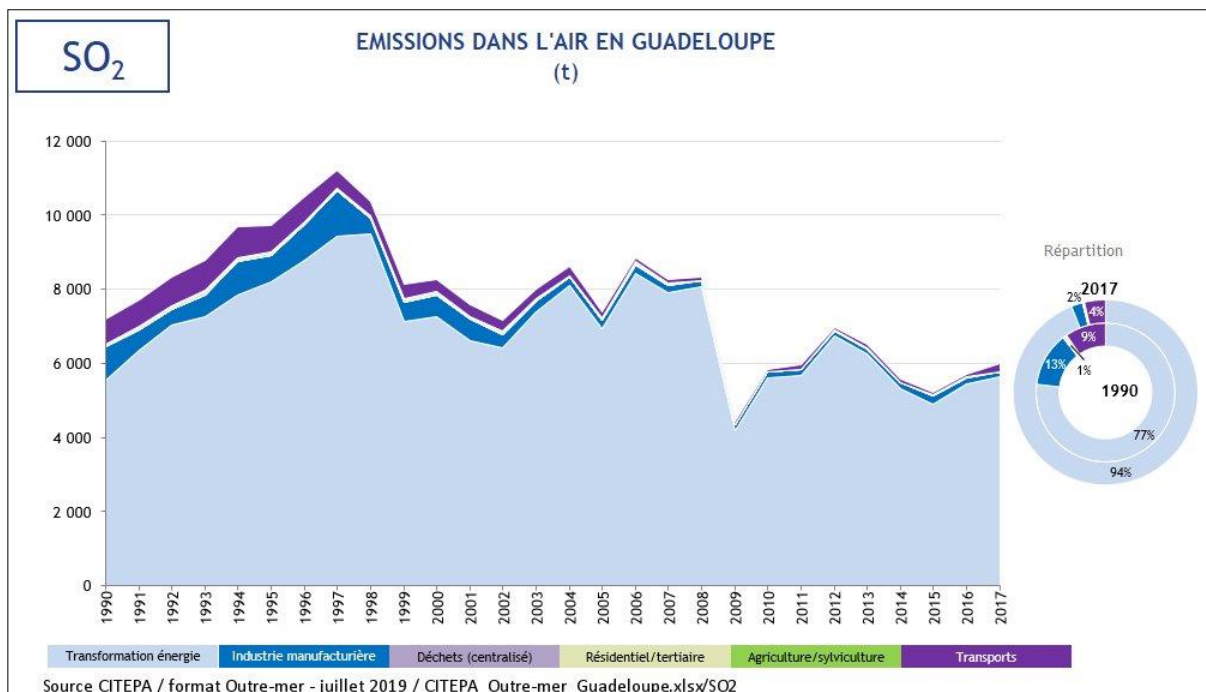


Figure 2: Evolution des émissions polluantes – dioxyde de soufre

Le secteur de la transformation de l'énergie (production d'électricité) est responsable de presque la-totalité des émissions de dioxyde de soufre dans l'air ambiant (94 % en 2017).

Sur la période entre 1997 et 2017, les émissions ont été pratiquement divisées par deux, à la suite de l'utilisation de fioul moins soufré par les installations d'EDF.

Toutefois, il est possible de constater que les quantités annuelles sont susceptibles de fluctuer au gré des émissions provenant du secteur « **Transformation énergie** ».

Oxydes d'azote – Monoxyde d'azote [NO] et Dioxyde d'azote [NO₂]

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

En général, 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 NOx 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 bronchique chez l'asthmatique. Chez l'enfant, il favorise l'accroissement de la sensibilité des bronches aux infections pour une exposition d'une heure à ce taux. L'agence US-EPA [United States Environmental Protection Agency] n'a pas classé ces produits comme cancérogènes. En outre, les études ne sont pas concordantes au sujet de la mortalité.

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

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

Le diagramme ci-dessous recense les inventaires du CITEPA pour les oxydes d'azote.

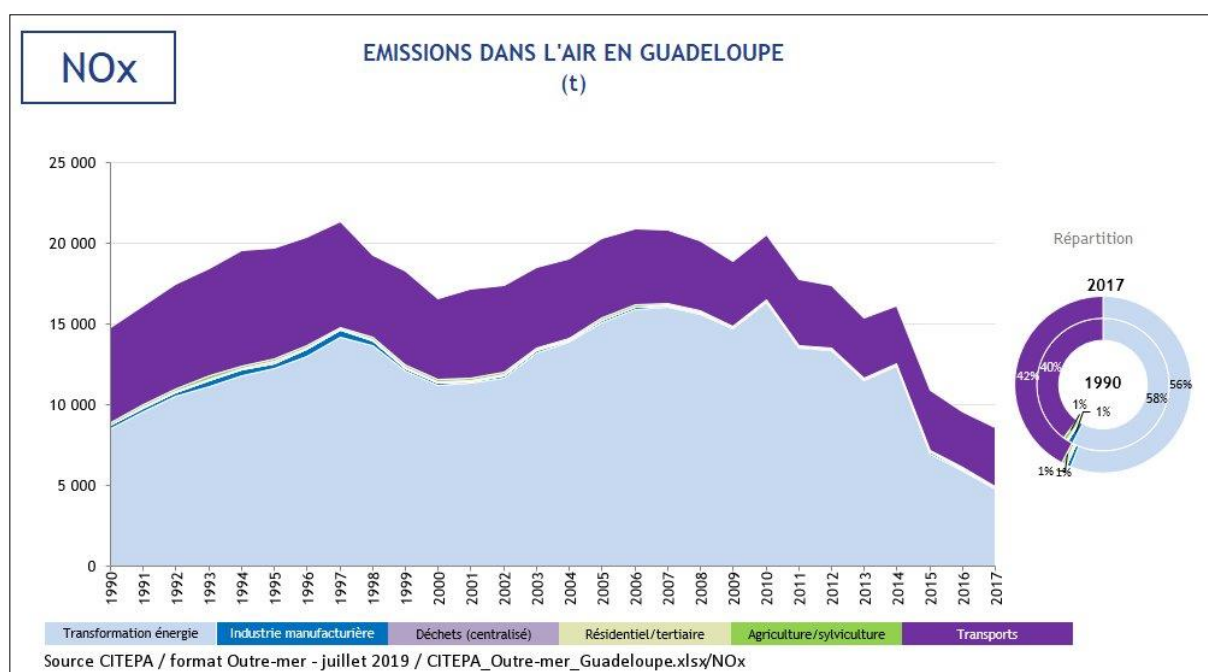


Figure 3: Evolution des émissions polluantes – oxydes d'azote

Il est intéressant de retenir que les émissions annuelles ont été divisées par deux entre 2001 et 2017. A partir de 2015, les émissions provenant du secteur « **Transformation énergie** » ont été presque divisées par deux, rapprochant ces émissions de celles du secteur « **Transports** ».

Composés organiques volatils non méthaniques [COVNM]

Le terme COVNM [Composé Organique Volatil Non Méthanique] regroupe une multitude de substances pouvant être d'origine biogénique ou anthropogénique.

Les effets de ces composés sur la santé et l'environnement sont de ce fait très variés.

Le schéma immédiatement suivant présente les inventaires du CITEPA pour les COVNM.

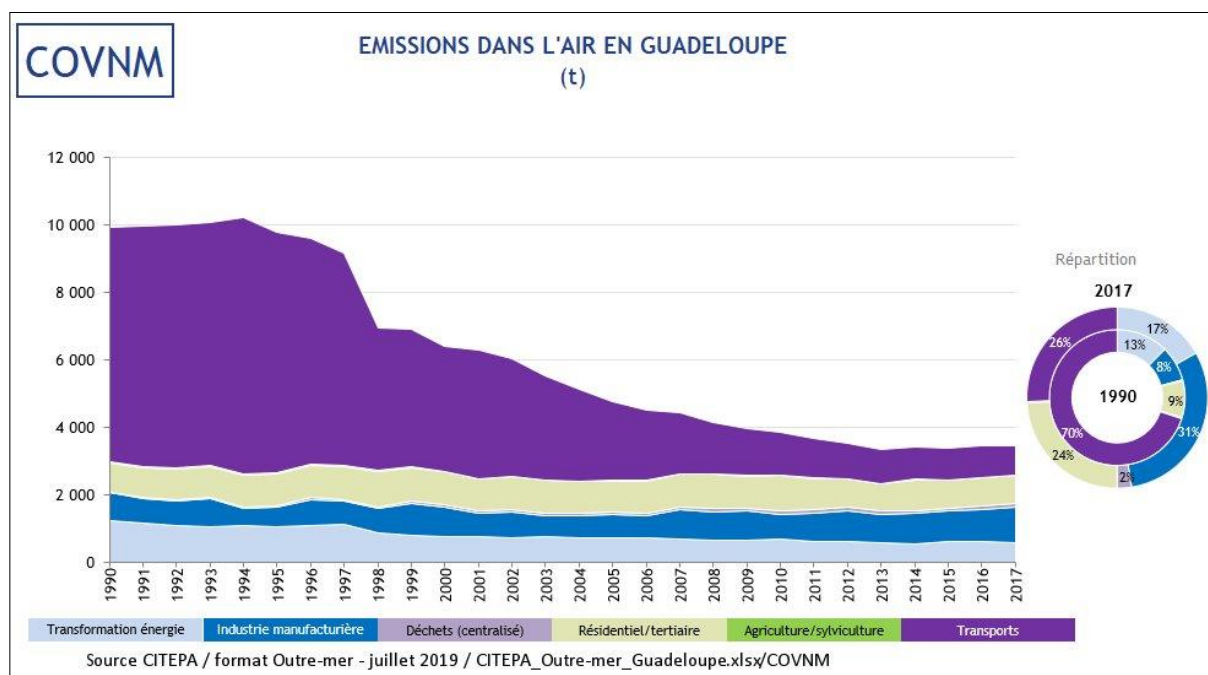


Figure 4: Evolution des émissions polluantes – COVNM

Les émissions de COVNM sont en baisse constante depuis 1994.

La part des transports a considérablement diminué depuis 1990, passant de 70 % en 1990 à 26 % en 2017.

Le secteur « **Industrie manufacturière** » est le principal contributeur de COVNM, avec 31 % des émissions totales en 2017, suivi des « **Transports** » et du secteur « **Résidentiel / tertiaire** ».

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 de monoxyde de carbone retrouvée dans l’air). 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 biotransformé. 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), le monoxyde de carbone peut entraîner un manque d’oxygénation chez les sujets prédisposés (souffrant d’angine de poitrine, par exemple) mais aussi chez les sujets sains. Ce phénomène est, en outre, accentué par l’exercice physique.

Une exposition chronique à faible dose 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. Diverses études ont montré que les troubles du comportement pouvaient apparaître pour des teneurs en HbCO de l’ordre de 2,5 à 7 %.

Le graphique ci-dessous présente les inventaires du CITEPA pour le monoxyde de carbone.

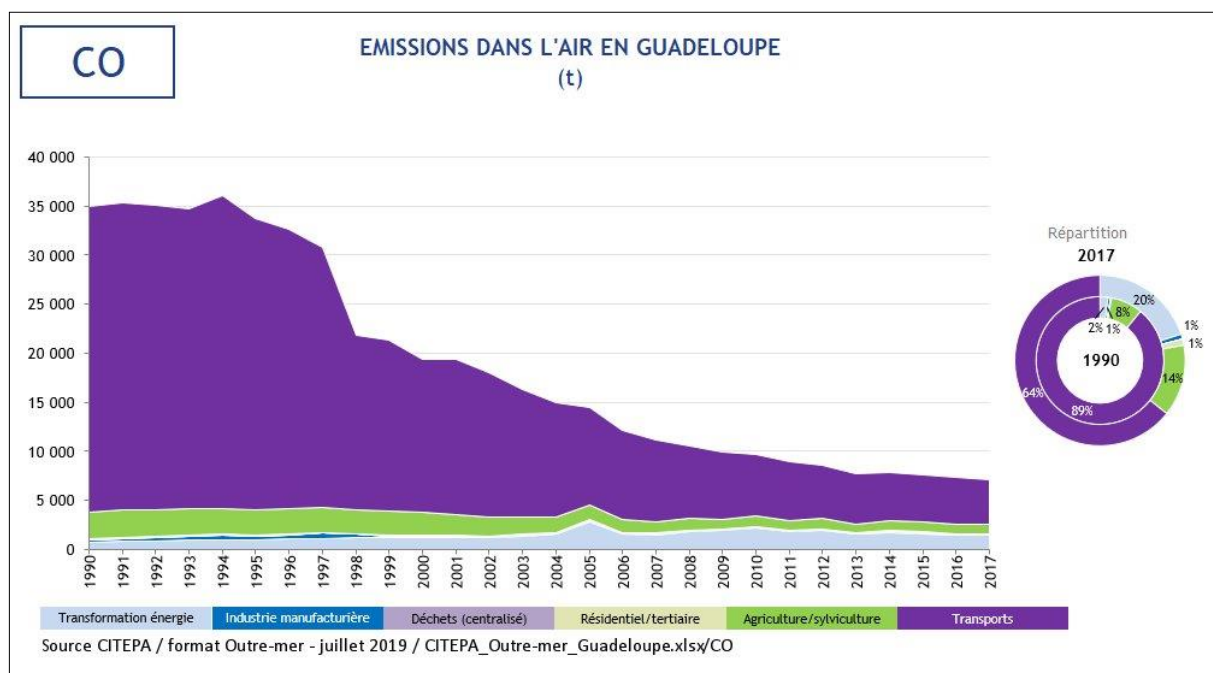


Figure 5: Evolution des émissions polluantes – Monoxyde de carbone

Les émissions de monoxyde de carbone sont en baisse constante depuis 1994.

Le secteur des « **Transports** » demeure le principal émetteur en contribuant à hauteur de 64 % des émissions totales en 2017.

Gaz à Effet de Serre

Les **G**az à **E**ffet de **S**erre regroupent différents gaz dont les principaux sont constitués par le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O).

À ces composés se rajoutent des halocarbures.

Le diagramme ci-après représente les inventaires du CITEPA pour les Gaz à Effet Serre (GES) en équivalent CO₂.

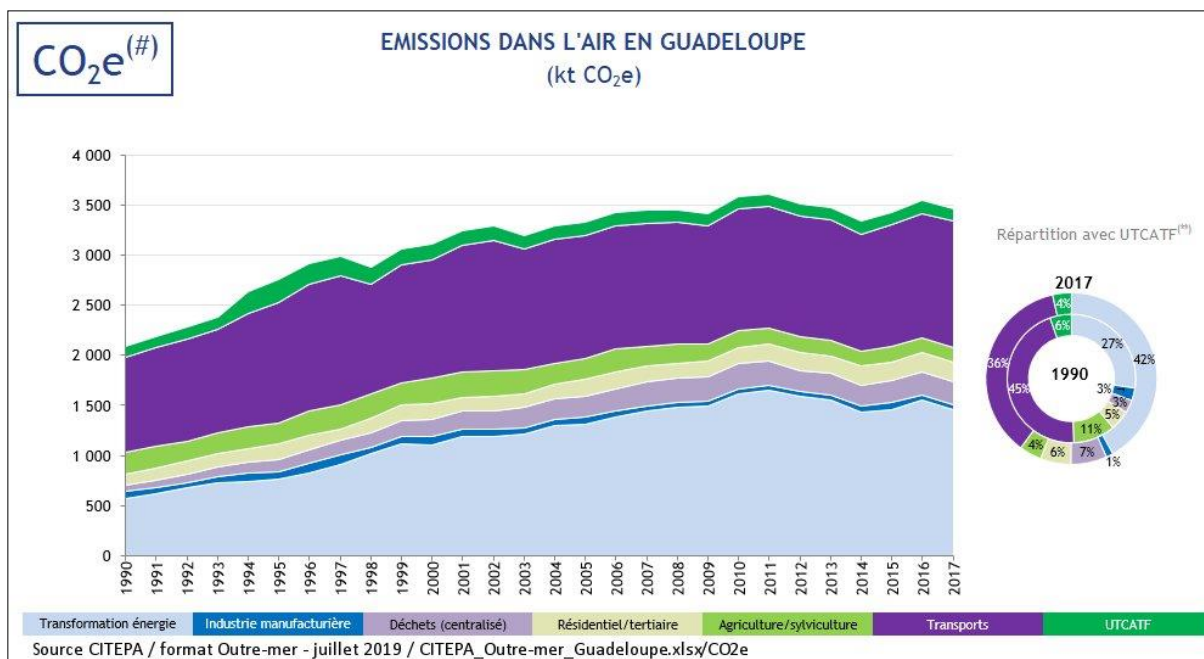


Figure 6: Evolution des émissions polluantes – Gaz à effet de serre

Particules PM10 et PM2,5

Les particules peuvent irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire (particulièrement chez l'enfant et chez les personnes sensibles).

Par ailleurs, plus une particule est fine, plus sa toxicité potentielle est élevée.

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

Selon l'OMS [Organisation Mondiale de la Santé], 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.

Il convient de retenir que certaines particules ont également des propriétés mutagènes et cancérogènes.

Les études publiées à ce jour permettent de dresser le tableau qui va suivre pour les effets aigus et chroniques des particules.

Les seuils d'exposition provenant de l'OMS sont ainsi :

- PM10 : 20 µg/m³ sur 1 année ;
- PM10 : 50 µg/m³ sur 24 heures (99ème percentile) ;
- PM2,5 : 10 µg/m³ sur 1 année ;
- PM2,5 : 25 µg/m³ sur 24 heures (99ème percentile).

Les termes PM10 et PM2,5 [PM signifie « Particulate Matter »] représentent les fractions des TSP [Particules Totales en Suspension] dont les diamètres aérodynamiques sont respectivement inférieurs à 10 µm et 2,5 µm.

Le CITEPA ne dispose pas d'inventaire récent d'émissions pour les particules PM10 et PM2,5 en Guadeloupe. Le seul inventaire disponible est celui du Plan de Protection de l'Atmosphère de l'aire urbaine de Pointe-à-Pitre / Les Abymes (année 2018) qui englobe la commune du Moule.

Le tableau immédiatement suivant synthétise les quantités d'émission de particules recensées dans l'inventaire 2015.

Le transport routier compose le principal émissaire, aussi bien pour les particules PM10 que PM2,5.

Tableau 1: Emissions des particules recensées lors de l’inventaire 2015 sur la zone du PPA

| SECTEURS | Unité : tonne / an | Particules PM10 | Particules PM2,5 |
|--|--------------------|-----------------|------------------|
| Agriculture | | 24 | 7 |
| Extraction, transformation et distribution d'énergie | | 97 | 64 |
| Industrie Manufacturière | | 44 | 12 |
| Modes de transports autres | | 72 | 65 |
| Dont transport aérien | | 8 | 4 |
| Dont transport maritime | | 64 | 61 |
| Résidentiel, Tertiaire | | 15 | 14 |
| Transport Routier | | 174 | 113 |
| TOTAL Zone PPA | | 426 | 275 |
| Source : Madininair, 2016 | | | |

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 néphropathies (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 cardiovasculaire 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).

Le plomb est un polluant règlementé depuis longtemps. Il faut retenir 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'émissions sont les industries et la combustion.

Autres polluants

L'ammoniac [NH₃] est un polluant essentiellement agricole, émis lors de l'épandage des lisiers provenant des élevages d'animaux, mais aussi lors de la fabrication des engrais ammoniacés. Il a une action irritante sur les muqueuses de l'organisme.

Les pesticides ou produits "phytosanitaires" constituent une source non négligeable de pollution. Une grande partie n'atteint pas la cible prévue et se retrouve dans l'air, dans l'eau, etc. Les études de pesticides dans l'air se multiplient et ce sont plusieurs dizaines de pesticides qui peuvent être recherchés même si les techniques utilisées sont prospectives.

L'acide chlorhydrique [HCl] provient notamment de l'incinération des ordures ménagères (contenant entre autres des matières plastiques et papiers riches en chlore), de la combustion du charbon et de certaines activités industrielles. Ce polluant contribue à l'acidification de l'air.

3.2 Identification des principales sources d'émission polluantes à proximité du projet

Industries

Selon la base de données GEORISQUE, trois industries relevant des installations classées pour la protection de l'environnement [ICPE] circonscrivent le projet (cf. planche ci-dessous).



Figure 7: Recensement des industries les plus proches

Selon le Registre des Émissions Polluantes (IREP), un seul établissement déclare rejeter des polluants atmosphériques au voisinage de la future plateforme (environ 350 m).

Ses caractéristiques sont synthétisées dans le tableau suivant.

Tableau 2: Émissions atmosphériques de l'établissement « Albioma Le Moule »

| ALBIOMA LE MOULE | | | | | | | | |
|--|-------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Section Gardel 97160 LE MOULE | | Production d'électricité - Centrales thermiques et autres installations de combustion avec un apport thermiques de 50 MW | | | | | | |
| POLLUANTS | Unité | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| CO ₂ total | kt/an | 508 | 485 | 427 | 498 | 517 | 491 | 563,7 |
| CO ₂ d'origine non-biomasse | kt/an | 414 | 355 | 299 | 395 | 386 | 374 | 563,7 |
| CO ₂ d'origine biomasse | kt/an | 94,4 | 130 | 127 | 103 | 130 | 117 | 0 |
| Protoxyde d'azote N ₂ O | t/an | 13,3 | 12,7 | 10,2 | 13,6 | 12,1 | 12,6 | 18,4 |
| Oxydes de soufre SOx | t/an | 2 260 | 1 500 | 1 220 | 1 950 | 1 930 | 1 490 | 2 015 |
| Oxydes d'azote NOx | t/an | 1 060 | 1 230 | 1 110 | 1 410 | 1 400 | 1 410 | 1 104 |
| Chlore et composés inorganiques | t/an | 29,2 | 37,8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Chlore | t/an | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Zones agricoles

En règle générale, les cultures rejettent des pesticides, des poussières et de l'ammoniac.

L'usine est implantée au sein d'une zone de plaine à vocation agricole.

La culture cannière est prépondérante, avec des prairies de pâturage qui dominent les zones Ouest et Sud.

À l'Est, la zone est plus diversifiée avec des prairies et d'autres parcelles agricoles.

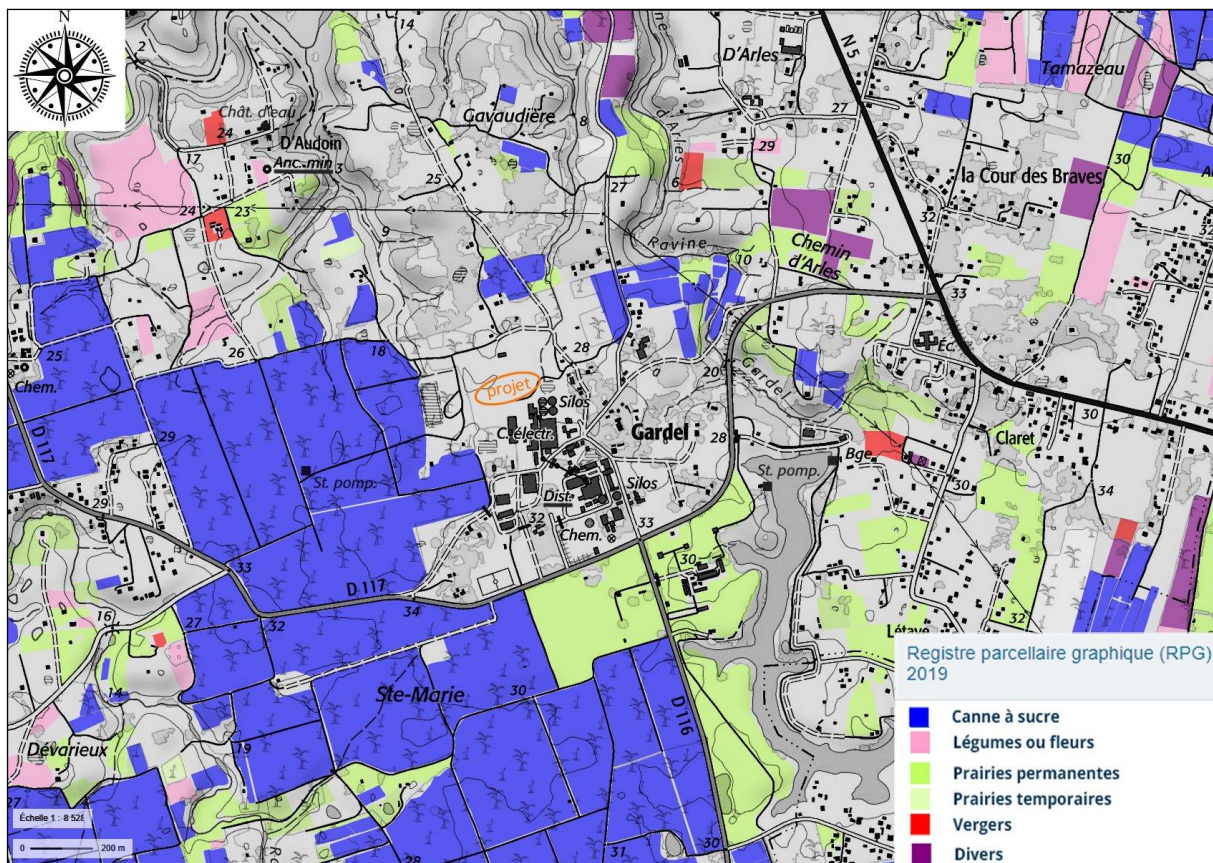


Figure 8: Parcelles agricoles aux alentours du projet

Trafic routier

Le trafic routier est principalement émetteur d'oxydes d'azote (NOx, NO, NO₂), d'oxydes de carbone (CO, CO₂), de COV, de HAP et de métaux lourds.

La planche suivante illustre le réseau routier aux alentours du projet.



Figure 9: Réseau routier aux alentours du projet

Le site est desservi par la RD117 à partir de la RN5 au lieu-dit « la Cour des Braves » à environ 2,5 km de la sortie Est du bourg du Moule en direction de Saint-François.

À partir de la RD117, plusieurs chemins sont aménagés et permettent l'accès direct des poids lourds et des tracteurs aux différentes parties de l'usine.

Selon l'Observatoire des Transports, le **T**rafic **M**oyen **J**ournalier **A**nnuel (TMJA) au niveau de la Route RN5 en 2015 est estimé entre 5 000 et 10 000 véh/jour. La route RD 117 ne dispose pas de données.

Par conséquent, il découle que le trafic routier impacte potentiellement la qualité de l'air dans l'environnement proche du projet.

Trafic aérien

Selon l'Autorité de Contrôle des Nuisances Aéroportuaires (ACNUSA), les zones aéroportuaires concentrent de nombreuses activités émettrices de polluants atmosphériques : non seulement le trafic aérien, mais aussi le trafic routier, les divers engins et véhicules de piste, les

véhicules de transports en commun, les installations de chauffage, de climatisation et de production d'énergie, les ateliers de maintenance et encore d'autres sources.

En se basant sur les inventaires d'émissions disponibles sur plusieurs plateformes, il a été possible d'identifier certaines tendances sur la contribution de chaque type de source hors trafic routier. Les aéronefs constituent la première source d'émissions locales sur les plateformes — pour la plupart des polluants connaissant des niveaux d'émissions significatifs (oxydes d'azote NOx, dioxyde de carbone CO₂, dioxyde de soufre SO₂, monoxyde de carbone CO).

L'aérodrome le plus proche est celui de Saint-François, à environ 8,9 km au Sud-Est de la future plateforme. Compte tenu de cette distance, les émissions provenant des avions et de l'aérodrome ne sont vraisemblablement pas de nature à impacter la qualité de l'air à l'échelle locale du projet.

Autres transports

Les cours d'eau aux alentours du projet ne servent pas au transport fluvial.

Il n'existe aucune voie ferrée dans l'environnement du projet.

Synthèse

À proximité du site, les secteurs susceptibles d'influencer la qualité de l'air au niveau du projet sont le secteur industriel (rejets atmosphériques de l'industrie « Albioma Le Moule »), le secteur agricole (parcelles agricoles à l'Ouest et au Sud du projet) et, dans une moindre mesure, le transport routier (secteur desservi par la RD117).

3.3 Qualité de l'air - situation de la Guadeloupe

3.3.1 Données de Gwad'air

L'association Gwad'air¹ ne dispose d'aucune station de mesure à proximité du projet.

La station la plus proche étant celle des Abymes, située à environ 22 km à l'Ouest de la future plateforme.

¹ Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air en Guadeloupe

Dans son Bilan de la Qualité de l'air 2019, Gwad'Air évalue que :

- Les moyennes des concentrations relevées en benzo(a)pyrène, en benzène, en métaux lourds et en monoxyde de carbone sont inférieures aux valeurs réglementaires fixées pour la protection de la santé humaine.
- Aucun dépassement des valeurs réglementaires relatives au dioxyde de soufre SO₂, au dioxyde d'azote NO₂ et à l'ozone O₃ dans l'air ambiant n'est observé sur l'ensemble du réseau de surveillance de la Guadeloupe.
- La valeur limite en NOx relative aux écosystèmes fait l'objet de dépassements à Basse Terre et au Raizet, Les Abymes.
- Dans l'ensemble, la valeur limite et l'objectif de qualité annuel pour les particules PM10 et PM2,5 sont respectés sur le réseau de mesures fixes en 2019. Néanmoins, les seuils journaliers d'information/recommandation et d'alerte relatifs aux PM10 sont dépassés à plusieurs reprises. Selon le Bilan de la qualité de l'air extérieur de 2019, ces épisodes de pollution aux particules fines PM10 sont liés au transport de particules désertiques transatlantiques.

3.3.2 Données du Plan de Protection de l'Atmosphère de l'aire urbaine de Pointe-à-Pitre / Les Abymes

Les Plans de Protection de l'Atmosphère sont établis sous l'autorité des Préfets de département et mettent en place des mesures de réduction des émissions de polluants atmosphériques et d'amélioration de la qualité de l'air. L'objectif est de protéger la santé des populations et l'environnement en maintenant ou ramenant les concentrations en polluants dans l'air à des niveaux inférieurs aux valeurs limites réglementaires.

L'aire d'influence du PPA est définie administrativement comme l'agglomération de Pointe-à-Pitre / Les Abymes, telle qu'elle est décrite dans l'arrêté ministériel du 28 juin 2016 établissant les listes d'agglomérations de plus de 100 000 et 250 000 habitants conformément à l'article R.221-2 du Code de l'environnement. Cette zone regroupe 11 communes qui constituent le périmètre d'actions du PPA (ou zone PPA). Il s'agit de Petit-Bourg, Lamentin, Baie-Mahault, Pointe-à-Pitre, Le Gosier, Les Abymes, Morne-à-l'Eau, Sainte-Anne, Saint-François, **Le Moule** et Petit-Canal.

Nota : Les données présentées dans ce paragraphe proviennent du PPA version 2018.

Les figures qui vont suivre représentent les modélisations présentées dans ce PPA pour le dioxyde d'azote et les particules.

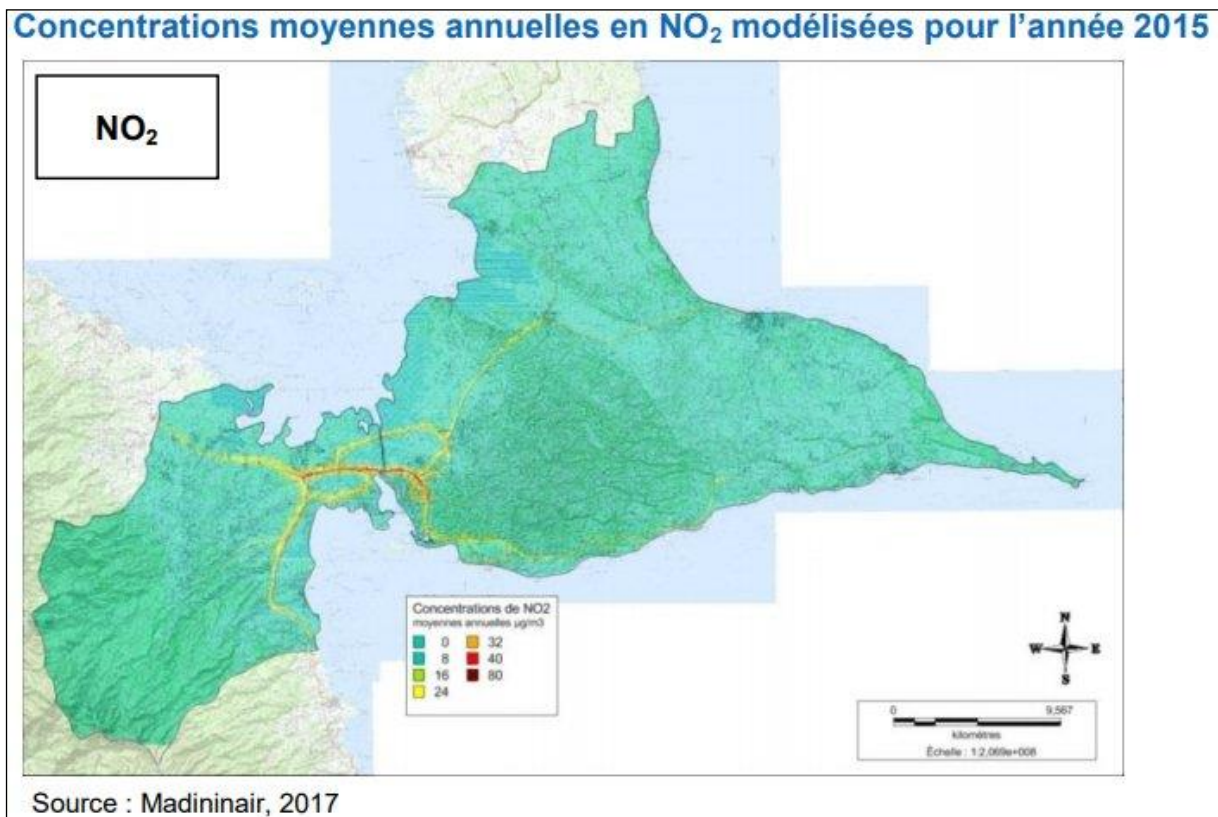
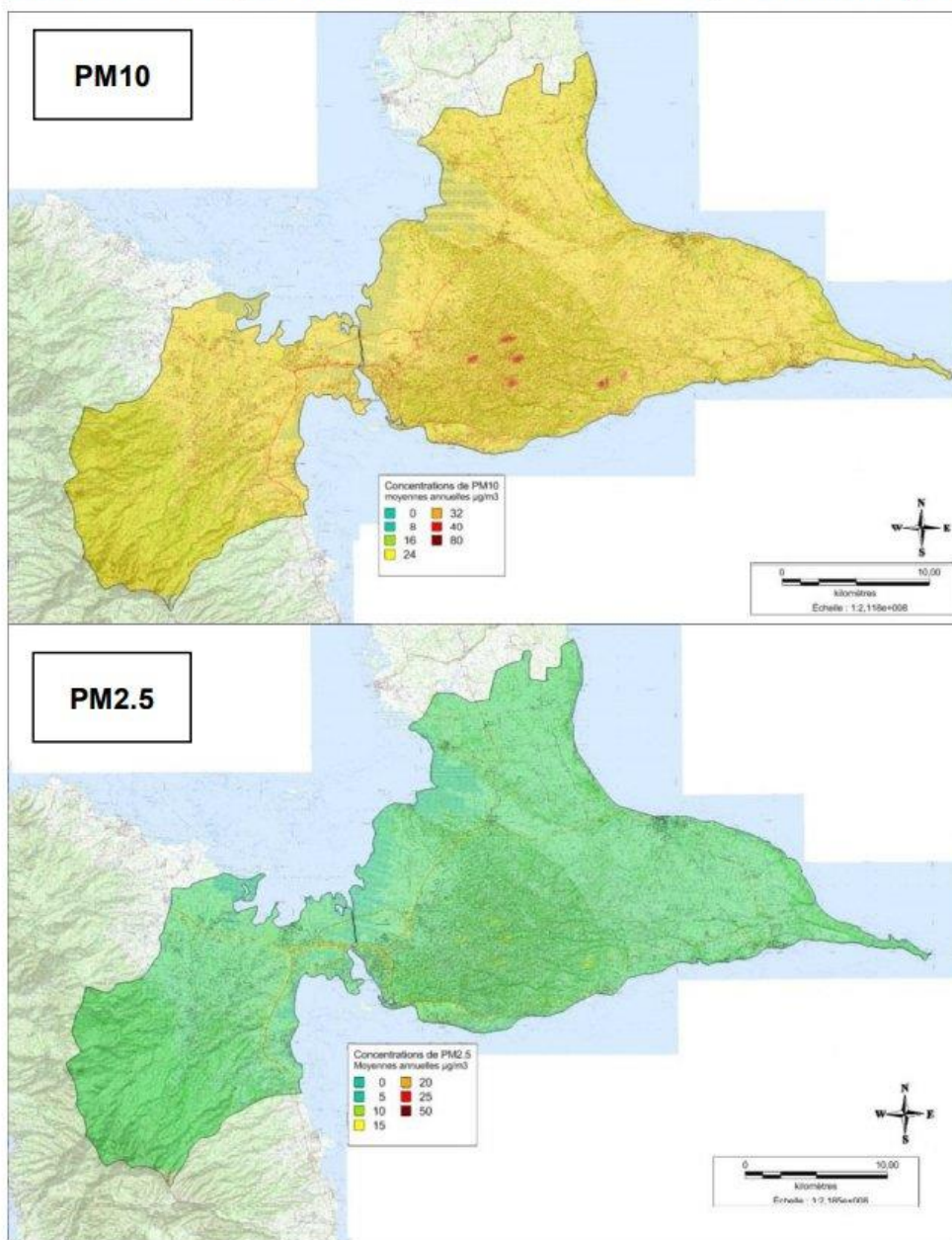


Figure 10 : Concentrations moyennes annuelles en NO₂ modélisées pour l'année 2015

Il est possible d'observer certains dépassements de la valeur limite de 40 µg/m³ pour le dioxyde d'azote le long des grands axes routiers.

A l'échelle de la commune du Moule, les taux sont faibles et bien inférieurs à la valeur limite.

Concentrations moyennes annuelles en PM10 et PM2,5 modélisées pour l'année 2015



Source : Madinair, 2017

Figure 11: Concentrations moyennes annuelles en PM10 et PM2,5 modélisées pour l'année 2015

Aucun dépassement de la valeur limite annuelle de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'est observé pour les particules PM2.5.

Identiquement aux particules PM10, les concentrations de la zone du PPA sont homogènes.

Il n'en demeure pas moins que le PPA précise que la zone est concernée par la pollution transfrontalière, c'est-à-dire les brumes de sable en provenance du Sahara, qui provoquent des dépassements de la valeur limite journalière des PM10. Le transport des polluants par les vents, en

provenance de zones parfois très lointaines, contribue à dégrader la qualité de l'air sur la région. Ainsi, la Guadeloupe, comme l'ensemble de la Caraïbe, est régulièrement impactée par les émissions en particules fines en provenance des déserts africains (« épisodes de brumes de sable »). Ces phénomènes, fréquents en saison sèche (de mars à septembre), sont véhiculés par des courants d'altitude. Lorsque les vents alizés sont bien établis entre les côtes d'Afrique et les Antilles, des épisodes de poussières sahariennes atteignent notamment la Guadeloupe, induisant une dégradation notable de la qualité de l'air.

3.3.3 Problématique des sargasses

Depuis 2011 la Guadeloupe, comme d'autres îles de la Caraïbe, est confrontée périodiquement aux échouages massifs d'algues sargasses.

Lorsqu'elles se décomposent, ces algues produisent divers gaz nauséabonds, dont principalement l'hydrogène sulfuré (H_2S) et l'ammoniac (NH_3). Au-delà de la gêne olfactive, ces gaz ont également des effets sur la santé des populations selon la durée et le niveau d'exposition.

C'est pourquoi, depuis le 28 septembre 2018, l'observatoire Gwad'Air dispose d'un réseau de surveillance des émanations gazeuses liées à la décomposition des algues sargasses.

Ce réseau permet de fournir à une liste de destinataires définie par la Préfecture, les concentrations journalières en H_2S et NH_3 relevées sur les 24 sites sous la forme d'une cartographie et d'un tableau récapitulatif. (Cf. planche et tableau immédiatement suivants)

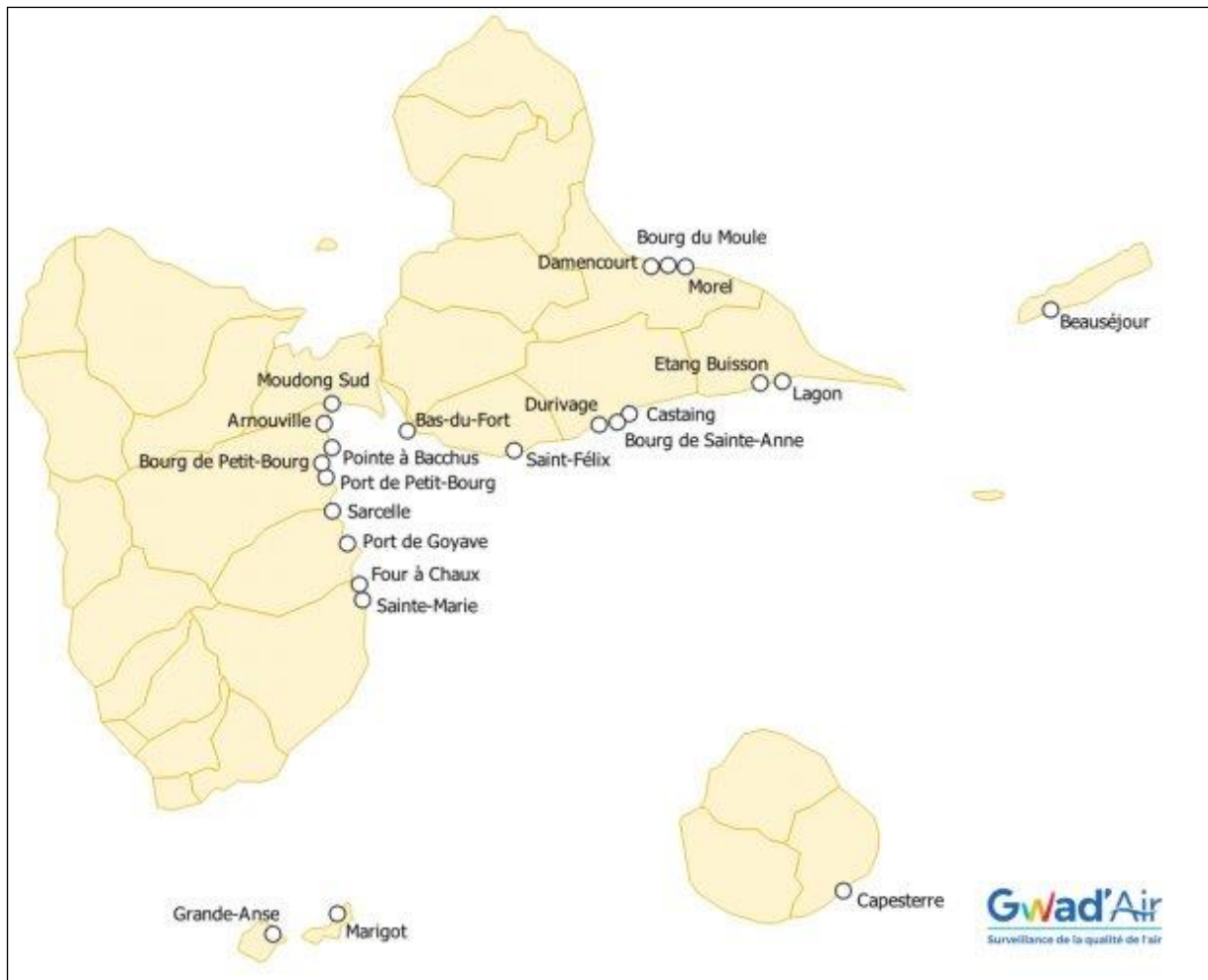


Figure 12: Réseau de surveillance de l'hydrogène sulfuré et de l'ammoniac en Guadeloupe

Sur avis du Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP), plusieurs seuils sanitaires ont été définis pour l’hydrogène sulfuré et l’ammoniac issus de la décomposition des sargasses.

Tableau 3: Seuils sanitaires fixés par le HCSP

| Concentrations en H ₂ S et en NH ₃ sur 24 heures | Messages d’information et de recommandation |
|---|---|
| [H₂S] < 0,07 ppm et [NH₃] < 8,3 ppm | Sans effet sanitaire sur la période observée. |
| [H₂S] : 0,07 à 1 ppm et [NH₃] < 8,3 ppm | Se tenir informé de l’évolution du phénomène, particulièrement pour les personnes vulnérables*. Il est recommandé aux personnes vulnérables* de se tenir éloignées des zones de présence des algues en décomposition dès la perception des odeurs et d’éviter d’être sous le vent des émissions de gaz. |
| [H₂S] : 1 à 5 ppm et [NH₃] < 8,3 ppm | Pour la <u>population générale</u> , il est recommandé de se tenir éloigné des zones affectées par les échouages d’algues en décomposition. En cas de symptômes (yeux ou gorge qui piquent, larmoiements, maux de tête, difficulté respiratoire, toux, démangeaisons, vomissements, vertiges), s’adresser à son médecin ou pharmacien. Pour les <u>personnes vulnérables*</u> , il est recommandé de ne pas séjourner sous le vent des émissions des gaz et d’éviter l’exposition aux autres substances irritantes et/ou allergisantes (fumées de tabac...). En cas de symptômes (yeux ou gorge qui piquent, larmoiements, maux de tête, difficulté respiratoire, toux, démangeaisons, vomissements, vertiges), s’adresser à son médecin ou pharmacien. |
| [H₂S] > 5 ppm ou [NH₃] > 8,3 ppm | Il est fortement recommandé à l’ensemble de la population d’éviter l’accès aux zones à risque et de ne pas se placer sous le vent des émissions de gaz. En cas de symptômes (yeux ou gorge qui piquent, larmoiements, maux de tête, difficulté respiratoire, toux, démangeaisons, vomissements, vertiges), s’adresser à son médecin ou pharmacien. |

Les chiffres-clés relatifs à l’année 2020 sont reportés dans le tableau ci-après.

Tableau 4: Analyse statistique réalisée à partir des concentrations en hydrogène sulfuré et en ammoniac mesurées en temps réel par Gwad’Air – Année 2020

| Communes | Sites | Maximum annuel des moyennes horaires | | Maximum annuel des moyennes journalières | |
|----------------------|------------------|--------------------------------------|------------|--|------------|
| Baie-Mahault | Moudong | 2,94 | ppm | 1,91 | ppm |
| Capesterre-Belle-Eau | Four à Chaux | 2,27 | ppm | 0,33 | ppm |
| Capesterre-Belle-Eau | Sainte-Marie | 0,23 | ppm | 0,13 | ppm |
| Goyave | Sarcelle | 2,09 | ppm | 1,20 | ppm |
| Goyave | Port | 0,12 | ppm | 0,05 | ppm |
| Petit-Bourg | Port de pêche | 0,57 | ppm | 0,36 | ppm |
| Petit-Bourg | Bourg | 0,37 | ppm | 0,07 | ppm |
| Petit-Bourg | Pointe à Bacchus | 0,05 | ppm | 0,39 | ppm |
| Petit-Bourg | Arnouville | 1,72 | ppm | 0,43 | ppm |
| Gosier | Saint-Félix | 0,11 | ppm | 0,20 | ppm |
| Désirade | Beauséjour | 8,73 | ppm | 4,54 | ppm |
| Le Moule | Bourg | 0,12 | ppm | 0,03 | ppm |
| Le Moule | Morel | 0,69 | ppm | 0,69 | ppm |
| Marie-Galante | Capesterre | 0,33 | ppm | 0,28 | ppm |
| Sainte-Anne | Durivage | 1,88 | ppm | 1,31 | ppm |
| Sainte-Anne | Castaing | 1,23 | ppm | 0,41 | ppm |
| Sainte-Anne | Bourg | 0,08 | ppm | 2,00 | ppm |
| Saint-François | Lagon | 4,30 | ppm | 0,06 | ppm |
| Saint-François | Etang Buisson | 0,97 | ppm | 3,74 | ppm |
| Terre-de-Haut | Marigot | 0,21 | ppm | 0,02 | ppm |
| Terre-de-Bas | Grande-Anse | 3,78 | ppm | 3,10 | ppm |

La concentration maximale horaire en hydrogène sulfuré observée sur l’ensemble de la Guadeloupe est mesurée sur le site de Beauséjour à La Désirade, avec 8,73 ppm.

Les sites du Lagon à Saint-François et de Grande Anse à Terre-De-Bas affichent également une concentration maximale horaire en H₂S élevée, avec respectivement 4,30 ppm et 3,78 ppm.

Aucun dépassement n’a été observé au niveau de la commune du Moule.

3.3.4 Synthèse

Les modélisations de Gwad’Air indiquent que les niveaux de pollution sont généralement faibles et homogènes sur l’ensemble de la zone pour le dioxyde d’azote et les particules PM₁₀ en moyenne annuelle.

Toutefois, pour les particules PM₁₀, des pics épisode de pollution peuvent être recensés et concernent tout le territoire.

La commune du Moule n’est pas concernée par la problématique des sargasses.

4 Qualité des eaux consommées

Le contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation fait partie des prérogatives de l'Agence Régionale de Santé (ARS).

Pour déterminer la qualité de l'eau du robinet des usagers, il est préférable de raisonner en termes d'Unité de Distribution (UDI) lorsque cela est possible. L'UDI représente le réseau dans lequel la qualité de l'eau est réputée homogène, c'est-à-dire que l'eau de ce réseau possède la même origine. La distribution de l'eau en Guadeloupe est organisée en 60 UDI qui peuvent être alimentées par un ou plusieurs captages et une ou plusieurs usines de potabilisation.

En 2019, selon les chiffres-clés de l'eau et de l'assainissement en Guadeloupe, le projet appartient en 2018 à une UDI où :

- La conformité bactériologique de l'eau est de bonne qualité (< 5 %) ;
- La fréquence de dépassement à la référence de qualité pour le traitement de l'aluminium et de la turbidité est de bonne qualité (< 5 %) ;
- Il n'y a aucun dépassement de la valeur réglementaire pour le chlordécone.

5 Données sanitaires

5.1 *Bilan de l'état de santé de la population - généralités*

Les documents dont sont issues les données de ce paragraphe sont les suivants :

- Rapport annuel 2018 de l'IEDOM - Guadeloupe
- Rapport de l'Observatoire régional de la Santé de Guadeloupe « Déterminants et indicateurs de santé en Guadeloupe, à Saint-Barthélemy et Saint-Martin 2ème édition » (juillet 2017)
- INSEE

5.1.1 *Vue d'ensemble de la population*

La population de la Guadeloupe a baissé entre les recensements de 2017 et de 2012, passant de 403 314 habitants (2012) à 390 253 habitants (2017).

Cette perte est consécutive à une variation annuelle moyenne de la population apparente des entrées sorties important (-1,1%) associée à un solde naturel en baisse.

La répartition de population par grandes tranches d'âges est représentée sur le graphique qui va suivre.

En 2017, les populations les plus sensibles aux effets de la pollution, c'est-à-dire les « moins de 15 ans » et « les plus de 75 ans » représentaient 26,9% de la population. La part des « moins de 15 ans » tend à baisser entre chaque recensement au profit des « plus de 75 ans », ce qui traduit un vieillissement de la population.

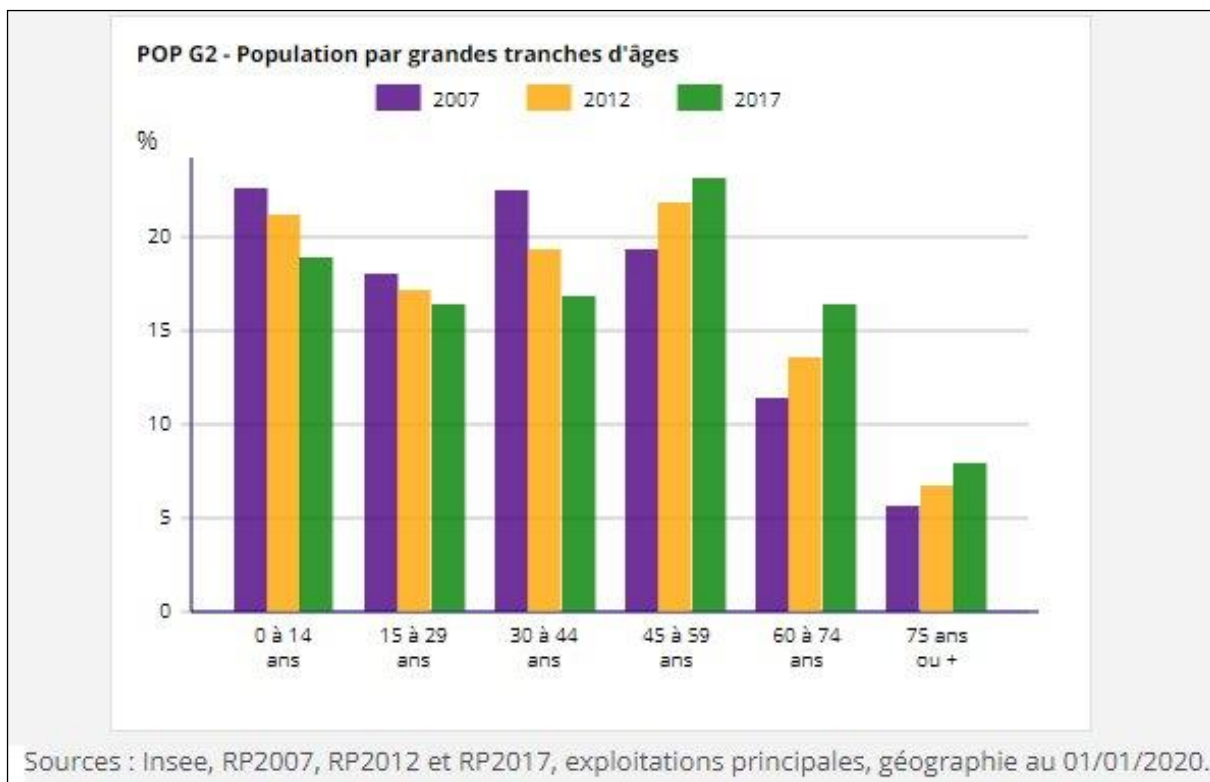


Figure 13: Évolution et structure de la population - Population par grandes tranches d'âges

Les anciennetés d'emménagement dans les résidences principales en 2017 sont présentées dans le tableau ci-après.

La population est peu mobile. En effet, plus de la moitié des ménages vivent depuis 10 années ou plus dans leur résidence principale.

Tableau 5: Ancienneté d'emménagement dans la résidence principale en 2017

| | Nombre de ménages | Part des ménages | Population des ménages | Nombre moyen de pièces par | |
|-----------------------|-------------------|------------------|------------------------|----------------------------|----------|
| | | | | Logement | Personne |
| Ensemble | 171 988 | 100,0 | 385 914 | 3,8 | 1,7 |
| Depuis moins de 2 ans | 18 823 | 10,9 | 41 936 | 3,4 | 1,5 |
| De 2 à 4 ans | 29 592 | 17,2 | 69 363 | 3,5 | 1,5 |
| De 5 à 9 ans | 27 370 | 15,9 | 65 530 | 3,6 | 1,5 |
| 10 ans ou plus | 96 203 | 55,9 | 209 085 | 4,0 | 1,9 |

Source : Insee, RP2017 exploitation principale, géographie au 01/01/2020.

5.1.2 Nouvelles admissions en ALD

Les affections de longue durée (ALD) sont des maladies graves ou chroniques nécessitant un traitement prolongé et coûteux. Elles ouvrent droit à une prise en charge à 100% par l'Assurance Maladie des dépenses de santé liées à ces troubles.

En Guadeloupe, sur la période 2012-2014, le nombre moyen de nouvelles prises en charge pour des ALD était de +8420 chaque année.

Quatre ALD sont à l'origine de 78% de ces nouvelles ALD (cf. tableau ci-après).

1. Le diabète (30,6% des nouvelles ALD)
2. Les maladies cardio-vasculaires (19,6% des nouvelles ALD)
3. Les tumeurs malignes (18,5% des nouvelles ALD)
4. Les affections psychiatriques (9,5% des nouvelles ALD)

La part de trois de ces ALD est plus importante que celle observée en Métropole.

Avec un taux standardisé de 2185 nouvelles admissions pour l'ensemble des ALD sur 100 000 habitants, la Guadeloupe se place au 8^e rang des régions françaises.

Tableau 6: Répartition des nouvelles ALD par motif d'admission en fonction du territoire – période 2012 à 2014

| Principaux motifs d'admissions en ALD | GUADELOUPE | France hexagonale |
|---|--------------|-------------------|
| Diabète de type 1 ou 2 | 30,6% | 16,5% |
| Maladies cardio-vasculaires | 19,6% | 29,3% |
| Tumeurs malignes, affections malignes du tissu lymphatique ou hématopoïétique | 18,5% | 22,7% |
| Affections psychiatriques de longue durée | 9,5% | 9,1% |
| Maladie d'Alzheimer et autres démences | 4,4% | 5,2% |
| Formes graves des affections neurologiques et musculaires (dont myopathie), épilepsie grave | 3,1% | 2,1% |
| Néphropathies chroniques graves et syndrome néphrotique primitif | 2,7% | 1,7% |
| Insuffisance respiratoire chronique grave | 2,2% | 3,3% |
| Autres motifs | 9,4% | 10,1% |
| Nombre moyen de nouvelles admissions annuelles | 8 420 | 1 442 886 |

Sources : Cnamts, CCMSA, RSI, ORSaG

Diabète

Sur la période 2012–2014, le nombre annuel d'admissions en ALD pour diabète de type 1 ou 2 est de 2 579 en moyenne, représentant 30,6 % des nouvelles admissions. Le taux standardisé d'admissions en ALD pour diabète est de 649 nouvelles admissions pour 100 000 habitants. Ce taux est significativement plus élevé que celui de la France hexagonale (362 pour 100 000 habitants). Sur les dix-sept régions de France, la Guadeloupe est la première région enregistrant dans sa population le taux d'admission maximal pour cette maladie, devant la Guyane, La Réunion et la Martinique.

Parmi les six EPCI de la région, le taux standardisé le plus important concerne la population du Nord Grande-Terre (736 pour 100 000 habitants), significativement supérieur au taux de la Guadeloupe. À l'autre extrémité, les habitants du Nord Basse-Terre sont les moins concernés par le diabète, avec un taux significativement inférieur au taux régional (575 pour 100 000 habitants).

Maladies cardio-vasculaires

Les admissions pour maladie cardio-vasculaire regroupent quatre motifs d'admission :

- Accident vasculaire cérébral invalidant (ALD 1)
- Artériopathies chroniques avec manifestations ischémiques (ALD 3)
- Insuffisance cardiaque grave, troubles du rythme graves, cardiopathies valvulaires graves, cardiopathies congénitales graves (ALD 5)
- Maladie coronaire (ALD 13).

La région affiche un taux standardisé de 441 admissions pour 100 000 habitants, significativement inférieur au taux de la France hexagonale (620 pour 100 000 habitants). Sur les dix-sept régions de France, l'archipel guadeloupéen détient le taux standardisé le plus bas pour cette famille d'ALD. La Guadeloupe devance les régions de Martinique et de l'Île-de-France.

Quatre des six EPCI se démarquent de l'ensemble de la région quant à l'indicateur étudié avec des taux significativement supérieurs pour le Grand Sud Caraïbe et la Riviera du Levant, et significativement inférieurs au sein des communautés d'agglomération du Nord Grande-Terre et du Nord Basse-Terre.

Tumeurs malignes

Sur la période 2012-2014, la région affiche un taux standardisé de 398 admissions pour 100 000 habitants, significativement inférieur au taux de la France hexagonale (494 pour 100 000 habitants).

Sur les dix-sept régions de France, l'archipel guadeloupéen se classe au troisième rang des régions de France ayant le taux le plus faible, derrière la Guyane et La Réunion.

Deux EPCI ont deux réalités antagonistes au regard des nouvelles admissions en ALD pour tumeur maligne : le Grand Sud Caraïbe dont la population est moins concernée par cette ALD (373 nouvelles admissions pour 100 000 habitants) et Marie-Galante qui présente le taux maximal d'admissions (460 pour 100 000 habitants).

Affections psychiatriques de longue durée

Les affections psychiatriques de longue durée les plus fréquentes sont les troubles de l'humeur, la schizophrénie, le trouble schizotypique et les troubles délirants, les troubles de la personnalité et du comportement et le retard mental.

Sur la période 2012-2014., le taux standardisé de la Guadeloupe est de 211 nouvelles admissions pour 100 000 habitants. Le taux national est de 212 admissions pour 100 000 habitants.

Sur les dix-sept régions de France, l'archipel guadeloupéen se classe au septième rang des régions ayant le plus fort taux d'admissions en ALD pour affection psychiatrique.

Insuffisance respiratoire chronique grave

Sur la période 2012–2014, en moyenne, chaque année, 189 personnes ont bénéficié d'une admission en ALD pour insuffisance respiratoire chronique grave, soit 2,2 % du nombre total des nouvelles admissions en ALD de Guadeloupe.

Le taux standardisé de la région de 47 nouvelles admissions pour 100 000 habitants est significativement plus faible que le taux national (72 nouvelles ALD pour 100 000 habitants). L'archipel guadeloupéen se distingue par le deuxième taux le plus bas de l'ensemble des régions de France derrière la Martinique.

5.1.3 Principales causes de mortalité générale

Le taux standardisé de mortalité toutes causes confondues de la Guadeloupe est plus élevé que le taux national (787 contre 756 pour 100 000 habitants sur la période 2008-2013).

Les principales causes de mortalité générale à la Guadeloupe (période 2008-2013) sont les maladies de l'appareil circulatoire, les tumeurs et les « autres causes de mortalité générale ».

| Répartition des décès par grandes causes de mortalité générale en fonction du territoire | | | | |
|--|---------------------------|------------------|--------------|-------------------|
| Période : 2008-2013 | | | | |
| Principales causes de mortalité générale | Répartition des décès (%) | | | |
| | Guadeloupe | Saint-Barthélemy | Saint-Martin | France hexagonale |
| Maladies de l'appareil circulatoire | 26,0 | 27,4 | 23,0 | 26,2 |
| Tumeurs | 23,7 | 29,5 | 20,4 | 29,4 |
| Causes externes de morbidité et de mortalité | 8,5 | 15,4 | 15,9 | 6,8 |
| Maladies endocriniennes, nutritionnelles (...) | 6,2 | 1,3 | 6,1 | 3,6 |
| Maladies du système nerveux | 5,2 | 2,1 | 3,4 | 6,1 |
| Maladies de l'appareil respiratoire | 4,7 | 3,4 | 2,4 | 6,4 |
| Maladies de l'appareil digestif | 4,1 | 4,7 | 3,4 | 4,2 |
| Certaines maladies infectieuses et parasitaires | 3,1 | 1,3 | 4,3 | 2,0 |
| Troubles mentaux et du comportement | 2,5 | 2,6 | 2,3 | 3,6 |
| Maladies de l'appareil génito-urinaire | 2,0 | 1,3 | 1,9 | 1,6 |
| Autres | 14,0 | 11,0 | 16,9 | 10,1 |
| Total | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Nombre moyen de décès annuels | 2 882 | 39 | 131 | 542 347 |

Sources : Inserm – CépiDc Exploitation : ORSaG

Figure 14: Répartition des décès par grandes causes initiales de décès en Guadeloupe, à Saint-Barthélemy, à Saint-Martin et en métropole, période 2008-2013

De même, le taux de mortalité prématurée de la Guadeloupe (239 décès pour 100 000 habitants) est supérieur à celui de la France hexagonale (193 décès pour 100 000 habitants).

Les principales causes de la mortalité prématurée pour la Guadeloupe sont les tumeurs, les « autres causes de mortalité prématurée » et les causes externes de morbidité et de mortalité (cf. figure ci-après).

| Répartition des décès par grandes causes de mortalité prématurée en fonction du territoire | | | | |
|--|---------------------------|------------------|--------------|-------------------|
| Période : 2008-2013 | | | | |
| Principales causes de mortalité prématurée | Répartition des décès (%) | | | |
| | Guadeloupe | Saint-Barthélemy | Saint-Martin | France hexagonale |
| Tumeurs | 25,7 | 31,4 | 18,6 | 41,3 |
| Causes externes de morbidité et de mortalité | 20,2 | 26,7 | 26,7 | 14,9 |
| Maladies de l'appareil circulatoire | 15,8 | 12,8 | 14,6 | 12,7 |
| Maladies de l'appareil digestif | 4,5 | 5,8 | 3,7 | 5,9 |
| Certaines maladies infectieuses et parasitaires | 4,0 | 1,2 | 6,0 | 1,8 |
| Maladies du système nerveux | 3,9 | 3,5 | 1,9 | 3,0 |
| Maladies endocriniennes, nutritionnelles (...) | 3,8 | 1,2 | 4,2 | 2,3 |
| Autres | 22,1 | 17,4 | 24,3 | 18,1 |
| Total | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Nombre moyen de décès annuels | 803 | 14 | 72 | 107 056 |

Sources : Inserm – CépiDc Exploitation : ORSaG

Figure 15: Répartition des décès par grandes causes de mortalité prématurée en Guadeloupe, à Saint-Barthélemy, à Saint-Martin et en métropole, période 2008-2013

En considérant les taux standardisés de mortalité et de mortalité prématurée, par rapport à la France hexagonale, la Guadeloupe présente des taux significativement plus élevés pour les maladies de l'appareil circulatoire et les causes externes de morbidité et de mortalité. En revanche, les taux de mortalité et mortalité prématurée par cancer sont significativement plus faibles.

Les causes externes de morbidité et de mortalité correspondent aux causes responsables de lésions traumatiques, d'intoxications et d'autres effets indésirables.

Tableau 7: Taux standardisés de mortalité par cause en Guadeloupe et en métropole, période 2008-2013

| Taux standardisé de mortalité par cause | Guadeloupe | France hexagonale |
|--|------------|-------------------|
| Maladies de l'appareil circulatoire | 206 | 192 |
| Cancers | 177 | 221 |
| Causes externes de morbidité et de mortalité | 67 | 54 |

Tableau 8: Taux standardisés de mortalité prématurée par cause en Guadeloupe et en métropole, période 2008-2013

| Taux standardisé de mortalité par cause | Guadeloupe | France hexagonale |
|--|------------|-------------------|
| Maladies de l'appareil circulatoire | 37 | 24 |
| Cancers | 57 | 76 |
| Causes externes de morbidité et de mortalité | 52 | 30 |

5.2 Profil socio-sanitaire de la commune du MOULE

Les données présentées dans cette section proviennent du document de l'ORSAG « Diagnostic – Profil socio-sanitaire de la commune du MOULE » (janvier 2014).

5.2.1 *Mortalité*

De 2000 à 2010, en moyenne, 158 personnes du Moule sont décédées annuellement ce qui représente un taux brut annuel de 748 décès pour 100 000 habitants. Le taux de mortalité standardisé est significativement supérieur au niveau régional.

Les maladies de l'appareil circulatoire sont la première cause de mortalité chez les femmes (35 % des décès) comme chez les hommes (24 %), suivies des tumeurs (20 % des décès féminins contre 23 % des décès masculins).

Les taux standardisés de mortalité par cause indiquent une sous-mortalité masculine au Moule par rapport au niveau régional pour les maladies infectieuses et parasitaires.

Pour ce groupe de maladies, le taux standardisé s'élève à 24 pour 100 000 chez les hommes moulinois contre 36 pour l'ensemble des hommes guadeloupéens. Une surmortalité est cependant relevée chez les hommes s'agissant des causes extérieures de traumatismes et empoisonnements (137 décès pour 100 000 contre 111 en Guadeloupe) et des maladies du système nerveux (69 décès pour 100 000 habitants contre 50 en région).

Quel que soit le sexe, une surmortalité est observée s'agissant des symptômes, signes et résultats anormaux d'examens cliniques et de laboratoire, non classés ailleurs. Sur la période, 45 décès en moyenne par an sont survenus avant l'âge de 65 ans, soit 28 % des décès. Avant 65 ans, le taux de mortalité standardisé ne diffère pas significativement du niveau régional. Les causes extérieures de traumatismes et empoisonnements et les tumeurs sont les premières causes de mortalité prématurée au Moule (24 % des décès), suivies des maladies de l'appareil circulatoire (18 %).

5.2.2 Morbidité

De 2006 à 2010, 597 personnes ont été admises en affection de longue durée (ALD) en moyenne chaque année, ce qui représente un taux brut annuel de 2 869 admissions en ALD pour 100 000 habitants.

Sur la période, chez les Hommes, comme chez les Femmes, l'hypertension artérielle sévère est la première cause d'admissions en ALD (38 % des nouvelles admissions en ALD chez les Femmes, 29 % chez les Hommes), suivie du diabète de types 1 et 2 (23 % chez les Femmes et chez les Hommes) et des tumeurs (8 % chez les Femmes, 14 % chez les Hommes).

Le taux standardisé d'admissions en ALD est significativement supérieur au niveau régional.

En effet, la commune se distingue de l'ensemble de la Guadeloupe pour certaines maladies. Ainsi, les femmes du Moule sont davantage concernées par les admissions en ALD pour « hypertension artérielle sévère », « diabète de types 1 et 2 », « polyarthrite rhumatoïde évolutive » et « affections psychiatriques de longue durée », mais elles le sont moins par celles liées à la « maladie d'Alzheimer et autres démences ».

De 2006 à 2010, 360 admissions en ALD en moyenne par an sont survenues avant l'âge de 65 ans, soit 60 % des admissions.

L'hypertension artérielle sévère est la première cause d'admissions en ALD avant 65 ans (35 % chez les femmes, 27 % chez les hommes), suivie du diabète de types 1 et 2 (25 % chez les femmes, 28 % chez les hommes).

Avant 65 ans, le taux standardisé d'admissions en ALD pour les habitants du Moule est significativement supérieur à la moyenne régionale. Il atteint 2 113 pour 100 000 chez les Mouliens contre 1 818 pour l'ensemble des Guadeloupéens.

5.3 Risques sanitaires et environnementaux

La Guadeloupe est confrontée à de nombreux risques naturels :

- **Risque sismique** : La Guadeloupe est située dans l'arc des Petites Antilles, zone de sismicité forte selon le zonage sismique en vigueur depuis le 1er mai 2011. Il s'agit d'une zone de subduction où les plaques Nord et Sud-américaines plongent sous la plaque Caraïbes à une vitesse de l'ordre de 2 cm/an.
- **Risque cyclonique** : Toutes les communes de la Guadeloupe sont exposées au phénomène cyclonique et plus particulièrement aux effets des vents dévastateurs et aux inondations induites par les fortes précipitations.

- **Risque inondation** : Le climat tropical humide de la Guadeloupe en fait une région à haut risque d'inondation. Différents types d'inondation sont observés : les crues des cours d'eau, les inondations de plaine ou pluviales (saturation des sols par les pluies), le ruissellement pluvial et la submersion marine.
- **Risque glissement de terrain** : Les mouvements de terrains peuvent se manifester par des glissements, des effondrements ou des chutes de blocs rocheux. Ils sont la conséquence des séismes ou des fortes saturations des sols en eau. En Guadeloupe, l'ensemble des îles est exposé à des mouvements de terrain, de natures diverses et à des degrés divers.
- **Risque tsunami** : La Guadeloupe peut connaître deux types de tsunamis : local, qui peut frapper les côtes en quelques minutes, et d'origine lointaine ou régionale, qui peut toucher les côtes entre quelques dizaines de minutes et plusieurs heures, suivant l'éloignement de la source.
- **Risque volcanique** : La Soufrière est un volcan actif, de type explosif. L'étude de son passé, depuis environ 200 000 ans, révèle différents types d'éruptions (magmatiques, à écoulement sectoriel et phréatiques). Des phénomènes d'écoulement de boues et de séismes volcaniques peuvent se produire au cours de ces éruptions. Certaines communes sont directement vulnérables, d'autres partiellement, et le reste pouvant être concerné par les retombées de cendres (suivant la direction des vents et la puissance de l'éruption) et par les coulées de boues

Selon l'Institut Pasteur, les risques sanitaires touchant la Guadeloupe sont essentiellement liés à la Dengue, au Chikungunya, à l'hépatite A et à la typhoïde.

Enfin, compte tenu du nombre important de passages, la Guadeloupe est particulièrement exposée au risque de pandémie.

6 Analyse du domaine d'étude

6.1 *Description de l'environnement immédiat*

Le lieu-dit « Gardel » compte plusieurs habitations dispersées.

Les habitations les plus proches du site se trouvent au Nord, à l'Est et au Sud-Est. Les secteurs Ouest et Sud-Ouest, essentiellement occupés par des champs de canne à sucre ne présentent pas d'habitations dans un rayon d'environ 800 m.

A proximité immédiate du site (cf. figure ci-après), se trouvent :

- Au Nord : la plateforme de compostage de la société Sita Verde
- Au sud les installations de la sucrerie Gardel ainsi que la centrale thermique exploitée par la société ALBIOMA

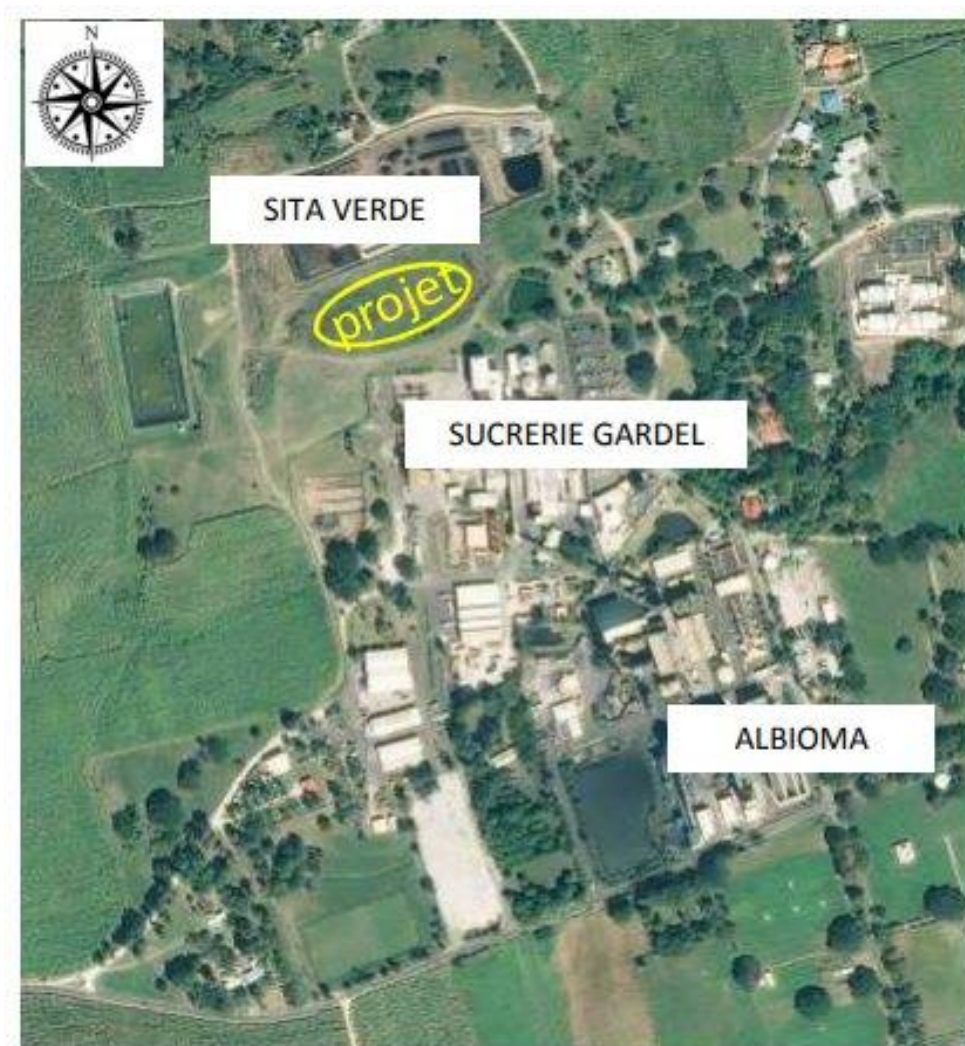


Figure 16: Environnement proche du projet

6.2 *Environnement industriel*

Plateforme de compostage ENERGIE POLE VERDE

La société SITA VERDE est une installation de traitement biologique de déchets non dangereux au titre de la rubrique 3532 de la nomenclature des ICPE.

Le site est autorisé à traiter 156 tonnes/jour, soit 56 940 tonnes par an de déchets organiques.

Les déchets ou matériaux entrants -ou susceptibles d'entrer- sur la plateforme sont :

| | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Des déchets verts - Des boues de STEP urbaines et industrielles - Des déchets de l'industrie agro-alimentaire - Des FFOM | <ul style="list-style-type: none"> - Des fientes - Du fumier - Des matières stercoraires - Des matériaux inertes (sable volcanique et terre végétale entrant dans la fabrication de supports de culture) |
|---|--|

Selon le rapport annuel d'activité et dossier d'information 2018 de cette plateforme : « *la configuration actuelle de l'exploitation permet de limiter les odeurs, et aucune plainte relative à ce sujet n'a été enregistrée en 2018* ».

Sucrerie GARDEL

L'usine produit en moyenne 500 tonnes de sucres par jour. L'activité de la sucrerie est saisonnière : elle fonctionne généralement de février à juillet, c'est-à-dire durant la période de récolte de la canne à sucre.

Le site dispose de sept tours aéroréfrigérantes pour refroidir les eaux chaudes générées lors des process de fabrication. La puissance totale de ces tours est de 122,537 MW de puissance thermique évacuée.

A l'exception du risque de légionelle, et éventuellement les poussières de bagasses, les émissions atmosphériques liés à l'exploitation des installations sont faibles.

Afin de limiter les émissions de poussières, de multiples dispositions sont prises :

- Le convoyeur à bagasse est couvert pour limiter la dispersion de bagasse dans l'air
- Le sucre est stocké en silos fermés et les big bags sont stockés en magasin fermé au fur et à mesure de leur conditionnement
- Des surfaces végétalisées sont aménagées aux abords des locaux administratifs
- La vitesse de circulation est limitée à l'intérieur du site
- Les camions de canne sont bâchés
- Une installation automatique de manutention et de vidage des sacs à chaux avec système d'aspiration des poussières émises a été mise en place

Compte-tenu de l'ensemble de ces dispositions, les rejets atmosphériques sont négligeables.

Centrale thermique ALBIOMA

En Guadeloupe, la centrale thermique biomasse ALBIOMA du Moule fournit 31 % de l'électricité disponible sur le réseau.

Durant les campagnes sucrières, la centrale du Moule utilise la bagasse, un résidu fibreux issu de la canne à sucre, pour produire de l'électricité renouvelable et de la vapeur basse pression.

D'ici 2023, la troisième tranche de la centrale du Moule sera convertie à la biomasse.

Le site dispose de :

- Deux chaudières mixtes identiques charbon/biomasse de puissance thermique unitaire de 91 MWth en charbon et 124 MWth en biomasse
- Deux tours aéroréfrigérantes
- Un silo de stockage de charbon concassé d'une capacité de 1600 tonnes
- Un stockage couvert de bagasse d'un volume totale de 6500 m³

Les tours d'aéroréfrigérantes rejettent en majorité de la vapeur d'eau.

Le principal risque associé à ce type de rejet est le risque de légionellose.

Les stockages de charbon et de bagasse étant couverts, les émissions sont très limitées.

Aussi, les deux chaudières sont les principales sources d'émission de cette installation.

L'impact de ces rejets sur la qualité de l'air est évalué à l'aide d'une simulation numérique et sur la base des données disponibles dans l'arrêté préfectoral N°2010-1289 AD/1/4 du 26 octobre 2010.

Le modèle et la méthodologie utilisés sont présentés dans la partie « Analyse des impacts ».

Les données considérées pour caractériser les sources d'émissions de cette centrale sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 9: Emissions provenant des chaudières de la centrale thermique ALBIOMA

| Sources | Hauteur | Diamètre | Débit nominal | Valeur limites d'émission [mg/Nm ³] | |
|--------------------|---------|----------|---|---|------------------------|
| Conduit N°1 | 54 m | 2,6 m | <i>En mode charbon</i> | <i>En mode charbon</i> | <i>En mode bagasse</i> |
| Conduit N°2 | | | 259 600 Nm ³ /h 260 jours/an | | |
| | | | <i>En mode bagasse</i> | | |
| | | | 483 500 Nm ³ /h 90 jours/an | COV : 6 | COV : 5 |

Les cartographies des concentrations calculées figurent ci-après.

Nota Bene : Ces cartographies sont présentées à titre purement indicatif, en vue d’estimer l’aire d’influence des rejets de la centrale.

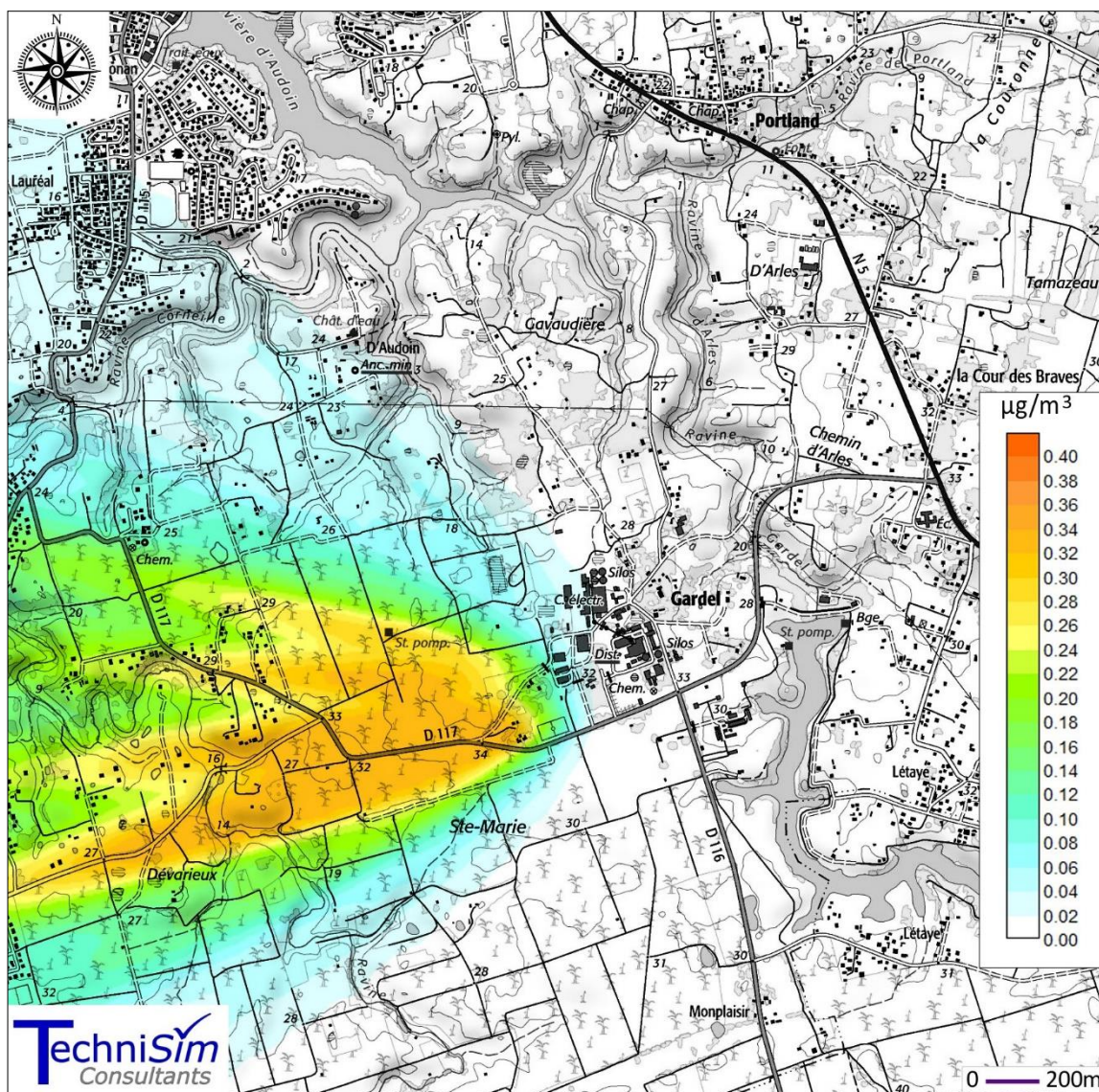


Figure 17: Cartographie de l’impact de rejet de la centrale ALBIOMA – particules PM10 – moyenne annuelle

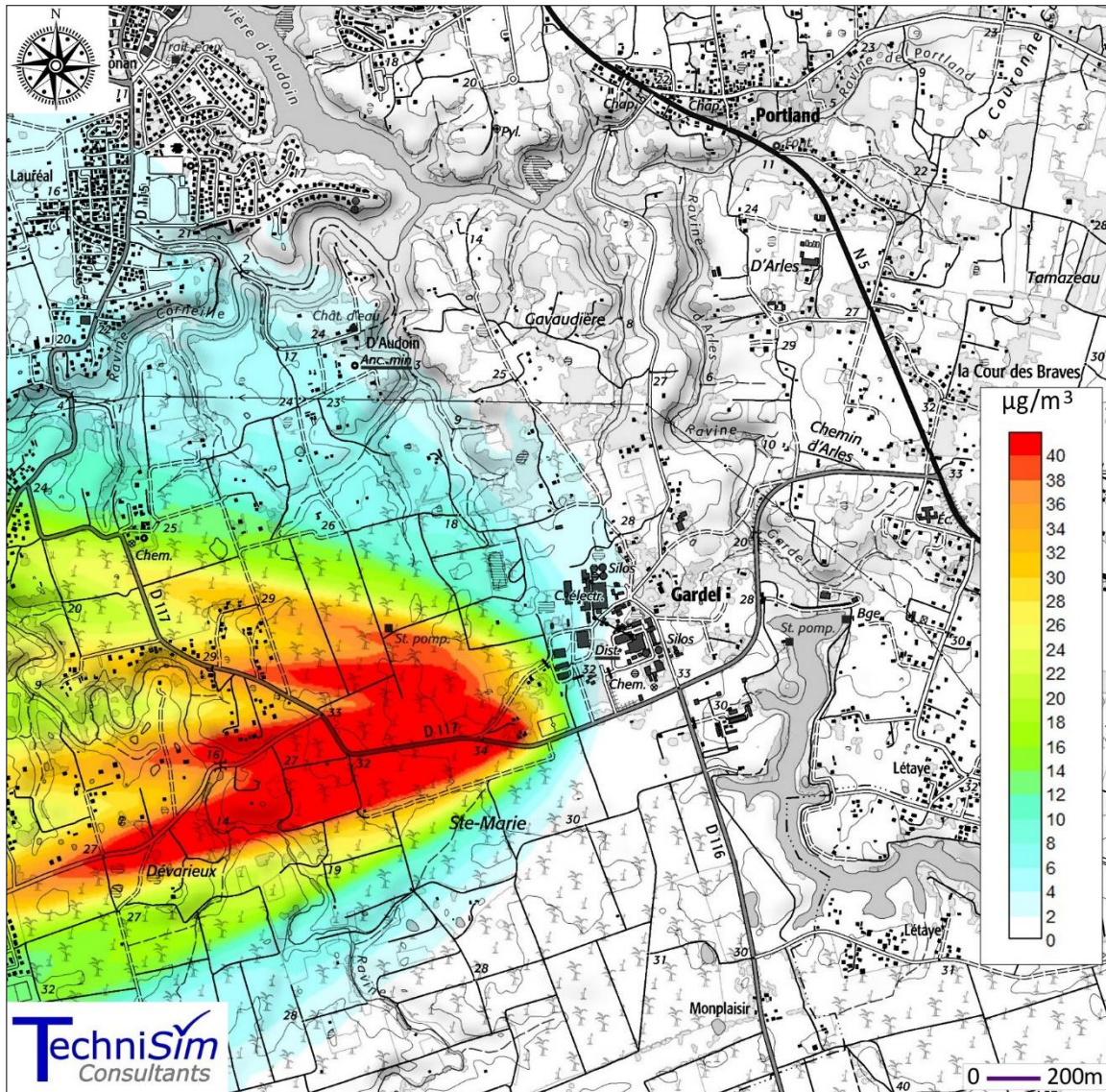


Figure 18: Cartographie de l'impact de rejet de la centrale ALBIOMA – dioxyde d'azote – moyenne annuelle

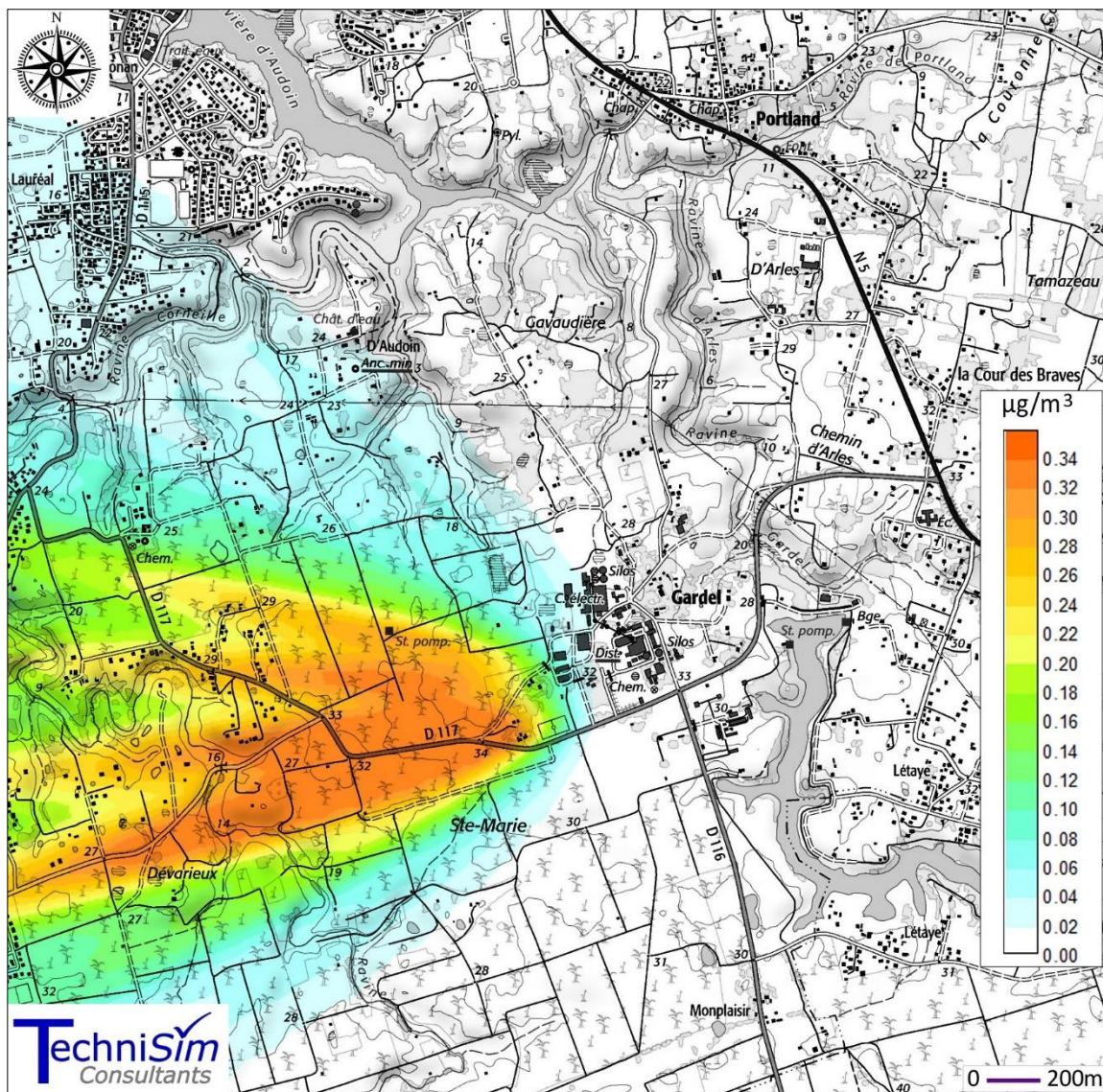


Figure 19: Cartographie de l'impact de rejet de la centrale ALBIOMA – COV – moyenne annuelle

Il est possible de constater que les rejets de la centrale impactent les parcelles situées au Sud-Ouest du projet.

6.3 Environnement humain

6.3.1 Population de la commune Du Moule

La population du Moule a augmenté de 1982 à 2012. Depuis, on constate une inversion de cette tendance, passant de 22 689 habitants en 2012 à 22 150 habitants en 2017 pour une densité de 267,4 habitants/km² (source : INSEE 2017).

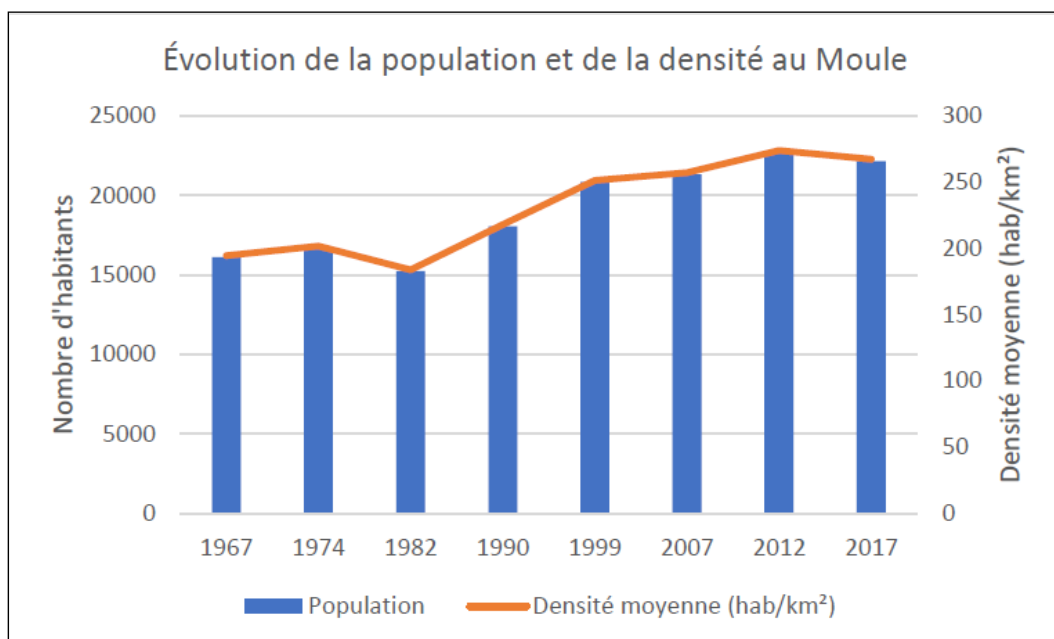


Figure 20: Évolution de la population et de la densité au Moule entre 1967 et 2017 (Insee 2017)

Entre 2007 et 2017, la population des moins de 45 ans a diminué au Moule, tandis que la population des plus de 45 ans a augmenté.

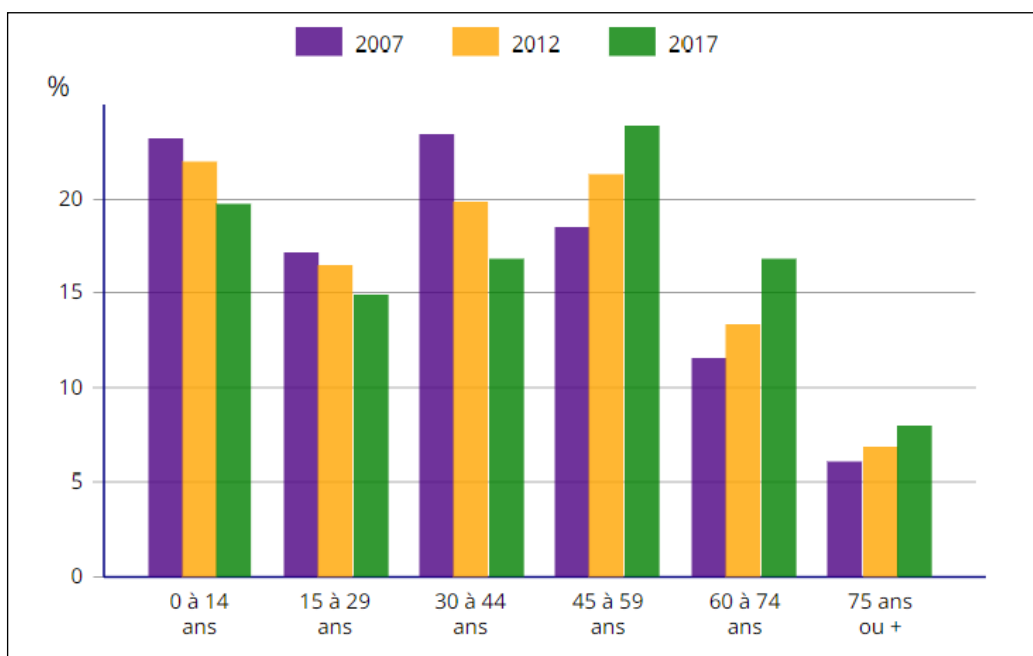


Figure 21: Population par tranches d'âge au Moule (Insee 2017)

Selon la répartition des catégories socioprofessionnelles en 2017, près de la moitié de la population est à la retraite ou sans activité professionnelle (respectivement 25 % et 23 % de la population).

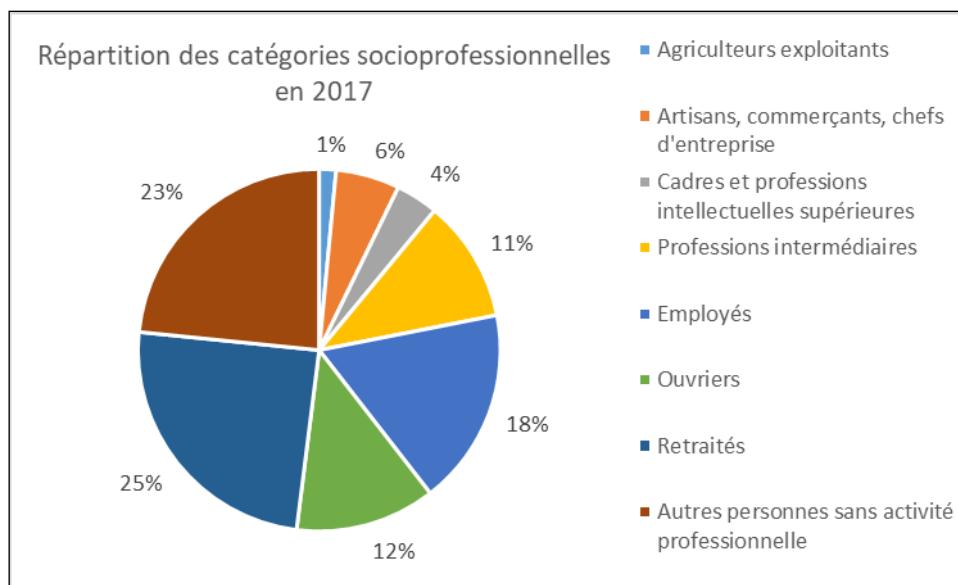


Figure 22: Répartition des catégories socioprofessionnelles au Moule en 2017 (Insee 2017)

6.3.2 Établissements vulnérables

Les établissements dits vulnérables/sensibles sont des sites recevant du public ou bien des personnes vulnérables. Ces établissements peuvent être :

- Des crèches, écoles maternelles, élémentaires, primaires ;
- Des collèges, lycées, universités, centres de formation ;
- Des hôpitaux, cabinets médicaux, cliniques, EHPAD, centres de rééducation/réadaptation ;
- Tout autre établissement pouvant recevoir du public.

Au total, un bâtiment vulnérable/sensible (EHPAD) est recensé autour du site d'étude.

Tableau 10: Établissements vulnérables/sensibles

| Etablissements | Capacité | X – UTM 20N | Y – UTM 20N | Distance par rapport au projet |
|--|-------------|-------------|-------------|--------------------------------|
| Ecole maternelle A.DEBIBAKAS | 96 | 679888 | 1803930 | 1374 mètres |
| Ecole élémentaire A.DEBIBAKAS | 178 | 679891 | 1803898 | 1373 mètres |
| Ecole maternelle LAURA FLESSEL | 99 | 678174 | 1805852 | 2162 mètres |
| Ecole maternelle MARIE-EVA DUPUIITS | 215 | 676700 | 1805782 | 2757 mètres |
| Ecole maternelle POMBIRAY | 71 | 681101 | 1801396 | 3466 mètres |
| Ecole maternelle DUBEDOU | 77 | 682670 | 1802582 | 4294 mètres |
| Ecole élémentaire GALLERON | 219 | 678116 | 1805640 | 1964 mètres |
| École élémentaire GIRARD ARISTIDE | 373 | 676760 | 1805693 | 2651 mètres |
| Ecole élémentaire BOISVOISIN | 150 | 676675 | 1801605 | 2813 mètres |
| Ecole élémentaire POMBIRAY | 97 | 681101 | 1801343 | 3501 mètres |
| Ecole élémentaire DUBEDOU | 111 | 682644 | 1802627 | 4257 mètres |
| Ecole primaire privée Externat Saint-Joseph du Moule | 405 | 676830 | 1806310 | 3098 mètres |
| Collège de Guenette | Non précisé | 678389 | 1805615 | 1900 mètres |
| Collège Saint-Dominique | Non précisé | 676550 | 1805955 | 2986 mètres |
| EHPAD Soleyano | 80 | 679036 | 1803751 | 507 mètres |
| EHPAD Résidence Emeraude | 24 | 680017 | 1805817 | 2571 mètres |
| Stade municipale du Moule | - | 677049 | 1805050 | 1991 mètres |

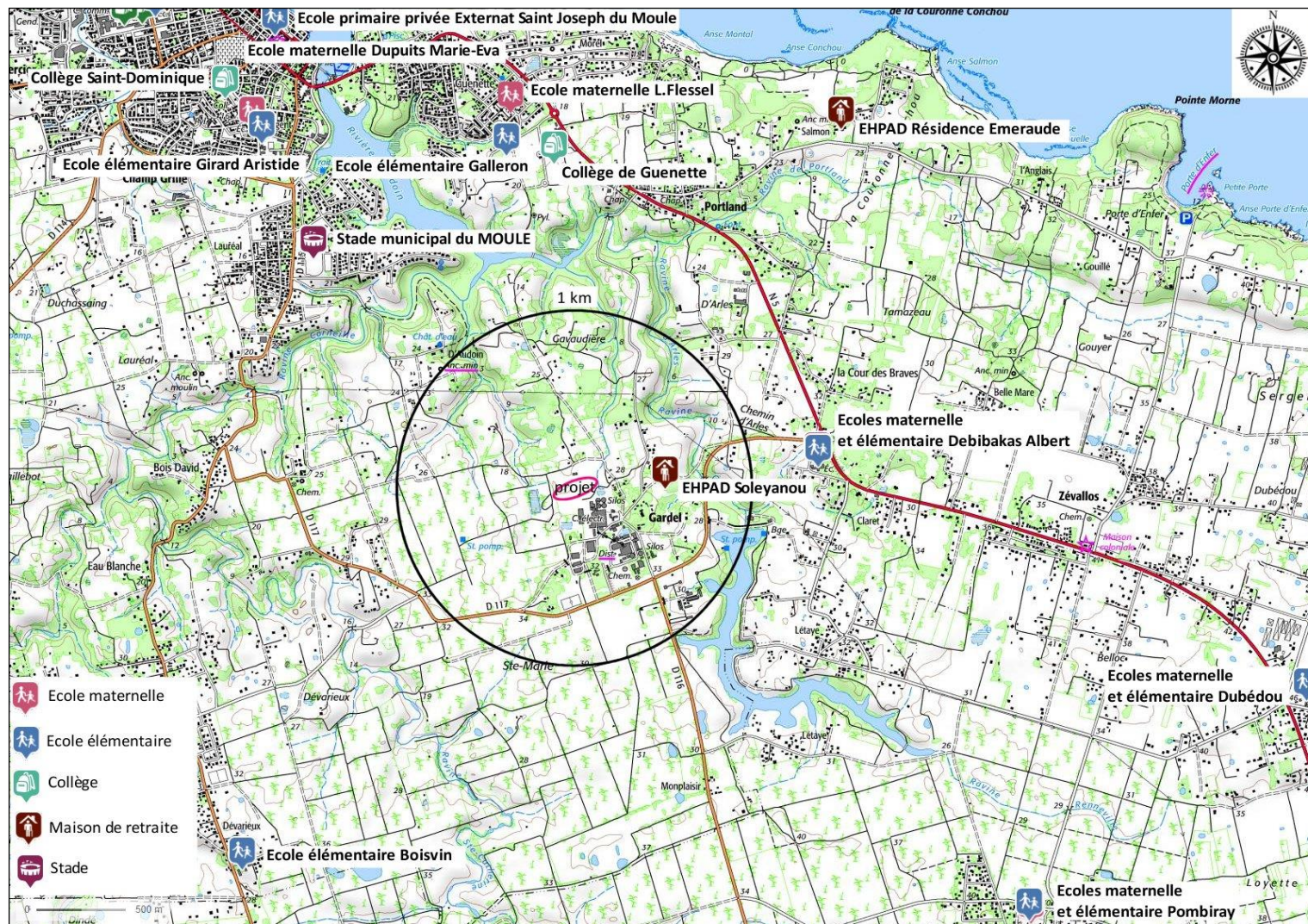


Figure 23: Localisation des établissements vulnérables/sensibles autour du projet

7 Environnement sonore

Les dernières mesures sonores ont été réalisées par la société Phoenix Acoustique en 2018. Les points de mesure sont repérés sur la carte ci-dessous.



Figure 24 : Emplacement des points de mesure d’émissions sonores (Source : Phoenix Acoustique 2018)

Au niveau du point 3, les émergences mesurées lors de cette campagne étaient supérieures à la valeur limite.

Les résultats des mesures sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11 : Résultats de la campagne de mesures sonores de 2018 (Source : Phoenix Acoustique 2018)

| Point | Période | Niveaux de bruit admissibles en limite de propriété <i>Valeurs en dB(A)</i> | Émergence dans les Zones à Emergence Réglementée (ZER) |
|---------|---------|--|---|
| | | | Bruit ambiant supérieur à 45 dB(A) <i>Valeurs en dB(A)</i> |
| Point 1 | Jour | < 70 | Non Applicable |
| | Nuit | < 60 | Non Applicable |
| Point 2 | Jour | < 70 | Non Applicable |
| | Nuit | < 60 | Non Applicable |
| Point 3 | Jour | Non Applicable | 6 |
| | Nuit | Non Applicable | 2 |
| Point 4 | Jour | Non Applicable | 4,5 |
| | Nuit | Non Applicable | 1,5 |

Les émissions sonores de l'usine GARDEL doivent respecter des valeurs limites définies par arrêté préfectoral.
 En 2018, les émergences sonores étaient supérieures à la valeur limite sur un point de mesure.

8 Synthèse de l'état initial

Les éléments importants de l'état initial sont synthétisés dans le tableau et la figure ci-après.

Tableau 12: Synthèse de l'état initial

| Thématiques | Synthèse des éléments | Enjeu(x) |
|---|--|--|
| Qualité de l'air | <p>Les niveaux de pollution sont généralement faibles et homogènes sur l'ensemble de la zone pour le dioxyde d'azote et les particules PM10 en moyenne annuelle.</p> <p>Toutefois, pour les particules PM10, des pics épisode de pollution sont recensés et concernent tout le territoire.</p> <p>La commune du Moule n'est pas concernée par la problématique des sargasses.</p> <p>Trois industries sont implantées à proximité immédiate du projet.</p> | <p>Parmi ces trois installations, seul la centrale ALBIOMA impacte la qualité de l'air de manière non négligeable.</p> <p>→ Enjeu important</p> |
| Qualité de l'eau consommée par les populations | <p>Selon les chiffres-clés de l'eau et de l'assainissement en Guadeloupe 2019, le projet appartient en 2018 à une UDI où :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La conformité bactériologique de l'eau est de bonne qualité (< 5 %) ▪ La fréquence de dépassement à la référence de qualité pour le traitement de l'aluminium et de la turbidité est de bonne qualité (< 5 %) ▪ Il n'y a aucun dépassement de la valeur réglementaire pour le chlordécone | <p>Les critères de qualité et de conformité de l'eau sont remplis au niveau de la zone d'étude.</p> <p>→ Enjeu faible</p> |
| Qualité des sols pour les exploitations agricole | <p>Des parcelles agricoles sont situées à l'Ouest et au Sud du projet.</p> | <p>Des parcelles agricoles (cane à sucre) sont situées à proximité immédiate du projet.</p> <p>→ Enjeu important</p> |

| | | |
|---------------------------|--|---|
| Population exposée | Le site est entouré d'autres bâtiments industriels, de parcelles agricoles et d'habitations. | Quelques habitations sont recensées au Nord et à l'Est du site, ainsi qu'un EHPAD (bâtiment vulnérable) à environ 300 m du site. → Enjeu modéré |
|---------------------------|--|---|

La planche ci-après illustre la synthèse des enjeux.

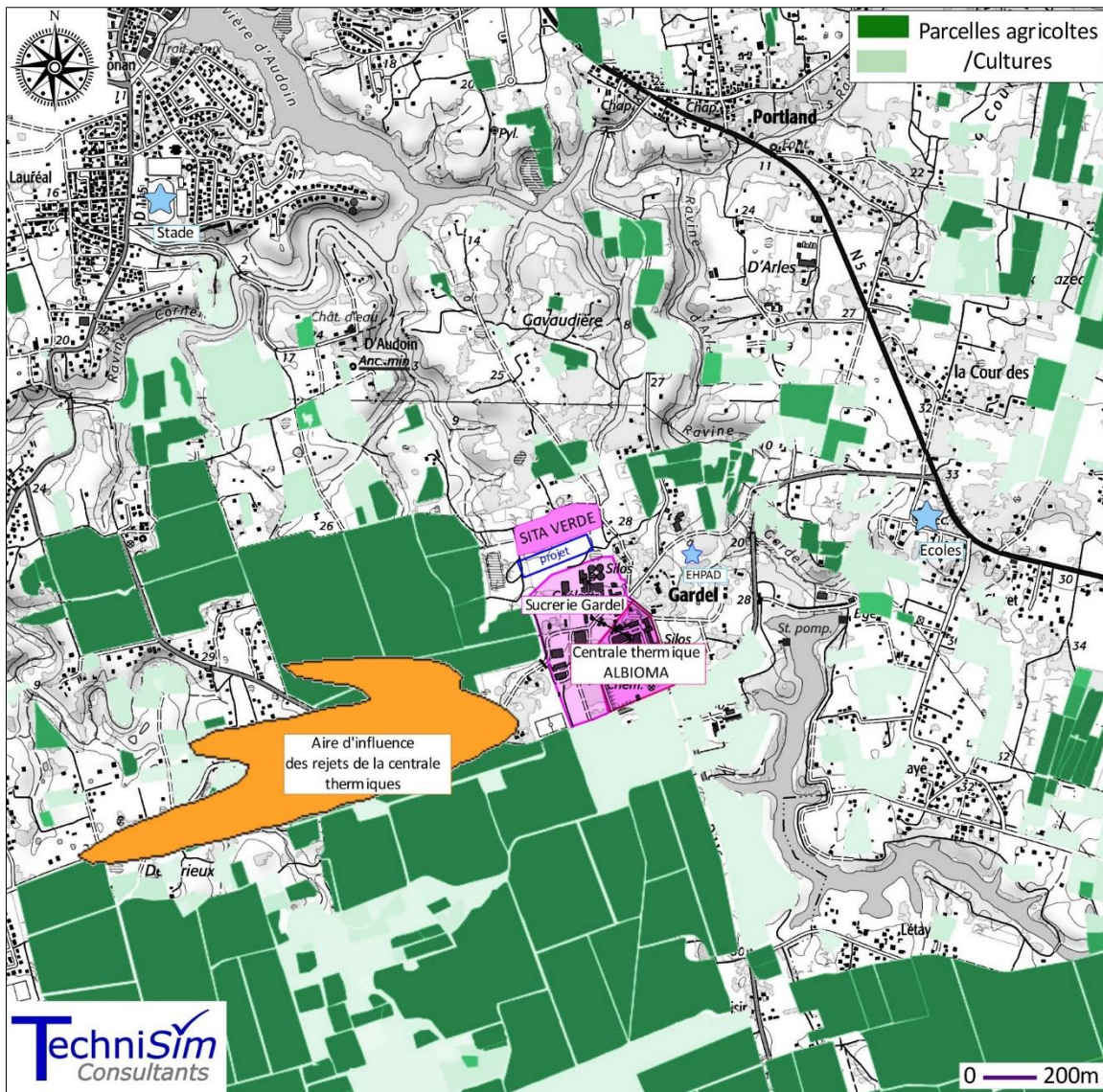


Figure 25: Cartographie de la synthèse des enjeux de l'état initial

Évaluation des impacts

Plateforme de compostage

9 Impacts des activités de la plateforme sur la qualité de l'air

Les activités du site vont engendrer des rejets dans l'environnement.

Les impacts de ces rejets sur les populations, en termes de santé, sont analysés à l'aide d'une Évaluation des Risques Sanitaires [ERS].

La méthode consiste à :

- Identifier les sources d'émissions et composés émis ;
- Evaluer leurs :
 - o Devenir dans l'environnement, à l'aide de la simulation numérique ;
 - o Impacts sur la santé, à l'aide d'une Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires [EQRS].

9.1 Identification des sources d'émissions

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

- Aqueuses
- Issues des rejets de produits chimiques
- Atmosphériques
- Sonores

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

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

9.1.1 *Identifications des rejets aqueux*

Selon les données précisées dans l'étude d'impact, des dispositions seront mises en place sur l'installation afin d'empêcher tout transfert d'eau usée vers les eaux souterraines et de surface.

Ainsi, le projet n'entraînera pas de rejets d'eaux usées ou souillées dans le milieu naturel.

L'impact sanitaire des effluents liquides apparaît négligeable. Il ne sera pas pris en compte dans l'évaluation des risques sanitaires.

→ Ces rejets ne seront pas considérés dans la suite de cette étude.

9.1.2 Identification des rejets atmosphériques

Les émissions liées aux activités de la plateforme sont schématisées sur la figure ci-après.

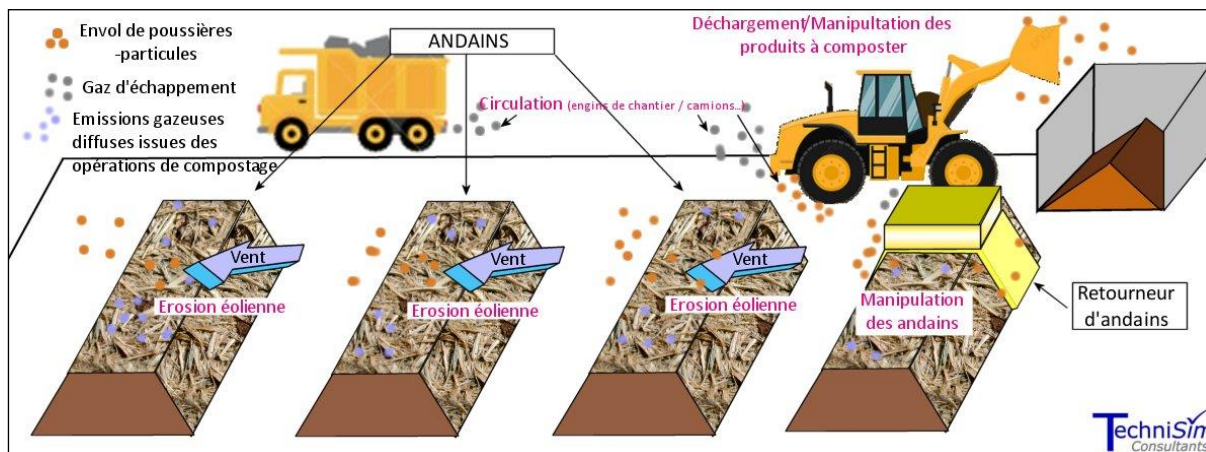


Figure 26: Identification des émissions atmosphériques liées aux activités de la plateforme

Dans un premier temps, il est distingué les émissions particulaires des émissions gazeuses.

Dans un second temps, les sources identifiées seront caractérisées en fonction de leur fréquence et de leur importance.

Émissions de poussières/particules

Certaines activités de la plateforme vont émettre des poussières et des particules. Il s'agit notamment :

- Des opérations de manipulations des produits à composter ;
- De la circulation des engins/véhicules sur des voies non enrobées/pavées ;
- De l'érosion éolienne des andains.

A cela s'ajoutent les gaz d'échappement des engins/véhicules qui contiennent également des particules.

Les activités de compostage entraînent l'émission de poussières, notamment des poussières organiques appelées également bioaérosols. Ces bioaérosols sont constitués de matières végétales, de micro-organismes vivants et morts (bactéries, moisissures et levures, virus, parasites) ainsi que des constituants et fragments de ces micro-organismes, des toxines et des métabolites (Rylander and Jacobs 1994 ; ACGIH, 1999 ; Douwes et al, 2003).

L'émission et la dispersion de bioaérosols en plate-forme de compostage sont avant tout liées aux activités d'agitation mécanique et de manipulation des matières (Epstein et al, 2001 ; Millner et al, 1994 ; Sanchez Monedero et al, 2005, Schlosser et al, 2009 ; Spencer et Alix, 2006 ; Swan et al, 2003 ; Wouters et al, 2006).

Émissions gazeuses

Les émissions gazeuses émises par les activités de la plate-forme sont bien entendu diverses, mais il est toutefois distingué deux grandes catégories :

- Les émissions diffuses au niveau des andains issues des différentes transformations physico-chimiques des produits compostés ;
- Les gaz d'échappement des engins/véhicules.

Emissions générées lors du compostage

Les processus biologiques intervenant dans le compostage s'accompagnent de production de gaz. Ces processus sont présentés en annexe N°2.

Les composés gazeux produits par l'action des micro-organismes sont variés :

- La vapeur d'eau et le dioxyde de carbone sont les principaux gaz émis en masse puisqu'ils proviennent directement de la dégradation de la matière organiques.
- La production de méthane [CH₄] résulte de la biodégradation anaérobie de la matière organique.
- Sous l'action des bactéries, l'azote organique est minéralisé sous forme principalement d'ion ammonium [NH₄⁺] au sein du biofilm venant s'ajouter à l'azote minéral initialement présent en début de compostage. Une partie de cet azote est volatilisé sous forme d'ammoniac [NH₃].
- L'ammonium en solution est soumis aussi à des transformations biochimiques complexes aboutissant en proportions très variables à des émissions d'azote moléculaire [N₂] et à de protoxyde d'azote [N₂O].
- D'autres gaz sont émis en quantités limitées : hydrogène sulfuré [H₂S], composés organiques volatils [COV], monoxydes d'azote/de carbone, etc.

L'ammoniac est un composé produit en compostage principalement pendant la dégradation de la matière organique azotée.

Son émission est maximale pendant la fermentation où la dégradation est importante et la température élevée (Jiang et al, 2011), puis diminue avec le temps quand la teneur en NH₄⁺ de la

matrice est inférieure, les températures sont moins élevées et les organismes nitrifiants sont plus actifs.

Le protoxyde d'azote peut être émis :

- Au démarrage du procédé de compostage avec aération forcée ;
 - Pendant les retournements ;
 - En maturation, comme sous-produit des mécanismes de nitrification/dénitrification.
- La maturation est une étape clé pour l'évaluation des émissions de N_2O . Le flux instantané d'émission est élevé et ceci peut durer plusieurs semaines (Bacheley et al, 2008).

Mis à part les cas de déchets organiques ou minéraux particuliers², les composés soufrés constituent une portion négligeable des émissions gazeuses associées au compostage.

Ils sont cependant responsables de nombreux problèmes de nuisances olfactives.

La présence de composés soufrés dans les émissions gazeuses d'un compost est principalement associée à des problèmes d'anaérobiose.

Les mercaptans et sulfures d'alkyles proviennent de la décomposition anaérobie ou aérobie des acides aminés soufrés constitutifs des protéines, ou de la dégradation d'autres molécules organiques contenant du soufre sous forme réduite et alkylée.

L'émission des composés soufrés réduits est :

- Minimale lorsque le compost est bien géré et bien aéré
- Maximale pendant les phases de retournement
- Fortement diminuée avec le temps et l'avancement de la fermentation aérobie, lorsque la teneur en soufre de la matrice décroît, que les températures sont plus élevées (phase thermophile) et que les micro-organismes sulfo-oxydants sont plus actifs. Une étude sur le compostage de déchets alimentaires réalisée en laboratoire rapporte que les émissions de COV soufrés (principalement diméthylsulfure et diméthyldisulfure) culminent au bout de 2 à 4 jours de compostage, puis diminuent fortement jusqu'à devenir négligeables au bout de 10 jours d'incubation (Wu et al, 2010)

Les résultats de la littérature indiquent que les déchets verts sont :

² Déchets de construction riches en plâtre, effluents d'abattoirs, carcasses animales, déchets alimentaires, algues marines, champignons.

- Source de terpènes [pinède] dans des conditions aérobiques³
- Source d'alcools en conditions anaérobiques⁴.

A l'arrivée sur un site de compostage, un déchet émet déjà des COV en quantité plus ou moins importante selon les conditions de pré-stockage, de manipulation et de transport.

Pour le broyage de déchets verts et les deux semaines après-broyage, les émissions de COV des déchets verts broyés sont caractérisées par une présence importante de terpènes (α -pinène, β -pinène, 3-carène, D-limonène) et de composés aromatiques.

Lors du compostage, les études s'accordent sur le fait que les émissions de COV ont lieu au début du compostage. Par la suite, les émissions de COV diminuent en fonction du temps avec parfois quelques pics liés à une reprise d'activité biologique suite à un retournement.

Le rapport *EMISITE préparé pour l'ADEME dans le cadre du programme « Emissions atmosphériques du compostage »* - présente les COVs émis pour le compostage de déchets verts (andains sous aération forcée et andains non aérés avec retournements).

Les groupes de COV plus représentatifs sont :

- **Après le broyage** : les terpènes (α -pinène, β - pinène, 3-carène, D-limonène) et les composés aromatiques ;
- **Pendant l'étape de fermentation** : les cétones, alcools, éthers, terpènes, alcanes et aromatiques (un andain en maturation est caractérisé par la présence de terpènes, alcanes et alcènes).
- **Pour le compost criblé** : les terpènes et cétones.

Caractérisation des émissions selon leur fréquence et leur importance

Les émissions sont maintenant classées selon :

Leur fréquence

- *Sporadiques ou fugitives* ;
- *Semi-permanentes* ;
- *Permanentes*.

Leur importance

- *Faible* ;
- *Modérée* ;
- *Importante* ;

³ Büyüksönmez et Evans, 2007 ; Komilis et al (2004) ; Staley et al, 2006/Maitre et al, 2006 ; ExMCOV] ; Persoons et al, 2010 ; Muller et al, 2004

⁴ Kumar et al, 2011

- Très importante.

Le tableau qui va suivre résume les principales sources identifiées pour le projet examiné.

Tableau 13: Identification des principales sources d'émissions pour le projet examiné

| SOURCES | FREQUENCE | IMPORTANCE DES EMISSIONS |
|---|------------------------------|--|
| DECHARGEMENT DES PRODUITS A COMPOSTER | Sporadique | Particules - Importantes pour les écumes et les cendres - Modérées pour les bagasses - Faibles pour les condensats/sirop de vinasse Gaz - De modérées à importantes |
| RETOURNEMENT DES ANDAINS | Sporadique | Particules et gaz - D'importantes à très importantes |
| ANDAINS | Permanent | Gaz - De modérées à très importantes |
| EROSION EOLIENNE DES ANDAINS | Sporadique à Semi-permanente | Particules - De modérées à importantes selon la vitesse et la direction du vent |
| CIRCULATION DES ENGIN SUR DES VOIES NON PAVEES/ENROBEEES | Semi-permanente | Particules - D'importantes à très importantes Gaz - De modérées à importantes selon les engins/véhicules et selon le mode de conduite |
| CHARGEMENT DU COMPOST | Sporadique | Particules et gaz - De modérée à importantes |

9.2 Devenir des émissions dans l'environnement – simulation numérique

Le devenir des émissions atmosphériques dans l'environnement est évalué à l'aide d'une modélisation numérique de la dispersion.

Afin de prendre en compte les effets de la gravité sur la dispersion des poussières ainsi que les effets du terrain, les modélisations ont été effectuées à l'aide du modèle Lagrangien AUSTAL2000.

9.2.1 Quantification des émissions atmosphériques

Les méthodes et hypothèses employées pour calculer les émissions atmosphériques sont indiquées dans les paragraphes qui vont suivre.

Il faut garder à l'esprit que, dans le cadre de cette étude, il est considéré des hypothèses majorantes de calcul : l'objectif étant ici de maximiser l'exposition des populations.

Quantification des particules émises par les opérations de manipulations des produits

Les opérations de manipulation des produits regroupent les opérations de chargement/déchargement ainsi que les opérations de retournement des andains.

Les facteurs d'émission employés se fondent sur le document de l'US EPA – Chapter 13 : *Miscellaneous Sources - 13.2.4 Aggregate Handling and Storage Piles.*

La quantité de particules émises par les opérations de manipulation des matériaux est calculée 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} | |

La vitesse moyenne des vents pour la période de fonctionnement de la plate-forme (février à juillet) selon les données météorologiques employées est de : **3,52 m/s à 10 mètres du sol.**

Avec cette donnée, il est obtenu les facteurs d'émissions suivants :

Tableau 14: Facteurs d'émissions de particules pour les opérations de manipulations des produits

| Unité : kg/tonne | Bagasse | Boues | Ecume | Cendres | Sirop de vinasse | Compost final |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------|------------------|
| Particules TSP | 9,959E-06 | 1,371E-05 | 7,359E-06 | 1,556E-05 | 9,959E-06 | 9,959E-06 |
| Particules PM10 | 4,710E-06 | 6,483E-06 | 3,481E-06 | 7,361E-06 | 4,710E-06 | 4,710E-06 |
| Particules PM2,5 | 7,133E-07 | 9,817E-07 | 5,271E-07 | 1,115E-06 | 7,133E-07 | 7,133E-07 |

Les quantités de produits manipulés considérées dans les calculs sont reportées dans le tableau ci-après.

Tableau 15 : Produits manipulés

| PRODUITS | Quantité manipulée par jour |
|--|--|
| Ecumes de l'usine GARDEL | 167 m³ mélangé au compost Et 84 m³ stockés en dehors de la plateforme |
| Boues issues des bassins de décantation de lavage des cannes de l'usine GARDEL | 7 m³ |
| Digestat de vinasses de mélasse de la distillerie SIS Bonne-Mère | 53 m³ |
| Cendres de bagasse de l'usine Albioma | 62 m³ |
| Mélange de bagasse et condensat de vinasse de la Distillerie Damoiseau | 135 m³ j |

Les quantités de particules émises avec ces hypothèses sont les suivantes :

- **Particules TSP** : 1583,2 grammes sur la période d'exploitation ;
- **Particules PM10** : 478,8 grammes sur la période d'exploitation ;
- **Particules PM2,5** : 113,4 grammes sur la période d'exploitation.

Quantification des particules émises par l'érosion éolienne

Les facteurs d'émission employés se fondent sur le document de l'US EPA – Chapter 13 : *Miscellaneous Sources - 13.2.5 Industrial Wind Erosion*.

Les facteurs d'émission sont calculés à l'aide de l'équation suivante :

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

- Avec
- 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'événements considérés par an
 - Pi = Potentiel d'érosion [g/m^2]
 - = $58 \cdot (U^* - UT^*)^2 + 25 \cdot (U^* - UT^*)$ si $U^* > UT^*$
 - = 0 sinon
- U^* = vitesse de friction [m/s] (fournie par les données météorologiques)**
- UT^* = vitesse de friction seuil [m/s] = 1,02 m/s pour le compost qui est assimilé à de la terre**

Avec les données météorologiques employées, le potentiel d'érosion calculé est égal à $0,56295 \text{ g}/\text{m}^2$ pour la période de février à juillet.

Les facteurs d'émissions de particules obtenues sont alors les suivants :

- **Particules TSP** : $0,56295 \text{ g}/\text{m}^2$
- **Particules PM10** : $0,28147 \text{ g}/\text{m}^2$
- **Particules PM2,5** : $0,04222 \text{ g}/\text{m}^2$

La plate-forme comporte 30 andains de forme trapézoïdale.

Les caractéristiques géométriques de ces andains sont schématisées sur le graphique immédiatement suivant.



Figure 27: Caractéristiques géométriques d'un andain

Compte tenu de la rose des vents, seuls une face latérale et le dessus d'un andain sont exposés.

Sous cette hypothèse, il est calculé les émissions suivantes pour l'ensemble de la période de fonctionnement de la plate-forme :

- **Particules TSP** : 2465,7 grammes
- **Particules PM10** : 1232,9 grammes
- **Particules PM2,5** : 184,9 grammes

Métaux contenus dans les produits traités

Les produits compostés contiennent des éléments métalliques.

Les taux utilisés ici sont indiqués dans le tableau qui suit.

Ils ont été calculés à partir des données transmises par le BE FILAO INGENIEURS CONSEILS (cf. annexe 3).

Tableau 16 : Teneurs des métaux dans les produits compostés

| [mg/kgMS] | Arsenic | Baryum | Cadmium | Chrome | Cobalt | Cuivre | Fer | Manganèse |
|-------------------------|---------|--------|---------|----------|--------|--------|----------|-----------|
| Bagasse | 2,01 | 0,00 | 0,01 | 11,20 | 0,00 | 14,70 | 0,00 | 0,00 |
| Ecume | 2,34 | 0,00 | 0,22 | 10,02 | 0,00 | 23,21 | 0,00 | 0,00 |
| Cendre | 21,61 | 56,69 | 2,87 | 35,51 | 13,52 | 117,73 | 41061,07 | 2096,27 |
| Sirop de vinasse | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 1,49 | 0,00 | 58,50 | 0,00 | 0,00 |
| Boues | 0,00 | 0,00 | 0,30 | 31,93 | 0,00 | 26,73 | 0,00 | 0,00 |
| [mg/kgMS] | Mercure | Nickel | Plomb | Sélénium | Zinc | | | |
| Bagasse | 0,01 | 6,52 | 1,80 | 5,00 | 24,80 | | | |
| Ecume | 0,10 | 3,33 | 4,02 | 0,00 | 75,50 | | | |
| Cendre | 0,35 | 13,62 | 43,45 | 28,12 | 790,40 | | | |
| Sirop de vinasse | 0,01 | 3,86 | 1,80 | 5,00 | 43,20 | | | |
| Boues | 0,20 | 13,30 | 18,53 | 0,00 | 101,97 | | | |

Quantification des émissions gazeuses issues des andains

Les facteurs d'émissions des composés gazeux sont indiqués dans le tableau ci-après.

Ils proviennent du document de l'Ademe « *Programme de recherche de l'ADEME sur les émissions atmosphériques du compostage - Connaissances acquises et synthèse bibliographique (juillet 2012)* ».

Tableau 17: Facteurs d'émission retenus pour les émissions gazeuses provenant des andains

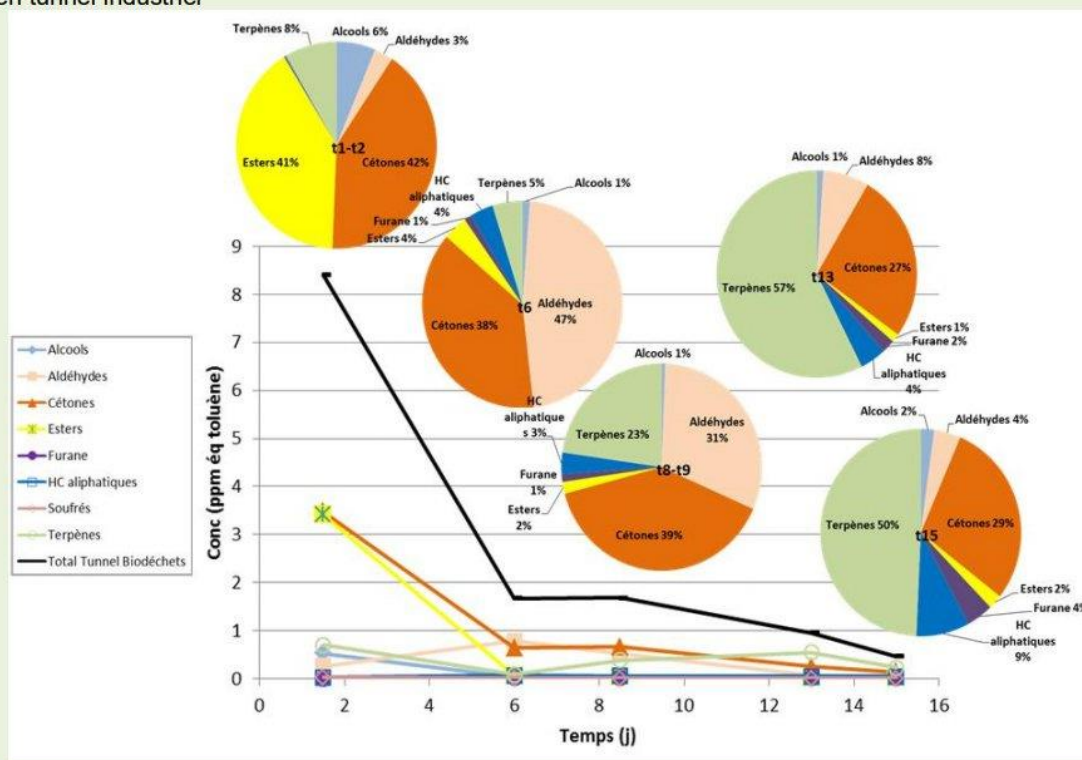
| Composés | Facteurs d'émission retenus | Justification | Source |
|--|---|--|---|
| Ammoniac [NH ₃] | 600 g/tonne MS | Facteur d'émission donné pour un compostage de plus de 6 semaines (alors que les andains sont présents 30 jours sur la plate-forme) | Stredwick et al, 2001 - Ammonia and volatile organic compound (VOC) emissions from a greenwaste composting operation |
| Protoxyde d'azote [N ₂ O] | 1100 g/tonne MS | Centre de l'intervalle [414 gN ₂ O/tMS ₀ , 1749 gN ₂ O/tMS ₀] | Habart et al, 2010 – The role of aeration intensity, temperature regimes and composting mixture on gaseous emission during composting |
| Méthane [CH ₄] | 376 - arrondi à 380 g/tonne MS | Seul facteur d'émission proposé (donné pour un compostage de plus de 6 semaines) | Stredwick et al, 2001 – Ammonia and volatile organic compound (VOC) emissions from a greenwaste composting operation |
| COVNM | Moyenne /30 jours : 5,45 mg/(m ² . min) | 4 mg/(m ² . min) en phase initiale (< 3 jours) et en phase à 2-3 semaines 15,2 mg/(m ² . min) (phase à 3-6 jours) | Kumar et al, 2011 |
| Sulfure d'hydrogène [H ₂ S] | Pour le sulfure d'hydrogène [H ₂ S] et les composés organiques volatils soufrés, le document de l'ADEME ne propose pas de facteur d'émission pour les déchets verts. | | |
| COV - soufrés | Par ailleurs, les thèses et études faites sur des sites de compostage de déchets verts tendent à indiquer que les déchets verts n'émettent pas ces composés. Aussi, par défaut il sera considéré que les facteurs d'émission pour les produits considérés sont égaux à 10% de ceux proposés pour les biodéchets (à savoir 50 g de soufre / (Tonne MS initiale)) soit 5 g de soufre / (Tonne MS initiale)) | | |

La spéciation des COV émis est complexe. Les études réalisées sur différents sites de compostage de biodéchets et de déchets verts laissent voir que les composés émis dépendent de multiples paramètres (non seulement du substrat, mais aussi des conditions opératoires et du stade du processus de compostage).

En raison du manque d'information, la spéciation se basera, par défaut, sur les informations présentées dans le document de l'ADEME pour les biodéchets en tunnel industriel (cf. figure ci-après).

Évolution des teneurs et de la composition en COV des flux gazeux issus du compostage de biodéchets (Résultats BGC1, 2009)

(a) en tunnel industriel



Source - ADEME. 2012. Programme de recherche de l'ADEME sur les émissions atmosphériques du compostage. Connaissances acquises et synthèse bibliographique.

Figure 28 : Evolution des teneurs et de la composition en COV des flux gazeux issus du compostage retenu pour l'étude

Les teneurs pour chaque famille de COV considérés pour la suite de l'étude sont les teneurs moyennes calculées pour une période de 30 jours (Cf tableau ci-après).

Il est également indiqué le traceur considéré pour chaque famille.

| Composés | | Terpènes | Alcools | Aldéhydes | Cétone | Esters | Furannes 1,4-Epoxy-1,3-butadiene | HC aliphatiques |
|----------|----------|------------|-----------|------------|------------|------------|-------------------------------------|-----------------|
| Durée | 5 jours | 8% | 6% | 3% | 42% | 41% | 0% | 0% |
| | 3 jours | 5% | 1% | 47% | 38% | 4% | 1% | 4% |
| | 5 jours | 23% | 1% | 31% | 39% | 2% | 1% | 3% |
| | 2 jours | 57% | 1% | 8% | 27% | 1% | 2% | 4% |
| | 15 jours | 50% | 2% | 4% | 29% | 2% | 4% | 9% |
| | Période | 34% | 2% | 13% | 34% | 10% | 2% | 5% |

Quantification des particules émises par la circulation des engins

Les émissions des engins utilisés pour l'extraction des matériaux sont calculées à l'aide des facteurs d'émission indiqués dans le document de l'INRS référencé **ND 2323-21-10 « Émission diesel performances des filtres à particules pour engins non routiers »**.

Les émissions atmosphériques provenant des camions et des véhicules légers sont calculées à l'aide des normes EURO. Il est supposé que les véhicules légers sont des véhicules diesel respectant la norme EURO V. Pour les poids lourds, il est utilisé les facteurs d'émission du logiciel COPERT.

En sus des gaz d'échappement, la circulation des engins et véhicules sur le site va induire l'émission de poussières. La quantité de poussières émises est calculée selon les formules ci-après.

Au niveau des PM_{2,5}, il est supposé que le ratio PM_{2,5}/TSP est égal à 7,16% (rapport des coefficients K utilisé pour le calcul des émissions provenant de la manipulation des matériaux).

$$E_{TSP} = 1,381 * (s/12)^{0,7} * (P_{véhicule}/2,72)^{0,45} * d_{non\ revêtu} * (1-ER) + 0,076 * d_{revêtu}$$

$$E_{PM10} = 0,423 * (s/12)^{0,7} * (P_{véhicule}/2,72)^{0,45} * d_{non\ revêtu} * (1-ER) + 0,038 * d_{revêtu}$$

$$E_{PM2,5} = 0,06345 * (s/12)^{0,7} * (P_{véhicule}/2,72)^{0,45} * d_{non\ revêtu} * (1-ER) + 0,0057 * d_{revêtu}$$

| | | |
|------|-------------------|--|
| Avec | E_{TSP} | Masse des poussières totales émises [kg] |
| | E_{PM10} | Masse des poussières PM10 émises [kg] |
| | $E_{PM2,5}$ | Masse des poussières PM2,5 émises [kg] |
| | $P_{véhicule}$ | Masse moyenne du véhicule [tonne] |
| | s | Teneur en fine des matériaux de surface [%] ⇒ 1,6% pour les roches massives et 0,8% pour les roches meubles |
| | $d_{non\ revêtu}$ | Distance totale parcourue par les véhicules sur des routes non revêtues [km] |
| | $d_{revêtu}$ | Distance totale parcourue par les véhicules sur des routes revêtues [km] |

Les données considérées pour les calculs sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 18 : Données concernant les engins et la circulation sur le site

| | Quantité | Masse [tonne] | Vitesse de circulation | Estimation de la distance parcourue |
|---------------------|----------|---------------|------------------------|--|
| Poids lourds | 8 | 40 | 30 km/h | Route pavée/Enrobés : 250m aller + 250m retour |
| | 18 | 12 | | |
| Chargeur | 2 | 14 | 10 km/h | Route pavée/Enrobés : 1 km |
| Retourneur | 1 | 12 | 5 km/h | Route NON pavée/Enrobés : 1 km |

Les facteurs d'abattement considérés sont présentés ci-dessous.

Ces derniers proviennent du Guide Carrière BNEIPE.

Tableau 19: Facteurs d'abattement – circulation des engins

| Techniques de contrôle | Facteur d'abattement - ER |
|--|---|
| Pourcentage de jours de pluie durant l'année | Nombre de jours de pluie / an Ici pour la période 0,457 |
| Aucun contrôle | 0% |

Au total, les quantités de particules émises par la circulation des engins et des poids-lourds sont reportées dans le tableau immédiatement ci-dessous.

Tableau 20: Quantités de particules émises par la circulation des engins et des véhicules présents sur le site

| Composé | [gramme/jour] |
|----------------------------|----------------------|
| Particules PM10 | 3,19E-02 |
| Arsenic | 1,96E-08 |
| Cadmium | 7,47E-07 |
| Chrome | 2,90E-06 |
| Cuivre | 3,75E-07 |
| Nickel | 9,62E-07 |
| Plomb | 3,32E-06 |
| Sélénium | 1,77E-09 |
| Zinc | 1,42E-04 |
| Monoxyde de carbone | 21,25 |
| COV | 8,09E-01 |
| Oxydes d'azote | 14,16 |
| Diesel | 8,68E-02 |

9.2.2 Synthèse des émissions atmosphériques liées aux activités du site

Les quantités de polluants émises sur la période de fonctionnement de la plate-forme sont synthétisées dans les tableaux ci-après.

Avertissement : Ces données ne sont valables que pour les hypothèses et les méthodologies présentées.

Tableau 21: Quantité de polluants émis par les activités du site durant la période de fonctionnement

| | Manipulation des produits [kg/période] | Erosion éolienne des andains [kg/période] | Circulation des engins et des poids- lourds [kg/période] | Emissions diffuses des andains [kg/période] |
|---------------------|---|--|---|--|
| Particules TSP | 1583,189 | 21730,957 | 246,272 | |
| Particules PM10 | 748,805 | 10865,478 | 121,167 | |
| Particules PM2,5 | 113,391 | 1629,822 | 4,830 | |
| Arsenic | 1,77E-03 | 2,57E-02 | 2,77E-04 | |
| Brome | 3,73E-03 | 5,42E-02 | 5,75E-04 | |
| Fer | 2,704 | 39,230 | 4,17E-01 | |
| Cobalt | 8,90E-04 | 1,29E-02 | 1,37E-04 | |
| Cuivre | 1,43E-02 | 2,08E-01 | 2,28E-03 | |
| Manganèse | 1,38E-01 | 2,003 | 2,13E-02 | |
| Zinc | 6,23E-02 | 9,05E-01 | 3,52E-02 | |
| Cadmium | 2,10E-04 | 3,05E-03 | 1,68E-04 | |
| Chrome | 4,17E-03 | 6,05E-02 | 1,17E-03 | |
| Mercure | 3,11E-05 | 4,52E-04 | 4,80E-06 | |
| Nickel | 1,97E-03 | 2,86E-02 | 4,78E-04 | |
| Plomb | 3,42E-03 | 4,97E-02 | 1,13E-03 | |
| Sélénium | 2,62E-03 | 3,80E-02 | 4,04E-04 | |
| Monoxyde de carbone | | | 3846,94 | |
| Ammoniac | | | 2,82E-02 | 9596,65 |
| Oxydes d'azote | | | 2563,80 | |
| Diesel | | | 15,72 | |

| | Manipulation des produits [kg/période] | Erosion éolienne des andains [kg/période] | Circulation des engins et des poids- lourds [kg/période] | Emissions diffuses des andains [kg/période] |
|----------------------------|---|--|---|--|
| COV | | | 146,37 | 752,81 |
| Terpènes | | | | 259,468 |
| Alcools | | | | 17,566 |
| Aldéhydes | | | | 97,112 |
| Cétones | | | | 252,943 |
| Esters | | | | 64,992 |
| Furanes | | | | 18,067 |
| HC aliphatiques | | | | 42,659 |
| Protoxyde d'azote | | | | 17593,86 |
| Méthane | | | | 6077,88 |
| Sulfure d'hydrogène | | | | 84,97 |
| COV soufrés | | | | 79,97 en soufre |

Tableau 22: Flux de polluants calculés

| Composés | Flux de polluants [g/s] | Composés | Flux de polluants [g/s] | Composés | Flux de polluants [g/s] |
|----------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| Particules TSP | 1,522 | Arsenic | 1,78E-12 | Ammoniac | 0,614 |
| Particules PM10 | 7,58E-01 | Brome | 3,74E-12 | Protoxyde d'azote | 1,125 |
| Particules PM2,5 | 1,12E-01 | Cadmium | 2,19E-13 | Méthane | 0,389 |
| Monoxyde de carbone | 2,46E-01 | Chrome | 4,21E-12 | Sulfure d'hydrogène | 0,005 |
| Oxydes d'azote | 1,64E-01 | Cobalt | 8,92E-13 | COV soufrés | 0,005 |
| Diesel | 1,01E-03 | Cuivre | 1,44E-11 | | |
| COV | 5,75E-02 | Fer | 2,71E-09 | | |
| Terpènes | 1,66E-02 | Manganèse | 1,38E-10 | | |
| Alcools | 1,12E-03 | Mercure | 3,12E-14 | | |
| Aldéhydes | 6,21E-03 | Nickel | 1,98E-12 | | |
| Cétones | 1,62E-02 | Plomb | 3,47E-12 | | |
| Esters | 4,16E-03 | Sélénium | 2,62E-12 | | |
| Furanes | 1,16E-03 | Zinc | 6,41E-11 | | |
| HC aliphatiques | 2,73E-03 | | | | |

9.3 Devenir des émissions dans l'environnement – Simulation numérique

Le devenir des émissions atmosphériques dans l'environnement est estimé à l'aide d'une modélisation numérique.

Afin de prendre en compte les effets de la gravité sur la dispersion des poussières ainsi que les effets du terrain, les modélisations ont été effectuées à l'aide du modèle Lagrangien AUSTAL2000.

9.3.1 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 vents 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.

9.3.2 Définition des données météorologiques

Ici, les données utilisées pour la simulation proviennent de la station Le Moule-Lauréal (année 2018) dont la rose des vents est illustrée graphiquement ci-après.

Cette station est installée à 2,6 km du site.

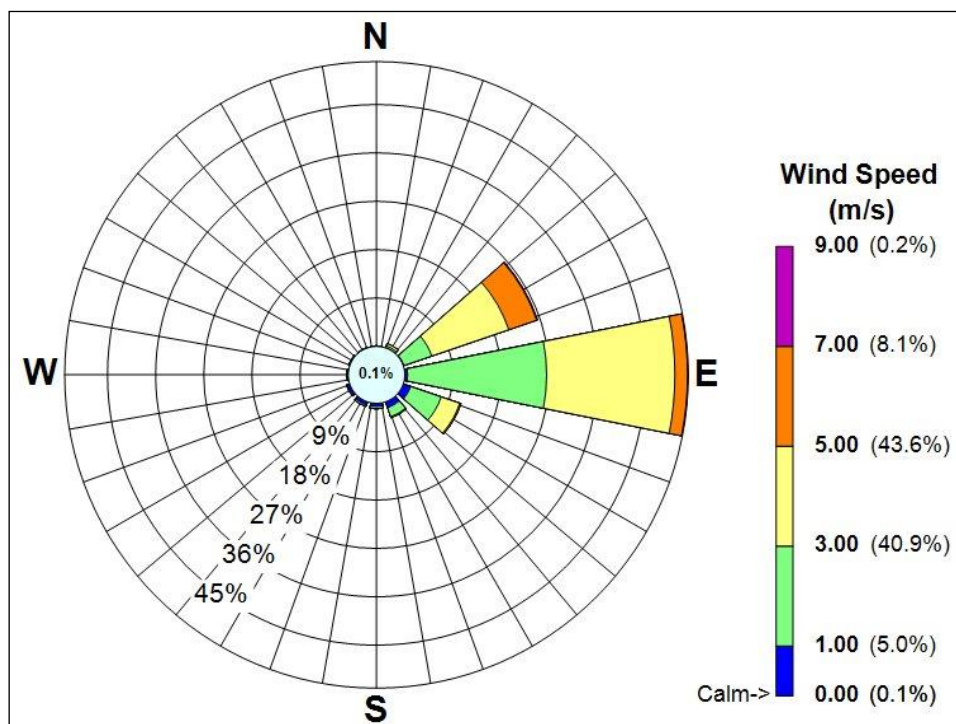


Figure 29 : Rose des vents utilisée pour les modélisations

Pour mémoire : Ces données sont traitées par le préprocesseur Taldia afin d’obtenir une représentation correcte des conditions sur le site. Ce modèle météorologique est basé sur le modèle TALdiames qui est utilisé pour modéliser les champs de vents à une méso-échelle et pour obtenir des champs de vents prenant en compte la topographie du terrain ainsi que le bâti.

9.3.3 Données topographiques

Le terrain numérique a été généré à partir des données de l’IGN [BD-ALTI].

Le modèle AUSTAL2000 dispose d’un préprocesseur qui traite les données météorologiques et génère le champ de vents.

La planche suivante illustre le terrain numérique utilisé pour les calculs.

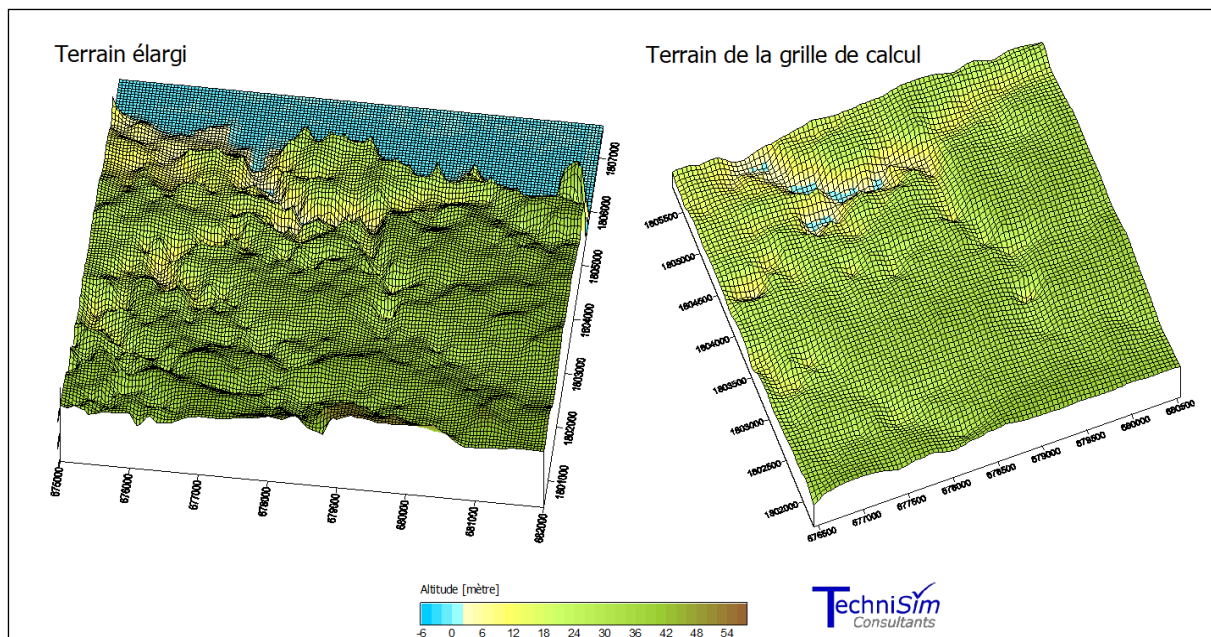


Figure 30 : Modèle Numérique de Terrain (MNT)

La planche suivante représente graphiquement un exemple de champs de vent obtenus avec TALDIA et ce terrain.

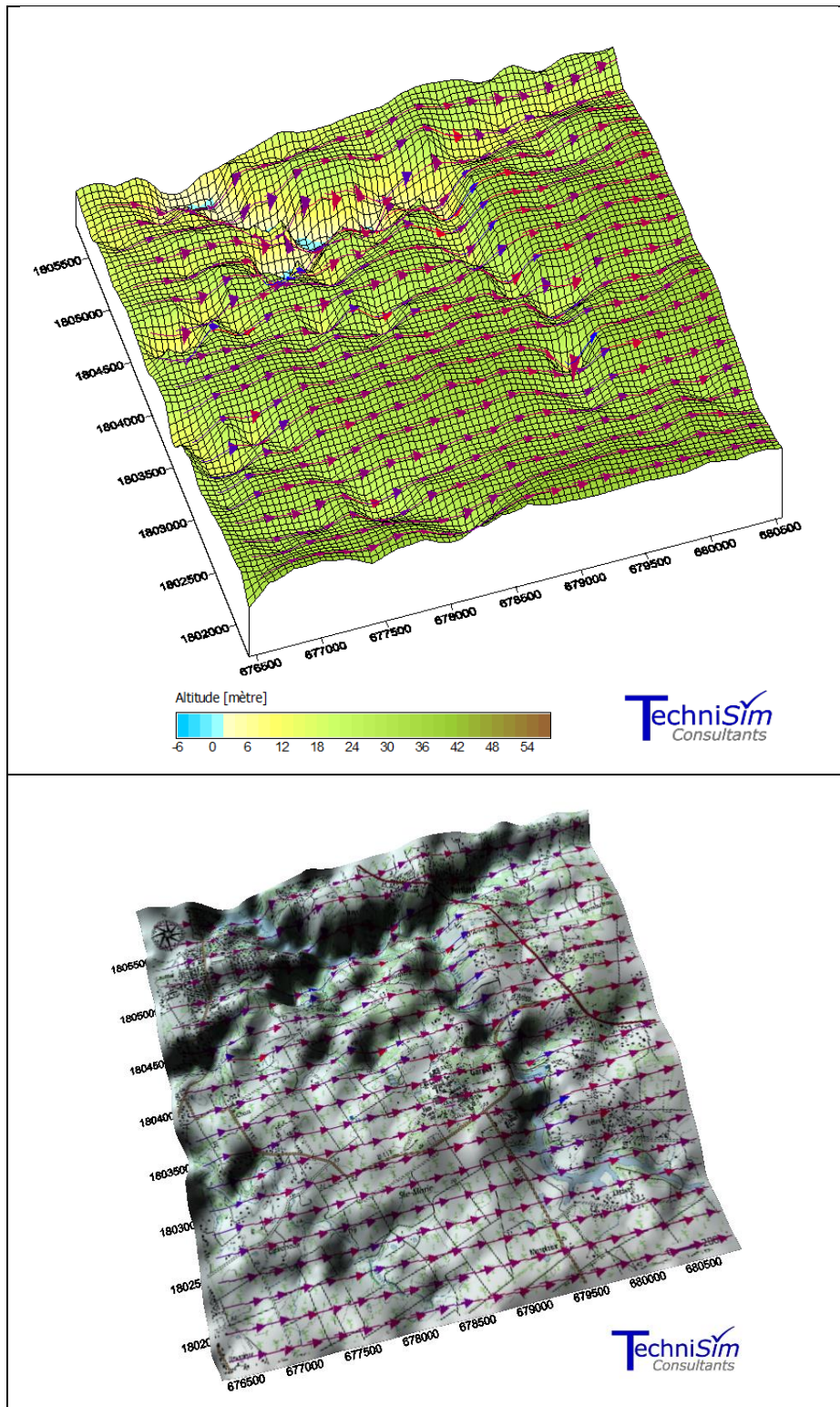


Figure 31 : Exemple de champ de vents obtenus par Taldia

9.3.4 Grille de calculs

La grille de calcul considérée est un polygone de 4,0 km sur 4,0 km (mailles de 50 mètres).

Il est également considéré neuf récepteurs ponctuels ; ces derniers sont repérés ci-dessous.

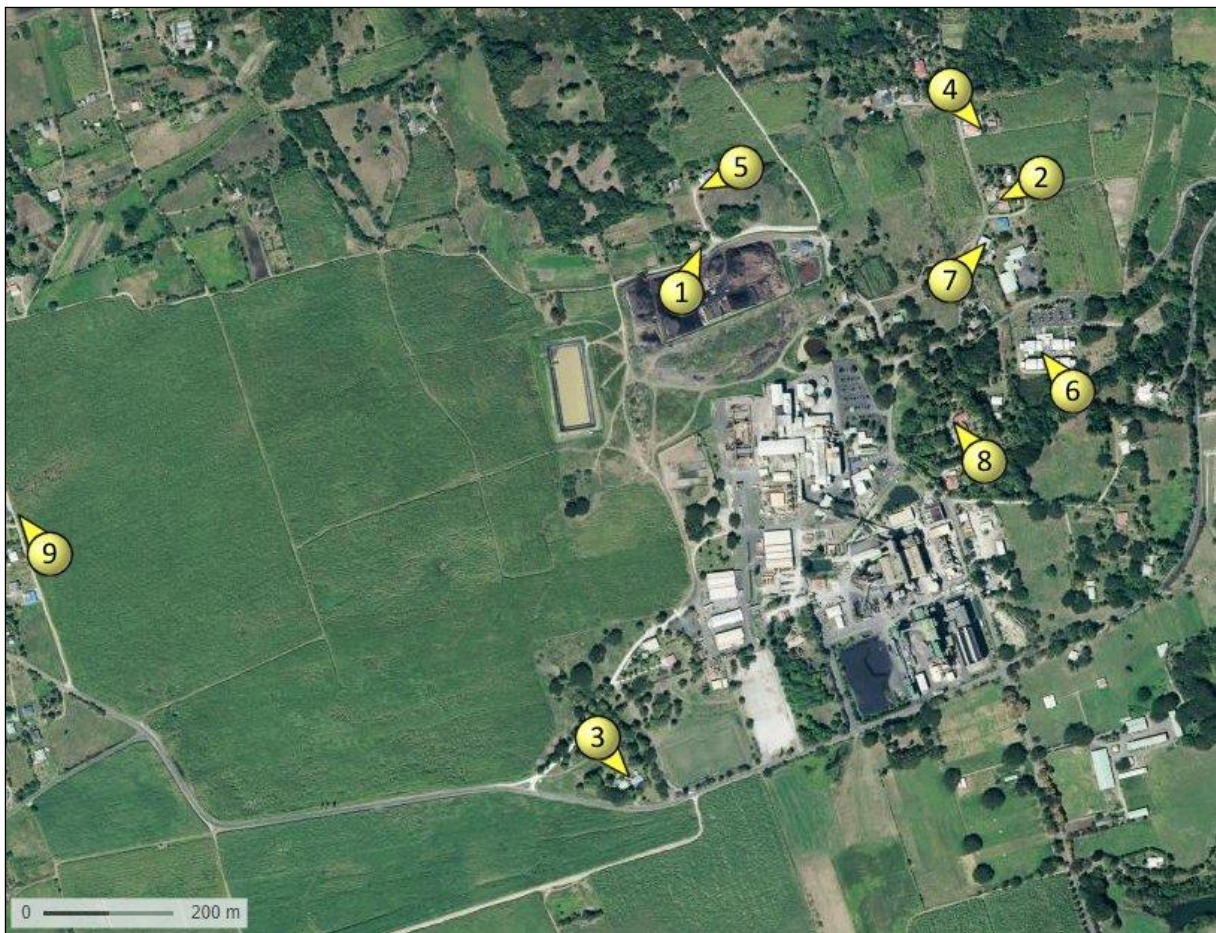


Figure 32 : Emplacements des récepteurs

9.3.5 Résultats des modélisations

Les résultats des calculs sont résumés dans les tableaux qui vont suivre.

Il s'agit des concentrations calculées à l'aide de la simulation numérique.

Tableau 23: Résultats des modélisations pour les composés particuliers – Moyenne sur la période de fonctionnement de la plate-forme

| | Particules TSP | Particules PM10 | Particules PM2,5 | Arsenic | Brome | Fer | Cobalt | Cuivre | Manganèse | Zinc | Cadmium | Chrome | Mercuré | Nickel | Plomb | Sélénium |
|--------------------|----------------|-----------------|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Unité | [µg/m³] | [µg/m³] | [µg/m³] | [µg/m³] | [µg/m³] | [µg/m³] | [µg/m³] | [µg/m³] | [µg/m³] | [µg/m³] | [µg/m³] | [µg/m³] | [µg/m³] | [µg/m³] | [µg/m³] | [µg/m³] |
| Maximum | 20,465 | 10,223 | 1,532 | 2,42E-05 | 5,09E-05 | 3,69E-02 | 1,21E-05 | 1,96E-04 | 1,88E-03 | 9,13E-04 | 2,92E-06 | 5,81E-05 | 4,24E-07 | 2,72E-05 | 4,83E-05 | 3,57E-05 |
| Centile 90 | 4,002 | 1,998 | 0,300 | 4,73E-06 | 9,96E-06 | 7,21E-03 | 2,37E-06 | 3,82E-05 | 3,68E-04 | 1,78E-04 | 5,68E-07 | 1,13E-05 | 8,30E-08 | 5,32E-06 | 9,45E-06 | 6,98E-06 |
| Centile 80 | 1,082 | 0,540 | 0,081 | 1,28E-06 | 2,69E-06 | 1,95E-03 | 6,42E-07 | 1,03E-05 | 9,96E-05 | 4,82E-05 | 1,56E-07 | 3,07E-06 | 2,24E-08 | 1,44E-06 | 2,56E-06 | 1,89E-06 |
| Centile 70 | 0,413 | 0,206 | 0,031 | 4,88E-07 | 1,03E-06 | 7,44E-04 | 2,45E-07 | 3,95E-06 | 3,80E-05 | 1,90E-05 | 6,08E-08 | 1,17E-06 | 8,56E-09 | 5,49E-07 | 9,75E-07 | 7,20E-07 |
| Centile 60 | 0,214 | 0,107 | 0,016 | 2,53E-07 | 5,31E-07 | 3,85E-04 | 1,27E-07 | 2,04E-06 | 1,97E-05 | 9,58E-06 | 3,16E-08 | 6,08E-07 | 4,43E-09 | 2,85E-07 | 5,05E-07 | 3,73E-07 |
| Centile 50 | 0,128 | 0,064 | 0,010 | 1,52E-07 | 3,19E-07 | 2,31E-04 | 7,60E-08 | 1,22E-06 | 1,18E-05 | 5,74E-06 | 1,84E-08 | 3,65E-07 | 2,66E-09 | 1,71E-07 | 3,03E-07 | 2,24E-07 |
| Centile 40 | 0,100 | 0,050 | 0,007 | 1,18E-07 | 2,48E-07 | 1,80E-04 | 5,91E-08 | 9,52E-07 | 9,17E-06 | 4,43E-06 | 1,41E-08 | 2,82E-07 | 2,07E-09 | 1,32E-07 | 2,35E-07 | 1,74E-07 |
| Centile 30 | 0,057 | 0,028 | 0,004 | 6,74E-08 | 1,42E-07 | 1,03E-04 | 3,38E-08 | 5,44E-07 | 5,24E-06 | 2,55E-06 | 8,19E-09 | 1,62E-07 | 1,18E-09 | 7,59E-08 | 1,35E-07 | 9,93E-08 |
| Centile 20 | 0,028 | 0,015 | 0,002 | 3,38E-08 | 7,09E-08 | 5,13E-05 | 1,69E-08 | 2,76E-07 | 2,62E-06 | 1,62E-06 | 6,01E-09 | 9,20E-08 | 5,91E-10 | 4,24E-08 | 6,73E-08 | 4,97E-08 |
| Centile 10 | 0,014 | 0,007 | 0,001 | 1,68E-08 | 3,54E-08 | 2,57E-05 | 8,45E-09 | 1,36E-07 | 1,31E-06 | 6,35E-07 | 2,02E-09 | 4,04E-08 | 2,95E-10 | 1,89E-08 | 3,36E-08 | 2,48E-08 |
| Récepteur 1 | 5,084 | 2,540 | 0,381 | 6,01E-06 | 1,26E-05 | 9,16E-03 | 3,02E-06 | 4,86E-05 | 4,68E-04 | 2,28E-04 | 7,29E-07 | 1,45E-05 | 1,05E-07 | 6,78E-06 | 1,20E-05 | 8,87E-06 |
| Récepteur 2 | 4,052 | 2,025 | 0,303 | 4,79E-06 | 1,01E-05 | 7,30E-03 | 2,40E-06 | 3,87E-05 | 3,73E-04 | 1,81E-04 | 5,81E-07 | 1,15E-05 | 8,40E-08 | 5,40E-06 | 9,57E-06 | 7,07E-06 |
| Récepteur 3 | 0,214 | 0,109 | 0,016 | 2,53E-07 | 5,31E-07 | 3,85E-04 | 1,27E-07 | 2,06E-06 | 1,97E-05 | 1,14E-05 | 4,23E-08 | 6,67E-07 | 4,43E-09 | 3,09E-07 | 5,05E-07 | 3,73E-07 |
| Récepteur 4 | 0,591 | 0,295 | 0,044 | 6,99E-07 | 1,47E-06 | 1,06E-03 | 3,51E-07 | 5,65E-06 | 5,44E-05 | 2,64E-05 | 8,44E-08 | 1,68E-06 | 1,23E-08 | 7,87E-07 | 1,40E-06 | 1,03E-06 |
| Récepteur 5 | 2,727 | 1,362 | 0,204 | 3,23E-06 | 6,78E-06 | 4,91E-03 | 1,62E-06 | 2,61E-05 | 2,51E-04 | 1,22E-04 | 3,88E-07 | 7,74E-06 | 5,66E-08 | 3,63E-06 | 6,44E-06 | 4,76E-06 |
| Récepteur 6 | 0,741 | 0,370 | 0,055 | 8,76E-07 | 1,84E-06 | 1,33E-03 | 4,39E-07 | 7,08E-06 | 6,81E-05 | 3,32E-05 | 1,06E-07 | 2,11E-06 | 1,54E-08 | 9,87E-07 | 1,75E-06 | 1,29E-06 |
| Récepteur 7 | 2,229 | 1,113 | 0,167 | 2,64E-06 | 5,54E-06 | 4,02E-03 | 1,32E-06 | 2,13E-05 | 2,05E-04 | 9,92E-05 | 3,16E-07 | 6,32E-06 | 4,62E-08 | 2,96E-06 | 5,26E-06 | 3,89E-06 |
| Récepteur 8 | 2,385 | 1,192 | 0,179 | 2,82E-06 | 5,93E-06 | 4,30E-03 | 1,42E-06 | 2,28E-05 | 2,19E-04 | 1,07E-04 | 3,41E-07 | 6,78E-06 | 4,95E-08 | 3,18E-06 | 5,63E-06 | 4,16E-06 |
| Récepteur 9 | 16,292 | 8,134 | 1,220 | 1,93E-05 | 4,05E-05 | 2,94E-02 | 9,67E-06 | 1,56E-04 | 1,50E-03 | 7,23E-04 | 2,30E-06 | 4,61E-05 | 3,38E-07 | 2,16E-05 | 3,85E-05 | 2,84E-05 |

Tableau 24: Résultats des modélisations pour les composés gazeux – Moyenne sur la période de fonctionnement de la plate-forme

| | Monoxyde de carbone | Ammoniac | Oxydes d'azote | Particule diesel | COVNM | Terpènes | Alcools | Aldéhydes | Cétones | Esters | Furannes | HC aliphatiques | Protoxyde d'azote | Méthane | Sulfure d'hydrogène | COV soufrés |
|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Unité | [µg/m ³] | [µg/m ³] | [µg/m ³] | [µg/m ³] | [µg/m ³] | [µg/m ³] | [µg/m ³] | [µg/m ³] | [µg/m ³] | [µg/m ³] | [µg/m ³] | [µg/m ³] | [µg/m ³] | [µg/m ³] | [µg/m ³] | [µg/m ³] |
| Maximum | 2,36E-02 | 79,23 | 1,794 | 1,13E-02 | 6,316 | 2,142 | 1,45E-01 | 8,02E-01 | 2,088 | 5,37E-01 | 1,49E-01 | 3,52E-01 | 145,26 | 50,18 | 7,02E-01 | 6,60E-01 |
| Centile 90 | 4,57E-03 | 16,85 | 0,380 | 2,40E-03 | 1,343 | 0,455 | 3,08E-02 | 1,70E-01 | 0,444 | 1,14E-01 | 3,17E-02 | 7,49E-02 | 30,88 | 10,67 | 1,49E-01 | 1,40E-01 |
| Centile 80 | 1,77E-03 | 4,78 | 0,112 | 7,42E-04 | 0,381 | 0,129 | 8,74E-03 | 4,83E-02 | 0,126 | 3,23E-02 | 8,99E-03 | 2,12E-02 | 8,76 | 3,02 | 4,23E-02 | 3,98E-02 |
| Centile 70 | 7,49E-04 | 1,96 | 0,047 | 3,07E-04 | 0,156 | 0,053 | 3,59E-03 | 1,99E-02 | 0,052 | 1,33E-02 | 3,69E-03 | 8,72E-03 | 3,60 | 1,24 | 1,74E-02 | 1,64E-02 |
| Centile 60 | 4,17E-04 | 1,11 | 0,026 | 1,69E-04 | 0,089 | 0,030 | 2,03E-03 | 1,12E-02 | 0,029 | 7,52E-03 | 2,09E-03 | 4,94E-03 | 2,04 | 0,70 | 9,83E-03 | 9,26E-03 |
| Centile 50 | 2,33E-04 | 0,70 | 0,016 | 1,05E-04 | 0,056 | 0,019 | 1,29E-03 | 7,12E-03 | 0,019 | 4,76E-03 | 1,32E-03 | 3,13E-03 | 1,29 | 0,45 | 6,23E-03 | 5,86E-03 |
| Centile 40 | 1,54E-04 | 0,52 | 0,012 | 7,46E-05 | 0,041 | 0,014 | 9,49E-04 | 5,25E-03 | 0,014 | 3,51E-03 | 9,76E-04 | 2,30E-03 | 0,95 | 0,33 | 4,59E-03 | 4,32E-03 |
| Centile 30 | 1,05E-04 | 0,33 | 0,008 | 4,83E-05 | 0,027 | 0,009 | 6,10E-04 | 3,37E-03 | 0,009 | 2,26E-03 | 6,27E-04 | 1,48E-03 | 0,61 | 0,21 | 2,95E-03 | 2,78E-03 |
| Centile 20 | 5,70E-05 | 0,19 | 0,004 | 2,69E-05 | 0,015 | 0,005 | 3,39E-04 | 1,87E-03 | 0,005 | 1,25E-03 | 3,49E-04 | 8,23E-04 | 0,34 | 0,12 | 1,64E-03 | 1,54E-03 |
| Centile 10 | 2,42E-05 | 0,07 | 0,002 | 1,05E-05 | 0,006 | 0,002 | 1,36E-04 | 7,49E-04 | 0,002 | 5,01E-04 | 1,39E-04 | 3,29E-04 | 0,14 | 0,05 | 6,56E-04 | 6,17E-04 |
| Récepteur 1 | 1,03E-02 | 20,62 | 0,480 | 3,10E-03 | 1,644 | 0,558 | 3,77E-02 | 2,09E-01 | 0,544 | 1,40E-01 | 3,88E-02 | 9,17E-02 | 37,81 | 13,06 | 1,83E-01 | 1,72E-01 |
| Récepteur 2 | 8,24E-03 | 16,38 | 0,382 | 2,47E-03 | 1,306 | 0,443 | 3,00E-02 | 1,66E-01 | 0,432 | 1,11E-01 | 3,08E-02 | 7,28E-02 | 30,04 | 10,38 | 1,45E-01 | 1,37E-01 |
| Récepteur 3 | 5,97E-03 | 0,89 | 0,038 | 3,44E-04 | 0,071 | 0,024 | 1,63E-03 | 8,99E-03 | 0,023 | 6,02E-03 | 1,67E-03 | 3,95E-03 | 1,63 | 0,56 | 7,87E-03 | 7,40E-03 |
| Récepteur 4 | 1,29E-03 | 2,98 | 0,069 | 4,41E-04 | 0,238 | 0,081 | 5,46E-03 | 3,02E-02 | 0,079 | 2,02E-02 | 5,61E-03 | 1,32E-02 | 5,46 | 1,89 | 2,64E-02 | 2,48E-02 |
| Récepteur 5 | 4,11E-03 | 11,94 | 0,272 | 1,73E-03 | 0,952 | 0,323 | 2,19E-02 | 1,21E-01 | 0,315 | 8,09E-02 | 2,25E-02 | 5,31E-02 | 21,89 | 7,56 | 1,06E-01 | 9,95E-02 |
| Récepteur 6 | 1,69E-03 | 3,39 | 0,079 | 5,10E-04 | 0,270 | 0,092 | 6,20E-03 | 3,43E-02 | 0,089 | 2,29E-02 | 6,38E-03 | 1,51E-02 | 6,21 | 2,15 | 3,00E-02 | 2,82E-02 |
| Récepteur 7 | 2,44E-03 | 9,83 | 0,221 | 1,39E-03 | 0,784 | 0,266 | 1,80E-02 | 9,95E-02 | 0,259 | 6,66E-02 | 1,85E-02 | 4,37E-02 | 18,02 | 6,23 | 8,70E-02 | 8,19E-02 |
| Récepteur 8 | 4,28E-03 | 9,63 | 0,223 | 1,43E-03 | 0,767 | 0,260 | 1,76E-02 | 9,74E-02 | 0,254 | 6,52E-02 | 1,81E-02 | 4,28E-02 | 17,65 | 6,10 | 8,52E-02 | 8,02E-02 |
| Récepteur 9 | 9,00E-03 | 63,46 | 1,405 | 8,69E-03 | 5,058 | 1,716 | 1,16E-01 | 6,42E-01 | 1,673 | 4,30E-01 | 1,19E-01 | 2,82E-01 | 116,34 | 40,19 | 5,62E-01 | 5,29E-01 |

Les cartographies qui suivent représentent les iso concentrations obtenues éditées sur le domaine d'étude pour le dioxyde d'azote et les particules PM10.

Figure 33: Concentrations calculées en moyenne annuelle – Dioxyde d'azote

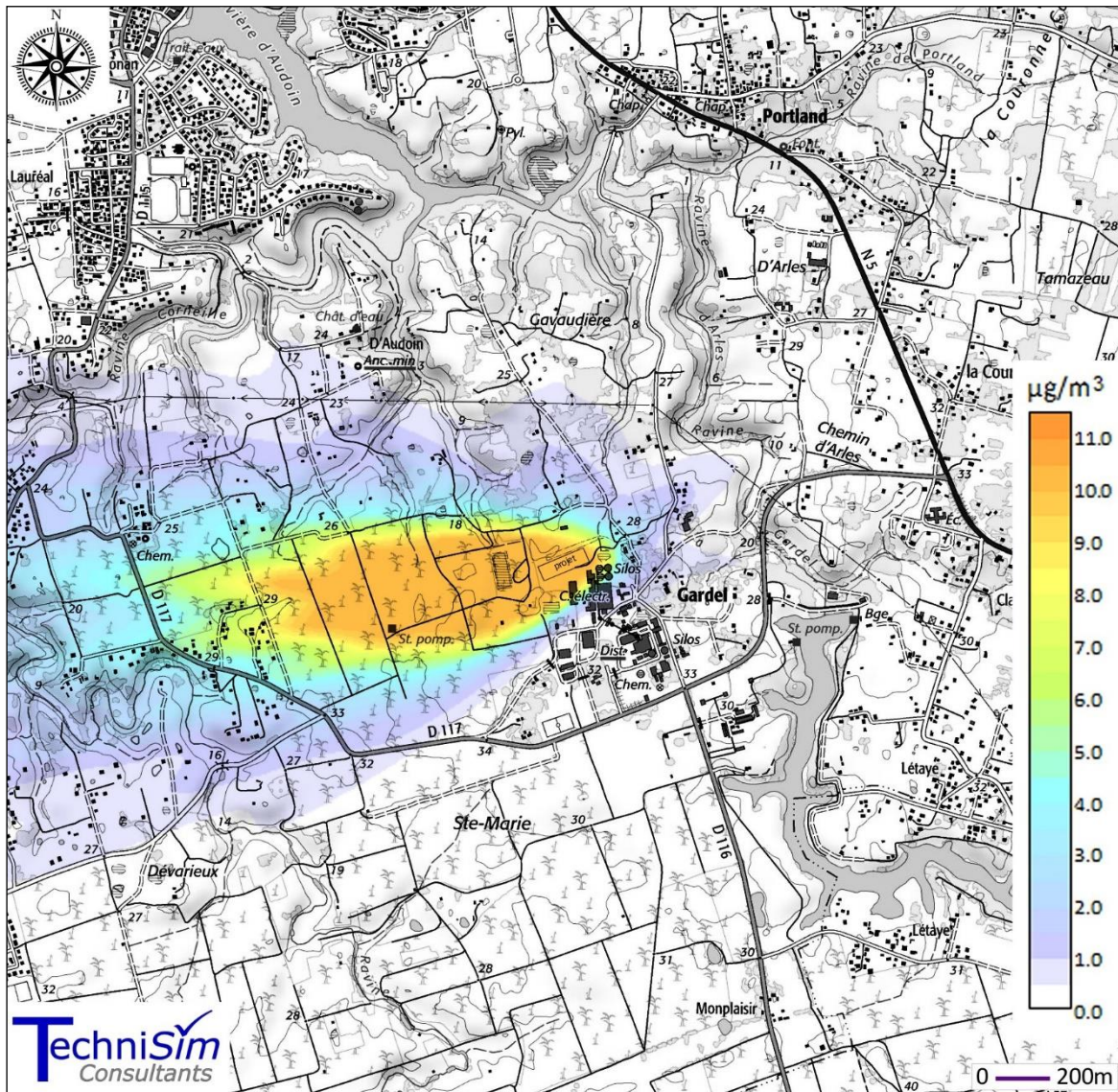


Figure 34: Cartographie des concentrations - Moyenne sur la période de fonctionnement de la plate-forme – Particules PM10

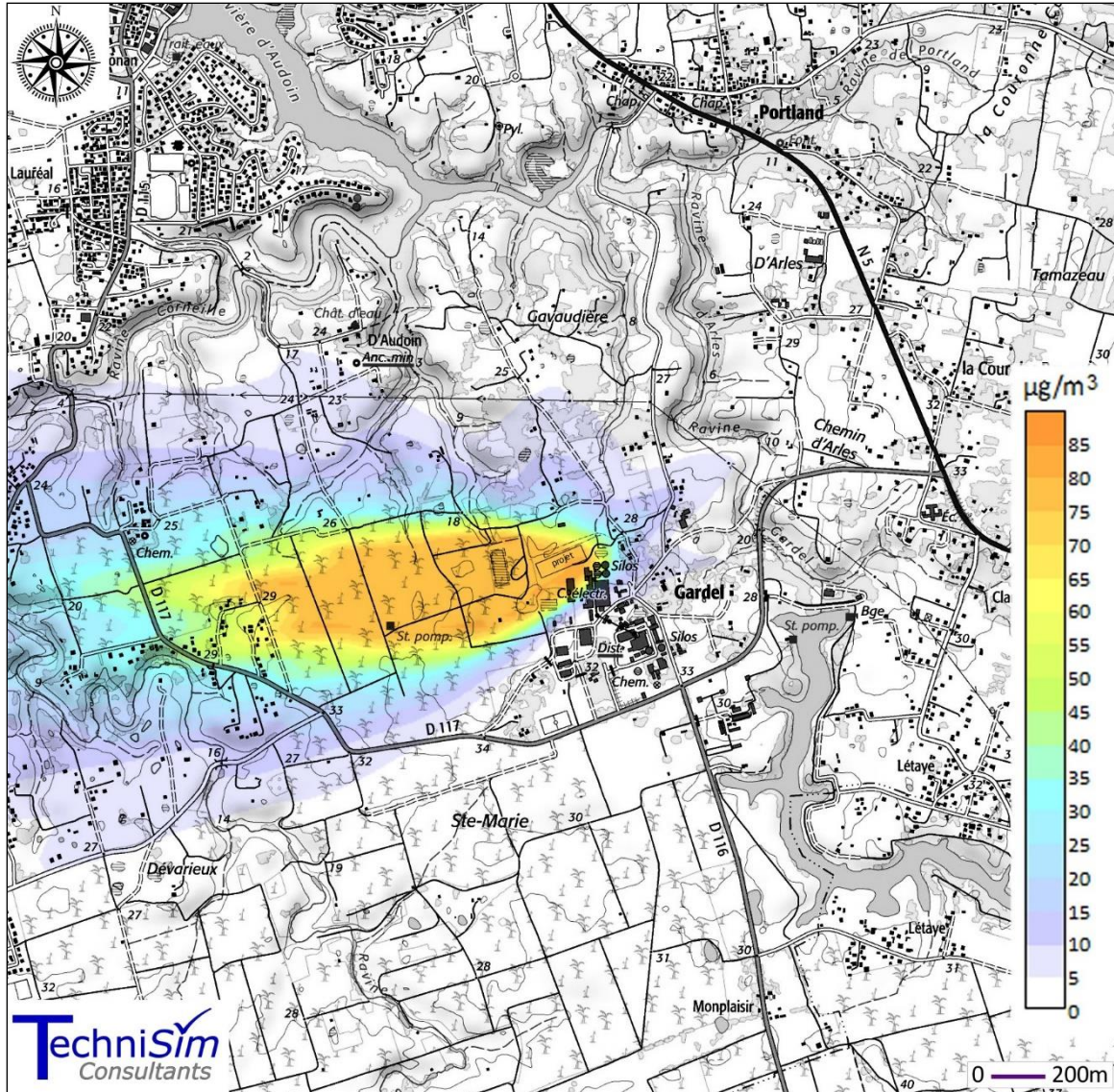


Figure 35: Cartographie des concentrations - Moyenne sur la période de fonctionnement de la plateforme – Ammoniac

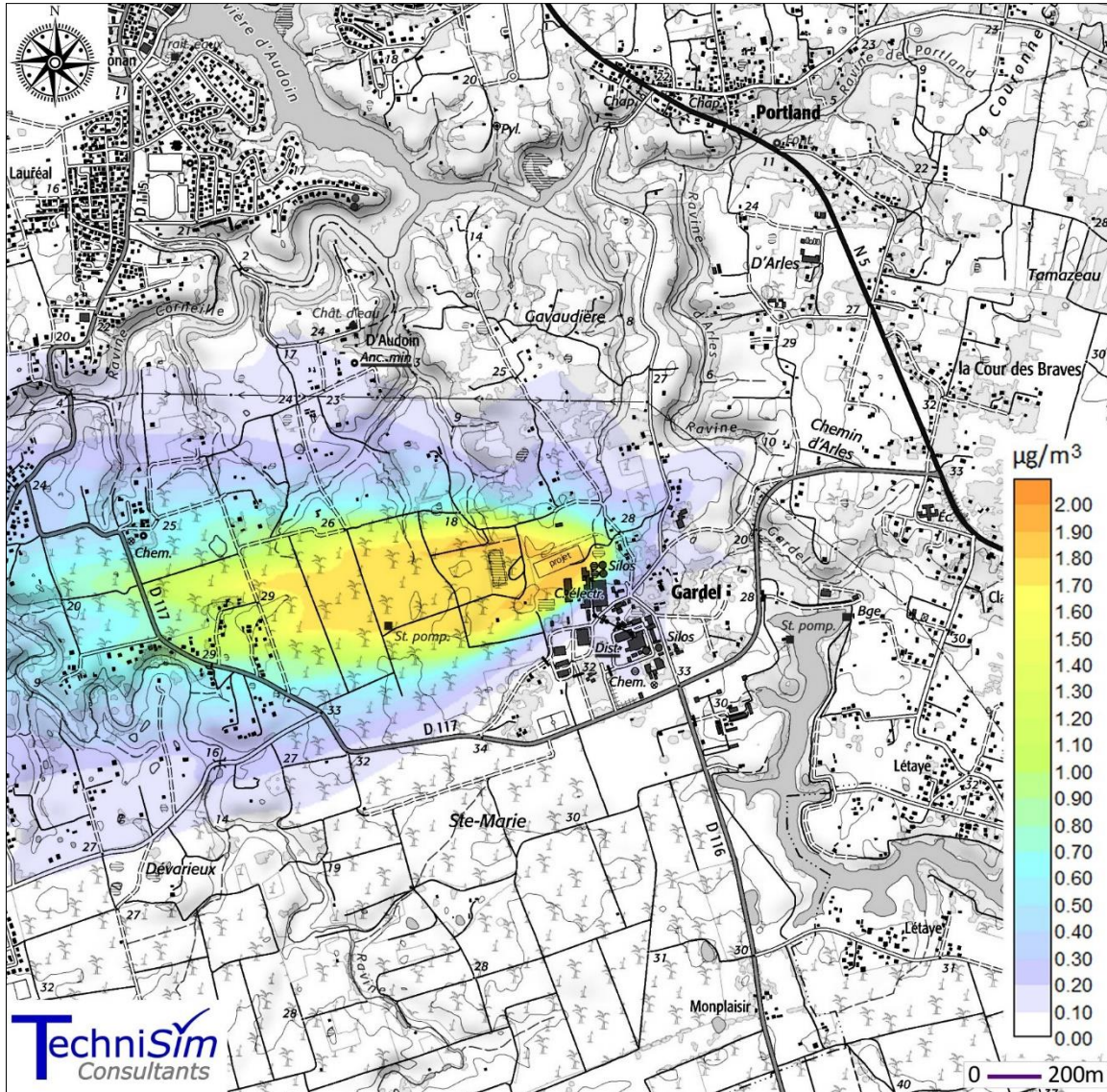


Figure 36: Cartographie des concentrations - Moyenne sur la période de fonctionnement de la plate-forme – Oxydes d'azote

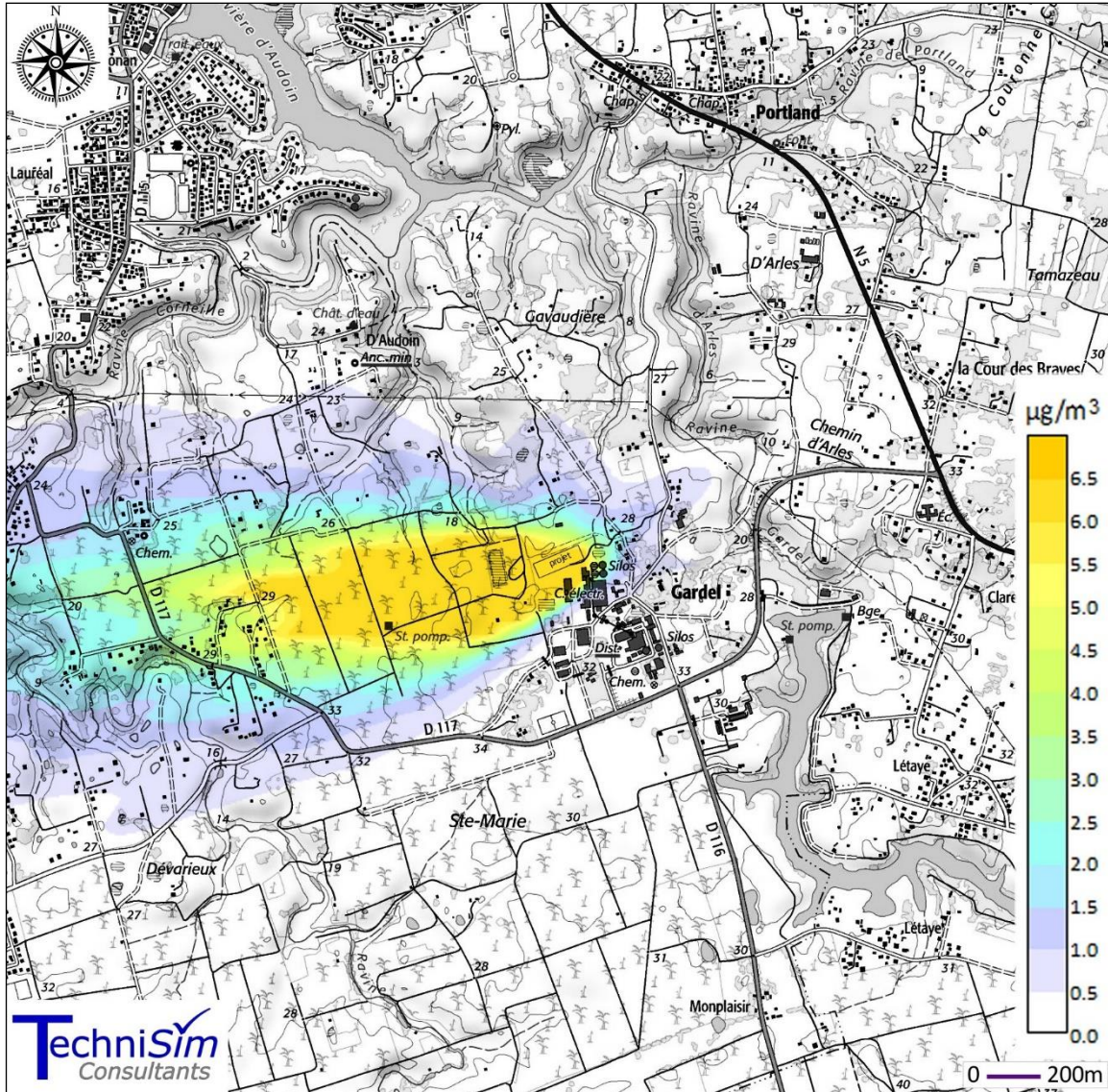


Figure 37: Cartographie des concentrations - Moyenne sur la période de fonctionnement de la plate-forme – Composés organiques volatils

9.3.6 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 en vigueur.

Les critères nationaux de qualité de l'air sont définis dans le Code de l'environnement (articles R221-1 à R221-3).

Rappel : les polluants réglementés sont les suivants :

- Les oxydes d'azote ;
- Le monoxyde de carbone ;
- Les particules PM10 et PM2,5 ;
- 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.

Les tableaux qui vont suivre indiquent d'une part les concentrations obtenues à l'aide des modélisations au niveau des récepteurs et, d'autre part, les normes réglementaires.

Il est important de souligner que, compte tenu de la période de fonctionnement du site, soit 6 mois par an, les valeurs limites annuelles sont données uniquement à titre informatif.

Par ailleurs, il est supposé que le **benzène** et le **benzo(a)pyrène** - émis en majorité par les moteurs à combustion - représentent respectivement **2% et 0,0024% des COV**.

Enfin, les oxydes d'azote sont assimilés à du dioxyde d'azote.

En effet, selon le rapport de l'ADEME de 2012, « Bien que les BTEX soient les COV pour lesquels on dispose le plus de données de concentration dans l'environnement, il ne **s'agit pas des composés les plus pertinents pour suivre l'impact d'une plate-forme de compostage de déchets**. Les BTEX mesurés sur une plate-forme de compostage proviennent principalement de la combustion des carburants des engins utilisés pour la manipulation du compost et ne sont pas retrouvés en concentration plus importante qu'en milieu urbain en raison des émissions liées au trafic routier ou au chauffage des bâtiments. »

Tableau 25: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Dioxyde d'azote

| [µg/m ³] | Moyenne sur la période d'activité | Maximum horaire |
|---|-----------------------------------|---|
| Récepteur 1 | 3,30E-02 | 1,493 |
| Récepteur 2 | 2,64E-02 | 1,493 |
| Récepteur 3 | 1,92E-02 | 0,306 |
| Récepteur 4 | 4,13E-03 | 0,750 |
| Récepteur 5 | 1,32E-02 | 1,222 |
| Récepteur 6 | 5,42E-03 | 1,321 |
| Récepteur 7 | 7,85E-03 | 1,417 |
| Récepteur 8 | 1,37E-02 | 1,493 |
| Récepteur 9 | 2,89E-02 | 0,349 |
| Valeurs limites | 40 en moyenne annuelle | 200 à ne pas dépasser plus de 18 heures par an |
| Seuil d'information et de recommandations | | 200 |
| Seuils d'alerte | | 400 dépassé sur 3 heures consécutives. 200 si dépassement de ce seuil la veille, et risque de dépassement de ce seuil le lendemain |
| Objectif de qualité | 40 en moyenne annuelle | |

Tableau 26: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Particules PM10

| [µg/m ³] | Moyenne sur la période d'activité | Maximum journalier |
|--|-----------------------------------|--|
| Récepteur 1 | 2,540 | 5,085 |
| Récepteur 2 | 2,025 | 0,079 |
| Récepteur 3 | 0,109 | 0,004 |
| Récepteur 4 | 0,295 | 0,000 |
| Récepteur 5 | 1,362 | 1,457 |
| Récepteur 6 | 0,370 | 0,001 |
| Récepteur 7 | 1,113 | 0,001 |
| Récepteur 8 | 1,192 | 0,003 |
| Récepteur 9 | 8,134 | 18,657 |
| Valeurs limites | 40 en moyenne annuelle | 50 à ne pas dépasser plus de 35 jours par an |
| Seuil d'information-recommandations | | 50 |
| Seuil d'alerte | | 80 |

Tableau 27: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Autres composés

| | Benzène | Benzo(a)pyrène | Plomb | Arsenic | Nickel | Cadmium | Monoxyde de carbone |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| [µg/m ³] | Moyenne sur la période d'activité | | | | | | Maximum horaire |
| Récepteur 1 | 2,58E-02 | 3,98E-05 | 1,16E-05 | 6,01E-06 | 6,71E-06 | 7,30E-07 | 0,465 |
| Récepteur 2 | 2,05E-02 | 3,16E-05 | 9,24E-06 | 4,79E-06 | 5,34E-06 | 5,81E-07 | 0,465 |
| Récepteur 3 | 1,12E-03 | 1,72E-06 | 4,87E-07 | 2,53E-07 | 3,06E-07 | 4,23E-08 | 0,095 |
| Récepteur 4 | 3,73E-03 | 5,76E-06 | 1,35E-06 | 6,99E-07 | 7,79E-07 | 8,44E-08 | 0,234 |
| Récepteur 5 | 1,49E-02 | 2,31E-05 | 6,22E-06 | 3,23E-06 | 3,59E-06 | 3,88E-07 | 0,381 |
| Récepteur 6 | 4,24E-03 | 6,54E-06 | 1,69E-06 | 8,76E-07 | 9,77E-07 | 1,06E-07 | 0,411 |
| Récepteur 7 | 1,23E-02 | 1,90E-05 | 5,08E-06 | 2,64E-06 | 2,93E-06 | 3,16E-07 | 0,441 |
| Récepteur 8 | 1,20E-02 | 1,86E-05 | 5,44E-06 | 2,82E-06 | 3,15E-06 | 3,41E-07 | 0,465 |
| Récepteur 9 | 7,94E-02 | 1,23E-04 | 3,72E-05 | 1,93E-05 | 2,14E-05 | 2,30E-06 | 0,109 |
| Valeurs limites | 5 en moyenne annuelle | | 0,50 en moyenne annuelle | | | | 10 000 sur 8 heures |
| Objectif de qualité | 2 en moyenne annuelle | | 0,25 en moyenne annuelle | | | | |
| Valeurs cibles | | 1,0E-03 en moyenne annuelle | | 6,0E-03 en moyenne annuelle | 2,0E-2 en moyenne annuelle | 5,0E-03 en moyenne annuelle | |

Il est possible de constater que toutes les concentrations calculées sont inférieures aux seuils définis dans la réglementation. Il convient en outre de rappeler que ces concentrations sont calculées sur les valeurs limites à l'émission, ce qui tend à majorer les résultats.

10 Impacts des installations sur la santé

L'étude de l'impact des rejets de l'installation sur la santé des populations est établie à l'aide d'une EQRS (Évaluation **Q**uantitative des **R**isques **S**anitaires). L'objectif de la démarche est l'identification et l'estimation des risques pour la santé des 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.

10.1 Évaluation quantitative des risques sanitaires

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 ».

A ces références s'ajoutent les références suivantes pour la composition des émissions :

- Le guide méthodologique pour l'évaluation du risque sanitaire de l'étude d'impact des installations de compostage soumises à autorisation de l'Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement (ASTEE) de juin 2006.
- Le document de l'Afsset « Risques sanitaires du biogaz - Evaluation des risques sanitaires liés à l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel » de 2008
- Le document de l'US EPA - AP-42 : Compilation of Air Emissions Factors - Chapter 2 Solid Waste Disposal - Municipal Solid Waste Landfills de 2008.

10.1.1 *Contenu et démarche de l'EQRS*

L'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) a pour objectif de vérifier si les émissions générées par l'exploitation représentent un danger pour la santé des populations.

L'élaboration d'une EQRS se fait classiquement selon les cinq étapes suivantes :

1. **Cadrage de l'étude** : sélection des toxiques d'intérêt ;
2. **Identification des dangers** : effets sanitaires générés par les toxiques sélectionnés ;
3. **Étude des relations dose-effet** : recherche et sélection des valeurs toxicologiques de référence (VTR) ;
4. **Estimation de l'exposition** : schéma conceptuel (répartition des toxiques dans les différents médias) et scénario d'exposition (contact entre les populations-cibles et les médias d'exposition) ;
5. **Caractérisation du risque** : calculs des indices de risques et avis sur l'acceptabilité des risques.

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 illustré figure ci-dessous.

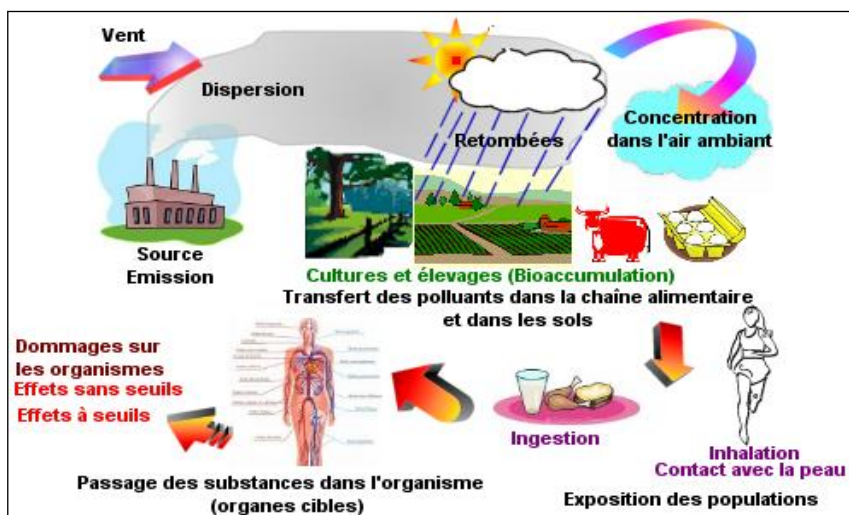


Figure 38: Schéma conceptuel de la démarche d'une ERS

➤ ÉTAPE N°1 : IDENTIFICATION DES DANGERS ET DES VTR

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).

Cela 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, d'une part : de l'ensemble des substances ou agents qui sont rejetés dans l'environnement et, d'autre part : de l'ensemble des effets sanitaires indésirables afférents à chacun d'entre eux.

Au niveau des effets, on distingue les effets selon qu'ils sont « à seuils » ou « sans seuils ».

- **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, quelques substances seulement sont retenues pour l'EQRS.

Dans la présente étude, les composés retenus sont les suivants :

Tableau 28: Composés retenus pour l'EQRS

| Métaux | Composés Organiques Volatils | Autres composés |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Arsenic - Brome - Cadmium - Chrome - Cobalt - Cuivre - Fer - Manganèse - Mercure - Nickel - Plomb - Sélénium - Zinc | <p>Terpènes</p> <ul style="list-style-type: none"> - α-pinède - β-pinède <p>Alcools</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2-Butanol - 2-Propanol <p>Aldéhydes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acétaldéhyde - Formaldéhyde <p>Cétones</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acétone - Butanone <p>Esters</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acétate d'éthyle <p>Furannes</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1,4-Epoxy-1,3-butadiène <p>Hydrocarbures aliphatiques</p> <ul style="list-style-type: none"> - Méthane - Butane <p>Hydrocarbures aromatiques</p> <ul style="list-style-type: none"> - Benzène <p>Soufrés</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disulfure de carbone | <ul style="list-style-type: none"> - Protoxyde d'azote - Ammoniac - Particules Diesel - HAP – benzo(a)pyène - Sulfure d'hydrogène - Monoxyde de carbone - Oxydes d'azote assimilés à du dioxyde d'azote |

Pour les COV provenant des andains, les composés ont été sélectionnés selon la méthode suivante : pour chacune des familles de COV définies dans le paragraphe « **Quantification des émissions gazeuses issues des andains** », il est considéré un ou deux traceurs selon les composés proposés dans les études de l'ADEME, des guides de l'ASTEE et de l'Afsset (annexe 16 – tableaux de composition des

différents biogaz). En cas d'absence de données pour les déchets verts ou pour les biodéchets, il est considéré **par défaut** les composés proposés pour la méthanisation des déchets agricoles et des ordures ménagères.

➤ ÉTAPE N° 2 : ESTIMATION DE LA DOSE-REPONSE / VALEUR TOXICOLOGIQUE DE REFERENCE

Cette étape permet d'estimer le risque en fonction de la dose. En toxicologie animale ou en épidémiologie, les effets sont généralement connus en ce qui concerne 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 (c'est-à-dire 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 de la modélisation mathématique. Cela 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 est différent selon le danger considéré. Il s'effectue :

- 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 telles que, 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 la voie cutanée, ou bien d'une **Concentration Maximale Admissible (CMA)** dans le cas de l'exposition respiratoire (exprimée en µg/m³).

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. Il 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.

Concernant la voie respiratoire, l'ERU est l'inverse d'une concentration dans l'air et s'exprime en $(\text{mg}/\text{m}^3)^{-1}$. Concernant l'ingestion, l'ERU est l'inverse de la dose absorbée journalière et s'exprime en $(\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{j}))^{-1}$.

L'ERU représente la probabilité individuelle de développer un cancer pour une dose de produit toxique ($1 \text{ mg}/\text{m}^3$ ou $1 \text{ mg}/(\text{kg}\cdot\text{j})$) absorbée par un sujet pendant toute sa vie.

La sélection des VTR pour chaque substance s'effectue selon le logigramme ci-après.

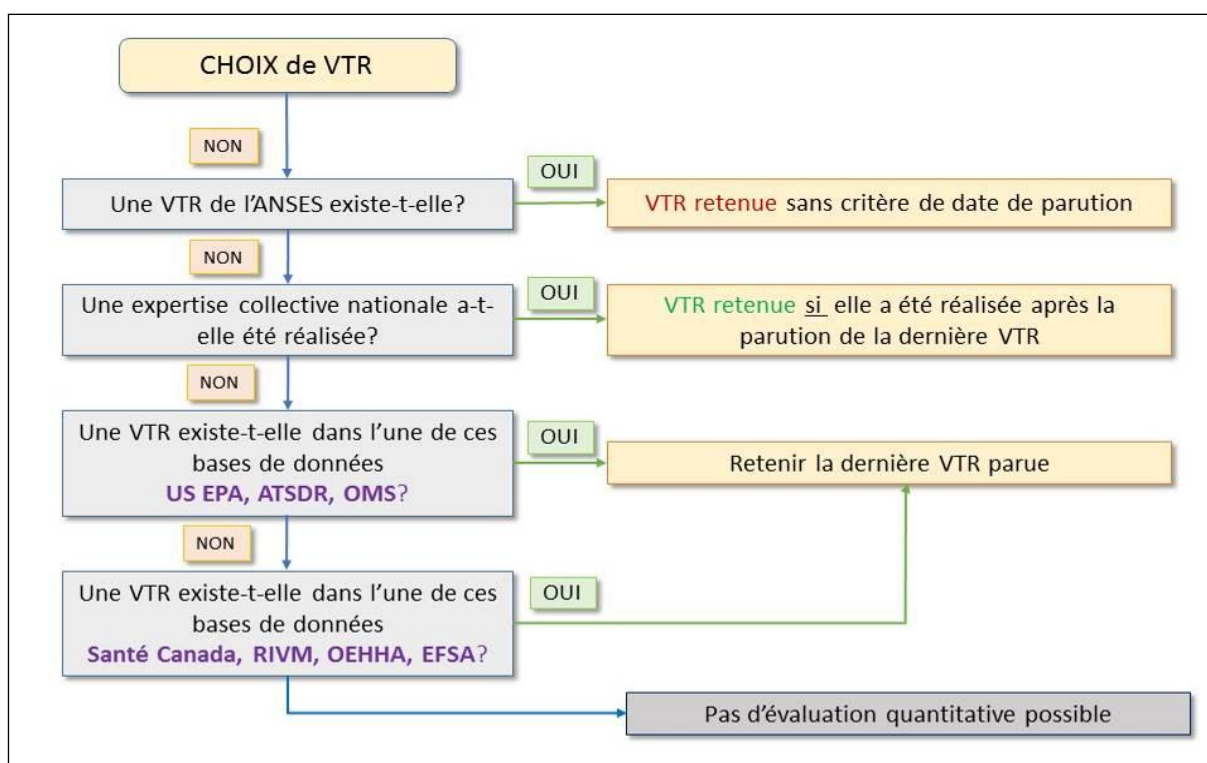


Figure 39: Logigramme – Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

Les VTR retenues pour l'étude des risques sanitaires sont disponibles en annexe N°6.

➤ ÉTAPE N°3 : ÉVALUATION DES EXPOSITIONS

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 » dans la suite du document.

Ces vecteurs peuvent être : l'air | l'eau | le sol | le sous-sol.

Dans la présente étude, **l'air sera pris en compte comme vecteur de transfert privilégié.**

Voies d'exposition

L'inhalation constitue la voie d'exposition privilégiée dans le cas présent.

Les polluants émis sont, après dispersion, respirés directement par les populations.

Néanmoins, comme les particules émises contiennent des métaux et que ces derniers sont susceptibles de s'accumuler sur les sols et dans les végétaux cultivés, l'ingestion sera aussi examinée.

Définition des paramètres des scénarios d'exposition

Les scénarios d'exposition sont basés sur les usages recensés sur le domaine de calcul considéré pour les simulations numériques (périmètre d'étude).

Ces usages sont représentés sur la figure ci-après.

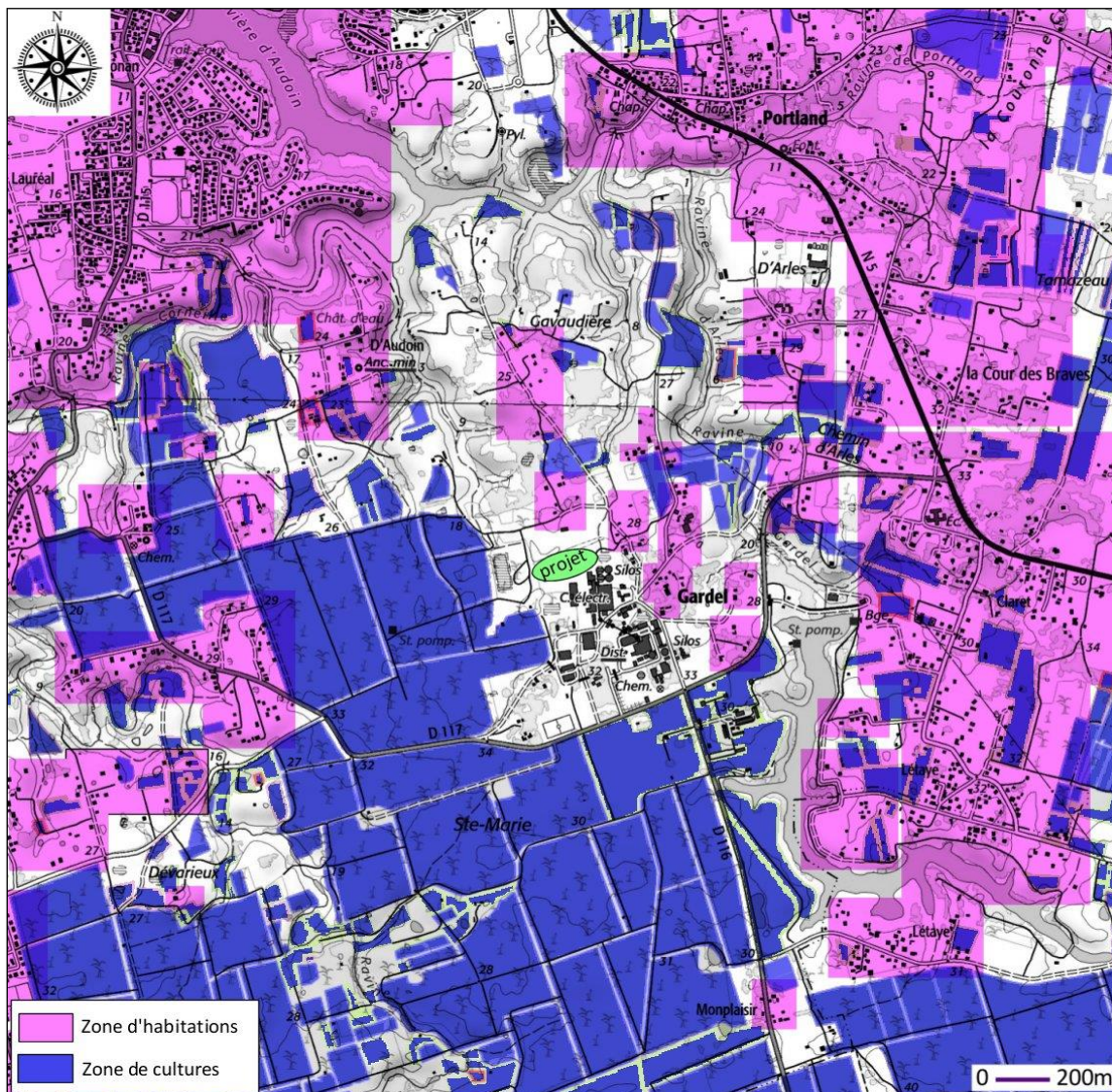


Figure 40: Usages recensés à proximité sur le domaine de calcul

Les scénarios considérés sont les suivants :

- Scénario « **Habitant** » : ce scénario concerne les habitants du domaine considéré.
 Pour ce scénario, cinq sous-scénarios sont étudiés :
 - Jeune enfant (< 3 ans)
 - Enfant (de 3 à 10 ans)
 - Adolescent (de 10 à 17 ans)
 - Adulte (≥ 18 ans).
- Scénario « **Résident senior** » : ce scénario concerne les résidents de l'Ehpad Soleanou.

Les paramètres de ces scénarios sont disponibles en annexe.

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.

➤ **ÉTAPE N°4 : CARACTERISATION DES RISQUES**

La caractérisation des risques est réalisée à l’aide du calcul des indices de risques. Il faut retenir que 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 Toxicologique de Référence (**VTR**), Il est alors calculé un Qotient de Danger (**QD**), qui correspond au rapport de la dose journalière d'exposition sur la VTR.

Ce quotient de danger est calculé suivant la relation suivante :

| Voie Inhalation | Voie Orale |
|--|--|
| QD = CMI/CAA | QD = DJE/DJA |
| CMI = Concentration Moyenne Inhalée (µg/m ³) CAA = Concentration Admissible dans l’Air (µg/m ³) | DJE = Dose Journalière d’Exposition (mg/(kg.j)) DJA = Dose Journalière Admissible (mg/(kg.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.

| Voie Inhalation | Voie Orale |
|---|--|
| ERI = CMI*ERU_{inhalation} | ERI = DJE*ERU_{orale} |
| CMI = Concentration Moyenne Inhalée (µg/m ³) | DJE = Dose Journalière d'Exposition (mg/(kg,j)) |
| ERU = Excès de Risque Unitaire (µg/m ³) ⁻¹ | ERU = Excès de Risque Unitaire (mg/kg,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 la **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 effectivement 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 :

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

| | | |
|----------------------|---|----------------------|
| C_i | Concentration moyenne inhalée | (µg/m ³) |
| t_i | Fraction du temps d'exposition à la concentration C _i 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) |
| T_m | Durée 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)] |
| | | $= (Q_s * C_s * B_s) / P * F / 365$ | |
| | | Q _s : Quantité de sol ingéré par jour par la cible | [g/jour] |
| | | C _s : Concentration de polluant dans le sol | [mg/kg] |
| | | B _s : 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 | [mg/(kg.jour)] |
| | | (i : légume, légumes-feuilles, etc.) | |
| | | $= (Q_i * C_i * F_i) / P * F / 365$ | |
| | | Q _i : Quantité d'aliment i considéré ingéré par jour par la cible | [g/jour] |
| | | C _i : Concentration de polluant dans l'aliment i considéré | [mg/kg] |
| | | F _i : 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] |

A toutes fins utiles, il est rappelé que les activités de la plate-forme fonctionnent 6 mois par an.

10.1.2 Concentrations d'exposition

Les concentrations d'exposition calculés sont reportées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 29: Concentrations moyennes d'inhalation (CMI) calculées pour les effets à seuils

| CMI [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Jeune enfant < 3 ans | Enfant 3 à 10 ans | Adolescent | Adulte | Résident senior |
|----------------------------------|-------------------------|----------------------|------------|----------|-----------------|
| Arsenic | 1,13E-05 | 7,54E-06 | 9,77E-06 | 1,12E-05 | 4,72E-07 |
| Brome | 2,38E-05 | 1,59E-05 | 2,06E-05 | 2,35E-05 | 9,94E-07 |
| Cadmium | 1,36E-06 | 9,08E-07 | 1,18E-06 | 1,35E-06 | 6,12E-04 |
| Chrome III | 2,71E-05 | 1,81E-05 | 2,35E-05 | 2,68E-05 | 1,14E-06 |
| Chrome VI | 2,71E-05 | 1,81E-05 | 2,35E-05 | 2,68E-05 | 1,14E-06 |
| Cobalt | 5,67E-06 | 3,78E-06 | 4,90E-06 | 5,60E-06 | 2,37E-07 |
| Cuivre | 9,13E-05 | 6,09E-05 | 7,90E-05 | 9,02E-05 | 3,82E-06 |
| Fer | 1,72E-02 | 1,15E-02 | 1,49E-02 | 1,70E-02 | 7,20E-04 |
| Manganèse | 8,79E-04 | 5,86E-04 | 7,60E-04 | 8,68E-04 | 3,67E-05 |
| Mercure | 1,98E-07 | 1,32E-07 | 1,71E-07 | 1,96E-07 | 8,28E-09 |
| Nickel | 1,27E-05 | 8,48E-06 | 1,10E-05 | 1,26E-05 | 5,32E-07 |
| Plomb | 2,26E-05 | 1,51E-05 | 1,95E-05 | 2,23E-05 | 9,43E-07 |
| Sélénium | 1,67E-05 | 1,11E-05 | 1,44E-05 | 1,65E-05 | 6,97E-07 |
| Zinc | 4,26E-04 | 2,84E-04 | 3,69E-04 | 4,21E-04 | 1,79E-05 |
| Benzène | 4,63E-02 | 3,10E-02 | 4,01E-02 | 4,58E-02 | 2,25E-03 |
| Benzo(a)pyrène | 7,15E-05 | 4,78E-05 | 6,19E-05 | 7,06E-05 | 3,48E-06 |
| α -pinède | 1,00E+00 | 6,69E-01 | 8,66E-01 | 9,89E-01 | 4,87E-02 |
| β -pinède | 1,00E+00 | 6,69E-01 | 8,66E-01 | 9,89E-01 | 4,87E-02 |
| 2-Butanol | 6,77E-02 | 4,53E-02 | 5,86E-02 | 6,69E-02 | 3,29E-03 |
| 2-Propanol | 6,77E-02 | 4,53E-02 | 5,86E-02 | 6,69E-02 | 3,29E-03 |
| Acétaldéhyde | 3,74E-01 | 2,50E-01 | 3,24E-01 | 3,70E-01 | 1,82E-02 |
| Formaldéhyde | 3,74E-01 | 2,50E-01 | 3,24E-01 | 3,70E-01 | 1,82E-02 |
| Acétone | 9,75E-01 | 6,52E-01 | 8,44E-01 | 9,64E-01 | 4,74E-02 |
| Butanone | 9,75E-01 | 6,52E-01 | 8,44E-01 | 9,64E-01 | 4,74E-02 |
| Acétate d'éthyle | 2,51E-01 | 1,68E-01 | 2,17E-01 | 2,48E-01 | 1,22E-02 |
| 1,4-Epoxy-1,3-butadiene | 6,97E-02 | 4,66E-02 | 6,03E-02 | 6,88E-02 | 3,39E-03 |
| Méthane | 2,34E+01 | 1,57E+01 | 2,03E+01 | 2,32E+01 | 1,14E+00 |
| Butane | 1,64E-01 | 1,10E-01 | 1,42E-01 | 1,63E-01 | 8,00E-03 |
| COV-soufré | 3,08E-01 | 2,02E-01 | 2,65E-01 | 3,04E-01 | 2,38E-02 |
| Ammoniac | 3,70E+01 | 2,47E+01 | 3,20E+01 | 3,66E+01 | 1,80E+00 |
| Particules diesel | 5,28E-03 | 3,53E-03 | 4,57E-03 | 5,22E-03 | 2,69E-04 |

| CMI [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Jeune enfant | Enfant | Adolescent | Adulte | Résident senior |
|----------------------------------|--------------|------------|------------|----------|-----------------|
| | < 3 ans | 3 à 10 ans | | | |
| Protoxyde d'azote | 6,78E+01 | 4,54E+01 | 5,87E+01 | 6,70E+01 | 3,30E+00 |
| Sulfure d'hydrogène | 3,28E-01 | 2,19E-01 | 2,84E-01 | 3,24E-01 | 1,59E-02 |
| Monoxyde de carbone | 1,10E-02 | 7,38E-03 | 9,55E-03 | 1,09E-02 | 8,47E-04 |
| Dioxyde d'azote | 8,38E-01 | 5,60E-01 | 7,25E-01 | 8,28E-01 | 4,18E-02 |

Tableau 30: Concentrations moyennes d'inhalation calculées pour les effets sans seuils

| CMI [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Jeune enfant | Enfant | Adolescent | Adulte | Résident senior |
|----------------------------------|--------------|------------|------------|----------|-----------------|
| | < 3 ans | 3 à 10 ans | | | |
| Arsenic | 4,84E-07 | 7,54E-07 | 1,12E-06 | 4,78E-06 | 3,37E-08 |
| Brome | 1,02E-06 | 1,59E-06 | 2,35E-06 | 1,01E-05 | 7,10E-08 |
| Cadmium | 5,83E-08 | 9,08E-08 | 1,35E-07 | 5,76E-07 | 4,37E-05 |
| Chrome III | 1,16E-06 | 1,81E-06 | 2,68E-06 | 1,15E-05 | 8,11E-08 |
| Chrome VI | 1,16E-06 | 1,81E-06 | 2,68E-06 | 1,15E-05 | 8,11E-08 |
| Cobalt | 2,43E-07 | 3,78E-07 | 5,60E-07 | 2,40E-06 | 1,69E-08 |
| Cuivre | 3,91E-06 | 6,09E-06 | 9,02E-06 | 3,87E-05 | 2,73E-07 |
| Fer | 7,38E-04 | 1,15E-03 | 1,70E-03 | 7,29E-03 | 5,14E-05 |
| Manganèse | 3,77E-05 | 5,86E-05 | 8,69E-05 | 3,72E-04 | 2,62E-06 |
| Mercure | 8,49E-09 | 1,32E-08 | 1,96E-08 | 8,39E-08 | 5,92E-10 |
| Nickel | 5,45E-07 | 8,48E-07 | 1,26E-06 | 5,38E-06 | 3,80E-08 |
| Plomb | 9,67E-07 | 1,51E-06 | 2,23E-06 | 9,55E-06 | 6,74E-08 |
| Sélénium | 7,14E-07 | 1,11E-06 | 1,65E-06 | 7,05E-06 | 4,98E-08 |
| Zinc | 1,83E-05 | 2,84E-05 | 4,22E-05 | 1,81E-04 | 1,28E-06 |
| Benzène | 1,98E-03 | 3,10E-03 | 4,58E-03 | 1,96E-02 | 1,61E-04 |
| Benzo(a)pyrène | 3,06E-06 | 4,78E-06 | 7,07E-06 | 3,03E-05 | 2,48E-07 |
| α -pinède | 4,29E-02 | 6,69E-02 | 9,90E-02 | 4,24E-01 | 3,48E-03 |
| β -pinède | 4,29E-02 | 6,69E-02 | 9,90E-02 | 4,24E-01 | 3,48E-03 |
| 2-Butanol | 2,90E-03 | 4,53E-03 | 6,70E-03 | 2,87E-02 | 2,35E-04 |
| 2-Propanol | 2,90E-03 | 4,53E-03 | 6,70E-03 | 2,87E-02 | 2,35E-04 |
| Acétaldéhyde | 1,60E-02 | 2,50E-02 | 3,70E-02 | 1,59E-01 | 1,30E-03 |
| Formaldéhyde | 1,60E-02 | 2,50E-02 | 3,70E-02 | 1,59E-01 | 1,30E-03 |
| Acétone | 4,18E-02 | 6,52E-02 | 9,65E-02 | 4,13E-01 | 3,39E-03 |

| CMI [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Jeune enfant < 3 ans | Enfant 3 à 10 ans | Adolescent | Adulte | Résident senior |
|----------------------------------|-------------------------|----------------------|------------|----------|-----------------|
| Butanone | 4,18E-02 | 6,52E-02 | 9,65E-02 | 4,13E-01 | 3,39E-03 |
| Acétate d'éthyle | 1,07E-02 | 1,68E-02 | 2,48E-02 | 1,06E-01 | 8,71E-04 |
| 1,4-Epoxy-1,3-butadiene | 2,99E-03 | 4,66E-03 | 6,89E-03 | 2,95E-02 | 2,42E-04 |
| Méthane | 1,00E+00 | 1,57E+00 | 2,32E+00 | 9,92E+00 | 8,14E-02 |
| Butane | 7,05E-03 | 1,10E-02 | 1,63E-02 | 6,97E-02 | 5,71E-04 |
| COV-soufré | 1,32E-02 | 2,02E-02 | 3,03E-02 | 1,30E-01 | 1,70E-03 |
| Ammoniac | 1,59E+00 | 2,47E+00 | 3,66E+00 | 1,57E+01 | 1,29E-01 |
| Particules diesel | 2,26E-04 | 3,53E-04 | 5,23E-04 | 2,24E-03 | 1,92E-05 |
| Protoxyde d'azote | 2,91E+00 | 4,54E+00 | 6,71E+00 | 2,87E+01 | 2,36E-01 |
| Sulfure d'hydrogène | 1,40E-02 | 2,19E-02 | 3,24E-02 | 1,39E-01 | 1,14E-03 |
| Monoxyde de carbone | 4,73E-04 | 7,38E-04 | 1,09E-03 | 4,67E-03 | 6,05E-05 |
| Dioxyde d'azote | 3,59E-02 | 5,60E-02 | 8,29E-02 | 3,55E-01 | 2,98E-03 |

10.1.3 Calcul des doses d'exposition par ingestion

Les produits compostés contiennent des métaux. Ces derniers sont susceptibles de se disperser via les envols de particules et de s'accumuler dans l'environnement.

Comme l'environnement du projet présente de multiples cultures, il est examiné dans l'EQRS la voie ingestion pour les métaux.

Les doses d'exposition par ingestion sont calculées à l'aide du logiciel MODUL'ERS®, développé par l'INERIS. Cet outil est basé sur un ensemble d'équations tirées du manuel « Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle ».

Le logiciel a été développé dans le but de réaliser des études tant dans le cadre d'un site / sol pollués, que dans le cas d'une Installation Classée Pour l'Environnement.

Le principe fondamental de l'outil est de pouvoir relier le schéma conceptuel à l'évaluation des expositions et des risques.

Schéma conceptuel de l'exposition pour l'ingestion

L'ingestion des métaux contenus dans les particules s'effectue :

- Par l'ingestion des particules qui se sont déposées au sol ;
- Par l'ingestion de végétaux ayant assimilé les métaux.

Le schéma ci-après représente les mécanismes de transfert des métaux contenus dans les particules et ensuite transmis aux végétaux cultivés.

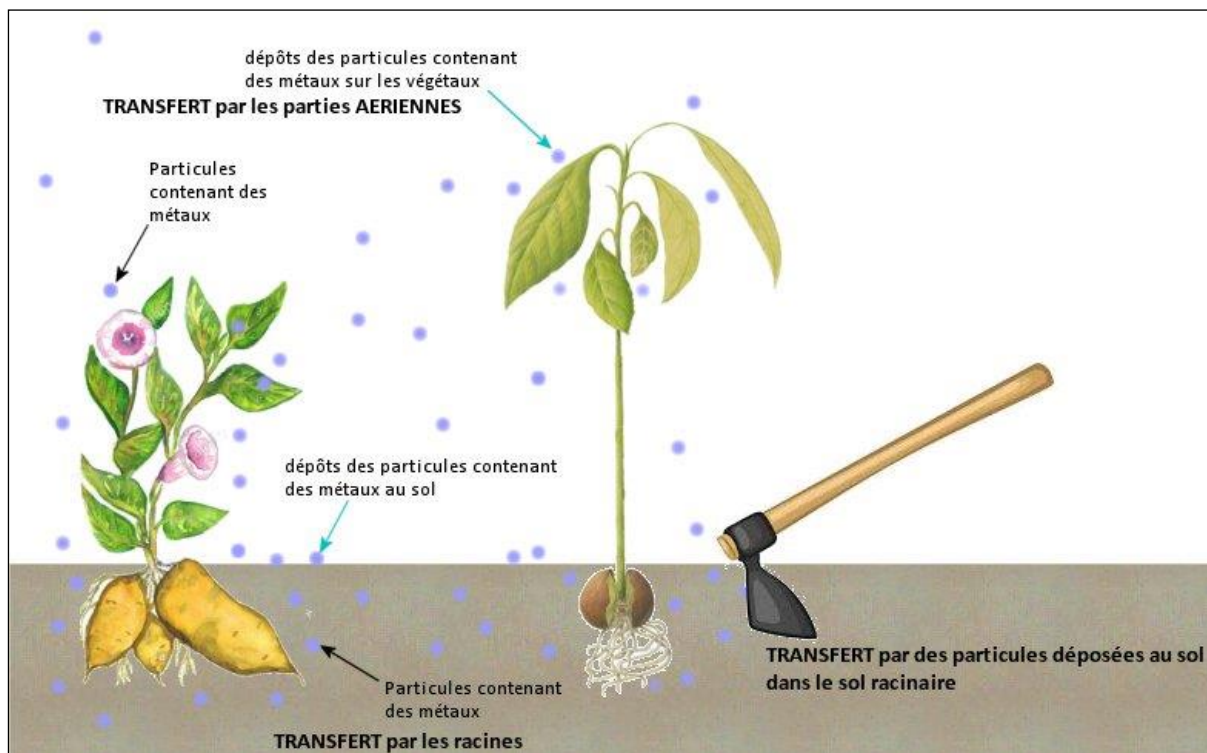


Figure 41: Mécanismes de transfert pour les végétaux cultivés

Le schéma suivant représente le modèle d'exposition utilisé pour l'évaluation des risques sanitaires par ingestion, à l'aide du logiciel MODUL'ERS®.

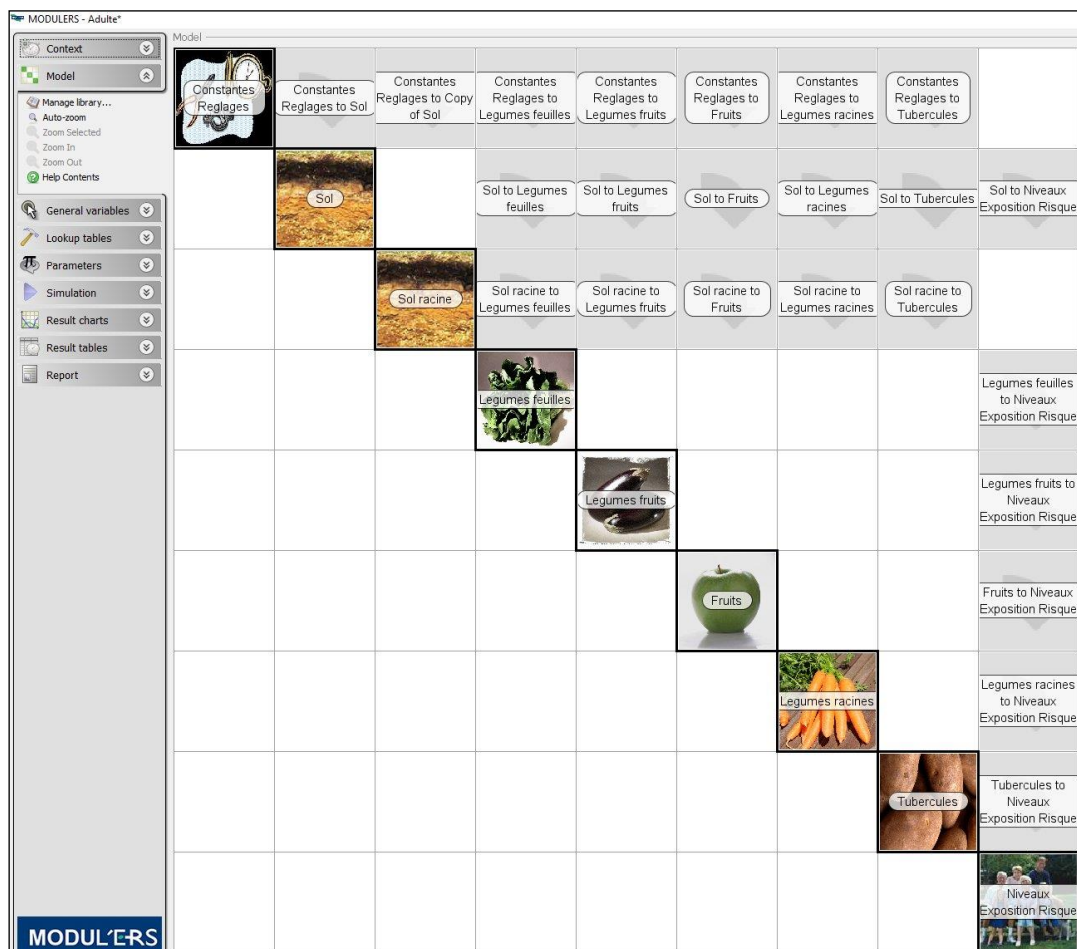


Figure 42: Schéma conceptuel sous MODUL'ERS®

Paramètres d'entrée du modèle

Les paramètres utilisés dans les différents modules de MODUL'ERS sont retrouvés en détail à l'annexe N°7.

Note : Les caractéristiques des populations ainsi que leur consommation sont par défaut celles de MODUL'ERS.

Doses ingérées pour les effets à seuils

Les doses ingérées pour les effets à seuils sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 31: Doses ingérées pour les effets à seuils

| [mg/(kg.jour)] | Jeune enfant < 3 ans | Enfant 3 à 10 ans | Adolescent | Adulte et Résident senior |
|----------------|----------------------|-------------------|------------|---------------------------|
| Arsenic | 3,27E-08 | 2,24E-08 | 7,67E-09 | 9,38E-09 |
| Cadmium | 4,81E-09 | 3,39E-09 | 1,21E-09 | 1,65E-09 |
| Chrome VI/III | 3,91E-08 | 2,68E-08 | 9,19E-09 | 1,12E-08 |
| Cobalt | 1,64E-08 | 1,12E-08 | 3,85E-09 | 4,71E-09 |
| Cuivre | 4,20E-07 | 2,90E-07 | 1,09E-07 | 1,52E-07 |
| Manganèse | 2,96E-06 | 2,04E-06 | 7,24E-07 | 9,36E-07 |
| Mercure | 6,92E-10 | 5,02E-10 | 1,78E-10 | 2,49E-10 |
| Nickel | 3,70E-08 | 2,52E-08 | 8,68E-09 | 1,06E-08 |
| Plomb | 7,62E-08 | 5,58E-08 | 1,96E-08 | 2,76E-08 |
| Sélénium | 5,02E-08 | 3,45E-08 | 1,20E-08 | 1,49E-08 |
| Zinc | 3,85E-06 | 2,71E-06 | 1,09E-06 | 1,64E-06 |

Doses ingérées pour les effets sans seuils

Les doses ingérées pour les effets sans seuils sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 32: Doses ingérées pour les effets sans seuils

| [mg/(kg.jour)] | Jeune enfant < 3 ans | Enfant 3 à 10 ans | Adolescent | Résident senior | Adulte |
|----------------|----------------------|-------------------|------------|-----------------|----------|
| Arsenic | 6,94E-10 | 1,14E-09 | 6,47E-10 | 3,54E-09 | 4,68E-10 |
| Cadmium | 8,45E-11 | 1,43E-10 | 8,25E-11 | 5,34E-10 | 5,80E-11 |
| Chrome VI/III | 8,37E-10 | 1,37E-09 | 7,80E-10 | 4,25E-09 | 5,64E-10 |
| Cobalt | 3,49E-10 | 5,73E-10 | 3,25E-10 | 1,78E-09 | 2,35E-10 |
| Cuivre | 5,76E-09 | 1,01E-08 | 5,97E-09 | 4,44E-08 | 4,01E-09 |
| Manganèse | 5,45E-08 | 9,14E-08 | 5,24E-08 | 3,18E-07 | 3,71E-08 |
| Mercure | 1,23E-11 | 2,09E-11 | 1,20E-11 | 7,96E-11 | 8,46E-12 |
| Nickel | 7,81E-10 | 1,28E-09 | 7,29E-10 | 4,00E-09 | 5,27E-10 |
| Plomb | 1,40E-09 | 2,37E-09 | 1,36E-09 | 8,90E-09 | 9,61E-10 |
| Sélénium | 1,03E-09 | 1,70E-09 | 9,66E-10 | 5,44E-09 | 6,94E-10 |
| Zinc | 2,87E-08 | 5,87E-08 | 3,70E-08 | 3,99E-07 | 2,14E-08 |

10.1.4 Calcul des indices sanitaires

Effets à seuils

Les tableaux suivants précisent les quotients de dangers obtenus à partir des résultats précédents.

Tableau 33: Quotients de dangers calculés pour les différents scénarios d'exposition - inhalation

| Quotients de danger INHALATION | Jeune enfant < 3 ans | Enfant 3 à 10 ans | Adolescent | Adulte | Résident senior |
|-----------------------------------|-------------------------|----------------------|------------|------------|-----------------|
| Arsenic | 7,53E-04 | 5,02E-04 | 6,51E-04 | 7,44E-04 | 3,15E-05 |
| Brome | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Cadmium | 3,02E-06 | 2,02E-06 | 2,62E-06 | 2,99E-06 | 1,36E-03 |
| Chrome III | 1,36E-05 | 9,05E-06 | 1,17E-05 | 1,34E-05 | 5,68E-07 |
| Chrome VI | 9,04E-04 | 6,03E-04 | 7,82E-04 | 8,93E-04 | 3,78E-05 |
| Cobalt | 5,67E-05 | 3,78E-05 | 4,90E-05 | 5,60E-05 | 2,37E-06 |
| Cuivre | 9,13E-05 | 6,09E-05 | 7,90E-05 | 9,02E-05 | 3,82E-06 |
| Fer | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Manganèse | 2,93E-03 | 1,95E-03 | 2,53E-03 | 2,89E-03 | 1,22E-04 |
| Mercure | 6,60E-06 | 4,41E-06 | 5,71E-06 | 6,53E-06 | 2,76E-07 |
| Nickel | 1,41E-04 | 9,42E-05 | 1,22E-04 | 1,40E-04 | 5,91E-06 |
| Plomb | 2,51E-05 | 1,67E-05 | 2,17E-05 | 2,48E-05 | 1,05E-06 |
| Sélénium | 8,33E-07 | 5,56E-07 | 7,21E-07 | 8,23E-07 | 3,48E-08 |
| Zinc | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Benzène | 4,63E-03 | 3,10E-03 | 4,01E-03 | 4,58E-03 | 2,25E-04 |
| Benzo(a)pyrène | 3,57E-02 | 2,39E-02 | 3,09E-02 | 3,53E-02 | 1,74E-03 |
| α-pinède | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| β-pinède | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| 2-Butanol | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| 2-Propanol | 9,67E-06 | 6,47E-06 | 8,38E-06 | 9,56E-06 | 4,71E-07 |
| Acétaldéhyde | 2,34E-03 | 1,57E-03 | 2,03E-03 | 2,31E-03 | 1,14E-04 |
| Formaldéhyde | 3,04E-03 | 2,04E-03 | 2,64E-03 | 3,01E-03 | 1,48E-04 |
| Acétone | 3,16E-02 | 2,11E-02 | 2,73E-02 | 3,12E-02 | 1,54E-03 |
| Butanone | 1,95E-04 | 1,30E-04 | 1,69E-04 | 1,93E-04 | 9,49E-06 |
| Acétate d'éthyle | 3,92E-05 | 2,62E-05 | 3,39E-05 | 3,87E-05 | 1,90E-06 |

| Quotients de danger INHALATION | Jeune enfant < 3 ans | Enfant 3 à 10 ans | Adolescent | Adulte | Résident senior |
|-----------------------------------|-------------------------|----------------------|------------|------------|-----------------|
| 1,4-Epoxy-1,3-butadiene | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Méthane | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Butane | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| COV-soufré | 3,08E-03 | 2,02E-03 | 2,65E-03 | 3,04E-03 | 2,38E-04 |
| Ammoniac | 7,40E-02 | 4,95E-02 | 6,41E-02 | 7,31E-02 | 3,60E-03 |
| Particules diesel | 1,06E-03 | 7,07E-04 | 9,15E-04 | 1,04E-03 | 5,38E-05 |
| Protoxyde d'azote | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Sulfure d'hydrogène | 1,64E-01 | 1,10E-01 | 1,42E-01 | 1,62E-01 | 7,97E-03 |
| Monoxyde de carbone | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Dioxyde d'azote | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| SOMME | 3,24E-01 | 2,17E-01 | 2,81E-01 | 3,21E-01 | 1,72E-02 |

Tableau 34: Quotients de dangers calculés pour les différents scénarios d'exposition - Ingestion

| QD - INGESTION | Jeune enfant < 3 ans | Enfant 3 à 10 ans | Adolescent | Adulte/Résident Senior |
|----------------|----------------------|-------------------|------------|------------------------|
| Arsenic | 7,26E-08 | 4,97E-08 | 1,71E-08 | 2,08E-08 |
| Cadmium | 1,34E-05 | 9,41E-06 | 3,36E-06 | 4,58E-06 |
| Chrome III | 7,82E-06 | 5,36E-06 | 1,84E-06 | 2,24E-06 |
| Chrome VI | 4,35E-05 | 2,98E-05 | 1,02E-05 | 1,25E-05 |
| Cobalt | 1,09E-05 | 7,49E-06 | 2,57E-06 | 3,14E-06 |
| Cuivre | 4,62E-06 | 3,19E-06 | 1,20E-06 | 1,67E-06 |
| Manganèse | 5,38E-05 | 3,71E-05 | 1,32E-05 | 1,70E-05 |
| Mercuré | 1,05E-06 | 7,61E-07 | 2,69E-07 | 3,78E-07 |
| Nickel | 1,32E-05 | 9,01E-06 | 3,10E-06 | 3,80E-06 |
| Plomb | 1,21E-04 | 8,85E-05 | 3,11E-05 | 4,38E-05 |
| Sélénium | 1,00E-05 | 6,90E-06 | 2,39E-06 | 2,97E-06 |
| Zinc | 1,28E-05 | 9,03E-06 | 3,62E-06 | 5,47E-06 |
| SOMME | 2,92E-04 | 2,07E-04 | 7,28E-05 | 9,76E-05 |

Tableau 35: Somme des tous les quotients de danger

| Quotients de danger | Jeune enfant < 3 ans | Enfant 3 à 10 ans | Adolescent | Adulte | Résident senior |
|---------------------|-------------------------|----------------------|------------|----------|-----------------|
| INHALATION | 3,24E-01 | 2,17E-01 | 2,81E-01 | 3,21E-01 | 1,72E-02 |
| INGESTION | 2,92E-04 | 2,07E-04 | 7,28E-05 | 9,76E-05 | 9,76E-05 |
| SOMME | 3,25E-01 | 2,17E-01 | 2,81E-01 | 3,21E-01 | 1,73E-02 |

Il est possible de constater que les quotients de danger sont tous inférieurs à 1.

Par conséquent, et au regard des connaissances actuelles, les effets critiques ne sont pas de nature à apparaître a priori au sein de la population exposée.

Effets sans seuils

Les tableaux suivants présentent les excès de risque individuel calculés.

Tableau 36: Excès de risque individuel calculés la voie inhalation

| Excès de risque individuel INHALATION | Jeune enfant < 3 ans | Enfant 3 à 10 ans | Adolescent | Adulte | Résident senior |
|---|-------------------------|----------------------|------------|------------|-----------------|
| Arsenic | 2,08E-09 | 3,24E-09 | 4,80E-09 | 2,06E-08 | 1,45E-10 |
| Brome | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Cadmium | 2,45E-10 | 3,81E-10 | 5,65E-10 | 2,42E-09 | 1,83E-07 |
| Chrome III | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Chrome VI | 4,65E-08 | 7,24E-08 | 1,07E-07 | 4,59E-07 | 3,24E-09 |
| Cobalt | 1,94E-09 | 3,03E-09 | 4,48E-09 | 1,92E-08 | 1,35E-10 |
| Cuivre | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Fer | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Manganèse | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Mercure | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Nickel | 1,42E-10 | 2,21E-10 | 3,27E-10 | 1,40E-09 | 9,88E-12 |
| Plomb | 1,16E-11 | 1,81E-11 | 2,68E-11 | 1,15E-10 | 8,09E-13 |
| Sélénium | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Zinc | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Benzène | 5,16E-08 | 8,05E-08 | 1,19E-07 | 5,10E-07 | 4,18E-09 |

| Excès de risque individuel INHALATION | Jeune enfant < 3 ans | Enfant 3 à 10 ans | Adolescent | Adulte | Résident senior |
|--|-------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Benzo(a)pyrène | 1,84E-09 | 2,87E-09 | 4,24E-09 | 1,82E-08 | 1,49E-10 |
| α-pinède | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| β-pinède | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| 2-Butanol | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| 2-Propanol | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Acétaldéhyde | 3,53E-08 | 5,51E-08 | 8,15E-08 | 3,49E-07 | 2,86E-09 |
| Formaldéhyde | 8,44E-08 | 1,32E-07 | 1,95E-07 | 8,34E-07 | 6,84E-09 |
| Acétone | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Butanone | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Acétate d'éthyle | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| 1,4-Epoxy-1,3-butadiene | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Méthane | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Butane | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| COV-soufré | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Ammoniac | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Particules diesel | 7,70E-09 | 1,20E-08 | 1,78E-08 | 7,61E-08 | 6,53E-10 |
| Protoxyde d'azote | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Sulfure d'hydrogène | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Monoxyde de carbone | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Dioxyde d'azote | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| SOMME | 2,32E-07 | 3,61E-07 | 5,35E-07 | 2,29E-06 | 2,02E-07 |

Tableau 37: Excès de risque individuel pour la voie ingestion

| ERI - INGESTION | Jeune enfant < 3 ans | Enfant 3 à 10 ans | Adolescent | Adulte/Résident Senior |
|-----------------|----------------------|-------------------|-----------------|------------------------|
| Arsenic | 1,04E-09 | 1,71E-09 | 9,70E-10 | 5,31E-09 |
| Cadmium | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Chrome III | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Chrome VI | 4,19E-10 | 6,87E-10 | 3,90E-10 | 2,12E-09 |
| Cobalt | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Cuivre | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Manganèse | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Mercuré | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Nickel | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Plomb | 1,19E-11 | 2,01E-11 | 1,16E-11 | 7,56E-11 |
| Sélénium | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| Zinc | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR | Pas de VTR |
| SOMME | 1,47E-09 | 2,42E-09 | 1,37E-09 | 7,51E-09 |

Tableau 38: Somme des tous les excès de risque individuel

| Quotients de danger | Jeune enfant < 3 ans | Enfant 3 à 10 ans | Adolescent | Adulte | Résident senior |
|---------------------|-------------------------|----------------------|------------|----------|-----------------|
| INHALATION | 2,32E-07 | 3,61E-07 | 5,35E-07 | 2,29E-06 | 2,02E-07 |
| INGESTION | 1,47E-09 | 2,42E-09 | 1,37E-09 | 7,51E-09 | 9,92E-10 |
| SOMME | 2,33E-07 | 3,64E-07 | 5,36E-07 | 2,30E-06 | 2,03E-07 |

Tous les ERI, même additionnés, sont inférieurs à la valeur-seuil de 10^{-5} .

Aussi, aucun polluant ne représente un niveau de risque sanitaire significatif pour les effets sans seuils.

L'indice ERI 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.

L'ERI cumulé maximal calculé est égal à $2,30E-06$. En d'autres termes, cela signifie que si une population de 1 000 000 habitants est exposée aux niveaux calculés, il sera observé -par rapport à une population de même effectif non exposée - 2,30 cancers (soit 3 cas) supplémentaires.

On considère qu'un ERI au-dessous de 10^{-5} , correspondant à 10 cas de cancers supplémentaires au sein d'une population de 1 000 000 habitants, représente un risque 'acceptable'.

Les ERI calculés étant tous inférieurs à la valeur seuil de 10^{-5} . Ainsi, le risque sanitaire représenté par la plateforme de compostage est jugé non significatif.

10.1.5 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 qui suit 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 pour 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 un 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.

À 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 conduit les spécialistes à recommander des recherches précisément 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.

Par ailleurs, 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 cancérigènes sans effet de seuils, 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 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, en tout état de cause, 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. Il convient de retenir 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 effets de seuils, la quantification du risque consiste à mettre en relation les VTR et les doses d'exposition (pour les différentes voies d'exposition identifiées) afin d'arriver à une prédiction sur l'apparition de cancers au sein d'une population exposée. Les incertitudes inhérentes à cette étape concernent, en sus des 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 le scénario « résident ». En effet, on considère que l'individu exposé est présent dans les mêmes lieux, 24h/24, 7j/j et 365 jours par an, et ce, pendant **toute la durée considérée**.

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

10.1.6 Synthèse de l'EQRS

En définitive - et pour les scénarios d'exposition examinés - les risques sanitaires sont jugés non significatifs : les quotients de dangers et les excès de risques étant tous inférieurs aux seuils d'avertissement.

10.2 Effets sanitaires de l'exposition aux bioaérosols de plate-forme de compostage

Lors de la manipulation des produits, les agents biologiques (micro-organismes et fragments, constituants et métabolites) vont être aérosolisés, ce qui conduit à une augmentation des concentrations de ces agents biologiques dans l'atmosphère au voisinage des activités.

Des pics de concentration en micro-organismes dans l'air des sites de compostage ont été observés à postes fixes pendant certaines activités, notamment le criblage et le broyage (Fracchia et al, 2006 ; Hryhorczuk et al, 2001 ; Sanchez-Monedero et al, 2005 ; Tolvanen et al, 1998 ; Persoons et al, 2010).

Concernant l'activité de retournement des andains, il semble que les concentrations les plus élevées soient obtenues lors des retournements effectués en début de procédé (Taha et al, 2007). Les étapes de construction et de transfert des andains génèrent également des concentrations importantes en bioaérosols (Epstein et al, 2001 ; Fisher et al, 2008 ; Taha et al, 2006).

Les bioaérosols de compostage contiennent principalement des bactéries et des champignons. Les virus et les archaea dans les bioaérosols de compostage ont très peu été étudiés, bien que des travaux sur la microflore du compost aient mis en évidence la présence d'entérovirus (Monpotheo et al, 2004) et d'Archaea méthanogènes (Jäckel et al, 2005 ; Thummes et al, 2007).

Concernant les bactéries et les champignons, les identifications ont généralement été réalisées après enrichissement sur milieu de culture.

Les moisissures cultivées appartiennent essentiellement aux genres ***Aspergillus***, ***Cladosporium***, ***Fusarium***, ***Mucor***, ***Penicillium*** et ***Rhizopus*** (INRS, 2010).

Concernant les bactéries, la famille des ***actinomycètes*** est bien représentée.

Le tableau ci-après présente quelques effets sanitaires répertoriés dans la Base d'OBservation des Agents Biologiques [Baobab] de l'INRS.

Tableau 39: Effets sanitaires associés à certains agents biologiques pouvant être présents dans les bioaérosols

| Agent biologiques | Type | Groupe de risque infectieux | Maladie(s) |
|---|------------|-----------------------------|---|
| <p>Genre : <i>Aspergillus</i> <i>Aspergillus fumigatus</i></p> | Champignon | Groupe 2 | <ul style="list-style-type: none"> - Aspergillose, aspergillome, asthme aspergillaire. - Trois formes principales : <ul style="list-style-type: none"> o Forme allergique (asthme). o Aspergillome développé dans une cavité pulmonaire préformée (kyste, caverne tuberculeuse guérie) ou dans un sinus. o Aspergillose invasive : chez les personnes immuno-déprimées, envahissement pulmonaire puis généralisé. |
| <p>Genre : <i>Cladosporium</i> <i>Cladophialophora bantiana</i></p> | Champignon | Groupe 3 | <ul style="list-style-type: none"> - Atteinte du système nerveux central, atteinte cutanée. - Abscesses du cerveau : maux de tête chroniques, fièvre, paralysies, parfois signes de méningite. - Nodules cutanés ou sous-cutanés chroniques jaune-brun au point de contact. Evolution vers l'ulcération ou la tuméfaction (mycétome). - Infections chroniques plus rares : pneumonie, sinusite, otite. |
| <p>Genre : <i>Penicillium</i> <i>Penicillium marneffeii</i></p> | Champignon | Groupe 2 | <p>Penicilliose d'Extrême-Orient, infection opportuniste chez les patients immunodéprimés : fièvre, frissons, augmentation de la taille du foie, de la rate, lésions cutanées papuleuses, atteinte pulmonaire diffuse. Incubation de quelques jours à quelques semaines. Traitement antifongique.</p> |

| Agent biologiques | Type | Groupe de risque infectieux | Maladie(s) |
|--|----------|-----------------------------|--|
| <i>Genre : Actinomycète</i> | Bactérie | Groupe 2 | Chez les immunodéprimés : septicémie associée parfois à une endocardite. |
| <i>Actinobacillus</i> | | | |
| <i>actinomycetemcomitans</i> | | | |
| <i>Aggregatibacter actinomycetemcomitans</i> | | | |

Une exposition aigüe et massive à des endotoxines et des poussières organiques est mise en cause dans la genèse du syndrome toxique des poussières organiques.

Une exposition durable aux endotoxines peut dégrader la fonction respiratoire et conduire à la bronchite chronique et ses complications.

Les risques liés à l'inhalation des moisissures aéroportées sont principalement de type infectieux, toxinique et immuno-allergique.

Les mycoses pulmonaires (infection du poumon par une moisissure) comme les aspergilloses invasives sont exceptionnelles chez les personnes dont les défenses immunitaires sont amoindries par une maladie ou un traitement de type anti-rejet chez un greffé, anti-cancer ou corticoïde au long cours.

Les moisissures peuvent aussi être responsables d'effets immuno- allergiques, d'atteintes pulmonaires de types pneumopathies d'hypersensibilité, rhinites, conjonctivite et asthme en particulier en présence des genres *Aspergillus Cladosporium Alternariat Penicillium*.

La toxicité des moisissures résulte à la fois des composés entrant dans la composition de la paroi cellulaire.

Enfin, la nocivité des actinomycètes est essentiellement de nature allergique entraînant des symptômes similaires à ceux décrits pour les effets immunoallergiques des moisissures.

Les concentrations microbiennes dans l’air dépendent de nombreux paramètres ; toutefois selon les données disponibles dans la littérature scientifique, les concentrations en bactéries mesurées dans l’atmosphère des sites de compostage est variable (de 10^2 à 10^8 UFC⁵/m³) ; la plupart des mesures se situent autour de **10⁴ UFC/m³**.

Le rapport de l’ADEME de 2012 propose des gammes de concentrations en microorganismes totaux en pilote et sur environnement réel. Celles-ci sont présentée dans le tableau ci-après.

Tableau 40: Concentrations en microorganismes totaux et cultivables en pilote et sur site

| Microorganismes | Unité | Intervalle de concentration |
|--|---------------------------------------|-----------------------------------|
| En pilote | | |
| Bactéries cultivables | UFC/m ³ d’air/kg de déchet | 10 ² - 10 ⁵ |
| Actinomycètes thermophiles cultivables | | 10 ¹ - 10 ³ |
| Champignons cultivables | | 10 ¹ - 10 ⁴ |
| Bactéries | GC/m ³ d’air/kg de déchet | 10 ² - 10 ⁸ |
| Champignons | | 10 ¹ - 10 ⁴ |
| En environnement réel | | |
| Procaryotes totaux | GC/m ³ d’air/kg de déchet | 10 ⁷ |
| Bactéries | | 10 ⁶ - 10 ⁷ |
| Champignons | | 10 ³ - 10 ⁵ |
| <i>Aspergillus fumigatus</i> | | 10 ² - 10 ⁵ |
| <i>Thermoactinomyces spp</i> | | 10 ³ - 10 ⁶ |

Enfin, Taha et al, 2005, par mesure avec un tunnel à vent, proposent des flux d’émissions selon les valeurs et les unités suivantes :

- 13 à 22*10³ ufc/m²/s pour les actinomycètes mésophiles
- 8 à 11*10³ ufc/m²/s pour *Aspergillus fumigatus*

Aussi, en considérant les deux facteurs d’émission surfaciques appliqués au 30 andains présents sur le site, il est obtenu la cartographie suivante pour les concentrations journalières.

⁵ Unité formant colonie

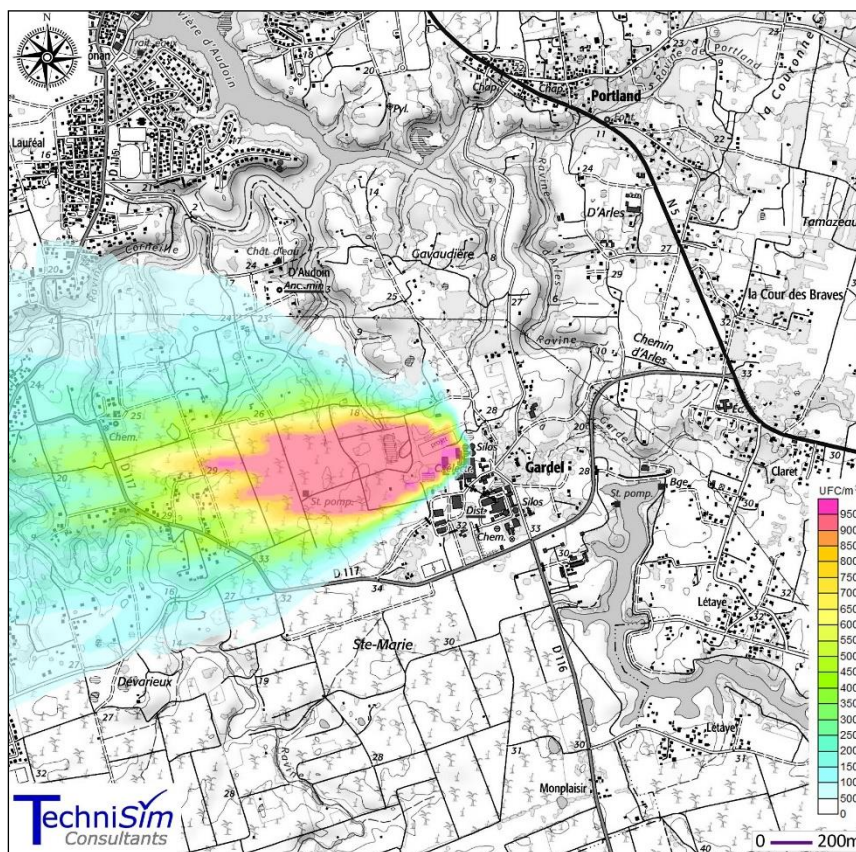


Figure 43: Cartographie des concentrations en microorganismes en moyenne journalière

A ce jour, il n'existe pas de valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) pour les agents biologiques, en France et ailleurs. Les seules valeurs existantes sont des valeurs guides pour les endotoxines et les bactéries/moisissures mesurées dans l'air, proposées par le réseau français Assurance maladie - Risques professionnels : **200 UE/m³ pour les endotoxines et 10 000 UFC/m³ pour les moisissures et les bactéries pour une exposition de 8 heures.**

Il est possible de constater que les concentrations en microorganismes sont inférieures à la valeur guide de 10 000 UFC/m³.

Comme cette approche ne peut être qu'indicative compte tenu des incertitudes, il convient de mentionner les données obtenues à partir du programme IBC de l'ADEME.

Ces données ont permis de comparer les profils de dispersion obtenus sur une dizaine de sites de compostage, lors de la même activité émettrice (le retournement d'andain en phase thermophile) et avec le même dispositif expérimental, par mesure de 9 paramètres microbiologiques.

Les résultats montrent une étendue importante des concentrations, mais surtout ils montrent que, un impact :

- à faible distance (environ 50 m) est observé systématiquement pour la majorité des paramètres
- à 100 m est souvent observé pour plusieurs groupes microbiens
- a occasionnellement été observé à des distances supérieures ou égales à 200 m

La cartographie suivante représente les risques biologiques. Elle est établie sur la base de ces données.

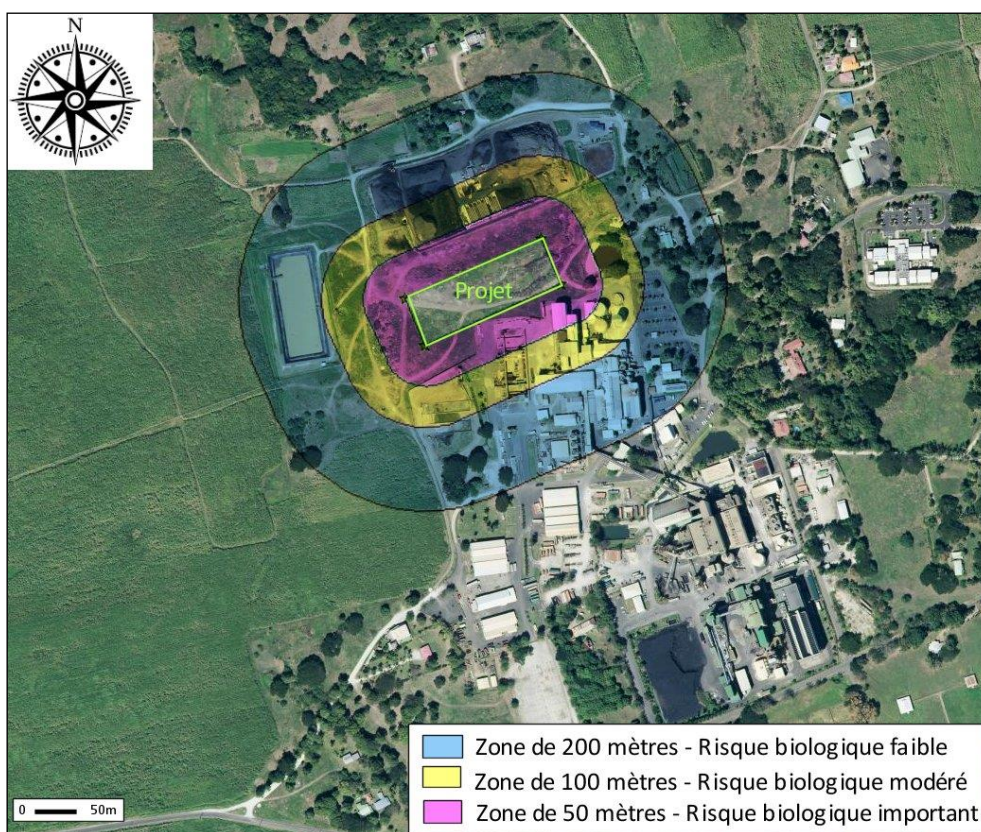


Figure 44: Cartographie des risques biologiques associés aux bioaérosols

Il est constaté que, mis à part une maison squatée de manière illégale sur la parcelle (coté Nord Est), aucun habitant n'est en pratique présent dans ces zones.

Aussi, les risques sanitaires liés aux bioaérosols sont très faibles.

11 Conclusion

Ce document présente l'évaluation de l'impact d'une plateforme de compostage de biomasse pour l'usine sucrière Gardel, sise sur le territoire de la commune du Moule [Guadeloupe /nord-est de l'île de Grande-Terre].

L'impact des rejets a été déterminé à l'aide d'une simulation numérique de la dispersion atmosphérique.

Les modélisations ont démontré que les concentrations calculées respectent les 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**).

En somme, et pour les scénarios d'expositions examinés, il est possible de juger que les risques sanitaires sont non significatifs.

En effet, les quotients de dangers (individuels et cumulés) sont tous inférieurs à 1 et l'ERI cumulé est inférieur à 10^{-5} .

En fin de compte, aucun effet significatif n'est ainsi à prévoir durant l'exploitation de cette plateforme.

12 Bibliographie

| Titre du document | Auteur | Date |
|--|---------------|---------|
| Plan de Protection de l'Atmosphère de l'aire urbaine de Pointe-à-Pitre / Les Abymes | Non précisé | juin-18 |
| Etude des émanations gazeuses dues à la décomposition des algues sargasses | Gwad'Air | sept-19 |
| Bilan annuel des émanations gazeuses liées à la décomposition des algues sargasses sur les littoraux de la Guadeloupe | Gwad'Air | févr-21 |
| Déterminants et indicateurs de santé en Guadeloupe, à Saint-Barthélemy et Saint-Martin 2ème édition | ORSAG | juil-17 |
| Diagnostic – Profil socio-sanitaire de la commune du MOULE | ORSAG | janv-14 |
| Rapport annuel d'activité et dossier d'information 2018 - Plateforme de compostage du Moule | SITA VERDE | mars-19 |
| Programme de recherche de l'ADEME sur les émissions atmosphériques du compostage - connaissances acquises et synthèse bibliographique | ADEME | juil-12 |
| AP-42 : Compilation of Air Emissions Factors - Chapter 13 Miscellaneous Sources - 13.2 Introduction to Fugitive Dust Sources - 13.2.4 Aggregate Handling and Storage Piles | US-EPA | nov-06 |
| AP-42 : Compilation of Air Emissions Factors - Chapter 13 Miscellaneous Sources - 13.2 Introduction to Fugitive Dust Sources - 13.2.5 Industrial Wind Erosion | US-EPA | nov-06 |
| Guide méthodologique pour l'évaluation du risque sanitaire de l'étude d'impact des installations de compostage soumises à autorisation | ASTEE | juin-06 |
| AP-42 : Compilation of Air Emissions Factors - Chapter 2 Solid Waste Disposal - Municipal Solid Waste Landfills | US-EPA | oct-08 |
| Risques sanitaires du biogaz - Evaluation des risques sanitaires liés à l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel | Afsset | oct-08 |

Annexes

ANNEXE N°1 – Critères nationaux de la qualité de l'air

En matière de qualité de l'air, trois niveaux de réglementation imbriqués peuvent être distingués (européen, national et local).

L'ensemble de ces réglementations a pour finalité principale :

- L'évaluation de l'exposition de la population et de la végétation à la pollution atmosphérique
- L'évaluation des actions entreprises par les différentes autorités dans le but de limiter cette pollution
- L'information sur la qualité de l'air

Les directives européennes sont transposées dans la réglementation française.

Les critères nationaux de qualité de l'air sont définis dans le Code de l'environnement (articles R221-1 à R221-3 disponibles sur le site Légifrance).

Le *Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010* transpose la directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008.

Les principales valeurs mentionnées dans la réglementation française sont synthétisées dans les tableaux qui vont suivre.

Tableau 41 : Valeurs limites réglementaires pour la qualité de l'air

| POLLUANTS | Valeur(s) limites(s) | Objectif(s) de qualité | Seuil d'information/Recommandations | Seuil(s) d'alerte | Niveau critique |
|---------------------|--|---|--|--|---|
| Dioxyde d'azote | <u>Moyenne annuelle</u> 40 µg/m ³ <u>Moyenne horaire</u> 200 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18 heures/an | <u>Moyenne annuelle</u> 40 µg/m ³ | <u>Moyenne horaire</u> 200 µg/m ³ | <u>Moyenne horaire</u> 400 µg/m ³ dépassé sur 3 heures consécutives 200 µg/m ³ si dépassement de ce seuil la veille, et risque de dépassement de ce seuil le lendemain | |
| Oxydes d'azote | | | | | <u>Moyenne annuelle</u> 30 µg/m ³ |
| Dioxyde de soufre | <u>Moyenne journalière</u> 125 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an <u>Moyenne horaire</u> 350 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 24 heures par an | <u>Moyenne annuelle</u> 50 µg/m ³ | <u>Moyenne horaire</u> 300 µg/m ³ | <u>Moyenne horaire sur 3 heures consécutives</u> : 500 µg/m ³ | <u>Moyenne annuelle</u> 20 µg/m ³ |
| Plomb | <u>Moyenne annuelle</u> 0,5 µg/m ³ | <u>Moyenne annuelle</u> 0,25 µg/m ³ | | | |
| Particules PM10 | <u>Moyenne annuelle</u> : 40 µg/m ³ <u>Moyenne journalière</u> 50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an | <u>Moyenne annuelle</u> 30 µg/m ³ | <u>Moyenne journalière</u> 50 µg/m ³ | <u>Moyenne journalière</u> 80 µg/m ³ | |
| Monoxyde de carbone | <u>Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures</u> 10 000 µg/m ³ | | | | |
| Benzène | <u>Moyenne annuelle</u> 5 µg/m ³ | <u>Moyenne annuelle</u> 2 µg/m ³ | | | |

| POLLUANTS | Valeur(s) limites(s) | Valeur(s) cible(s) | Seuil(s) de recommandation et d'information | Seuil(s) d'alerte | Niveau critique |
|---|----------------------|-------------------------|---|-------------------|-----------------|
| Arsenic | | 0,006 µg/m ³ | | | |
| Cadmium | | 0,005 µg/m ³ | | | |
| Nickel | | 0,020 µg/m ³ | | | |
| Benzo(a)pyrène (utilisé comme traceur du risque cancérigène lié aux Hydrocarbures aromatiques polycycliques) | | 0,001 µg/m ³ | | | |

ANNEXE N°2 – Emissions gazeuses liées au compostage

Les composés azotés : l'ammoniac NH_3 et le protoxyde d'azote N_2O

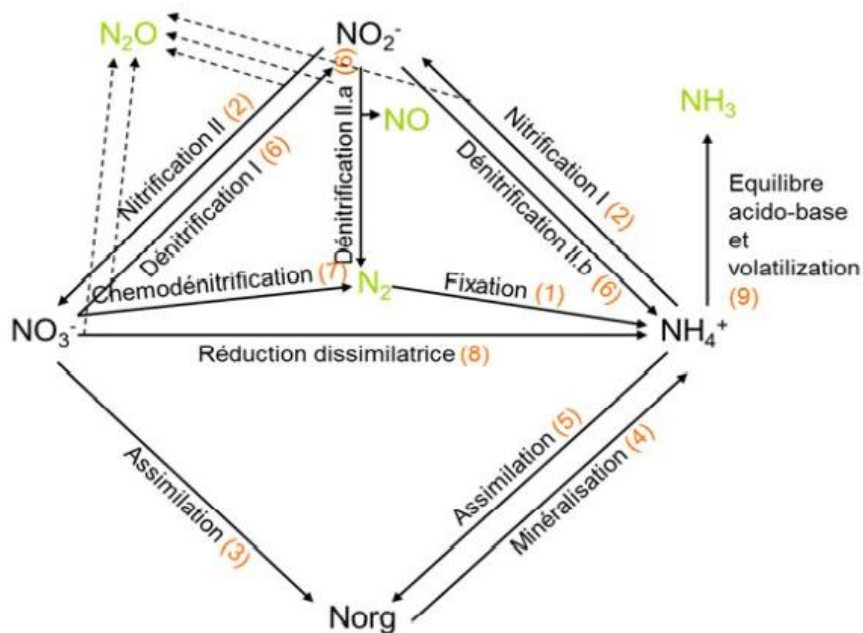


Figure 19 : Synthèse des mécanismes d'émission et formation de N_2O et NH_3

Source - ADEME 2012. Programme de recherche de l'ADEME sur les émissions atmosphériques du compostage. Connaissances acquises et synthèse bibliographique.

- (1) Fixation de l'azote atmosphérique sous forme d'ion ammonium NH_4^+
- (2) Formation de nitrates à partir d'ammonium.
- (3) Assimilation des sels de nitrate par les microorganismes du milieu pour produire des composés organiques azotés.
- (4) L'azote de la matière organique biodégradable est transformé en ammonium lors du compostage.
- (5) L'ammonium de la matrice est immobilisé sous forme d'azote organique.
- (6) En conditions anaérobies, la dénitrification de NO_3^- est la principale voie de production de N_2O . Ce mécanisme peut être divisé en deux étapes : passage de nitrate à nitrite et réduction de nitrites.
- (7) Le mécanisme de chemodénitrification permet la dénitrification directe des nitrates en azote moléculaire sans produire de nitrites en intermédiaire
- (8) La réduction dissimilatrice est la dénitrification directe des nitrates en ammonium moléculaire, sans produire de nitrites en intermédiaire.

- (9) La solubilité de l’ammoniac dans l’eau est limitée et variable selon la température et le pH du milieu. La combinaison de ces deux mécanismes conditionne la volatilisation de l’ammoniac.

Les déterminants des émissions des composés azotés sont présentés dans le tableau ci-après.

| Paramètres | Ammoniac [NH ₃] | Protoxyde d’azote [N ₂ O] |
|-----------------|---|---|
| SUBSTRAT | <p>La microflore, et la teneur en ammonium initiale du substrat déterminent la cinétique de l’émission d’ammoniac.</p> <p>La composition de la matrice organique et notamment son caractère cellulosique et ligno-cellulosique (OMR, déchets verts/biodéchets) ou au contraire soluble (boues urbaines ou déchets agroalimentaires) ont également une forte influence sur la cinétique de compostage qui va également déterminer la cinétique et le niveau d’émission d’ammoniac.</p> <p>La structure, l’humidité et la porosité de la matrice sont des facteurs conditionnant également le stripping de l’ammoniac (De Guardia, 2010b). L’humidité a une influence sur la quantité d’ammoniac qui peut rester dissout dans l’eau de la matrice : si l’humidité augmente, les émissions potentielles diminuent. La porosité favorise quant à elle la diffusion de l’air dans la matrice, cet air entraînant par effet de stripping l’ammoniac dissout dans la matrice. Si une matrice est très poreuse, les émissions d’ammoniac sont favorisées.</p> | <p>Les données disponibles dans la littérature ne permettent pas d’établir des liens entre les caractéristiques des substrats et l’émissions de N₂O.</p> |

| | | |
|--|--|--|
| <p>Teneur en carbone et azote [ratio C/N]</p> | <p>La quantité d’ammoniac émise est fonction de la quantité de NH_4^+ dans la matrice : les émissions des premiers jours sont fonction de la teneur en ammonium de la matrice initiale (GDB, 2005 ; Paillat, 2005, Jiang et al, 2011). Ensuite, la concentration d’ammonium dans le milieu est fonction de la combinaison des mécanismes de minéralisation et de dénitrification produisant de l’ammonium et de nitrification consommant NH_4^+.</p> <p>Le ratio carbone sur azote (C/N) est un déterminant important des émissions de NH_3 en compostage. Les matrices qui présentent des ratios inférieurs à 20, présentent des émissions plus fortes que celles ayant des ratios supérieurs à 20.</p> | <p>Plusieurs auteurs ont établi que la teneur en azote biodégradable des composés de départ est directement proportionnelle au flux de N_2O émis (Bacheley et al, 2008 ; Habart et al, 2010). L’influence de la quantité de carbone biodégradable n’a pas encore été bien définie : elle peut ou non influencer l’émission de N_2O. Pour De Guardia et al (2010b) il n’y a pas d’influence tandis que pour Paillat et al (2005) des quantités croissantes de carbone biodégradable font diminuer les émissions de N_2O.</p> |
| <p>Aération</p> | <p>L’aération impacte l’émission d’ammoniac par deux mécanismes. D’un côté elle impacte l’activité biologique et donc, conditionne la montée en température et la minéralisation de l’azote organique (Habart et al, 2010 ; De Guardia et al, 2010b).</p> <p>Généralement, l’augmentation du niveau d’aération fait augmenter l’émission d’ammoniac. Néanmoins, si le seuil d’émission de NH_3 maximal est atteint (tout l’ammoniac produit est émis), une augmentation du niveau d’aération ne fera plus augmenter les émissions d’ammoniac.</p> | <p>Si la matrice est limitée en oxygène, cela favorisera la production de N_2O par la voie de dénitrification anaérobie des nitrites. Néanmoins, le N_2O est aussi produit par voies aérobies de nitrification (Bacheley et al, 2008). Les différents débits d’aération, en conditions où l’oxygène n’est pas limitant, ne modifient pas la quantité de N_2O émise (De Guardia et al, 2010b).</p> |

| | | |
|--|---|--|
| <p>Retournements</p> | <p>Les retournements provoquent généralement des flux d'émission importants et brefs, difficiles à quantifier. La minéralisation s'en trouve aussi réactivée et la température remonte légèrement au-dessus du niveau initial avant retournement. En conséquence les émissions de NH₃ peuvent augmenter. La combinaison de cette réactivation de l'activité microbienne et la présence de des molécules partiellement décomposées, fait augmenter les émissions d'ammoniac (Jiang et al, 2011).</p> | <p>Des pics de protoxyde d'azote sont parfois observés suite au retournement. Selon Jiang et al (2011) ce phénomène est probablement dû à la dénitrification de nitrates et nitrites.</p> |
| <p>Types de réacteurs (ouverts, fermés) et procédé de compostage associés</p> | <p>Le type de réacteur de compostage utilisé (andain naturel, casier ouvert, container, tunnel ou couloir ...) ainsi que le mode et l'intensité de ventilation des matières compostées (soufflage ou aspiration à débit fixe ou variable et continu ou intermittents) vont déterminer des niveaux et flux d'émission convectives et canalisées très variés et difficiles à quantifier et donc à comparer. La plus ou moins bonne maîtrise du procédé de compostage va impacter les niveaux d'émission des principaux composés gazeux tels que l'ammoniac.</p> | <p>Des pics de protoxyde d'azote sont parfois observés, suite au retournement. Selon Jiang et al (2011) ce phénomène est probablement dû à la dénitrification de nitrates et nitrites.</p> |
| <p>Température</p> | <p>La température est un paramètre déterminant des émissions d'ammoniac à travers deux mécanismes :</p> | <p>La réaction de nitrification est inhibée à températures supérieures à 45°C (optimale à 35°C). Dans ce cas, l'azote reste sous forme ammoniacale et les émissions de N₂O</p> |

| | | |
|------------------------|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Les températures > 45°C inhibent la nitrification et donc la concentration de NH_4^+ est maximale dans la matrice (Pagnans et al, 2006). - La température conditionne l'équilibre liquide-vapeur (Bacheley et al, 2008 ; BCG1 ; Habart et al, 2021) ; si la température augmente alors la volatilisation de l'ammoniac augmente exponentiellement (Pagnans et al, 2006). | <p>sont minimales (De Guardia et al, 2010b ; Habart et al, 2010).</p> |
| <p>Autre(s)</p> | <p>Le pH du milieu affecte l'équilibre acido-basique $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$: Les valeurs basses de pH de la matrice de départ, peuvent retarder les émissions d'ammoniac (Bacheley et al, 2008).</p> | <p>La présence d'une forte concentration de NH_3 inhibe la réaction de nitrification, et favorise la formation de N_2O (Bacheley et al, 2008).</p> <p>Les émissions sont importantes après quelques semaines de compostage (EMISITE ; Bacheley et al, 2008).</p> |

✚ Les composés carbonés

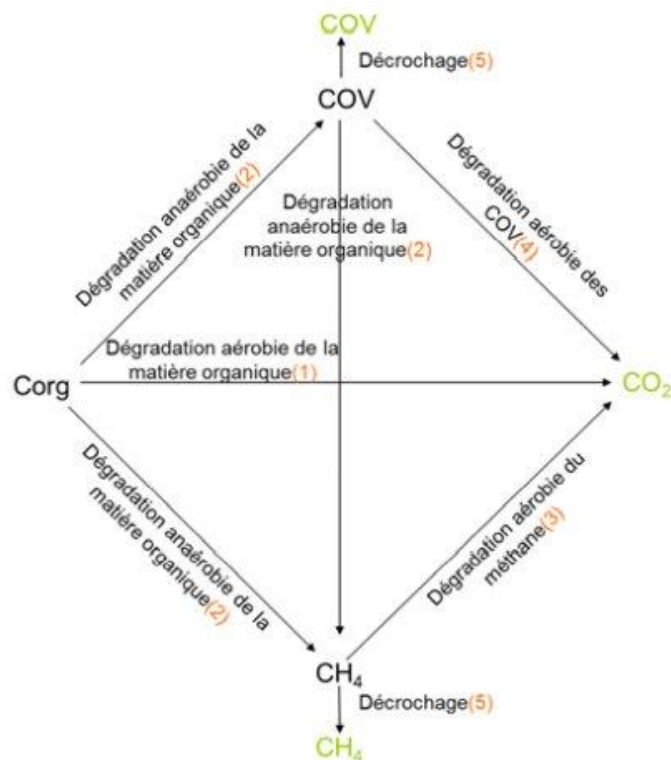


Figure 20 : Synthèse des mécanismes de production et émission de CO₂ et CH₄

Source - ADEME 2012. Programme de recherche de l'ADEME sur les émissions atmosphériques du compostage. Connaissances acquises et synthèse bibliographique

- (1) La dégradation aérobie de la matière organique produit principalement du CO₂ et de l'eau. La production de CO₂ est directement liée à l'activité des microorganismes (Habart et al, 2010 ; Paillat et al, 2005).
- (2) La dégradation anaérobie de la matière organique conduit à la formation de méthane et autres composés organiques volatils (BCG1 ; Brown et al, 2008 ; Habart et al, 2010). Le méthane est produit pendant le compostage par les bactéries méthanogènes thermophiles (Jäckel et al, 2005). Le méthane est produit immédiatement après toute chute de la concentration en oxygène dans une zone (ou la totalité) de l'andain en compostage.
- (3) Le méthane est produit pendant le compostage par les bactéries méthanogènes thermophiles (Jäckel et al, 2005). Le méthane est produit immédiatement après toute chute de la concentration en oxygène dans une zone (ou la totalité) de l'andain en compostage.
- (4) De façon analogue à la dégradation du méthane, une partie des COV produits sont consommés par les microorganismes aérobies à l'intérieur de l'andain donnant ainsi du CO₂ comme produit principal

- (5) Le méthane et les COV produits par le métabolisme anaérobie sont des produits volatils qui diffusent au sein de l'andain pour arriver à sa surface, où ils se dispersent dans l'environnement.

Les déterminants des émissions des composés carbonés sont présentés dans le tableau ci-après.

| Paramètres | Dioxyde de carbone [CO ₂] | Méthane [CH ₄] |
|---|---|---|
| Substrat | La quantité de carbone dégradé est influencée par la nature des coproduits et leurs fractions facilement dégradables pendant la phase de fermentation (Doublet, 2008). | La densité du substrat a une influence importante sur la création de zones d'anaérobiose au sein de l'andain et donc la production de CH ₄ (Hobson et al, 2005 ; Sommer et Moller, 2000). |
| Teneur en carbone et azote [ratio C/N] | Si la quantité d'azote n'est pas limitante (C/N<40), la production de CO ₂ est directement proportionnelle à la quantité de carbone facilement biodégradable de la matrice (Paillat, 2005). | La présence de carbone biodégradable dans le déchet est indispensable pour l'émission de méthane, mais il n'existe pas de proportionnalité entre la quantité de CH ₄ émis et la quantité de carbone biodégradable. |
| Aération | Une aération optimisée permet d'optimiser la dégradation de la matière organique, et donc, maximiser les émissions de CO ₂ (BGC1). L'aération forcée par soufflage a tendance à augmenter les flux surfaciques de CO ₂ (EMISITE). | Pendant la collecte des déchets, leur stockage et le montage de l'andain, les déchets sont soumis à des conditions anaérobies, ce qui permet aux organismes méthanogènes de se développer et de produire du méthane, qui est ensuite émis dans l'air pendant les premiers jours de compostage (BGC1). Un apport suffisant en oxygène permet de réduire les émissions de méthane. Si le niveau d'aération augmente, les émissions de CH ₄ diminuent (Habart et al, 2010 ; Mallard et al, 2005). Le régime d'aération est aussi important. |

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| <p>Retournements</p> | <p>Les retournements permettent de réactiver la microflore aérobie, donc la dégradation aérobie de la matière organique.</p> | <p>Le retournement des andains permet de réactiver l'activité aérobie au sein de l'andain. Si la quantité d'oxygène apportée à l'andain n'est pas suffisante pour assurer l'augmentation de l'activité, des quantités importantes de carbone peuvent être émises sous forme de méthane.</p> <p>La gestion des retournements est un paramètre important pouvant réduire ou augmenter les émissions de méthane (Ahn et al, 2011). Pour un même substrat, déchets verts, les andains ayant été retournés hebdomadairement émettent moins de CH₄ que ceux qui ont été retournés toutes les deux semaines et ceux-ci moins que ceux qui ont été retournés tous les deux mois (Scheutz et al, 2011).</p> |
| <p>Température</p> | <p>Les microorganismes oxydants sont des microorganismes thermophiles, leur colonisation du milieu est optimale à températures élevées, 55 - 60°C (EMISITE).</p> <p>De plus, des températures élevées peuvent déstabiliser certains composés organiques aidant ainsi à leur hydrolyse (Mallard et al, 2005).</p> <p>Par contre, les températures au-delà de 68°C font diminuer la production de CO₂ à cause d'un ralentissement de l'activité des microorganismes,</p> | <p>La gestion des retournements est un paramètre important pouvant réduire ou augmenter les émissions de méthane (Ahn et al, 2011).</p> <p>Pour un même substrat, déchets verts, les andains ayant été retournés hebdomadairement émettent moins de CH₄ que ceux qui ont été retournés toutes les deux semaines et ceux-ci moins que ceux qui ont été retournés tous les deux mois (Scheutz et al, 2011).</p> |

| | | |
|------------------------|--|--|
| | <p>hors de leur intervalle de température de travail optimale (EMISITE).</p> | |
| <p>Autre(s)</p> | <p>L'humidité du déchet est un facteur clé du compostage. Elle affecte directement l'activité des microorganismes aérobies et le transfert d'oxygène.</p> <p>Les émissions de CO₂ ne sont pas homogènes sur l'ensemble de la surface de l'andain. L'étude EMISITE montre que les émissions de dioxyde de carbone sont plus fortes au sommet de l'andain que sur les flancs.</p> <p>Un vent fort peut diriger l'émission de CO₂ vers le flanc opposé à l'impact du vent (EMISITE)</p> | <p>Pendant la phase de fermentation, l'activité aérobie est très intense et presque la totalité de l'oxygène est consommée. Cette surconsommation d'oxygène fait diminuer fortement la concentration d'oxygène dans le milieu et donc, augmenter l'émission de méthane (Habart et al, 2010).</p> <p>Des andains trop grands limitent la diffusion de l'oxygène et favorisent ainsi la formation de méthane (Hobson, 2005 ; EMISITE).</p> <p>Les émissions de CH₄ ne sont pas homogènes sur l'ensemble de la surface de l'andain. L'étude EMISITE montre que les émissions de méthane sont plus fortes au sommet de l'andain que sur les flancs.</p> |

Les composés organiques volatils COV

Les COV émis, jusqu'à plus d'une centaine de substances différentes identifiées (Mallard et al, 2005 ; Pierucci et al 2005 ; Staley et al, 2006 ; Kumar et al, 2011 ; Scaglia et al, 2011), appartiennent aux familles des alcools, acides carboxylique, cétones, ester, amines, composés soufrés, terpènes, composés aromatiques, des acides gras volatils (AGV), des aldéhydes.

Ces familles sont le plus souvent dominées par un ou deux composés (Komilis et al, 2004 ; Staley et al, 2006 ; Wang et Wu, 2008 ; Büyüksönmez et Evans, 2007...).

La composition et la concentration en COV d'un flux gazeux dépendent du type de substrat, du procédé de compostage et des conditions opérationnelles. Les COV sont émis aux différentes étapes d'un site de compostage (Eitzer, 1995, Müller et al, 2004, Maitre et al, 2006 [ExMCOV] ; Nadal et al, 2009). Dans le cas de la phase de décomposition biologique, des COV sont aussi bien émis en conditions aérobies qu'anaérobies (Staley et al, 2006). Les AGV sont peu caractéristiques des biodéchets (Fischer et al, 1998 cités par Müller et al, 2004). Ils sont surtout détectés dans le cas du compostage d'effluents d'élevage (Turan et al, 2009).

Les acides carboniques sont peu fréquemment détectés et le sont surtout dans certaines phases du compostage principalement la phase intensive de décomposition (Fischer et al, 2000 cités par Müller et al, 2004).

Comme indiqué par Mallard et al (2005) les mécanismes de production et d'émission des divers COV sont multiples et restent imparfaitement connus. Les COV peuvent appartenir à deux groupes selon leur origine (Mallard et al, 2005 ; Pierucci et al, 2005, Staley et al, 2006 ; Scaglia et al, 2011) :

- Un premier groupe rassemble les COV déjà présents dans le substrat en début de compostage. Leur concentration diminue généralement au cours du compostage suite à leur volatilisation ou leur dégradation (Scaglia et al, 2011).
- Un deuxième groupe rassemble les COV qui sont produits directement par métabolisme biologique. Fischer et al, 1999 cités par Mallard et al, 2005 ont mis en évidence la production de 10 à 20 COV différents par souche bactérienne, soit plus de 100 au total. Selon le degré de décomposition de la matrice organique le flux de COV contiendra à différents niveaux de composition et de concentration les produits classiques de la dégradation biologique c'est à dire alcools, esters, cétones, acides, aldéhydes, terpènes, composés soufré, ammoniac et amines.

Les études sont actuellement insuffisantes pour déterminer l'influence des paramètres généralement considérés pour caractériser un déchet (teneur en C, N, humidité, porosité,...) sur la composition et la teneur en COV émis sur un site de compostage. Cependant, l'analyse des études disponibles indique clairement que le type de substrat définit la composition du flux de COV (Pagans et al, 2006b, CARTOCOV).

Les résultats de la littérature indiquent que les déchets verts sont une source de terpènes tandis que les déchets alimentaires produisent essentiellement des alcools et acides.

Les flux de COV des ordures ménagères contenant des sacs plastiques, des solvants ménagers, des résidus de produits chimiques vont être caractérisés par la présence de composés xénobiotiques spécifiques comme des composés aromatiques benzéniques, chlorés (Staley et al, 2006). Le compostage d'une litière de volaille semble induire la prédominance des alcanes avec celle des benzènes alkylés (Turan et al, 2007) tandis que le compostage d'orange se caractérise par la prédominance des terpènes (le limonène en particulier) (Wang et Wu, 2008). La composition en COV des flux d'air issu des déchets alimentaires semble plus difficile à caractériser du fait de la variabilité des déchets. Ceux-ci sont fortement influencés par les habitudes alimentaires et peut varier fortement d'une étude à une autre.

Les émissions de COV d'un site bien défini de compostage (ex : déchets verts) peuvent également varier en fonction de la saison, non pas en raison des différences climatiques mais des différences dans la composition. En effet, la composition du déchet vert (prédominance d'une variété végétale, résidus de tonte, ...) varie selon la saison et la région (Maitre et al, 2006 [ExMCOV]). D'autre part, la différence de composition des flux de COV selon les déchets est à relier à la biodégradabilité du substrat. Un substrat facilement biodégradable aura tendance à émettre des COV de structure simple (acides, alcools) comparativement aux autres déchets.

Les composés soufrés

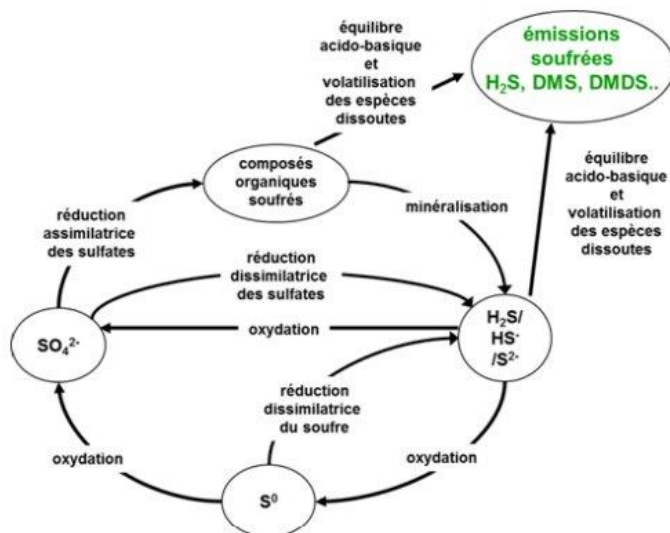


Figure 21 : Mécanismes de formation et d'émission des composés soufrés (Peu, 2011)

Source - ADEME 2012. Programme de recherche de l'ADEME sur les émissions atmosphériques du compostage. Connaissances acquises et synthèse bibliographique.

De nombreuses réactions biologiques et/ou chimiques peuvent se produire entre les sulfures, les sulfates et les formes intermédiaires d'oxydo-réduction qui participent au cycle du soufre.

La flore microbienne intervient activement dans ce cycle. Les bactéries sont capables d'assimiler le soufre minéral sous forme de sulfate et de sulfure pour synthétiser des acides aminés soufrés (réduction assimilatrice du sulfate).

De plus, les bactéries sulfo-oxydantes oxydent les composés soufrés à l'état réduit (oxydation biologique), et les bactéries sulfatoréductrices réduisent les sulfates (réduction dissimilatrice du sulfate) et les formes partiellement oxydées du soufre. L'hydrogène sulfuré (H_2S) est le produit ultime généralement excrété lors du métabolisme du soufre élémentaire et des sulfates, par les bactéries sulfo/sulfato-réductrices. Il est aussi le produit de la minéralisation des composés organiques soufrés.

La principale voie d'émission de l' H_2S en phase gazeuse est liée d'une part à la désolubilisation et d'autre part aux équilibres acido-basiques. Les sulfures dissouts sont en équilibre avec la forme protonée H_2S . La solubilité de l'hydrogène sulfuré dans l'eau est limitée et varie en fonction de la température et du pH du milieu. La combinaison de ces deux mécanismes régule la volatilisation de l' H_2S .

La composition du substrat détermine l'ampleur et la cinétique de l'émission de composés soufrés (COV soufrés et sulfure d'hydrogène). A l'extrême, une matrice riche en soufre comme les algues marines est capable de produire rapidement des émissions conséquentes d' H_2S (Projet Alg-2S).

Ce même type de phénomène est observé sur les composts dans lesquels sont incorporés des champignons, des tissus animaux ou des déchets de construction riches en sulfate de calcium (plâtre).

La quantité et le type de flore bactérienne présente peuvent aussi avoir une influence sur le pic d'émission.

L'humidité, la porosité et l'hydrophilie du substrat ont une influence directe sur la quantité d'H₂S qui peut rester liée à la matrice car dissoute dans l'eau. Si l'humidité augmente, les émissions diminuent car leur cinétique de relargage sous forme gazeuse est ralentie. De même, en favorisant la rétention d'eau dans le substrat, la microporosité et l'hydrophilie freinent les émissions par stripping. Il a toutefois été montré dans le cas de composts de champignons qu'une plus forte teneur en eau du substrat favorisait la production d'H₂S dans la matrice, et que les pics de concentration émis par des perturbations telles que les retournements étaient alors plus importants que pour des composts plus secs (Velusami et al, 2001).

La macroporosité, quant à elle, facilite la diffusion de l'air dans la matrice, ce qui a deux effets antagonistes. Tout d'abord, au moment de la constitution des andains, une augmentation de la macroporosité est susceptible de limiter, voire de faire disparaître, les conditions d'anoxie responsables de la formation d'H₂S. Cependant, si l'H₂S est présent du fait de poches d'anaérobioses, une augmentation de macroporosité augmente l'effet de stripping du sulfure d'hydrogène dissout dans l'eau liée à la matrice. C'est en particulier le cas lorsqu'un andain mal aéré est restructuré ou retourné.

En jouant sur la composition chimique et sur les caractéristiques physicochimiques de la matrice, les prétraitements sont susceptibles d'influer sur l'occurrence et l'importance des émissions d'H₂S. Par exemple un broyage trop fin peut conduire à un tassement et donc à une mauvaise aération du substrat composté, conditions favorables à la formation de composés soufrés réduits.

Les retournements provoquent généralement des flux d'émission importants et brefs, difficiles à quantifier notamment pour les procédés de compostage en andains ventilés passivement. Ils peuvent réactiver l'activité microbienne en restaurant temporairement la porosité du massif. La minéralisation s'en trouve aussi réactivée et la température remonte légèrement au-dessus du niveau initial avant retournement. En conséquence les émissions de composés soufrés réduits peuvent augmenter. La combinaison de cette réactivation de l'activité microbienne et la présence de molécules produites en conditions anaérobies avant le retournement font alors augmenter les émissions de soufrés réduits (résultats du projet Alg-2S).

La température est un paramètre déterminant des émissions soufrées à travers plusieurs mécanismes. Dans de bonnes conditions d'aération, les hautes températures favorisent la minéralisation des composés organiques soufrés et la transformation aérobie des sulfures en sulfates par oxydation biochimique. Par ailleurs, l'activité des microorganismes sulfato-réducteurs est réduite au-dessus de 35-40°C et ne perdure pas au-delà de 45°C.

Le pH du milieu affecte les équilibres acido-basiques. Les valeurs basses de pH, en déplaçant les équilibres vers la formation de sulfure d'hydrogène ou de thiols, favorisent la sursaturation du substrat et donc la désorption sous forme d'émissions gazeuses. A l'inverse, les pH basiques retardent les émissions de composés gazeux soufrés réduits par augmentation de la solubilité des sulfures sous forme ionisée. L'activité et la croissance des micro-organismes sulfato-réducteurs sont aussi réduites à pH basique, du fait de l'inhibition accrue par les sulfures dissouts (Sulaiman et al, 2008). L'activité oxydante de l'oxygène et des peroxydes est promue à pH basique, ce qui induit une potentielle oxydation chimique des sulfures en sulfates et/ou en soufre élémentaire non-volatils. Il s'ensuit une diminution du potentiel émissif du substrat.

Les sulfures peuvent précipiter sous forme insoluble en s'associant avec certains cations métalliques multivalents présents dans le substrat (Fe^{2+} ; Zn^{2+} , Ca^{2+} , ...). Cette technique est couramment employée pour neutraliser des effluents chargés en sulfures et éviter des émissions gazeuses indésirables.

Facteurs d'émission

Les facteurs d'émissions présentés dans ce paragraphe proviennent du document de l'ADEME « Programme de recherche de l'ADEME sur les émissions atmosphériques du compostage - Connaissances acquises et synthèse bibliographique » (juillet 2012) :

Facteurs d'émission pour l'ammoniac NH₃

- **Pour les matrices type biodéchets** : Les différents auteurs présentent des valeurs comprises entre **300 et 50 000 grammes d'ammoniac** par tonne de matière sèche initiale ; la plupart d'entre eux présentant des valeurs inférieures à **15 000**.

Il est important de préciser que ces facteurs sont obtenus pour des stades de compostage supérieurs à 6 semaines.

- **Pour les matrices type déchets verts** : Les différents auteurs présentent des valeurs comprises entre **600 et 6 000 grammes d'ammoniac** par tonne de matière sèche initiale.

Facteurs d'émission pour le protoxyde d'azote N₂O

- **Pour les matrices type biodéchets** : Les différents auteurs présentent des valeurs comprises entre **7 et 400 grammes de N₂O** par tonne de matière sèche initiale.
- **Pour les matrices type déchets verts** : Le facteur d'émission retenu (en se basant sur une seule référence) est de **400 à 1 700 grammes de N₂O** par tonne de matière sèche initiale

Facteurs d'émission pour le dioxyde de carbone CO₂

- **Pour les matrices type biodéchets** : Les différents auteurs présentent des valeurs comprises entre **900 et 1800 kilogrammes de CO₂** par tonne de matière sèche initiale.
- **Pour les matrices type déchets verts** : Les différents auteurs présentent des valeurs comprises entre **140 et 800 kilogrammes de CO₂** par tonne de matière sèche initiale.

Facteurs d'émission pour le méthane CH₄

- **Pour les matrices type biodéchets** : Les différents auteurs présentent des valeurs comprises entre **0 et 3700 grammes de CH₄** par tonne de matière sèche initiale.
- **Pour les matrices type déchets verts** : La seule valeur recensée est de **376 grammes de CH₄** par tonne de matière sèche initiale.

Facteurs d'émission pour le sulfure d'hydrogène H₂S

- **Pour les matrices type biodéchets** : Les différents auteurs présentent des valeurs comprises entre **50 et 40 grammes de soufre** par tonne de matière sèche initiale.

Facteurs d'émission pour les COV soufrés

- **Pour les matrices type biodéchets** : La seule valeur recensée est de **50 grammes de soufre** par tonne de matière sèche initiale.

Facteurs d'émission pour les COV Non Méthaniques

- **Pour les déchets verts** : Les valeurs recensées sont selon les auteurs, égales à :
 - *Staley et al (2006)*
 - 0,038 mg de carbone par gramme de matière sèche dans les conditions anaérobies
 - 0,236 mg de carbone par gramme de matière sèche dans les conditions aérobies
 - *Kumar et al (2011)* dans les conditions aérobies
 - 4 mg/(m².min) (phase initiale)
 - 15,2 mg/(m².min) (phase à 3-6 jours)
 - 4 mg/(m².min) (phase à 2-3 semaines)
 - *Büyüksönmez et Evans (2007)* : entre 18,1 et 83,5 pinènes par kg de matière sèche dans les conditions aérobies.

ANNEXE N°3 – Composition des produits compostés

| | | Tx. Humid. (%) | As (mg/kgMS) | Br (mg/kg) | Fer (mg/kg) | Cobalt (mg/kg) | Cu Tot (mg/kgMS) | Mn Tot (mg/kg) | Zn Tot (mg/kgMS) |
|--|---|-------------------|-----------------|---------------|----------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| Carib Agro 2013 | ECUMES | 78.2 | | | | | | | |
| Carib Agro Moyenne avril-juin 2016 | ECUMES | 75.4 | 4.68 | | | | 46.41 | | 151 |
| Analyse SADEF juillet 2013 | Boues prédécanteur | 49.2 | | | | | | | 65.4 |
| Analyse SADEF juillet 2013 | Boues décanteur | 51.1 | | | | | | | 57.5 |
| Analyse SADEF Sept 2013 | Boues lagune | 84.8 | | | | | 80.2 | | 183 |
| Analyses juillet 2009 SADEF | SIROP VINASSES | 49.8 | | | | | 58.5 | | 43.2 |
| BIBLIO / ANALYSE SADEF AOUT 2009 | BAGASSES Condensat Vinnasses (44j) | 63 | 2.01 | | | | 14.7 | | 24.8 |
| Homologation DAAF 2015 | CENDRES | 45.8 | | | 35700 | 12 | | | |
| Analyse Carib Agro 2013 sur tas (Manceau) | CENDRES sur tas | 45.8 | | | | | 74 | | 236 |
| ANALYSES SOCOR 2017 - pas infos pertinentes | Cendres Volantes | 1 | | | | | | | |
| ANALYSE SADEF 2018 | CENDRES | 0 | 5.32 | 43 | 63099 | 16.9 | 56 | 2091 | 108 |
| ANALYSE SADEF 2017 | CENDRES | 1 | 35.8 | 79.6 | 46095 | 15.7 | 129 | 2440 | 937 |
| ANALYSE SADEF 2019 | CENDRES | 1.05 | 39.9 | 90 | 44785 | 18.1 | 201 | 3330 | 1742 |
| MOYENNE CENDRES 2017-2019 | CENDRES | 1 | 27.001 | 70.87 | 51326.33 | 16.9 | 128.67 | 2620.33 | 929 |

| | | Tx. Humid. (%) | Cd Tot (mg/kgMS) | CrTot (mg/kgMS) | Hg Tot (mg/kgMS) | Ni Tot (mg/kgMS) | Pb Tot (mg/kgMS) |
|---|---|-------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Carib Agro 2013 | ECUMES | 78.2 | | | | | |
| Carib Agro Moyenne avril-juin 2016 | ECUMES | 75.4 | 0.44 | 20.03 | 0.2 | 6.66 | 8.03 |
| Analyse SADEF juillet 2013 | Boues prédécanteur | 49.2 | 0.26 | 24.7 | 0.2 | 16.5 | 14.3 |
| Analyse SADEF juillet 2013 | Boues décanteur | 51.1 | 0.29 | 21.4 | 0.2 | 8.59 | 13.7 |
| Analyse SADEF Sept 2013 | Boues lagune | 84.8 | 0.34 | 49.7 | 0.2 | 14.8 | 27.6 |
| Analyses juillet 2009 SADEF | SIROP VINASSES | 49.8 | 0.077 | 1.49 | 0.005 | 3.86 | 1.8 |
| BIBLIO / ANALYSE SADEF AOUT 2009 | BAGASSES Condensat Vinnasses (44j) | 63 | 0.01 | 11.2 | 0.006 | 6.52 | 1.8 |
| Homologation DAAF 2015 | CENDRES | 45.8 | | | | | |
| Analyse Carib Agro 2013 sur tas (Manceau) | CENDRES sur tas | 45.8 | 0.93 | 31.3 | 0.073 | 13.7 | 13.1 |
| ANALYSES SOCOR 2017 - pas infos pertinentes | Cendres Volantes | 1 | | | | | |
| ANALYSE SADEF 2018 | CENDRES | 0 | 0.39 | 30.2 | 0.013 | 11.6 | 9.42 |
| ANALYSE SADEF 2017 | CENDRES | 1 | 4.47 | 38.2 | 0.55 | 14.6 | 52.8 |
| ANALYSE SADEF 2019 | CENDRES | 1.05 | 5.2 | 41.3 | 0.7 | 14.6 | 90.9 |
| MOYENNE CENDRES 2017-2019 | CENDRES | 1 | 3.353333333 | 36.56666667 | 0.421 | 13.6 | 51.04 |

ANNEXE N°4 – Effets sanitaires des principaux composés

| COMPOSES | N°CAS | Toxicité aiguë | Toxicité subchronique et chronique |
|----------------------------|------------|--|--|
| Dioxyde d'azote | 10102-44-0 | Les oxydes d'azote sont des irritants respiratoires puissants qui peuvent provoquer de graves lésions pulmonaires. Ils induisent une vaso- et une broncho-dilatation | L'inhalation répétée peut provoquer des lésions de l'épithélium bronchique et alvéolaire. Une atteinte hépatique est décrite chez certaines espèces. |
| Dioxyde de soufre | 7446-09-5 | Le dioxyde de soufre produit une irritation sévère de la muqueuse du tractus respiratoire avec lésions cellulaires et œdèmes laryngo-trachéal et pulmonaire. Il provoque de graves lésions irréversibles pour la peau et les yeux. | L'inhalation répétée provoque une atteinte bronchique chronique ; en cas d'ingestion, une altération de l'état général des animaux est notée avec une atteinte organique diffuse. |
| Monoxyde de carbone | 630-08-0 | Le monoxyde de carbone est un asphyxiant chimique qui interfère avec la distribution de l'oxygène aux tissus et aux organes. Les organes ayant un besoin élevé en oxygène tels que ceux du système nerveux central et du système cardiovasculaire seront donc les premiers affectés. | L'apparition d'effets toxiques résultant d'une exposition prolongée à de faibles concentrations de monoxyde de carbone n'est pas encore clairement établie dans la documentation scientifique et demeure un sujet de controverse. Le système nerveux central et le système cardiovasculaire seraient, tout comme pour les effets aigus, les cibles. |
| Ammoniac | 7664-41-7 | Elle se traduit par un effet caustique au niveau de la peau et des muqueuses oculaires, digestives et respiratoires. L'importance des lésions dépend de la concentration et du temps de contact. | En cas d'exposition répétée, une atteinte de la fonction respiratoire ne peut être éliminée. Certaines études indiquent la possibilité d'effet cancérigène sur différents organes mais restent trop imprécises pour permettre de conclure. |
| Benzène | 71-43-2 | La toxicité aiguë du benzène est faible par voie orale, inhalatoire ou cutanée mais il provoque des irritations persistantes sur la peau et l'œil. | Comme pour la plupart des solvants organiques, le benzène provoque des troubles digestifs et neurologiques, avec en cas d'ingestion, une pneumopathie d'inhalation. Le benzène est irritant pour la peau et induit des lésions oculaires superficielles. Les expositions répétées peuvent provoquer des troubles neurologiques (syndrome psycho-organique) et digestifs. La toxicité est avant tout hématologique : thrombopénie, leucopénie, aplasie médullaire mais surtout des hémopathies malignes et des lymphopathies. L'union européenne a classé le benzène cancérigène pour l'homme. Des effets génotoxiques sont observés en cas d'exposition professionnelle. Des |

| COMPOSES | N°CAS | Toxicité aiguë | Toxicité subchronique et chronique |
|----------------|-----------|---|--|
| | | | effets sur la fonction de reproduction sont rapportés ; les effets sur la grossesse mal caractérisés en dehors d'une fréquence accrue d'avortements. |
| Arsenic | 7440-38-2 | <p>Les premiers symptômes d'une intoxication suite à l'ingestion de composés inorganiques d'arsenic ou à la déglutition des particules inhalées sont des effets gastro-intestinaux. Des dommages au système nerveux tels qu'une encéphalopathie, des maux de tête, de la léthargie, de la confusion mentale, des hallucinations, une attaque et un coma peuvent également survenir suite à l'ingestion de 2 mgAs/kg ou plus. Une neuropathie périphérique symétrique peut également se manifester suite à une exposition aiguë à de fortes concentrations.</p> <p>Lors de l'ingestion de forte dose (8 mgAs/kg ou plus), des effets sur le système respiratoire tels que la détresse respiratoire et une bronchite hémorragique peuvent survenir ainsi qu'un collapsus et la mort. Des symptômes plus sévères sur le système digestif (hématémèse, hémopéritoine, hémorragie gastro-intestinale et de la nécrose) ont également été rapportés dans plusieurs cas. L'ingestion d'arsenic peut également conduire à des effets sur le système cardiovasculaire.</p> | <p>L'exposition répétée à de faibles doses de composés inorganiques d'arsenic est typiquement caractérisée par une neuropathie périphérique symétrique sensitive et motrice et des changements électrophysiologiques. Dans plusieurs cas, une faiblesse musculaire se développe.</p> <p>Des nausées, des vomissements, de la diarrhée et des douleurs abdominales ont été observés chez des travailleurs exposés à de faibles doses de façon chronique. Des symptômes plus sévères sur le système digestif (vomissements sanglants, hémorragie gastro-intestinale et de la nécrose) ont également été rapportés.</p> <p>Plusieurs études chez l'humain exposé par la voie orale à des composés inorganiques d'arsenic rapportent des effets hépatiques.</p> <p>Suite à l'ingestion répétée d'arsenic, des changements caractéristiques de la peau incluant une hyperkératose généralisée et la formation de verrues ou de cors hyperkératotiques avec des zones d'hyperpigmentation entremêlées de petites zones d'hypopigmentation ont été observés au niveau du visage, du cou et du dos.</p> <p>Des études rapportent une relation entre l'exposition répétée à de l'arsenic <i>via</i> l'eau de consommation et une augmentation de l'incidence de maladies cérébrovasculaires et des troubles de circulation cardiaque.</p> |
| Chrome | 7440-47-3 | L'ingestion de sels de chrome entraîne une inflammation massive du tube digestif suivie d'une nécrose s'étendant de la bouche au jéjunum (douleurs abdominales, vomissements, diarrhées, hématémèses). | Le chrome III est un composé naturel de l'organisme, mais il possède également une action toxique. Il n'y a pas d'étude rapportant les effets du chrome (III) seul chez l'Homme. Cependant il a été montré que lors d'exposition au chrome sous la forme hexavalente ce dernier est tout ou partiellement réduit en chrome trivalent. |

| COMPOSES | N°CAS | Toxicité aiguë | Toxicité subchronique et chronique |
|---------------|-----------|---|---|
| | | <p>L'ingestion de fortes doses de chrome VI induit des vertiges, une sensation de soif, des douleurs abdominales, des diarrhées hémorragiques et dans les cas les plus sévères un coma et la mort. Un syndrome hépatorénal, une coagulopathie sévère ou une hémolyse intravasculaire peuvent également survenir</p> | <p>Le contact répété avec la peau et les muqueuses et l'inhalation chronique d'atmosphères chargées d'aérosols de trioxyde de chrome entraînent des pathologies connues depuis longtemps.</p> <p>Au niveau cutané, on observe des ulcérations caractéristiques (pigeonneaux), peu étendues mais profondes, qui siègent surtout sur la face dorsale des mains ou sur la face latérale des doigts ; leur guérison est lente et laisse souvent des cicatrices rétractiles. Elles peuvent survenir à n'importe quel endroit du corps où il y a un contact cutané avec le chrome. On note également des dermites eczématiformes.</p> <p>Au niveau des voies respiratoires, des atrophies, des ulcérations de la muqueuse nasale sont fréquentes, surtout en cas d'hygiène personnelle insuffisante avec apport du chrome au niveau du nez par les doigts. Elles aboutissent souvent à des perforations de la cloison. C'est pourquoi dans l'industrie de l'électrometallurgie, des cas ont été observés pour des niveaux atmosphériques très faibles (inférieur à 0,004 mg/m³ de trioxyde de chrome). On peut observer également des rhinites chroniques avec saignement de nez, des laryngites et des pharyngites et aussi des ulcérations bronchiques et des bronchites rebelles.</p> <p>De rares cas d'asthme ont été décrits lors d'exposition à du chrome VI, dont plusieurs dans le cadre d'usine d'électrolyse. Il est possible enfin de rencontrer des effets digestifs (œsophagites, gastro-entérites, ulcères gastroduodénaux) et des néphrites tubulaires. Les atteintes rénales semblent survenir aux mêmes niveaux d'exposition que les atteintes pulmonaires.</p> |
| Cobalt | 7440-48-4 | <p>Les effets d'une exposition aiguë au cobalt sont peu documentés. L'inhalation de poussières contenant du cobalt peut être responsable d'irritation des voies respiratoires hautes.</p> | <p>L'inhalation de poussières contenant du cobalt métallique peut entraîner diverses pathologies respiratoires allant de symptômes non spécifiques d'irritation de la muqueuse des voies respiratoires hautes et basses (rhinite, sinusite, pharyngite, trachéite ou bronchite) à un asthme ou une atteinte parenchymateuse interstitielle (sous forme d'alvéolite et/ou de fibrose) connue sous le terme de « maladie des métaux durs ».</p> <p>Le cobalt métal (ions cobalt libérés sous l'effet de la sueur), les sels et oxydes de cobalt sont des sensibilisants cutanés responsables de dermatites de contact allergique, parfois aéroportées. Des effets thyroïdiens du cobalt</p> |

| COMPOSES | N°CAS | Toxicité aiguë | Toxicité subchronique et chronique |
|------------------|-----------|---|---|
| | | | (goitre et myxoedème) sont rapportés à la suite de l'administration de dichlorure de cobalt pendant plusieurs mois pour traitement de l'anémie chez l'enfant. Certains effets sur le système nerveux ont été rapportés à la suite d'une exposition professionnelle au cobalt. |
| Cuivre | 7440-50-8 | Le cuivre et les composés cupriques peuvent avoir une action toxique par inhalation, ingestion, voies cutanée et oculaire. Les sels de cuivre sont des agents particulièrement irritants (HSDB, 2002). Les principales formes toxiques chez l'homme et l'animal sont les formes solubles du cuivre c'est-à-dire les sels du cuivre II (acétate, carbonate, chlorure, hydroxyde, nitrate, oxyde, oxychlorure et sulfate) (OMS IPCS, 1998). | Les données existantes chez l'Homme par inhalation concernent des expositions professionnelles. Une irritation des voies aériennes supérieures et des troubles gastro-intestinaux (anorexie, nausée, diarrhée) sont reportés sur des individus exposés à des poussières de cuivre. Il a été décrit un syndrome pulmonaire "Vineyard Sprayers' Lung" par utilisation de bouillie bordelaise par des ouvriers viticulteurs portugais. De nombreux cas d'intoxications au cuivre par l'eau de boisson ont été décrits ainsi que leurs manifestations cliniques (troubles gastro-intestinaux essentiellement) sans toutefois fournir de données sur les niveaux d'exposition. L'absorption de 5,7 à 637 mg de cuivre/kg/jour sous forme de sulfate de cuivre a entraîné chez des adultes une nécrose hépatique centro-lobulaire et une nécrose tubulaire rénale (Chuttani et al., 1965). |
| Manganèse | 7439-96-5 | L'exposition aiguë au manganèse est responsable de divers syndromes pulmonaires : fièvre des métaux, pneumonie au manganèse. La fièvre des métaux est causée par l'inhalation de petites particules métalliques (0,05 à 0,1 µm) qui pénètrent profondément dans l'arbre respiratoire. Les particules activent les macrophages, entraînent une inflammation locale et des réactions vasoactives. Ces particules de manganèse ne causent pas d'atteinte structurelle ; les signes sont réversibles sans séquelles. Par voie orale, les dérivés du manganèse ont une faible toxicité aiguë. | Lors d'exposition chronique au manganèse, ce sont des atteintes du système nerveux central qui prédominent (manganisme). Les symptômes sont à la fois des troubles psychiatriques et des atteintes purement neurologiques. Les troubles psychiques précèdent habituellement les déficits moteurs (Calne et al., 1994). Typiquement, les signes cliniques ne surviennent qu'après quelques années d'exposition, mais chez certains individus, ils peuvent apparaître après 1 à 3 mois d'exposition (Rodier, 1955). Peu de données sont disponibles au sujet de la réversibilité des effets. Ils sont supposés largement irréversibles, bien qu'une amélioration puisse survenir lors de l'arrêt de l'exposition (Smyth et al., 1973). Il existe peu de données concernant la toxicité chronique du manganèse, en particulier neurologique, chez l'homme après ingestion, probablement parce que l'organisme exerce un fort contrôle homéostatique sur la quantité de manganèse absorbée suite à une exposition par voie orale. Ce contrôle protège ainsi l'organisme des effets toxiques du manganèse (ATSDR, 2000). |

| COMPOSES | N°CAS | Toxicité aiguë | Toxicité subchronique et chronique |
|---------------|-----------|---|--|
| Mercur | 7439-97-6 | Chez l'homme, l'exposition unique à de fortes concentrations en mercure élémentaire peut provoquer des céphalées, des convulsions, un électroencéphalogramme anormal, et des troubles respiratoires, pouvant conduire à la mort par asphyxie. L'intoxication aiguë par les sels de mercures inorganiques se traduit surtout par un choc hémodynamique, ainsi que par des insuffisances cardio-vasculaires et rénales, des dommages gastro-intestinaux pouvant aller jusqu'à la mort ainsi que des effets respiratoires (œdème pulmonaire). Le mercure sous forme de sels organiques peut également provoquer la mort. Les mêmes organes cibles sont observés chez l'animal. | Chez l'Homme, les deux principaux organes cibles du mercure élémentaire et du mercure inorganique sont le système nerveux central et le rein. Ainsi, les principaux symptômes d'intoxication par le mercure sont d'ordre neurologique comme des troubles de la psychomotricité, des troubles cognitifs et des modifications de la personnalité (comme de l'irritabilité, de l'anxiété). Le mercure atteint également les reins (lésions glomérulaires et tubulaires) et induit une protéinurie. Enfin, il est également observé des troubles cardiovasculaires (tachycardie, hypertension artérielle), respiratoires, hépatiques et immunologiques. Le mercure organique atteint essentiellement le cerveau. |
| Nickel | 7440-02-0 | L'intoxication aiguë accidentelle par voie orale provoque essentiellement des troubles digestifs (nausées, vomissements, diarrhée, douleurs abdominales), des céphalées et une asthénie associée parfois à une bradycardie et à une légère hypothermie. Ces signes cèdent souvent assez rapidement mais, dans certains cas, peuvent persister quelques jours. Après l'inhalation d'une concentration estimée à plusieurs centaines de mg/m ³ pendant une heure et demie, un salarié a présenté une détresse respiratoire sévère qui s'est avérée mortelle au bout de 13 jours. Plusieurs intoxications anciennes, liées à l'inhalation de poussières de nickel, sont rapportées, dont certaines mortelles. L'absorption cutanée est faible et aucun effet général n'est noté par cette voie. Les contacts | Le nickel est connu depuis longtemps comme l'allergène le plus courant pour la peau. L'inhalation de sels de nickel a provoqué des cas d'asthme, associés ou non à des rhinites et des urticaires. Ces pathologies surviennent parfois chez des sujets présentant un eczéma. Les expositions au nickel ou ses oxydes sont rarement en cause. Les effets chroniques respiratoires du nickel ont été largement étudiés, certaines études indiquent un excès de bronchites chroniques ou de perturbations des fonctions respiratoires. Toutefois, les salariés étaient toujours exposés à plusieurs polluants (comme dans le soudage) et il n'est pas possible d'incriminer seulement le nickel métal ou ses oxydes dans l'origine de ces pathologies. |

| COMPOSES | N°CAS | Toxicité aiguë | Toxicité subchronique et chronique |
|-----------------|-----------|---|--|
| | | oculaires n'induisent pas de lésions notables en dehors d'un effet mécanique habituel aux poussières. Le nickel et ses oxydes ne sont pas irritants pour la peau saine. | |
| Plomb | 7439-92-1 | Chez l'homme, l'intoxication aiguë au plomb se traduit par des troubles digestifs, des atteintes rénales (atteinte tubulaire) et hépatiques, des effets sur le système nerveux central ainsi qu'une perturbation de la synthèse de l'hème. Chez les animaux, les mêmes effets sont observés. | Chez l'Homme, les principaux effets systémiques sont observés au niveau du système nerveux central et périphérique (encéphalopathie, neuropathies périphériques, troubles mentaux organiques). Une anémie microcytaire hypochrome est aussi observée, de même que des atteintes rénales (néphropathie tubulaire proximale, fibrose interstitielle et atrophie tubulaire, insuffisance rénale avec sclérose glomérulaire), une augmentation de la pression artérielle, des effets sur la thyroïde, le système immunitaire ou la croissance des os chez les enfants. Les études réalisées chez les animaux donnent des résultats concordants avec les observations chez l'homme. |
| Sélénium | 7782-49-2 | Les intoxications aiguës peuvent se traduire par une irritation des muqueuses digestives, respiratoires et oculaires, cette irritation est variable selon le composé et peut aller jusqu'à un effet corrosif sur la peau et les yeux. En cas d'ingestion, des signes neurologiques ont été rapportés | L'inhalation répétée de faibles concentrations peut provoquer une altération de l'état général et une irritation des muqueuses et de la peau. Les données sont insuffisantes pour évaluer l'existence d'un effet cancérigène du sélénium en milieu professionnel. Les études environnementales ne montrent pas d'effet du sélénium sur la fertilité ou le développement. |
| Zinc | 7440-66-6 | Les composés inorganiques du zinc ont tendance à être dissociés, le zinc, se fixant aux constituants du milieu cellulaire, devient inactif. Les études de génotoxicité dans de nombreux systèmes n'ont pas montré d'effet mutagène induit par les composés du zinc, mais un effet clastogène, faible in vitro et fonction de la dose in vivo. | Les composés du zinc, à forte dose, diminuent la capacité de reproduction par perte préimplantatoire et réduisent la croissance des fœtus et des nouveau-nés. |

ANNEXE N°5 – Valeurs toxicologiques de référence

| Composé | Type d'effet | Voie d'exposition | Facteur d'incertitude | | VTR | | Source | Année | Effet(s) | |
|------------------------------|--------------|-------------------|-----------------------|------|----------|--------------------------------------|--|--------|--|--|
| Propan-2-ol 67-63-0 | A seuils | Inhalation | Non précisé | REL | 7000 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | OEHHA | 2000 | Lésions rénales chez la souris et le rat ; retard de croissance fœtale et anomalies du développement chez le rat | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | | | | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | |
| | | Ingestion | | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |
| Acétaldéhyde 75-07-0 | A seuils | Inhalation | 75 | VGAI | 160 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | ANSES | 2014 | Dégénérescence de l'épithélium olfactif | |
| | | Ingestion | | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | | | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | ERUi | 2,20E-06 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | US EPA | 1991 | Augmentation de l'incidence des adénocarcinomes et des carcinomes des cellules squameuses de la cloison nasale |
| | | Ingestion | | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |
| Acétone 67-64-1 | A seuils | Inhalation | Non précisé | MRL | 30,89 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | ATSDR | 1994 | Effets neurologiques Néphopathie | |
| | | Ingestion | Non précisé | RfD | 9,00E-01 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | US EPA | 2003 | | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | |
| | | Ingestion | | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |
| Acétate d'éthyle 141-78-6 | A seuils | Inhalation | Non précisé | VTR | 6400 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | ANSES | 2015 | Neurotoxicité | |
| | | Ingestion | Non précisé | RfD | 9,00E-01 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | US EPA | 1987 | Mortalité et perte de poids | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | |
| | | Ingestion | | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |

| Composé | Type d'effet | Voie d'exposition | Facteur d'incertitude | | VTR | | Source | Année | Effet(s) |
|---------------------------|--------------|-------------------|-----------------------|---------|----------|--|--|-------|---|
| Ammoniac 7664-41-7 | A seuils | Inhalation | Non précisé | VTR | 500 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | ANSES | 2018 | Diminution de la fonction pulmonaire et augmentation des symptômes respiratoires |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | | | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | |
| | | Ingestion | | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | |
| Arsenic 7440-38-2 | A seuils | Inhalation | Extrapolation | REL | 1,50E-02 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | OEHHA | 2008 | Diminution des capacités intellectuelles et des effets néfastes sur le comportement |
| | | Ingestion | 5 | TDI | 4,50E-01 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | Fobig | 2009 | |
| | Sans seuils | Inhalation | | ERUi | 4,30E-03 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | US EPA | 1998 | Cancers pulmonaires |
| | | Ingestion | | ERUo | 1,5 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | US EPA | 2009 | Cancers cutanés |
| Benzène 71-43-2 | A seuils | Inhalation | Non précisé | VTR | 10 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | ANSES | 2008 | Effets hématologiques non cancérogènes |
| | | Ingestion | Non précisé | MRL | 5,00E-04 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | ATSDR | 2007 | |
| | Sans seuils | Inhalation | | VTR | 2,60E-05 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | ANSES | 2013 | Leucémies aiguës |
| | | Ingestion | | CC oral | 8,34E-02 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | Santé Canada | 2010 | Cancérogène lymphome malin (rat femelle), l'hyperplasie de la moelle hématopoïétique (rat male) |
| Benzo(a)pyrène 50-32-8 | A seuils | Inhalation | Non précisé | RfC | 2,00E-03 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | US EPA | 2017 | Diminution de la survie des embryons/fœtus |
| | | Ingestion | Non précisé | RfD | 3,00E-04 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | US EPA | 2017 | |
| | Sans seuils | Inhalation | | ERUi | 6,00E-04 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | US EPA | 2017 | Apparition de tumeurs respiratoires |
| | | Ingestion | | ERUo | 1 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | US EPA | 2017 | Tumeurs de l'estomac, de l'œsophage, de la langue et du larynx |

| Composé | Type d'effet | Voie d'exposition | Facteur d'incertitude | | VTR | | Source | Année | Effet(s) | |
|-------------------------|--------------|-------------------|-----------------------|-----|----------|--|---|-------|---|---------------------|
| Butan-2-ol 78-92-2 | A seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | | | | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | | |
| Butanone 78-93-3 | A seuils | Inhalation | Non précisé | RfC | 5,00E+03 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | US EPA | 2003 | Toxicité sur le développement (squelette) | |
| | | Ingestion | Non précisé | RfD | 6,00E-01 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | US EPA | 2003 | Réduction du poids corporel | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | | |
| Cadmium 7440-43-9 | A seuils | Inhalation | Non précisé | VTR | 0,45 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | ANSES | 2012 | Effets non cancérogènes | |
| | | Ingestion | Non précisé | TDI | 3,60E-04 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | EFSA | 2011 | Dose hebdomadaire tolérable pour les effets non cancérogènes | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | ERUi | 4,20E-03 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | OEHHA | 2002 | Effets cancérogènes |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | | |
| Chrome III 7440-47-3 | A seuils | Inhalation | Non précisé | MRL | 2 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | ATSDR | 2012 | Inflammation chronique des poumons et l'hyperplasie des cellules septales chez les rats mâles | |
| | | Ingestion | Non précisé | TCA | 5,00E-03 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | RIVM | 2001 | Chrome III sels solubles - Non précisé | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | | |

| Composé | Type d'effet | Voie d'exposition | Facteur d'incertitude | VTR | | Source | Année | Effet(s) | |
|-----------------------------|--------------|-------------------|-----------------------|---------------|----------|--|-----------------|----------|---|
| Chrome VI 7440-47-3 | A seuils | Inhalation | Non précisé | TCA | 3,00E-02 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | OMS CICAD | 2013 | Chrome VI sous forme de particules - Modification de la lactate déshydrogénase dans le liquide de lavage broncho-alvéolaire |
| | | Ingestion | Non précisé | MRL | 9,00E-04 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | ATSDR | 2012 | Hyperplasie au niveau du duodénum |
| | Sans seuils | Inhalation | | ERUi | 4,00E-02 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | OMS CICAD | 2013 | Augmentation du risque de cancer pulmonaire |
| | | Ingestion | | ERUo | 0,5 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | OEHHA | 2011 | Adénomes et carcinomes de l'intestin grêle chez les mâles et les femelles rats et souris |
| Cobalt 7440-48-4 | A seuils | Inhalation | Non précisé | CT | 0,1 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | OMS CICAD | 2001 | Diminution de la fonction respiratoire |
| | | Ingestion | Non précisé | VTR | 1,50E-03 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | AFSSA | 2010 | Non précisé |
| | Sans seuils | Inhalation | | ERUi draft | 8,00E-03 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | OEHHA | 2019 | Tumeur de la glande surrénale (médullosurrénale) |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |
| Cuivre 7440-50-8 | A seuils | Inhalation | 100 | TCA | 1,0 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | RIVM | 2001 | Absence d'effet adverse |
| | | Ingestion | Non précisé | DJT | 9,10E-02 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | Santé Canada | 2010 | Hépatotoxiques et effets gastrointestinaux (VTR la plus faible pour les enfants <4ans) |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |
| Formaldéhy de 50-00-0 | A seuils | Inhalation | Non précisé | VTR | 123 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | ANSES | 2017 | Irritations oculaires et nasales, lésions histologiques de l'épithélium nasal (rhinite, métaplasie squameuse, dysplasie) |
| | | Ingestion | 100 | DJT | 1,50E-01 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | OMS | 2004 | Irritations de l'estomac |
| | Sans seuils | Inhalation | | CT0,05* | 5,26E-06 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | Santé Canada | 2000 | Tumeurs nasales CT0,05=9,5 mg/m^3 soit 5,26E-05 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹ |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |

| Composé | Type d'effet | Voie d'exposition | Facteur d'incertitude | | VTR | | Source | Année | Effet(s) |
|----------------------|--------------|-------------------|-----------------------|------|----------|--|--------|-------|--|
| Furanne 110-00-9 | A seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | | | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |
| Mercure 7439-97-6 | A seuils | Inhalation | 300 | REL | 3,00E-02 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | OEHHA | 2008 | Mercure élémentaire - Effets neurologiques : troubles de la mémoire, un manque d'autonomie ainsi que des tremblements de la main |
| | | Ingestion | Non précisé | VTR | 6,60E-04 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | INERIS | 2013 | Mercure inorganique - Effets rénaux |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |
| Méthane 74-82-8 | A seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | | | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |
| Nickel 7440-02-0 | A seuils | Inhalation | 30 | MRL | 9,00E-02 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | ATSDR | 2005 | Lésions nasales et pulmonaires |
| | | Ingestion | 100 | REL | 2,80E-03 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | EFSA | 2015 | Effets reprotoxiques |
| | Sans seuils | Inhalation | NC | ERUi | 2,60E-04 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | OEHHA | 2011 | Cancers du poumon |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |

| Composé | Type d'effet | Voie d'exposition | Facteur d'incertitude | | VTR | | Source | Année | Effet(s) |
|---------------------------------|--------------|-------------------|-----------------------|------|----------|--|--------|-------|----------------------|
| Particules Diesel 108-88-3 | A seuils | Inhalation | 30 | VTR | 5 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | US EPA | 2003 | Effets respiratoires |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | | | |
| | Sans seuils | Inhalation | | ERUi | 3,40E-05 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | OMS | 1996 | Cancer du poumon |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |
| Plomb 7439-92-1 | A seuils | Inhalation | Non précisé | VTR | 0,9 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | ANSES | 2013 | Toxicité rénale |
| | | Ingestion | Non précisé | VTR | 6,30E-04 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | ANSES | 2013 | Toxicité rénale |
| | Sans seuils | Inhalation | | ERUi | 1,20E-05 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | OEHHA | 2011 | Tumeurs rénales |
| | | Ingestion | | ERUo | 8,50E-03 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | OEHHA | 2011 | Tumeurs rénales |
| Protoxyde d'azote 10024-97-2 | A seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | | | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |
| Sélénium 7783-06-4 | A seuils | Inhalation | Non précisé | REL | 20 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | OEHHA | 2001 | Sélénose |
| | | Ingestion | 3 | RfD | 5,00E-03 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | US EPA | 1991 | Absence d'effet |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |

| Composé | Type d'effet | Voie d'exposition | Facteur d'incertitude | | VTR | | Source | Année | Effet(s) |
|----------------------------------|--------------|-------------------|-----------------------|-----|----------|--|--------|-------|---|
| Sulfure d'hydrogène 7783-06-4 | A seuils | Inhalation | 300 | RfC | 2,00 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | US EPA | 2011 | Absence d'effet pour des lésions nasales de la muqueuse olfactive des rats |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | | | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |
| Zinc 7440-66-6 | A seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | ATSDR | 2005 | Effets sanguins (diminution de l'hématocrite, de la ferritine sanguine et de l'activité de la superoxyde dismutase) |
| | | Ingestion | 3 | MRL | 3,00E-01 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | | | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |
| α -Pinène 80-56-8 | A seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | | | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |
| β -Pinène 127-91-3 | A seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | | | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |
| Brome 7726-95-6 | A seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | | | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |

| Composé | Type d'effet | Voie d'exposition | Facteur d'incertitude | VTR | | Source | Année | Effet(s) | |
|---------------------------------|--------------|-------------------|-----------------------|-----|-----------------------|--|--------------|----------|---|
| | | | | | | | | | |
| Brome 7726-95-6 | A seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | | | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |
| Fer 7439-89-6 | A seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | | | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |
| Manganèse | A seuils | Inhalation | 100 | MRL | 0,3 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | ATSDR | 2012 | Effets neurologiques |
| | | Ingestion | Non précisé | DJA | 5,50E-02 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | INSPQ | 2007 | Effets neurodéveloppementaux chez le nourrisson |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |
| Disulfure de carbone 75-15-0 | A seuils | Inhalation | Non précisé | CT | 100 | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) | OMS CICAD | 2002 | Système nerveux |
| | | Ingestion | Non précisé | RfD | 1,00 ^E -01 | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) | US EPA | 1987 | Malformation foetale |
| | Sans seuils | Inhalation | | | | ($\mu\text{g},\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | | | |
| | | Ingestion | | | | ($\text{mg}/(\text{kg},\text{j})$) ⁻¹ | | | |

| Composé | Type d'effet | Voie d'exposition | Facteur d'incertitude | VTR | | Source | Année | Effet(s) |
|---------------------------------|--------------|-------------------|-----------------------|-----|---|--------|-------|----------|
| Monoxyde de carbone 630-08-0 | A seuils | Inhalation | | | $(\mu\text{g},\text{m}^{-3})$ | | | |
| | | Ingestion | | | $(\text{mg}/(\text{kg},\text{j}))$ | | | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | $(\mu\text{g},\text{m}^{-3})^{-1}$ | | | |
| | | Ingestion | | | $(\text{mg}/(\text{kg},\text{j}))^{-1}$ | | | |
| Dioxyde d'azote 10102-44-0 | A seuils | Inhalation | | | $(\mu\text{g},\text{m}^{-3})$ | | | |
| | | Ingestion | | | $(\text{mg}/(\text{kg},\text{j}))$ | | | |
| | Sans seuils | Inhalation | | | $(\mu\text{g},\text{m}^{-3})^{-1}$ | | | |
| | | Ingestion | | | $(\text{mg}/(\text{kg},\text{j}))^{-1}$ | | | |

ANNEXE N°6 – Paramètres des scénarios d'exposition

| | Hypothèses d'exposition considérée | Concentrations retenues |
|---|---|---|
| Résident Jeune enfant < 3 ans T expo = 3 années | <i>Domicile :</i> ✓ 22 heures/jour – 6 jours/semaine – 52 semaines /an ✓ 24 heures/jour – 1 jour/semaine – 52 semaines /an | Maximales des concentrations des zones calculées à l'aide de la modélisation numérique au niveau des habitations |
| | <i>Hors domicile</i> ✓ 2 heures/jour – 6 jours/semaine – 52 semaines /an | Moyennes des concentrations calculées à l'aide de la modélisation numérique sur le domaine de calculs |
| Résident Enfant De 3 à 10 ans T expo = 7 années | <i>Domicile :</i> ✓ Période scolaire : 18 heures/jour – 4 jours/semaine – 36 semaines /an + 22 heures/jour – 3 jours/semaine – 36 semaines /an ✓ Hors période scolaire : 22 heures/jour – 7 jours/semaine – 16 semaines /an | Maximales des concentrations des zones calculées à l'aide de la modélisation numérique au niveau des habitations |
| | <i>Hors domicile</i> ✓ Période scolaire : 6 heures/jour – 4 jours/semaine – 36 semaines /an + 2 heures/jour – 3 jours/semaine – 36 semaines /an ✓ Hors période scolaire : 2 heures/jour – 7 jours/semaine – 16 semaines /an | Moyennes des concentrations calculées à l'aide de la modélisation numérique sur le domaine de calculs |
| Résident Adolescent De 10 à 17 ans T expo = 8 années | <i>Domicile :</i> ✓ Période scolaire : 16 heures/jour – 5 jours/semaine – 36 semaines /an + 22 heures/jour – 2 jours/semaine – 36 semaines /an ✓ Hors période scolaire : 22 heures/jour – 7 jours/semaine – 16 semaines /an | Maximales des concentrations des zones calculées à l'aide de la modélisation numérique au niveau des habitations |
| | <i>Hors domicile</i> ✓ Période scolaire : 8 heures/jour – 5 jours/semaine – 36 semaines /an + 2 heures/jour – 2 jours/semaine – 36 semaines /an ✓ Hors période scolaire : 2 heures/jour – 7 jours/semaine – 16 semaines /an | Moyennes des concentrations calculées à l'aide de la modélisation numérique sur le domaine de calculs |

| | Hypothèses d'exposition considérée | Concentrations retenues |
|---|---|---|
| Résident Adulte ≥18 ans T expo = 30 années | <i>Domicile :</i> ✓ 22 heures/jour – 7 jours/semaine – 52 semaines /an | Maximales des concentrations des zones calculées à l'aide de la modélisation numérique au niveau des habitations |
| | <i>Hors domicile</i> ✓ 2 heures/jour – 7 jours/semaine – 52 semaines /an | Moyennes des concentrations calculées à l'aide de la modélisation numérique sur le domaine de calculs |
| Résident senior T expo = 5 années | <i>Domicile :</i> ✓ 22 heures/jour – 7 jours/semaine – 52 semaines /an | Concentrations calculées à l'aide de la modélisation numérique au niveau de l'EHPAD SOLEYANOU |
| | <i>Hors domicile</i> ✓ 2 heures/jour – 7 jours/semaine – 52 semaines /an | Moyennes des concentrations calculées à l'aide de la modélisation numérique sur le domaine de calculs |

ANNEXE N° 7 – Paramètres employés dans MODUL'ERS

Facteurs de bioconcentration SOL-PLANTES

| Composé | Br [(mg/kg frais)/(mg/kg sol)] | Source | |
|---------------------------|--------------------------------|----------------|---|
| Arsenic | Légumes feuilles / Herbe | 0,0135 | HHRAP, A2-2.12-3 |
| | Légumes fruits / Fruits | 0,006 | Baes et al.1984 - HHRAP |
| | Légumes racines | 0,008 | US EPA HHRAP, 2005 |
| Cadmium | Légumes feuilles / Herbe | 0,0488 | HHRAP, A2-2.12-3 |
| | Légumes fruits / Fruits | 0,015 | Baes et al.1984 - HHRAP |
| | Légumes racines | 0,015 | US EPA HHRAP, 2005 |
| Cobalt | Légumes feuilles / Herbe | 0,007 | HHRAP, A2-2.12-3 |
| | Légumes fruits / Fruits | 0,007 | HHRAP, A2-2.12-3 |
| | Légumes racines | 0,007 | HHRAP, A2-2.12-3 |
| Chrome [III et VI] | Légumes feuilles / Herbe | 0,00525 | HHRAP, A2-2.12-3 |
| | Légumes fruits / Fruits | 0,0045 | Baes et al.1984 – HHRAP |
| | Légumes racines | 0,0045 | HHRAP, A2-2.12-3 |
| Cuivre | Légumes feuilles / Herbe | 0,288 | HHRAP, A2-2.12-3 |
| | Légumes fruits / Fruits | 0,25 | Baes et al.1984 - HHRAP |
| | Légumes racines | 0,25 | HHRAP (2005) |
| Manganèse | Légumes feuilles / Herbe | 0,075 | US EPA HHRAP, 2005 |
| | Légumes fruits / Fruits | 0,075 | "Br" Baes et al., 1984 HHRAP, A2-2.12.3 |
| | Légumes racines | 0,075 | US EPA HHRAP, 2005 |
| Mercure | Légumes feuilles / Herbe | 0,15 | US EPA HHRAP, 2005 |
| | Légumes fruits / Fruits | 0,2 | "Br" Baes et al., 1984 HHRAP, A2-2.12.3 |
| | Légumes racines | 0,036 | US EPA HHRAP, 2005 |
| Nickel | Légumes feuilles / Herbe | 0,053 | HHRAP, A2-2.12-3 |
| | Légumes fruits / Fruits | 0,006 | Baes et al.1984 - HHRAP |
| | Légumes racines | 0,008 | US EPA HHRAP, 2005 |
| Plomb | Légumes feuilles / Herbe | 0,161 | US EPA HHRAP, 2005 |
| | Légumes fruits / Fruits | 0,02 | US EPA HHRAP, 2005 |
| | Légumes racines | 0,009 | US EPA HHRAP, 2005 |
| Sélénium | Légumes feuilles / Herbe | 0,0228 | HHRAP, A2-2.12-3 |
| | Légumes fruits / Fruits | 0,025 | Baes et al.1984 - HHRAP |
| | Légumes racines | 0,020 | US EPA HHRAP, 2005 |
| Zinc | Légumes feuilles / Herbe | 0,7375 | HHRAP, A2-2.12-3 |
| | Légumes fruits / Fruits | 0,9 | Baes et al.1984 - HHRAP |
| | Légumes racines | 0,9 | US EPA HHRAP, 2005 |

Contact

Technisim Consultants
316 rue Paul Bert – 69003 Lyon

Fixe : 04 37 69 92 80

Mél : technisim@wanadoo.fr

Le contenu de ce rapport est uniquement valable pour le projet faisant l'objet de la présente étude. Toute utilisation à d'autres fins doit faire l'objet d'une autorisation d'exploitation.

ADDENDA : l'absence de remarques sous un mois à compter de la date de réalisation de l'étude vaut acceptation. Toute reprise mineure ou majeure ultérieure sera susceptible de faire l'objet d'un avenant financier spécifique. Nonobstant, le suivi administratif des services instructeurs régaliens est inclus dans la prestation.

→ FIN de DOCUMENT ←

Usine sucrière GARDEL

Plateforme de Compostage

Site du MOULE – Section Gardel

Étude olfactométrique

● **GUADELOUPE** ●

(Antilles françaises)

Rapport d'étude N°1

Réf : 212 601 011

| | | |
|-----------------------|---|--|
| <i>Destinataire :</i> |  | <i>Monsieur Bertrand Viret</i> Villa Rosemond, Ravine Chaude 97129 LAMENTIN Fixe : 06 90 80 45 01 Mél : bviret@filaoconseil.fr |
| <i>Date :</i> | 6 avril 2021 | |

Table des matières

| | | |
|----|---|----|
| 1. | PREAMBULE..... | 3 |
| 2. | PRESENTATION DU SITE ET DU PROJET | 3 |
| 3. | ENVIRONNEMENT DU SITE..... | 3 |
| 4. | IMPACTS DES ODEURS GENEREES PAR LA PLATE-FORME..... | 5 |
| 5. | CONCLUSION..... | 12 |
| 6. | GLOSSAIRE..... | 13 |

Table des illustrations

| | |
|---|----|
| Figure 1: Emplacement du projet..... | 3 |
| Figure 2: Environnement du projet..... | 4 |
| Figure 3 : Schéma de principe d'une simulation avec un modèle Lagrangien | 7 |
| Figure 4 : Modèle Numérique de Terrain (MNT)..... | 7 |
| Figure 5 : Rose des vents utilisée pour les modélisations | 8 |
| Figure 6 : Exemple de champ de vents obtenus par Taldia..... | 8 |
| Figure 7 : Emplacements des récepteurs | 9 |
| Figure 8: Cartographie des concentrations d'odeur - percentile 98 horaire | 11 |

Table des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1: Exemples de seuils olfactifs..... | 5 |
| Tableau 2: Niveau de concentration d'odeur caractérisée lors du compostage de déchets verts dans le cadre du programme ADEME..... | 6 |
| Tableau 3: Concentration d'odeurs relevées au niveau des récepteurs ponctuels..... | 10 |

1. Préambule

Le bureau d'études FILAO a mandaté Technisim Consultants afin de réaliser l'étude de l'impact olfactif du projet de plateforme de compostage de biomasse concernant l'usine sucrière Gardel, installée sur le territoire de la commune du Moule [Guadeloupe/nord-est de Grande-Terre].

2. Présentation du site et du projet

L'usine de la société GARDEL S.A. est localisée au centre du bassin cannier de l'île de Grande-Terre en Guadeloupe, plus précisément dans la commune du MOULE.

L'implantation de la plateforme est prévue au nord des installations de la sucrerie, à côté du bassin des écumes.

Son emplacement est repéré sur la planche ci-dessous.

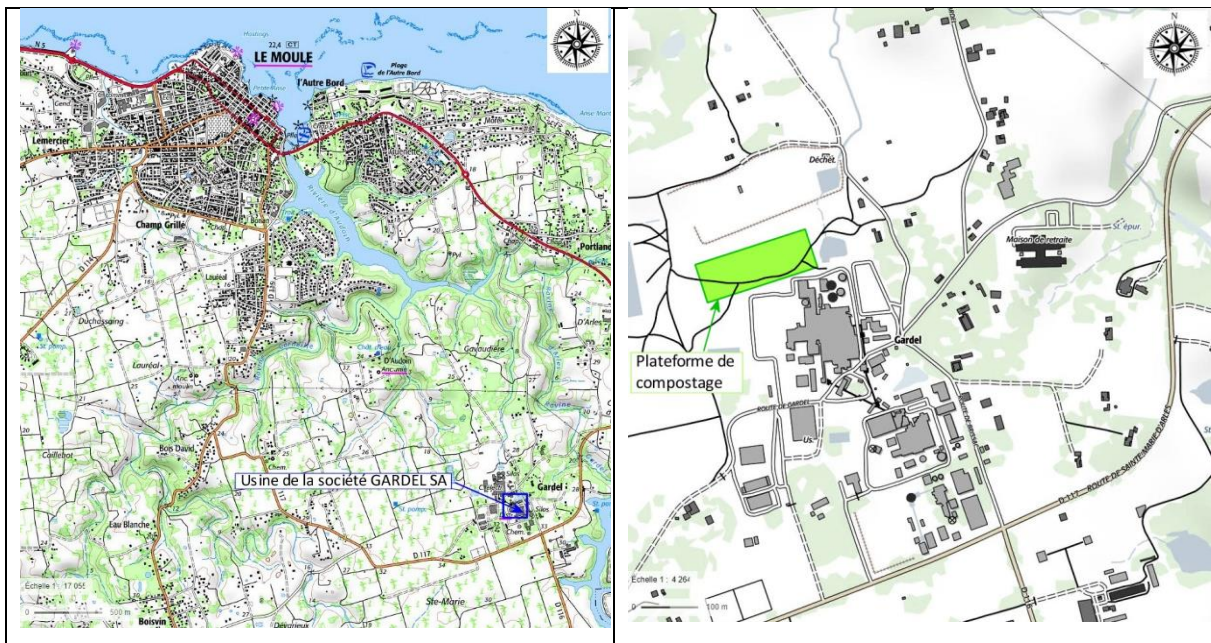


Figure 1: Emplacement du projet

3. Environnement du site

L'environnement de la sucrerie et du projet est illustré sur la planche immédiatement suivante.

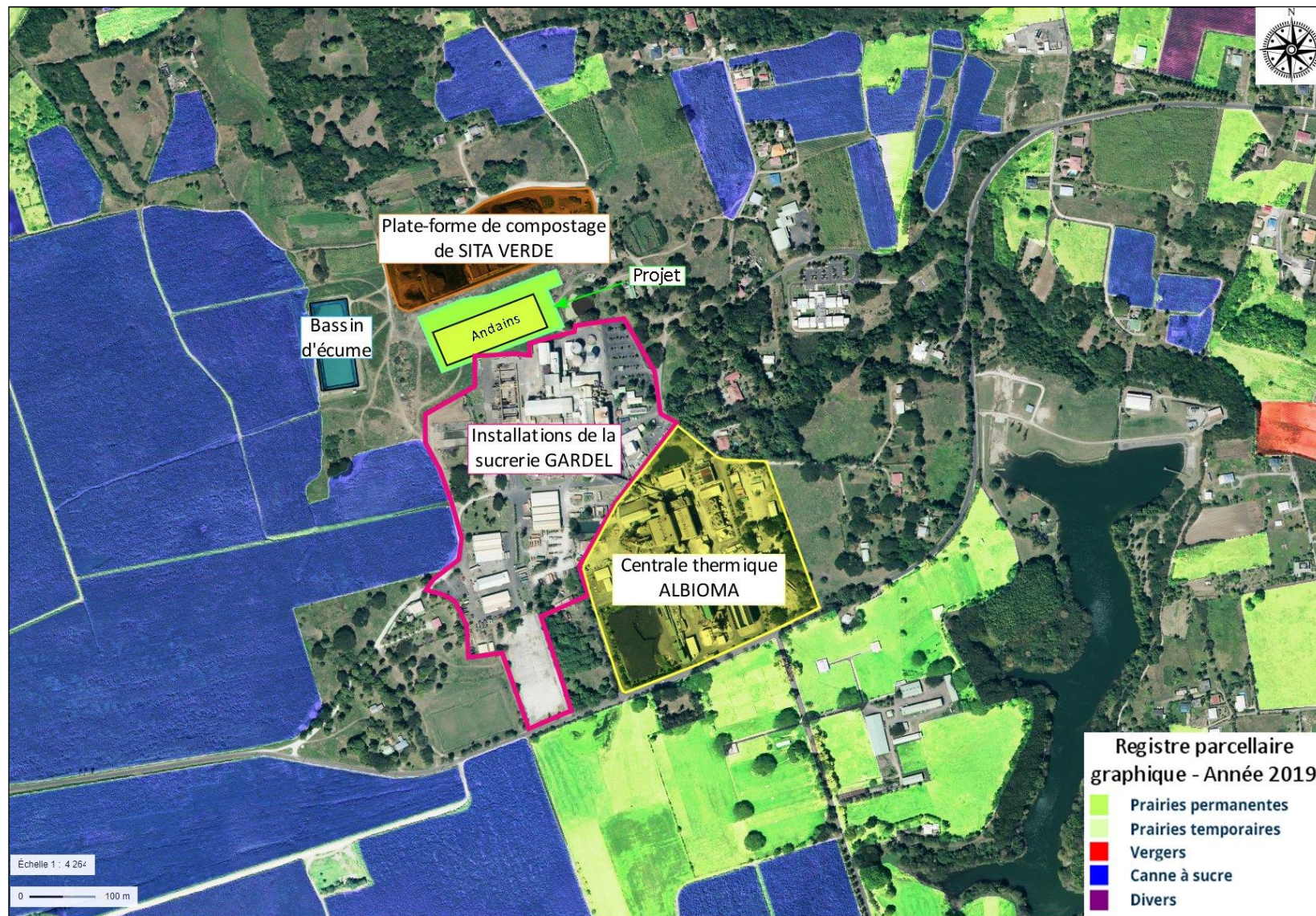


Figure 2: Environnement du projet

4. Impacts des odeurs générées par la plate-forme

Origine des odeurs

Les odeurs liées aux activités de compostage sont dues principalement à la présence dans l'air de composés volatils azotés (ammoniac, amines, etc.), soufrés (sulfure d'hydrogène - H₂S, diméthylsulfure - DMDS, etc.), et d'acides gras volatils ou autres composés organiques volatils (terpènes, aromatiques, cétones...).

Certains composés sont détectables à de très faibles concentrations.

Pour chaque composé, il est défini le seuil olfactif (ou seuil de détection olfactive) qui peut désigner :

- La concentration de la substance la plus faible qui puisse être sentie par un groupe de sujets
- La concentration d'une substance où la moyenne d'un groupe a perçu l'odeur
- L'étendue des concentrations d'une substance perçues par un groupe

Les seuils donnés dans la littérature peuvent différer grandement pour une même substance (d'un facteur de 1 à 100 et plus).

Le tableau suivant reporte quelques seuils olfactifs et caractéristiques des odeurs.

Tableau 1: Exemples de seuils olfactifs

| Composés | Seuil olfactif [µg/m ³] | Caractéristiques de l'odeur |
|----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| Ammoniac | 26,6 – 39 600 | Piquant, irritant |
| Sulfure d'hydrogène | 0,7 – 14 | Œuf pourri |
| Acide acétique | 2 500 – 250 000 | Vinaigre |
| Acétone | 47 500 – 1 610 000 | Sucré, menthe |

La plupart des odeurs associées au compostage résultent de l'oxydation microbienne incomplète de la matière organique, principalement des hydrates de carbone et des protéines.

Les hydrates de carbone (sucres, cellulose, etc.) contiennent du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène qui, sous des conditions d'anaérobiose, sont rapidement décomposés en produits odorants comme les alcools, les esters, les aldéhydes et les acides organiques.

Les acides gras volatils représentent une classe importante des composés odorants émis par la décomposition des matières végétales [Lynch et al, 1980]. Ceux-ci se caractérisent par une odeur nauséabonde (souvent une odeur de rance) et ont un seuil de détection très bas.

Quant à elles, les protéines sont responsables de la production de composés odorants comme l'ammoniac, les amines et les mercaptans. L'ammoniac [NH₃] est émis en quantité plus ou moins importante par les activités de compostage. Un rapport de C/N du substrat inférieur à 20-25 et un pH supérieur à 7 sont deux facteurs qui augmentent le risque de formation d'ammoniac.

Paramétrisation des terme sources

Selon le rapport de l'ADEME, « Programme de recherche de l'ADEME sur les émissions atmosphériques du compostage. Connaissances acquises et synthèse bibliographique » (juillet 2012) :

« Mallard et al (2005) ont proposé comme référence d'odeur au cours du compostage une valeur d'émission globale moyenne de **100 uo/gMS** traitée avec une étendue de valeurs de **50 à 300 uo/g MS traitée sans distinction de substrat.** »

Pour mémoire, dans le cadre du projet R&D de l'ADEME, les projets CARTOCOV et BGC1 ont caractérisé les concentrations d'odeur lors du compostage de différents substrats.

Les résultats obtenus pour les déchets verts sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2: Niveau de concentration d'odeur caractérisée lors du compostage de déchets verts dans le cadre du programme ADEME

| Sources d'émission | | SUBSTRATS | Concentration d'odeur [uoE/m ³] |
|--------------------|----------------------------------|-----------------|---|
| PROJET CARTOCOV | Andain de déchets verts (site 1) | Broyées | 440 – 3265 |
| | | En fermentation | 190 – 740 |
| | | En maturation | 170 – 12 400 |
| | Andain de déchets verts (site 2) | Broyées | 225 – 2200 |
| | | En fermentation | 375 – 3300 |
| | | En maturation | 125 – 825 |

Dans la présente étude, il est considéré par défaut un facteur d'émission d'odeur égale à 100 uoE/(gramme MS).

Présentation du modèle

L'analyse des impacts des odeurs vis-à-vis des riverains sera réalisée à l'aide du modèle lagrangien 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 le modèle de référence pour les études olfactométriques pour l'agence allemande de régulation et de contrôle de la qualité de l'air.

Ce modèle prend en compte les modifications tridimensionnelles des champs de vent, en assimilant le(s) rejet(s) à une succession de 'bouffées'.

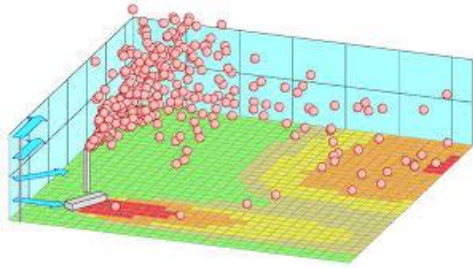


Figure 3 : Schéma de principe d'une simulation avec un modèle Lagrangien

Chaque bouffée émise à un instant donné suit la trajectoire du vent. La concentration totale en un point et un instant donné est obtenue en additionnant les contributions de chaque bouffée présente à ce point.

Le principe de ce type de modèle est représenté sur la figure ci-contre.

Terrain numérique

La topographie du terrain est prise en compte dans les simulations. Les données topographiques utilisées sont celles de l'IGN [Institut Géographique National]. Le terrain numérique considéré est schématisé sur la planche ci-après.

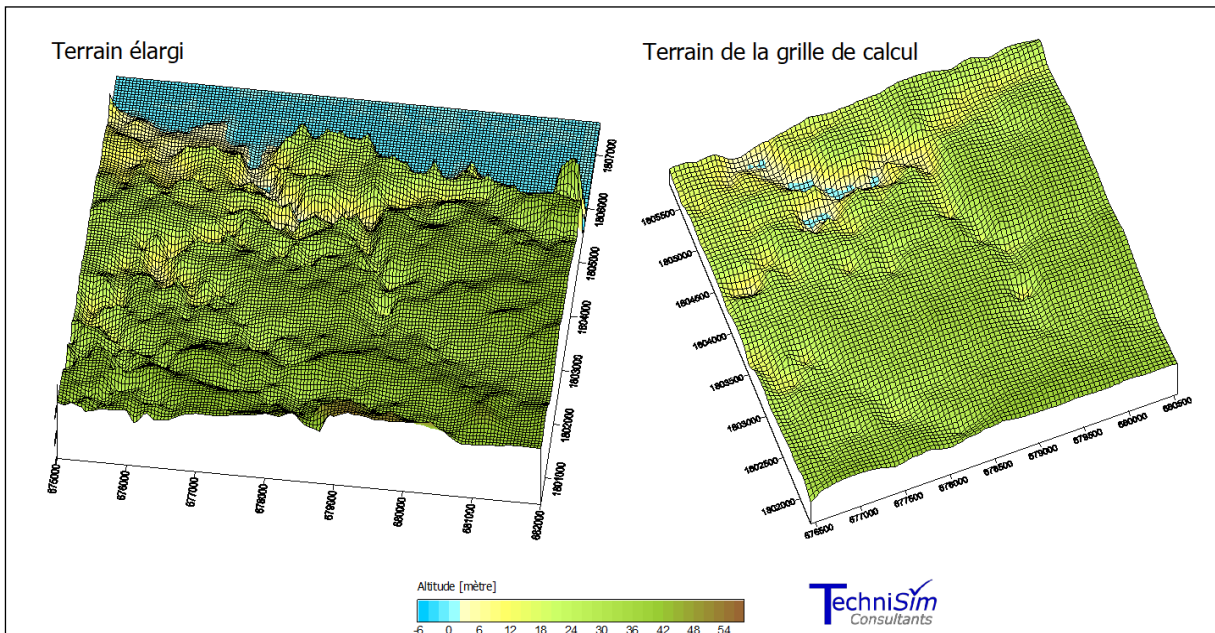


Figure 4 : Modèle Numérique de Terrain (MNT)

Conditions météorologiques

Ici, les données utilisées pour la simulation proviennent de la station 'Le Moule-Lauréal' (année 2018) dont la rose des vents est illustrée sur la figure immédiatement suivante.

Pour information, cette station météorologique est localisée à 2,6 km du site.

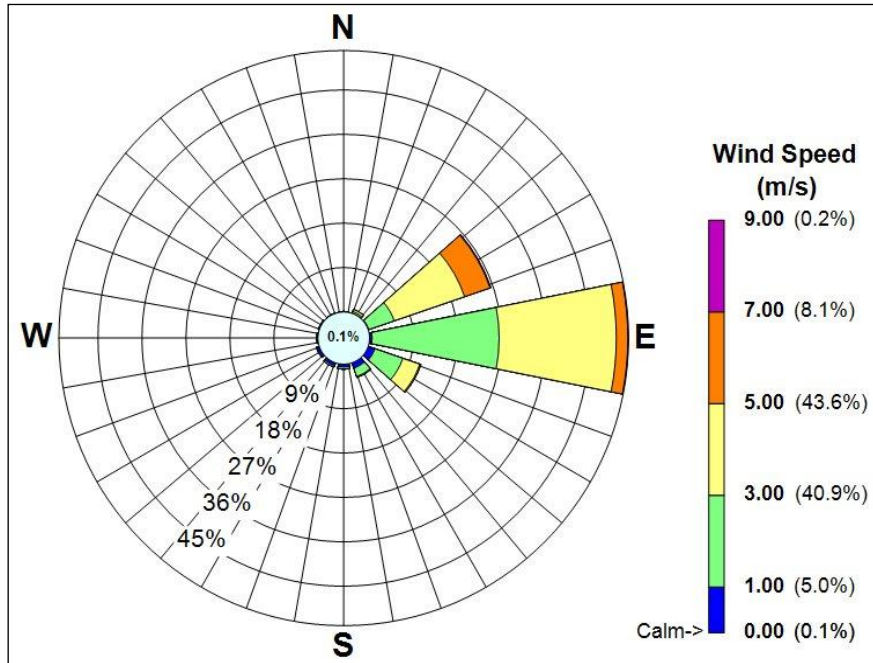


Figure 5 : Rose des vents utilisée pour les modélisations

Ces données sont ensuite traitées par le préprocesseur Taldia afin d’obtenir une représentation correcte des conditions retrouvées sur le site. Ce modèle météorologique est basé sur le modèle TALdiames qui est utilisé pour modéliser les champs de vents à une méso-échelle, et pour obtenir des champs de vents prenant en compte la topographie du terrain ainsi que le bâti.

La planche suivante représente graphiquement un exemple de champs de vent obtenus avec Taldia et le terrain examiné.

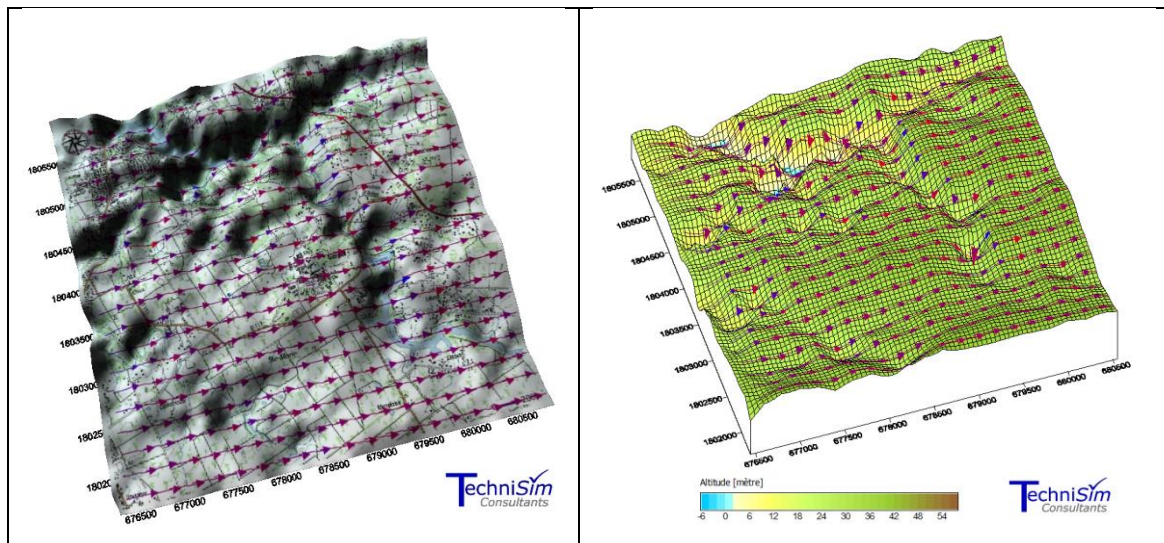


Figure 6 : Exemple de champ de vents obtenus par Taldia

Grille de calcul

La grille de calcul prise en compte est un polygone de 4,0 km sur 4,0 km (mailles de 50 mètres).

Il est également considéré neuf récepteurs ponctuels.

Ces derniers sont repérés sur la planche ci-dessous.



Figure 7 : Emplacements des récepteurs

Résultats

Les résultats fournis par les modèles de dispersion des odeurs en air ambiant visent à quantifier l'envergure d'une nuisance olfactive.

Selon l'arrêté du 22 avril 2008 fixant les règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de compostage soumises à autorisation en application du titre Ier du livre V du code de l'environnement :

« Le débit d'odeur rejeté, tel qu'il est évalué par l'étude d'impact, doit être compatible avec l'objectif suivant de qualité de l'air ambiant : la concentration d'odeur imputable à l'installation telle qu'elle est évaluée dans l'étude d'impact au niveau des zones d'occupation humaine listées à l'article 3 (habitations occupées par des tiers, stades ou terrains de camping agréés ainsi que zones destinées à l'habitation par des documents d'urbanisme opposables aux tiers, établissements recevant du public à l'exception de ceux en lien avec la collecte et le traitement des déchets) dans un rayon de 3 000 mètres des limites clôturées de l'installation ne doit pas dépasser la limite de 5 uoE /m³ plus de 175 heures par an¹, soit une fréquence de dépassement de 2 %. Ces périodes de dépassement intègrent les pannes éventuelles des équipements de compostage et de traitement des composés odorants, qui sont conçus pour que leurs durées d'indisponibilité soient aussi réduites que possible. »

Le tableau et la figure suivante indiquent les résultats des modélisations.

Il s'agit des percentiles 98 horaires.

Un percentile X se définit pour un point récepteur donné à la valeur de concentration telle que X % du temps, les concentrations calculées à ce point lui sont inférieures, et pendant 100-X % du temps, les concentrations calculées lui sont supérieures.

Tableau 3: Concentration d'odeurs relevées au niveau des récepteurs ponctuels

| Récepteurs | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Percentiles 98 horaires [UOe/m ³] | 4,50 | 4,45 | 0,16 | 0,67 | 3,24 | 0,35 | 2,72 | 3,04 | 1,55 |

¹ Percentile 98 horaire

La cartographie des niveaux d'odeurs calculés est éditée sur la planche ci-dessous.

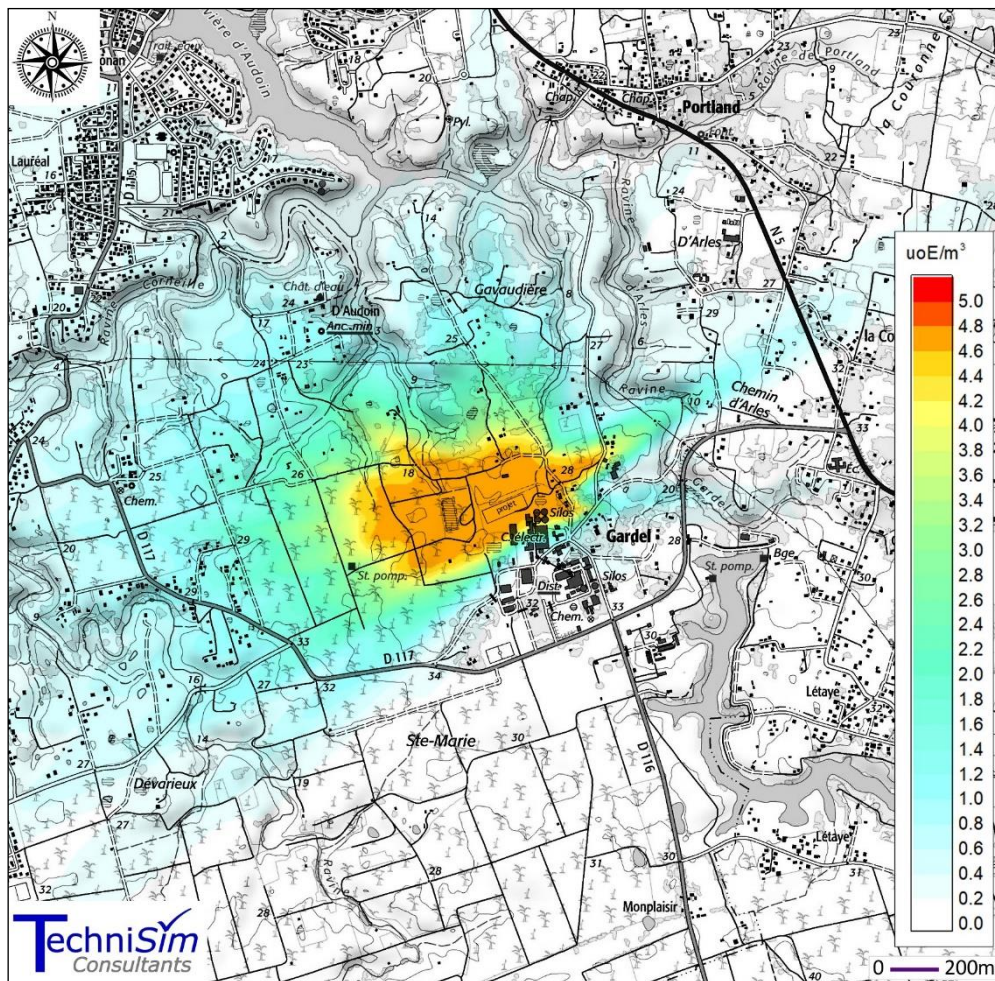


Figure 8: Cartographie des concentrations d'odeur - percentile 98 horaire

Il est possible de constater que, pour les hypothèses considérées, les niveaux d'odeur obtenus à l'échelle des habitations les plus proches de la plateforme sont inférieurs à 5 UOe/m³.

5. Conclusion

Ce document présente l'étude de l'impact olfactif regardant le projet de plateforme de compostage de biomasse de l'usine sucrière de la société Gardel, installée sur le territoire de la commune du MOULE [Guadeloupe / nord-est de l'île de Grande-Terre].

Pour les hypothèses considérées dans le présent cas, les niveaux d'odeur obtenus au niveau des habitations les plus proches sont inférieurs à 5 UOe/m³. Il est ainsi possible de conclure que celles-ci ne devraient pas être impactées de manière significative par les émissions odorantes de la plateforme.

| | |
|--------------------------------|--|
| REMARQUE IMPORTANTE | Ces résultats ne sont valables que pour les hypothèses de travail considérées et ne sont en aucun cas transposables à d'autres scénarios. L'appropriation et l'usage des résultats sont de la seule responsabilité de l'utilisateur. |
|--------------------------------|--|

6. Glossaire

| | |
|---|--|
| ANALYSE OLFACTOMETRIQUE | Essai de quantification d'une odeur ou mesure de la concentration odeur. |
| CONCENTRATION ODEUR | Nombre d'unités odeur dans 1 m ³ de gaz ou encore nombre de dilutions (avec de l'air inodore) nécessaires pour obtenir un mélange dont l'odeur est perçue par 50 % d'un jury. Elle s'exprime en unité d'odeur européenne par m ³ (u.o.E/m ³). Elle est obtenue suivant la norme NF EN 13725. |
| DEBIT D'ODEUR | Produit du débit d'air rejeté exprimé en m ³ /h par la concentration d'odeur. Il s'exprime en unité d'odeur européenne par heure (u.o.E/h). |
| NOMBRE D'UNITES ODEUR | Nombre de dilutions (avec de l'air inodore) nécessaire pour obtenir un mélange dont l'odeur est perçue par 50 % d'un jury. |
| PERCENTILE | La concentration au percentile X à un point récepteur donné est la valeur de concentration telle que X % des concentrations calculées à ce point lui sont inférieures et (100-X) % des valeurs de concentration calculées lui sont supérieures. Cette représentation donne une indication de la fréquence d'exposition du voisinage aux concentrations les plus élevées sur l'année. |
| SEUIL DE PERCEPTION OLFACTIF | Nombre de dilutions de l'échantillon gazeux nécessaire pour que la probabilité de perception de l'odeur soit de 50 % dans les conditions de l'essai (en u.o.E/m ³). |
| C_{od} | Concentration d'odeur de l'échantillon |
| C_{od_seuil} | Concentration d'odeur ayant un seuil de détection (=1 u.o.E/m ³) |
| u.o.E | Unité d'odeur européenne |
| u.o.E/h | Unité d'odeur européenne par heure |
| u.o.E/m³ | Unité d'odeur européenne par mètre cube |
| Z_{ITE} | Facteur de dilution au seuil de détection |

Contact

Technisim Consultants
316 rue Paul Bert – 69003 Lyon

Fixe : 04 37 69 92 80

Mél : technisim@wanadoo.fr

Le contenu de ce rapport est uniquement valable pour le projet faisant l'objet de la présente étude. Toute utilisation à d'autres fins doit faire l'objet d'une autorisation d'exploitation.

ADDENDA : l'absence de remarques sous un mois à compter de la date de réalisation de l'étude vaut acceptation. Toute reprise mineure ou majeure ultérieure sera susceptible de faire l'objet d'un avenant financier spécifique. Nonobstant, le suivi administratif des services instructeurs régaliens est inclus dans la prestation.

→ FIN de DOCUMENT ←

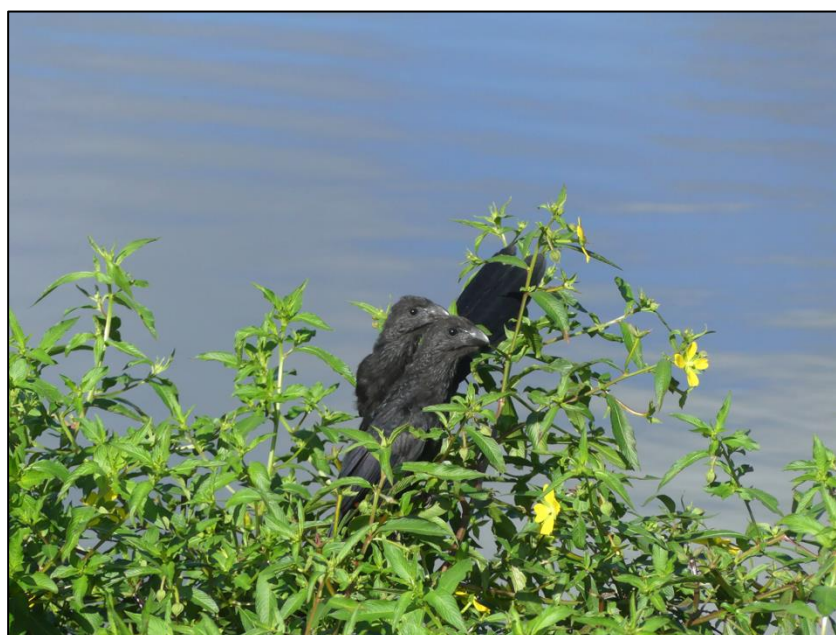
Référence : **0421-FIL-GL-1**

Commanditaire : **Filao**

REALISATION D'UNE UNITÉ DE COMPOSTAGE (GARDEL, COMMUNE DU MOULE).

ETUDE D'IMPACT : VOLET FAUNE-FLORE

| Date | Rédacteurs |
|---------------|-------------------|
| 10 mai 2021 | Gilles LEBLOND |
| Visa : | Bertrand Viret |



Ani à bec lisse. Leblond.

| | |
|---|-----------|
| réalisation d'une unité de compostage (Gardel, commune du Moule)..... | 1 |
| Etude d'impact : volet faune-flore..... | 1 |
| Préambule..... | 3 |
| 1. Contexte de l'étude..... | 3 |
| 2. Pré-cadrage, limite de l'étude..... | 3 |
| 3. Etat initial | 3 |
| 3.1. Méthodologies..... | 3 |
| 3.1.1. Bibliographie..... | 3 |
| 3.1.2. Faune | 4 |
| 3.2. Critères d'évaluation | 5 |
| 3.2.1. Le statut biologique = statut de reproduction..... | 5 |
| 3.2.2. L'Indice de Répartition Géographique (IRG)..... | 6 |
| 3.2.3. Protection dans le département de la Guadeloupe | 6 |
| 3.2.4. Statut UICN/Liste et livres rouges..... | 6 |
| 3.2.5. Espèces d'intérêt éco-régional | 7 |
| 3.2.6. Abondance : Légende et précision sur la terminologie employée..... | 8 |
| 3.2.7. Espèces d'intérêt patrimonial et enjeu local de conservation..... | 8 |
| 3.3. Résultats | 11 |
| 3.3.1. Les habitats : grandes entités écologiques..... | 11 |
| 3.3.2. La faune | 13 |
| 3.3.3. Espèces introduites..... | 19 |
| 3.3.4. Enjeux patrimoniaux de la faune..... | 20 |
| 3.3.5. Les habitats favorables pour la faune patrimoniale..... | 22 |
| 3.3.6. Bilan des enjeux faunistiques..... | 23 |
| 3.3.7. Continuité écologique, déplacement de la faune..... | 23 |
| 4. Analyse d'impact..... | 26 |
| 4.1. Le projet..... | 26 |
| 4.2. Impacts pressentis du projet | 27 |
| 4.2.1. Défrichements..... | 27 |
| 4.2.2. Artificialisation et imperméabilisation..... | 27 |
| 4.2.3. Fréquentation, circulation..... | 27 |
| 4.2.4. Pollutions | 28 |
| 4.2.5. Bilan des impacts avant mesures..... | 28 |
| 5. Mesures Evitement, Réduction, Compensation..... | 28 |
| 5.1. Mesures d'évitement..... | 29 |
| 5.2. Mesures de réduction..... | 31 |
| 5.2.1. Bilan après mesures ER..... | 32 |
| 5.3. Mesures de compensation | 32 |
| 5.4. Mesures d'accompagnement..... | 34 |
| 5.5. Bilan des impacts après mesures de compensation et d'accompagnement..... | 34 |
| 6. Scénario sans le projet | 35 |
| 7. Bibliographie..... | 35 |

Préambule

Les Antilles sont un des hotspots de la biodiversité mondiale ce qui signifie une richesse biologique importante mais menacée. La raison de cette particularité repose sur une spéciation dynamique et donc un endémisme chronique qui se retrouve dans tous les taxons de la faune et de la flore et surtout des menaces récurrentes sur cette biodiversité patrimoniale. L'appellation « Hotspot », souvent labélisée par les instances internationales, nationales et régionales amène une grande responsabilité vis-à-vis des espèces présentes sur les îles et impose la nécessité d'intégrer sérieusement cette composante dans tous les projets d'aménagement.

1. Contexte de l'étude

Au vu d'utiliser et de transformer les écumes de sucrerie en les mélangeant avec de la bagasse et de la mélasse, l'unité sucrière de Gardel a le projet de créer une unité de compostage sur le site actuellement utilisé pour le stockage brut de l'écume.

Pour ce faire, une étude d'impact est diligentée selon l'article R 122-5 du code de l'environnement intégrant un volet flore et un volet faune.

2. Pré-cadrage, limite de l'étude

Le projet a fait l'objet d'un pré-cadrage environnemental suite à deux visites de terrains faune et une visite pour la flore. Il s'avère qu'une zone d'étude très proche a fait l'objet en 2020 d'inventaires faunistiques dans le cadre d'un projet d'une usine de traitement de déchets (CARL, 2018) et une autre étude d'impact a été réalisée en 2010 à moins de 2km du site, incluant la retenue d'eau de Létaye et des parcelles situées au lieu-dit Ste Marie. Ces divers éléments permettent d'avoir des éléments de diagnostics pertinents pour la faune. La flore a fait l'objet d'une visite par un botaniste, Jean-François Bernard : la zone d'emprise du projet a un moindre intérêt botanique. Le site est en fait composée d'une sole utilisée pour le dépôt de l'écume de la sucrerie pendant la période de fonctionnement de l'usine, de pâtures, de friches récentes et sur 6000 m² d'une zone un peu plus naturelle composée d'une retenue d'eau et de quelques arbres et arbustes, pour la plupart exotiques ou alors communs. Pour cet expert, un inventaire botanique ne s'avère pas nécessaire pour évaluer les enjeux dans le cadre d'une étude d'impact.

La zone d'emprise du projet comprend les parcelles accueillant le projet et la zone proche s'étend à une distance de 500m du projet.

3. Etat initial

3.1. Méthodologies

3.1.1. Bibliographie

Cette étude d'impact repose essentiellement sur des données antérieures notamment des points d'écoute pour l'avifaune et les chiroptères au travers de deux études :

- Réalisation d'une unité de traitement et de valorisation des déchets ménagers sur la Grande Terre : Gardel (le moule, Guadeloupe). Etat initial de l'étude environnementale : la faune (Leblond, 2021). Cette étude a été réalisée pour la Communauté des communes de la Rivière du Levant (CARL)
- inventaire faunistique sur le site d'un projet éolien situé au Moule de 400 ha. (Leblond, 2010) : étude réalisée pour une entreprise d'éolienne, Aerowatt.

3.1.2. Faune

Deux périodes ont été couvertes en 2020 : une première correspondant à la fin de la saison sèche à été effectuée au mois de juin et une deuxième en période humide en décembre. Deux visites supplémentaires ont été effectuées sur la zone d'emprise, en mars 2021. échantillonnage

3.1.2.1. L'avifaune

Pour l'avifaune, il y a eu :

- ❖ en 2020 :
 - des points d'écoute (9) pendant la période de reproduction : 5 mn par points, de l'aube à 8h du matin. Ils permettent de comparer si nécessaire les différentes zones et d'établir la structure de la population sédentaire de la zone d'étude.
 - des points d'observations (24) pendant la période de migration et de reproduction : chaque espèce contactée a été localisée et associée à un habitat.
- ❖ En 2021 :
 - 18 points d'observations supplémentaires sur l'aire d'emprise.

3.1.2.2. Les chiroptères

Deux campagnes ont été réalisées en 2020 comprenant 5 points fixes (Les enregistrements durent toute la nuit. Les signaux sont ensuite transformés et analysés pour identification à l'aide de 2 logiciels, Sonochiro et Batsound) et en 2021, il y eu deux nuits d'enregistrement (3 et 4 mars) au niveau de la retenue d'eau.

3.1.2.3. L'herpétofaune

Le recensement de l'herpétofaune s'est effectué le soir et dans la journée de manière opportuniste, lors des autres prospections.

3.1.2.4. Calendrier

Tableau 1 : Calendrier des prospections

| Etudes | Dates des prospections | Types de prospection |
|------------|------------------------|-----------------------------------|
| Etude CARL | 12/06/20 | Avifaune/herpétofaune/chiroptères |
| | 13/06/20 | Avifaune/herpétofaune/chiroptères |
| | 24/10/20 | Avifaune/herpétofaune/chiroptères |
| | 25/10/20 | Avifaune/herpétofaune/chiroptères |
| | 19/12/20 | Avifaune/herpétofaune/Chiroptères |
| | 20/12/20 | Avifaune/herpétofaune/Chiroptères |
| | 03/03/21 | Avifaune/herpétofaune/Chiroptères |

Etat initial environnemental-Gardel-Le Moule. Volet faune Leblond, mai 2021.

| | | |
|-----------------|----------|-----------------------------------|
| Etude Gardel | 04/03/21 | Chiroptères |
| | 05/03/21 | Avifaune/herpétofaune/Chiroptères |
| | 08/03/21 | Flore |

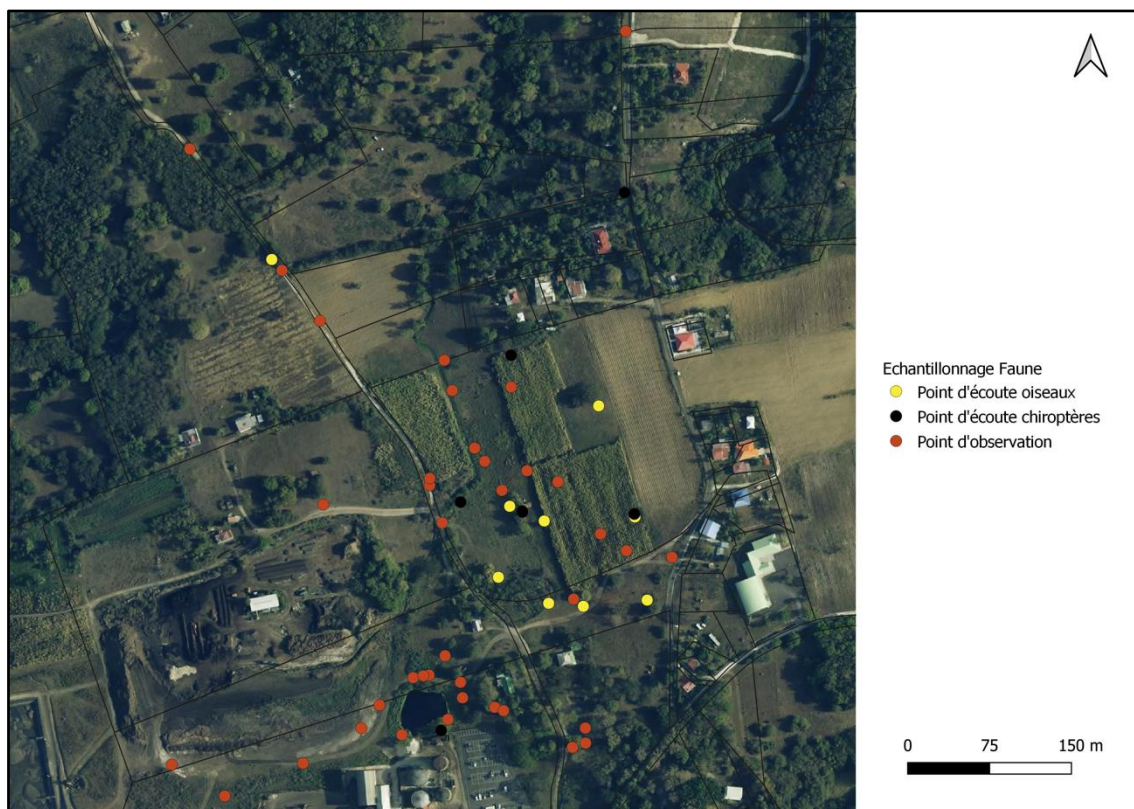


Figure 1 : Dispositif d'inventaire de la zone d'étude

3.2. Critères d'évaluation

Un certain nombre d'outils réglementaires ou scientifiques permet de hiérarchiser l'intérêt patrimonial des milieux et des espèces observés sur un secteur donné. Il devient alors possible, en utilisant des critères exclusivement biologiques, d'évaluer l'enjeu de conservation des espèces et des habitats, à une échelle biogéographique cohérente.

3.2.1. Le statut biologique = statut de reproduction

Le statut biologique concerne principalement l'avifaune. Les statuts de reproduction sont précisés par espèce.

Légende :

N : Nicheur. Sédentaire qui se reproduit en Guadeloupe.

S : Sédentaire. Présence annuelle de l'espèce sans qu'il s'y reproduise

NS : Sédentaire nicheur dans la zone d'étude

M : Migrateur

MS : Migrateur nicheur

MH : Migrateur hivernant

3.2.2. L'Indice de Répartition Géographique (IRG)

C'est une donnée qui permet de mieux situer la répartition et l'endémisme d'une espèce dans le contexte local à international. Les indices 1 à 6 permettent d'évaluer la répartition des espèces.

La superficie représentée par les Petites Antilles est inférieure à 8 000 km², soit une surface un peu moins grande que celle de Porto Rico et l'équivalent d'une région de France métropolitaine. Les espèces récemment introduites sont signalées (I), car leurs répartitions géographiques sont hétéroclites.

Légende :

- 1 = Guadeloupe,
- 2 = Guadeloupe et quelques îles,
- 3 = Petites Antilles,
- 4 = Caraïbes (Grandes et Petites Antilles),
- 5 = Continent Américain,
- 6 = Cosmopolite,
- I = Introduit

3.2.3. Protection dans le département de la Guadeloupe

Sont utilisés les différents arrêtés ministériels fixant par taxon les listes des espèces protégées sur l'ensemble de la Guadeloupe :

- arrêté du 17 février 1989 pour les oiseaux,
- arrêté du 17 janvier 2018 pour les mammifères terrestres amendé par l'arrêté du 19 juin 2020,
- arrêté du 14 octobre 2019 pour les reptiles et amphibiens,
- arrêté du 24 janvier 2020 pour les insectes.

Les espèces protégées intégralement (individus et habitats) seront désignées « **P1** », celles protégées en tant qu'individus « **P** » et les autres « **NP** ».

3.2.4. Statut UICN/Liste et livres rouges

La liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), constitue l'inventaire mondial le plus complet de l'état de conservation global des espèces végétales et animales.

Pour chaque espèce évaluée, une estimation du danger d'extinction qui la menace est formulée par des groupes d'experts, basée sur des critères bien définis, comme la taille de la population, la disparition de son habitat naturel et le nombre d'individus qui ont atteint la maturité.

La classification dans les catégories d'espèces menacées d'extinction s'effectue par le biais d'une série de cinq critères quantitatifs, basés sur des facteurs biologiques associés au risque d'extinction, à savoir : taux de déclin, population totale, zone d'occurrence et d'occupation, degré de peuplement, et fragmentation de la répartition.

Afin de rendre l'information finale obtenue la plus intelligible possible, une catégorie de risque d'extinction est alors attribuée à l'espèce :

Légende :

CR : En danger critique

EN : En danger

VU : Vulnérable

NT : Quasi menacée

LC : Préoccupation mineure

Pour la faune, le statut régional doit être évalué à la fin de l'année 2020. Nonobstant, les oiseaux ont fait l'objet d'une évaluation en 2012.

Le statut IUCN régional sera donc utilisé pour l'avifaune, autrement cela sera le statut international.

3.2.5. Espèces d'intérêt éco-régional

Pour pallier l'absence de zones Natura 2000 dans les départements d'outre-mer, une réflexion a été menée pour préserver les habitats et les espèces : le Réseau Ecologique des Outre-Mer, encore appelé REDOM. Il s'appuie sur des biotopes et des espèces botaniques et faunistiques indicatrices, appelées éco-régionales.

Ce sont les taxons qui permettent de valider de part leur importance, la sélection de Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) qui sont des habitats remarquables d'une région.

3.2.6. Abondance : Légende et précision sur la terminologie employée

3.2.6.1. Avifaune

Un travail pluriannuel d'inventaire est réalisé depuis de nombreuses années par les membres de l'association Amazona qui édite régulièrement un document de synthèse qui précise entre autres les statuts d'abondance de chacune des espèces répertoriées. Cette estimation est ajustée avec notre avis d'expert, grâce aux nombreuses investigations effectuées en Guadeloupe.

Et. : éteint ; Disp. : disparu ; A : accidentel - moins de 5 données à ce jour pour les espèces eurasiatiques ; O : occasionnel - moins de 5 données à ce jour pour les espèces américaines ; R : rare - moins de 3 données par an pas forcément vu tous les ans ; PC : peu commun - 3 à 15 données par an vu au moins 3 années sur 4 ; C : commun - 16 à 100 données vu tous les ans ; TC : très commun - plus de 100 données vu tous les ans.

3.2.6.2. Chiroptères

L'abondance des chiroptères est estimée au regard des travaux de Barataud (Barataud et al, 2012) et de notre avis d'expert.

3.2.6.3. Herpétofaune

Pour l'herpétofaune, l'estimation est essentiellement basée sur notre avis d'expert mais aussi sur les travaux de Breuil (Breuil, 2002).

3.2.7. Espèces d'intérêt patrimonial et enjeu local de conservation

3.2.7.1. Espèces d'intérêt patrimonial

L'intérêt patrimonial est avant tout une définition partagée par tous mais subjective. Elle peut s'exprimer comme « la perception que l'on a de l'espèce, et l'intérêt qu'elle constitue à nos yeux » (intérêt scientifique, historique, culturel, etc.).

Il y a ainsi autant de critères d'évaluation qu'il y a d'évaluateurs. C'est un concept que l'on définit indépendamment de l'échelle de réflexion sur la base de critères scientifiques mais aussi parfois partiellement scientifiques tels que les statuts réglementaires.

Parmi ces critères, citons :

- le statut réglementaire ;
- la rareté numérique, rareté géographique (endémisme), originalité phylogénétique, importance écologique (espèce clefs, spécialisée, ubiquiste, etc.) ;
- le statut biologique (migrateur, nicheur, espèce invasive) ;
- la vulnérabilité biologique (dynamique de la population) ;
- la vulnérabilité écologique ;
- le statut sur les listes rouges IUCN, international ou régional lorsque l'évaluation a eu lieu ;

- les dires d'experts.

L'intérêt patrimonial est une notion floue tant par sa définition que dans ses limites. Au sein de cette même notion, on rencontre des espèces dont l'enjeu de conservation est différent. La différence qui existe entre l'enjeu de conservation d'une espèce et sa protection par exemple, ou encore, l'absence de listes rouges adaptées, sont autant d'exemples de la difficulté à laquelle est confronté l'expert lorsqu'il doit hiérarchiser les enjeux. De fait, la méthode de hiérarchisation présentée dans cette étude se base sur une notion moins floue, sans doute plus objective, que celle relative à l'intérêt patrimonial : **l'enjeu local de conservation**.

3.2.7.2. Evaluation de l'enjeu local de conservation (ELC)

L'enjeu local de conservation (ELC) est la responsabilité assumée localement pour la conservation d'une espèce ou d'un habitat par rapport à une échelle biogéographique cohérente. Cette échelle est relativement réduite aux Antilles où l'on doit tenir compte d'espaces vitaux restreints et des variabilités géomorphologiques et bioclimatiques importantes associés à un fort endémisme de la faune et de la flore, ainsi que des pressions anthropiques. Aussi l'enjeu local de conservation sera appliqué à l'échelle du secteur biogéographique étudié selon la définition de Blondel (1995) : « ensemble des habitats situés sur un territoire caractérisé par les mêmes constantes géomorphologiques et bioclimatiques » pour éviter l'érosion de la biodiversité qui conduit généralement à la disparition des espèces.

Cet enjeu local de conservation sera défini uniquement sur la base de critères scientifiques tels que :

- les paramètres d'aire de répartition, d'affinité de la répartition, et de distribution,
- la vulnérabilité biologique,
- le statut biologique,
- les menaces.

Cinq classes d'enjeu local de conservation peuvent ainsi être définies de façon usuelle, plus une sixième exceptionnelle :

| | | | | | |
|-----------|------|--------|--------|-------------|-----|
| Très fort | Fort | Modéré | Faible | Très faible | Nul |
|-----------|------|--------|--------|-------------|-----|

3.2.7.3. Enjeu local de conservation très fort

Au regard du statut des espèces considérées et de l'évolution de leurs populations, la responsabilités des propriétaires et des gestionnaires sur les sites de reproduction, d'alimentation et les dortoirs est très importante pour assurer leurs pérennités à l'échelle de la Guadeloupe, voire de l'Etat. En fait, tout doit être fait pour préserver ces taxons protégés, sur notre territoire et les mesures et les plans d'aménagement des sites doivent en tenir compte

3.2.7.4. Enjeu local de conservation fort

Pour les espèces concernées, la responsabilité des propriétaires et des gestionnaires est importante pour maintenir les populations à l'échelle de la Guadeloupe ou de la zone biogéographique concernée, voire leur permettre de se développer.

3.2.7.5. Enjeu local de conservation modéré

La faune concernée relève d'un aspect patrimonial qui reste important pour la zone biogéographique concernée, et les espèces doivent être prises en compte dans la gestion et l'aménagement des sites.

3.2.7.1. Enjeu local de conservation faible

Cette catégorie concerne des espèces pour lesquels les enjeux sur la zone biogéographique concernée ne sont pas très importants : oiseaux communs ou très communs, généralement répandus, ubiquistes ou anthropophiles ou alors de passage sur le site comme la frégate qui survole la zone.

3.2.7.2. Enjeu local de conservation très faible

Pour la plupart ce sont des espèces dont la dynamique de population est forte et favorisée par l'anthropisation des milieux.

3.2.7.3. Enjeu local de conservation nul

La classe « enjeu local de conservation nul » est utilisée pour des espèces exogènes plantées ou échappées dont la conservation n'est aucunement justifiée.

Ainsi, les espèces seront présentées en fonction de leur enjeu de conservation local, dont les principaux éléments d'évaluation seront rappelés dans les monographies des espèces à enjeux. De fait, il est évident que cette analyse conduira à mettre en évidence des espèces qui ne sont pas protégées par la loi. A noter que l'enjeu local de conservation d'une espèce ne doit pas être confondu avec la sensibilité de cette espèce au regard de l'aménagement prévu. Ainsi, une espèce à très fort enjeu local de conservation peut ne présenter qu'une faible sensibilité au regard du projet d'aménagement.

3.2.7.4. Cas des espèces potentielles

Peuvent être également intégrées, des **espèces fortement potentielles** sur la zone d'étude. La forte potentialité de présence d'une espèce est principalement justifiée par :

- la présence de l'habitat d'espèce,
- l'observation de l'espèce à proximité de la zone d'étude (petite zone géographique),
- la zone d'étude figure au sein ou en limite de l'aire de répartition de l'espèce,
- les données bibliographiques récentes mentionnant l'espèce localement.

Une fois ces critères remplis, la potentialité de présence de l'espèce peut être confortée ou non par la période de prospection et la pression de prospection effectuée. L'évaluation de l'impact intègrera ces espèces, bien qu'elles n'aient pas été observées sur la zone d'étude.

Pour les espèces dont l'Enjeu Local de Conservation est Très fort, Fort ou Modéré, des dispositions devront être prises pour préserver les habitats et les espèces, à des degrés divers, ainsi que les continuités écologiques favorables aux maintiens des populations.

3.3. Résultats

3.3.1. Les habitats : grandes entités écologiques

Sur la carte des habitats produite en 2020 pour le projet d'usine de traitement (De Lavigne, 2020) l'ensemble du secteur est agricole avec des boisements au nord et à l'ouest. L'aire d'emprise du projet située entre les deux retenues d'eau est largement anthropisée par le complexe industriel et l'unité de compostage.

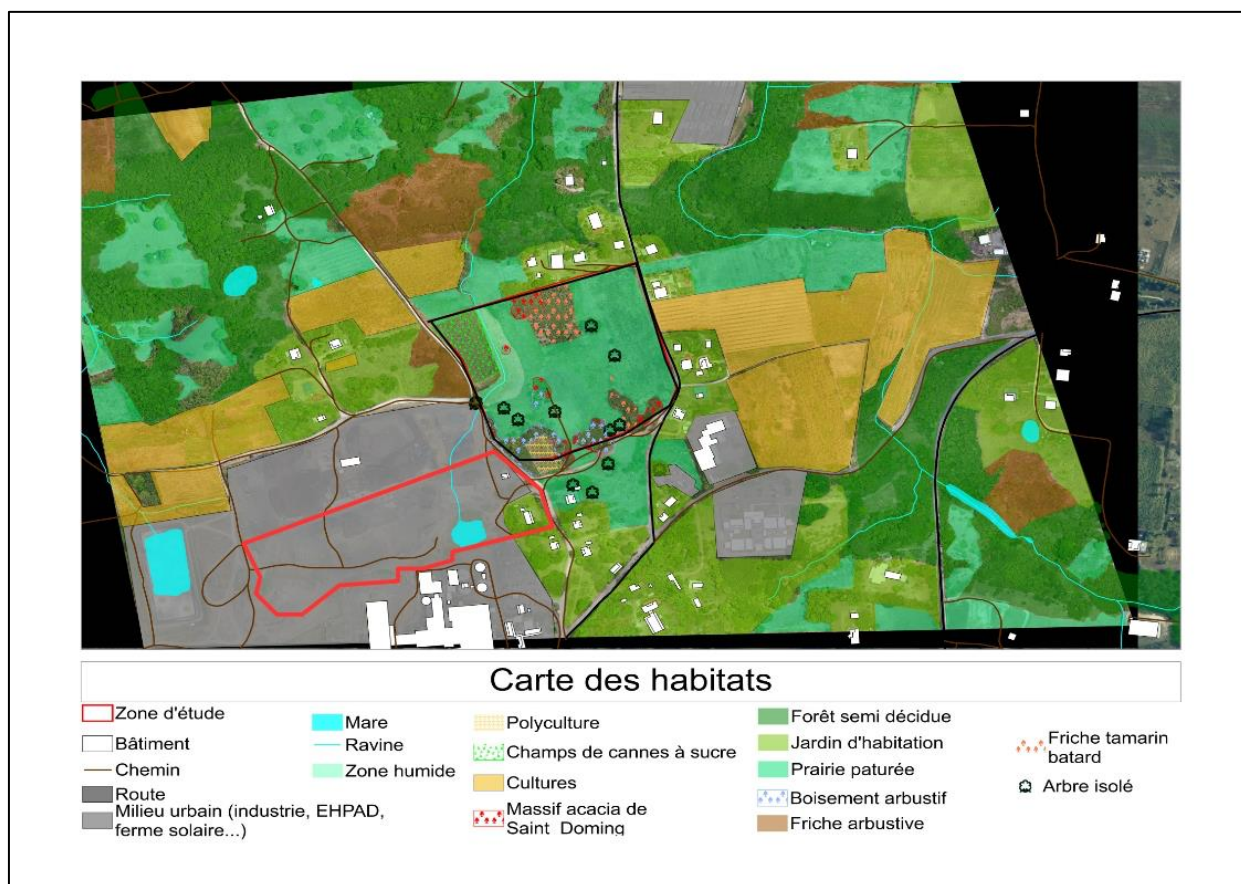


Figure 2 : Carte des habitats du site. Projet De Lavigne et al, 2020

Un zoom sur la zone d'emprise permet de moduler cette approche et de distinguer notamment aux abords de la retenue d'eau une diversité d'habitat plus importante :

- Des habitats structurés par des arbres : fourrés arborés, haies, arbres isolés. Ils accueillent l'ensemble des taxons de la faune terrestre et structure une trame verte en pas japonais.
- Des champs et jardins qui sont souvent remaniés et utilisés en partie comme pâturages.
- Des friches, généralement récentes indiquant une moindre fréquentation par les activités anthropiques.
- Deux plans d'eau :
 - Un bassin de lixiviat attenant à l'unité de compostage. L'eau est normalement utilisée pour arroser les tas de compost. Il est peu fréquenté par la faune.
 - Une retenue d'eau pluviale qui s'écoule ensuite vers le bassin de lixiviat. Elle agit comme une « oasis » de biodiversité pour l'avifaune et les chiroptères.



Figure 3 : Schéma cartographique des habitats

- Une aire de dépôt d'écume. Elle est utilisée pendant la période de fonctionnement de la sucrerie. Ensuite l'écume est utilisée comme amendement dans les champs de canne. En dehors de cette période, elle sert de pâture à quelques bovins qui maintiennent à ras la végétation.
- Une aire de compostage au nord qui accueille la bagasse mélangée à des boues de station d'épuration. Elle est remaniée tous les jours. Le tas de compost est très haut.
- Des aires bétonnées : usines, parking, maison, etc. Le parking est ponctué d'arbres qui servent pour quelques espèces de « pas japonais ».

La carte des habitats montre une prédominance manifeste des surfaces anthropisées dégradées. Seuls les formations arborées et la retenue d'eau de Gardel permet de maintenir une biodiversité faunistiques et pour certaines espèces une continuité avec des boisements un peu plus conséquents situés au Nord et à l'Est (figure 2).

La flore

Elle n'a pas fait l'objet de réel inventaire mais la visite d'un botaniste a permis d'identifier quelques espèces. Quelques gros arbres remarquables, même exotiques contribuent tout de même à maintenir par endroit une structure boisée.

Tableau 2 : Quelques plantes identifiées sur le site

| Famille | Nom scientifique | Type | Statut |
|----------------|--------------------------------|--------------------|-------------------|
| Araceae | <i>Lemna sp</i> | Plantes flottantes | Exotique invasive |
| Liliaceae | <i>Sansevieria trifasciata</i> | Herbes | Exotique invasive |
| Fabaceae | <i>Albizia lebeck</i> | Arbre | Exotique |
| Fabaceae | <i>Samanea saman</i> | Arbre | Exotique |
| Meliaceae | <i>Azadirachta indica</i> | Arbre | Exotique |
| Araucariaceae | <i>Araucaria heterophylla</i> | Arbre | Exotique |
| Caesapilnaceae | <i>Delonix regia</i> | Arbre | Exotique |
| Sapindaceae | <i>Mellicoccus bijugatus</i> | Arbre | Exotique |
| Rhamnaceae | <i>Ziziphus mauritiana</i> | Arbre | Exotique |
| Burseraceae | <i>Bursera simaruba</i> | Arbre | Indigène |
| Bignoniaceae | <i>Tabebuia heheterophylla</i> | Arbre | Indigène |
| Cordiaceae | <i>Cordia sulcata</i> | Arbre | Indigène |
| Cordiaceae | <i>Cordia collococca</i> | Arbre | Indigène |
| Myrtaceae | <i>Pimenta racemosa</i> | Arbre | Indigène |
| Verbenaceae | <i>Citharexylum spinosum</i> | Arbre | Indigène |
| Capparaceae | <i>Capparis indica</i> | Arbuste | Indigène |

Sur la zone d'emprise, l'aire d'épandage des écumes est quasiment dénué de végétation, quelques rudérales et herbacées broutées par le bétail subsistent. Par contre, au sud-est et à l'Est, quelques bosquets accueillent quelques espèces indigènes courantes, Poirier pays (*Tabebuia heheterophylla*), Gommier rouge (*Bursera simaruba*), Bois carré (*Citharexylum spinosum*) Mapou rivière (*Cordia collococca*) Mahot Grande feuille (*Cordia sulcata*) et constituent des îlots de biodiversité pour la faune. Mais, il y a surtout des essences exotiques ou cultivées. Quelques arbres imposant comme un gros Saman (*Samanea saman*) parsèment le site.

3.3.2. La faune

Les inventaires du mois de mars 2021 ont permis de compléter la liste existante de 2020 avec notamment les observations de canards migrateurs (Fuligule à tête noire) sur la retenue, et d'un oiseau exotique, le Capucin damier et l'enregistrement d'une nouvelle chauve-souris, l'Ardops des Petites Antilles.

Tableau 3 : Liste de la faune avérée présente sur le site et la zone proche

| Classe | Famille | Nom scientifique | Nom vernaculaire |
|---------|----------|----------------------------|--------------------|
| Oiseaux | Ardéidés | <i>Butorides virescens</i> | Héron vert |
| | | <i>Bubulcus ibis</i> | Héron garde-boeufs |

| | | | |
|--------------------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| | | <i>Egretta thula</i> | Aigrette neigeuse |
| | Anatidés | <i>Aythya affinis</i> | Fuligule à tête noire |
| | Rallidés | <i>Gallinula galeata</i> | Gallinule d'Amérique |
| | Scolopacidés | <i>Tringa solitaria</i> | Chevalier solitaire |
| | Falconidés | <i>Falco sparverius</i> | Crécerelle d'Amérique |
| | Colombidés | <i>Columbina passerina</i> | Colombe à queue noire |
| | | <i>Zenaida aurita</i> | Tourterelle à queue carré |
| | | <i>Streptopelia decaocto</i> | Tourterelle turque |
| | Trochilidés | <i>Orthorhyncus cristatus</i> | Colibri huppé |
| | Cuculidés | <i>Crotophaga ani</i> | Ani à bec lisse |
| | Mimidés | <i>Allenia fusca</i> | Moqueur grivotte |
| | | <i>Mimus gilvus</i> | Moqueur des savannes |
| | Tyrannidés | <i>Elaenia martinica</i> | Elénie siffleuse |
| | | <i>Tyrannus dominicensis</i> | Tyran gris |
| | Vireonidés | <i>Vireo altiloquus</i> | Viréo à moustaches |
| | Hirundinidés | <i>Progne dominicensis</i> | Hirondelle à ventre blanc |
| | | <i>Hirundo rustica</i> | Hirondelle rustique |
| | | <i>Riparia riparia</i> | Hirondelle des rivages |
| | Parulidés | <i>Setophaga petechia</i> | Paruline jaune |
| | | <i>Setophaga striata</i> | Paruline rayée |
| | Thraupidés | <i>Loxigilla noctis</i> | Sporophile rouge-gorge |
| | | <i>Coereba flaveola</i> | Sucrier à ventre jaune |
| | | <i>Tiaris bicolor</i> | Sporophile cici |
| | | <i>Saltator albicollis</i> | Saltator gros bec |
| | Ictéridés | <i>Quiscalus lugubris</i> | Quiscale merle |
| | | <i>Molothrus bonariensis</i> | Vacher luisant |
| | Estrildidae | <i>Lonchura punctulata</i> | Capucin damier |
| Amphibiens | Eleutherodactylidés | <i>Eleutherodactylus johnstonei</i> | Hylode de Johnstone |
| | Bufoinidés | <i>Rhinella marina</i> | Crapaud buffle |
| Reptiles | Dactyloïdés | <i>Anolis marmoratus</i> | Anolis de la Guadeloupe |
| | Gymnophthalmidés | <i>Gymnophthalmus underwoodi</i> | Gymnophthalme d'Underwood |
| Mammifères | Molossidés | <i>Molossus molossus</i> | Molosse commun |
| | | <i>Tadarida brasiliensis</i> | Tadaride du Brésil |
| | Phyllostomidés | <i>Brachyphylla cavernarum</i> | Brachyphylle des Antilles |
| | | <i>Ardops nichollsi</i> | Ardops des Petites Antilles |
| | | <i>Artibeus jamaicensis</i> | Fer de lance commun |
| | Mormoopidés | <i>Pteronotus davyi</i> | Ptéronote de Davy |
| | Noctilionidés | <i>Noctilion leporinus</i> | Noctilion pêcheur |
| | Herpestidés | <i>Urva auropunctata</i> | Petite mangouste indienne |
| | Muridés | <i>Rattus rattus</i> | Rat noir |
| <i>Rattus norvegicus</i> | | Rat d'égout | |
| <i>Mus musculus</i> | | Souris grise | |

En définitive, les résultats des inventaires et de l'analyse bibliographique (Tableaux 2 et 3) montrent une faible biodiversité, inhérente aux habitats dominés par des pâtures, des cultures

et des friches avec toutefois la présence d'une « oasis de biodiversité » composée par la petite retenue d'eau arborée qui attire des espèces aquatiques et sert d'abreuvoir aux oiseaux, aux chiroptères et autres mammifères.

Tableau 4 : Ventilation des observations selon les études

| Nom vernaculaire | Données antérieures | Zone d'emprise |
|-----------------------------|---------------------|----------------|
| Héron vert | 1 | 1 |
| Héron garde-bœufs | 1 | 1 |
| Aigrette neigeuse | | 1 |
| Fuligule à tête noire | | 1 |
| Gallinule d'Amérique | | 1 |
| Chevalier solitaire | 1 | |
| Crécérelle d'Amérique | 1 | 1 |
| Colombe à queue noire | 1 | 1 |
| Tourterelle à queue carré | 1 | 1 |
| Tourterelle turque | 1 | 1 |
| Colibri huppé | 1 | |
| Ani à bec lisse | 1 | 1 |
| Moqueur grivotte | 1 | |
| Moqueur des savannes | 1 | |
| Elénie siffleuse | 1 | 1 |
| Tyran gris | 1 | 1 |
| Viréo à moustaches | 1 | 1 |
| Hirondelle à ventre blanc | 1 | |
| Hirondelle rustique | 1 | |
| Hirondelle des rivages | 1 | |
| Paruline jaune | 1 | 1 |
| Paruline rayée | 1 | |
| Sporophile rouge-gorge | 1 | |
| Sucrier à ventre jaune | 1 | 1 |
| Sporophile ici | 1 | 1 |
| Saltator gros bec | 1 | |
| Quiscale merle | 1 | 1 |
| Vacher luisant | 1 | 1 |
| Capucin damier | | 1 |
| Hylode de Johnstone | 1 | 1 |
| Crapaud buffle | 1 | 1 |
| Anolis de la Guadeloupe | 1 | 1 |
| Gymnophthalme d'Underwood | 1 | 1 |
| Molosse commun | 1 | 1 |
| Tadaride du Brésil | 1 | 1 |
| Brachyphylle des Antilles | 1 | 1 |
| Ardops des Petites Antilles | | 1 |
| Fer de lance commun | 1 | 1 |
| Ptéronote de Davy | 1 | 1 |
| Noctilion pêcheur | 1 | 1 |

| | | |
|---------------------------|---|---|
| Petite mangouste indienne | 1 | 1 |
| Rat noir | 1 | 1 |
| Rat d'égout | 1 | 1 |
| Souris grise | 1 | 1 |

3.3.2.1. L'avifaune du site

29 espèces d'oiseaux ont été listées. Le résultat de l'analyse des points d'écoute de 2010 et 2020 permet d'appréhender la structure du peuplement des oiseaux sédentaires et fait ressortir une espèce largement dominante, le Quiscale merle. Il est favorisé par la présence de bétail et par les tas de compost de l'unité de compostage. Deux oiseaux ubiquistes sont aussi abondants, le Sucrier à ventre jaune et le Tyran gris. Les fréquences de la Paruline jaune et de l'Elénie siffleuse indiquent la présence de milieux arbustifs, de haies et de bosquets. Un couple de Crécerelle d'Amérique exploite la zone. Il a été observé en 2020 avec des jeunes. Situé en haut de la chaîne alimentaire, ce rapace est sensible aux pesticides et à la disparition des arbres.

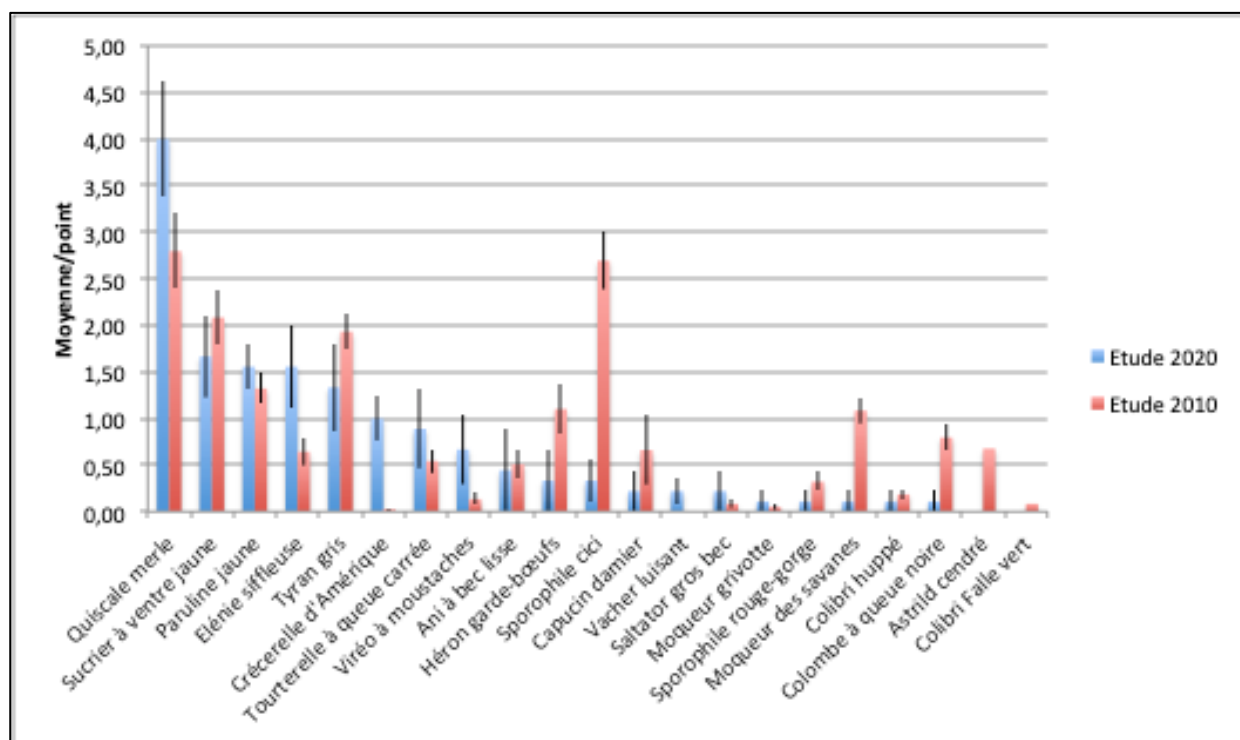


Figure 4 : Structure de la population d'oiseaux du site

En période de migration, des espèces viennent renforcer ce peuplement : le Chevalier solitaire qui fréquente les points d'eau, l'Hirondelle rustique et l'hirondelle de rivage qui chassent les insectes du compost, et la Paruline rayée qui arpente les haies et les champs de canne.

3.3.2.2. Les mammifères du site

En Guadeloupe, actuellement, les seuls mammifères indigènes sont les chiroptères, les autres ayant été introduits fortuitement ou volontairement à différentes époques.

➤ Les mammifères terrestres

Ils sont tous exotiques et commensaux de l'homme, voire considérés comme envahissants. A noter comme même que la mangouste est un prédateur des trois muridés. Les enjeux

patrimoniaux de ce groupe sont considérés comme nul, et rats, souris et mangoustes peuvent être favorisés par l'apport de déchets.

➤ Les chiroptères

Il est recensé 14 espèces de chauves-souris en Guadeloupe qui possèdent des caractéristiques écologiques très diverses liées notamment à l'alimentation.

Toutes ainsi que leurs habitats fonctionnels (zones de reproduction, d'alimentation et de circulation) sont protégés intégralement par l'arrêté ministériel du 17 janvier 2018 amendés par celui du 19 juin 2020.

Les inventaires effectués en juin, décembre et mars permettent d'établir une liste non exhaustive de 7 chiroptères qui fréquentent le site. L'absence de boisement conséquent élimine de fait de la liste les espèces strictement forestières.

Le peuplement de chiroptère est composé de :

- 3 insectivores stricts, le Molosse commun, la Tadaride du Brésil et le Ptéronote de Davy,
- d'une espèce généraliste, la Brachyphylle des Antilles,
- deux frugivores, le Fer de lance commun et l'Ardops des Petites Antilles,
- du Noctilion pêcheur qui exploite les points d'eau.

A proximité, moins de 2 km, dans les ruines de Monplaisir, un gîte important de chauve-souris (un ancien puits) abrite plusieurs milliers de Brachyphylle des Antilles.

L'analyse des enregistrements permet de comparer tant bien que mal les structures de peuplement entre l'étude de 2020 et celle ci : figure 6. Notons toutefois que les enregistrements de 2021 ont été fait au bord du point d'eau. Les deux peuplements sont relativement similaires toute proportions gardées du moins pour les molossidés, la Brachyphylle des Antilles et le Ptéronote de Davy. Cette similitude se retrouve au niveau des courbes de phénologie d'activité (figure 7 et 8). Par contre ils diffèrent pour le Fer de lance commun et le Noctilion pêcheur (figure 6) avec à priori une attractivité importante du point d'eau et de sa ripisylve. La présence de l'Ardops des Petites Antilles, phyllostomidés plutôt forestier est intéressante et indique pour cette espèce une certaine tolérance à la fragmentation mais aussi souligne l'importance des quelques arbres encore présents sur le site indispensable à ses déplacements et à son alimentation.

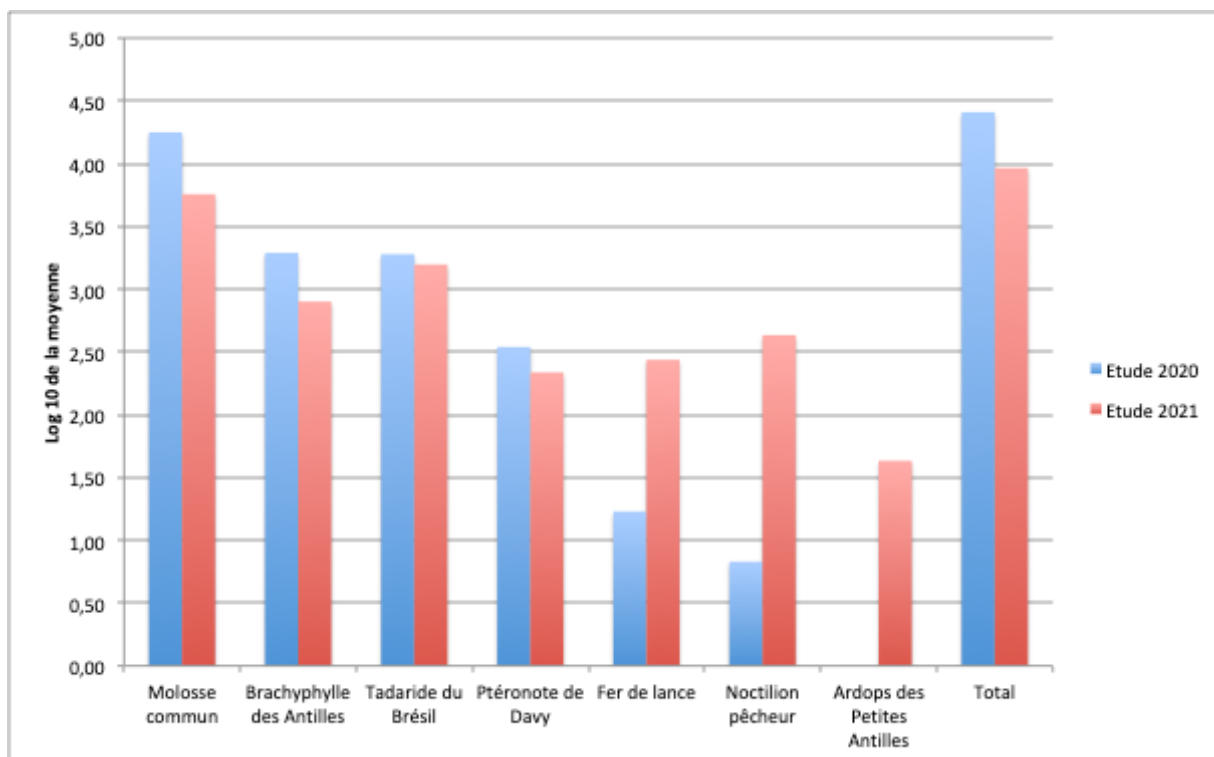


Figure 5 : Structure du peuplement en chiroptères du site.

L'analyse des données par tranches horaires, de 17h à 6h00 du matin permet de noter une activité intensive en début de nuit vers 18h pour le Molosse commun et la Tadaride du Brésil lié probablement à la profusion des insectes notamment au voisinage du tas de compost et à l'émergence des populations. La différence d'abondance évidente entre les deux études s'explique par un effet de saison, le début mois de mars 2021 ayant été particulièrement sec sur ce secteur. En fin de nuit, la Tadaride du Brésil connaît un regain d'activité important.

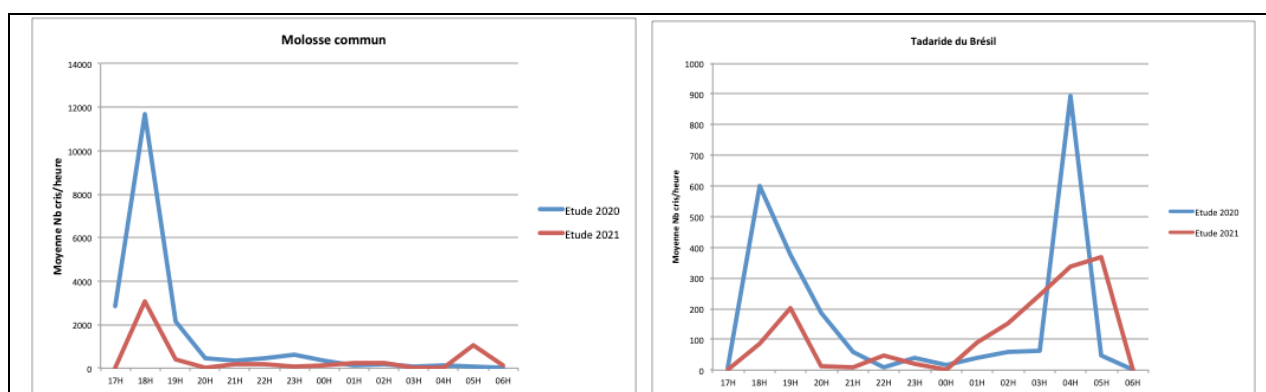


Figure 6 : Phénologie d'activité des molossidés selon les tranches horaires

Pour la Brachyphylle des Antilles et le Ptéronote de Davy, l'activité est plus étendue au cours de la nuit avec toutefois deux pics d'activité pour la première et un en milieu de nuit pour le deuxième.

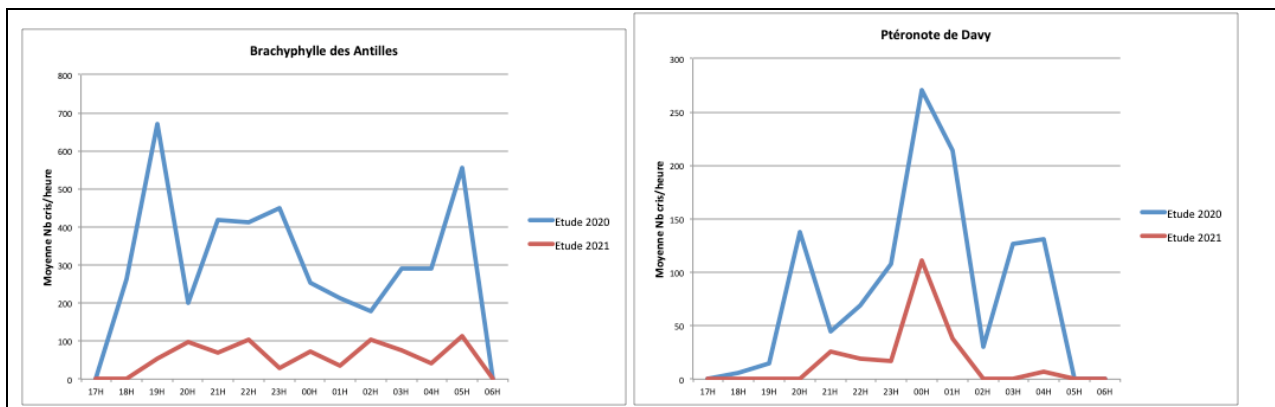


Figure 7 : Phénologie d'activité de la Brachyphylle des Antilles et du Ptéronote de Davy selon les tranches horaires.

L'attractivité du point d'eau est de ses environs par contre marquée du moins en saison sèche pour le Fer de lance commun, probablement pour l'abreuvement et le Noctilion pêcheur qui exploite le point d'eau pour son alimentation.

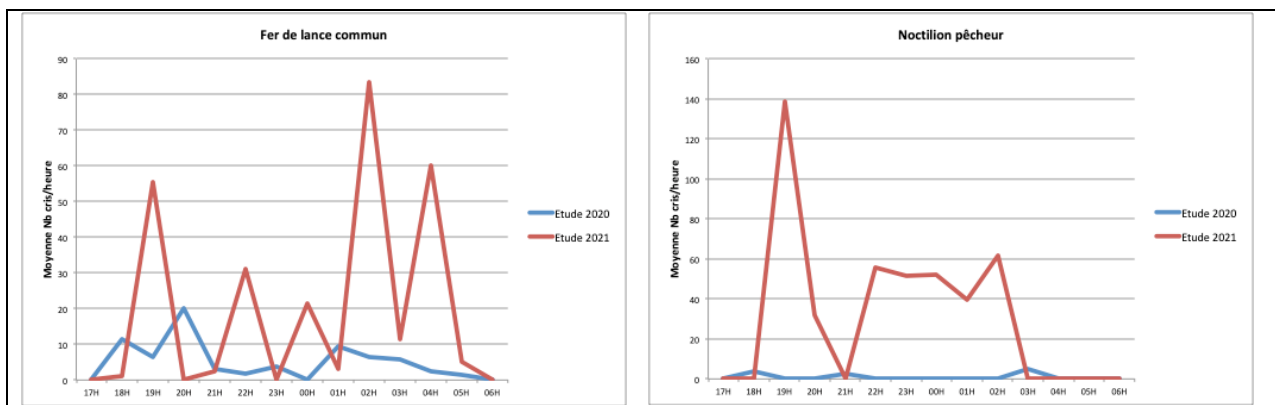


Figure 8 : Phénologie d'activité du Fer de lance commun et du Noctilion pêcheur

L'Ardops des petites Antilles a été contacté dans la tranche horaire de 23 heures probablement pour un arrêt abreuvement. Elle exploite habituellement les boisements.

➤ L'Herpétofaune

Le manque de boisement et l'anthropisation du site ne sont pas favorables à un peuplement riche en reptiles et en amphibiens. Deux batraciens considérés comme exotiques ont été répertoriés : l'Hylode de Johnstone et le Crapaud marin (Tableau 3), plus localisés près des points d'eau.

Pour les reptiles, il n'y a qu'une espèce indigène qui a été contactée l'Anolis de la Guadeloupe, sur les arbres et dans les bosquets et une espèce exotique, le Gymnophthalme d'Underwood. Ce dernier fréquente plutôt les milieux ouverts, pâtures.

3.3.3. Espèces introduites

8 espèces introduites ont été identifiées, il y en a forcément plus si l'on prenait en considération l'entomofaune. Les relations interspécifiques sont généralement fortes et se traduisent par de la compétition ou de la prédation sur les autres taxons.

Le développement des activités anthropiques de type industriel sera favorable à ces populations.

Tableau 5 : Liste provisoire et impact des espèces introduites

| Classe | Espèces | Impact sur les autres population |
|------------|---------------------------|----------------------------------|
| Amphibiens | Hylode de Johnstone | Fort |
| | Crapaud marin | Moyen |
| Reptiles | Gymnophthalme d'Underwood | Moyen |
| Oiseaux | Tourterelle turque | Moyen |
| | Capucin damier | Faible |
| Mammifères | Petite mangouste indienne | Très fort |
| | Rat noir | Très fort |
| | Rat d'égout | Fort |
| | Souris grise | Très fort |

3.3.4. Enjeux patrimoniaux de la faune

En prenant en compte différents critères, il a été possible de déterminer l'enjeu local de conservation (ELC) pour les espèces déjà répertoriées sur le site. Ces enjeux sont analysés à l'échelle du secteur biogéographique, « territoire caractérisé par les mêmes constantes géomorphologiques et bioclimatiques »-définis par Blondel (1995).

Tableau 6 : Enjeu Local de Conservation de la faune contactée sur le site

| Nom vernaculaire | SR | SP | LR | IRG | RED | DET | Ab | ELC |
|-----------------------------|----|----|----|-----|-----|-----|----|--------|
| Chevalier solitaire | M | NP | | 5 | Oui | | | Modéré |
| Crécerelle d'Amérique | N | P | | 5 | | | | Modéré |
| Ardops des Petites Antilles | N | P1 | | 3 | Oui | | | Modéré |
| Fer de lance commun | N | P1 | | 5 | | | | Modéré |
| Noctilion pêcheur | N | P1 | | 5 | | | | Modéré |
| Héron vert | N | P | | 5 | | | | Faible |
| Aigrette neigeuse | N | P | | 5 | | | | Faible |
| Fuligule à tête noire | M | NP | | 5 | | | | Faible |
| Gallinule d'Amérique | N | P | | 5 | | | | Faible |
| Colombe à queue noire | N | NP | | 5 | | | | Faible |
| Tourterelle à queue carré | N | NP | | 5 | | | | Faible |
| Ani à bec lisse | N | P | | 5 | | | | Faible |
| Moqueur grivotte | N | NP | | 3 | Oui | | | Faible |
| Moqueur des savannes | N | P | | 3 | | | | Faible |
| Viréo à moustaches | N | P | | 5 | | | | Faible |
| Hirondelle à ventre blanc | MN | P | | 4 | | | | Faible |
| Hirondelle rustique | M | P | | 6 | | | | Faible |
| Hirondelle des rivages | M | P | | 6 | | | | Faible |
| Paruline jaune | N | P | | 5 | | | | Faible |
| Paruline rayée | M | P | | 5 | | | | Faible |
| Saltator gros bec | N | P | | 2 | | | | Faible |
| Quiscale merle | N | P | | 5 | | | | Faible |
| Vacher luisant | N | NP | | 5 | | | | Faible |
| Anolis de la Guadeloupe | N | P | | 1 | | | | Faible |
| Tadaride du Brésil | N | P1 | | 5 | | | | Faible |

Etat initial environnemental-Gardel-Le Moule. Volet faune Leblond, mai 2021.

| | | | | | | |
|---------------------------|---|----|----|--|--|-------------|
| Brachyphylle des Antilles | N | P1 | 4 | | | Faible |
| Ptéronote de Davy | N | P1 | 5 | | | Faible |
| Héron garde-bœufs | N | NP | 6 | | | Très faible |
| Colibri huppé | N | P | 3 | | | Très faible |
| Elénie siffleuse | N | P | 3+ | | | Très faible |
| Tyrann gris | N | P | 5 | | | Très faible |
| Sporophile rouge-gorge | N | P | 3 | | | Très faible |
| Sucrier à ventre jaune | N | P | 5 | | | Très faible |
| Sporophile ceci | N | P | 5 | | | Très faible |
| Molosse commun | N | P1 | 5 | | | Très faible |
| Tourterelle turque | N | NP | I | | | Nul |
| Capucin damier | N | NP | I | | | Nul |
| Hylode de Johnstone | N | P | I | | | Nul |
| Crapaud buffle | N | NP | I | | | Nul |
| Gymnophthalme d'Underwood | N | NP | I | | | Nul |
| Petite mangouste indienne | N | NP | I | | | Nul |
| Rat noir | N | NP | I | | | Nul |
| Rat d'égout | N | NP | I | | | Nul |
| Souris grise | N | NP | I | | | Nul |

Légende : SB, Statut biologique : E= Erratique ; MH= Migrateur hivernant ; N=Nicheur en Guadeloupe ; NS = Nicheur sur la zone d'étude S=Sédentaire mais non nicheur en Guadeloupe. SP, Statut de protection : NP = Non Protégé ; P= Protégé en tant qu'individu ; P1=Protection intégrale. IRG= Indice de Répartition Géographique (chapitre 3.2.2). Statut IUCN : CR= En danger critique ; NT= Quasi-menacé. ELC = Enjeu local de conservation. Ab, Abondance : C=Commun ; PC=Peu commun ; R=Rare ; TC=Très Commun.

Sur les 44 taxons répertoriés sur le site, 29 sont protégées soit 66%.

En majorité, le peuplement du site est composé de taxons communs et il n'y a pas d'espèces à enjeu local de conservation (ELC) très fort ou fort identifiées. Par contre cinq sont à enjeu local de conservation modéré : le Crécerelle d'Amérique, le Fer de lance commun, le Noctilion pêcheur, l'Ardops des Petites Antilles et le Chevalier solitaire. Pour rappel (chapitre 3.2.7.2) la faune concernée relève d'un aspect patrimonial qui reste important pour la zone biogéographique, et ces espèces doivent être prises en compte dans la gestion et l'aménagement du site.

- ✓ Le Crécerelle d'Amérique est un petit rapace se nourrissant d'insectes, de muridés, de reptiles et d'oiseaux. Sa position dans la chaîne alimentaire le rend fragile à toute pollution notamment la bioaccumulation des pesticides et des métaux lourds. Il est aussi territorial. Le site fait partie du territoire d'un couple. Des jeunes ont été observés perchés sur les bosquets du site dans l'attente d'être nourris par les parents. Un autre couple est présent plus au nord.
- ✓ Le Chevalier solitaire est un migrateur hivernant présent en Guadeloupe de juillet à avril. Il exploite les rives des mares, les flaques lorsqu'il pleut et les retenues d'eau. Il peut être sensible à la pollution aquatique. Bien que chassable, il n'est pas actuellement chassé. Il y a au moins un individu présent sur le site.
- ✓ Le Noctilion pêcheur est une chauve-souris qui exploite les milieux aquatiques et le littoral. Cette valence écologique étroite la rend sensible à tout ce qui peut impacter son

habitat. Sur le site, quelques individus fréquente le point d'eau ou bien sont de passage. Il est probable que les gîtes de cette espèce (ici probablement une caverne) se situent sur le littoral proche.

- ✓ L'Ardops des Petites Antilles est une chauve-souris frugivore normalement plutôt forestière, tolérante à un certain niveau de fragmentation. Elle a été contactée au niveau du point d'eau probablement pour se désaltérer. Elle pourra servir en tant qu'indicateur du reboisement.
- ✓ Le Fer de lance commun est un chiroptère frugivore, relativement commun mais qui joue un rôle important pour la dissémination des plantes (zoochorie) et la pollinisation.

Des dispositions devront être prises pour préserver les habitats de ces espèces, à des degrés divers, ainsi que les continuités écologiques favorables aux maintient de leurs populations.

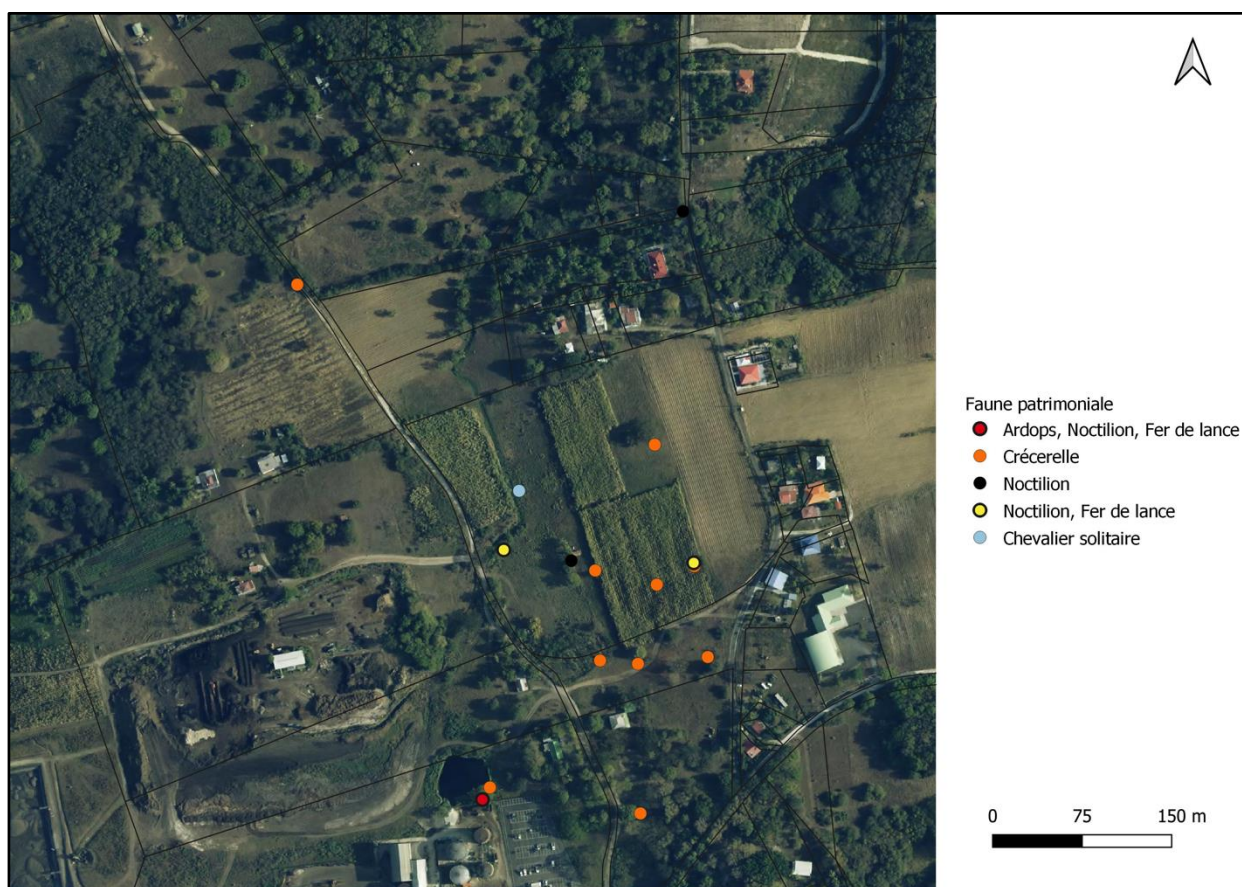


Figure 9 : Point de contacts des taxons patrimoniaux

Légende : Ardops=Ardops des Petites Antilles ; Crécerelle= Crécerelle d'Amérique ;
Fer de lance=Fer de lance commun ; Noctilion=Noctilion pêcheur

3.3.5. Les habitats favorables pour la faune patrimoniale

Le secteur est très anthropisé, voire industrialisé. La petite retenue (à peu près 1000 m²) bien que récente, favorise la biodiversité d'autant plus qu'elle s'associe à des bosquets arborés. Elle est fréquentée par tous les chiroptères qui y viennent chasser ou s'abreuver, mais aussi par l'avifaune : elle permet la présence d'oiseaux aquatiques (Poule d'eau, aigrettes, canards, etc.) mais aussi d'espèces aériennes comme les hirondelles ou encore d'oiseaux terrestres qui viennent chasser (Tyran gris) ou s'y désaltérer.

Le complexe prairie, arbres et bosquets bien que malmené, constitue aussi une zone de biodiversité importante associant des oiseaux de milieux ouverts (Colombe à queue noire, Sporophile cici) à des espèces plus arboricoles (Moqueur grivotte, Viréo à moustaches, etc.). Le Crécerelle d'Amérique est tributaire des grands arbres pour se percher (affût) et se reproduire dans leurs trous. Les fourrés seront utilisés par la Paruline jaune, les colibris et l'Elénie siffleuse.

3.3.6. Bilan des enjeux faunistiques

Les inventaires ont permis de répertorier pour la faune 39 espèces avérées (Tableau 3). Dix-neuf (19) d'entre elles sont protégées.

Tableau 7 : Richesse spécifique et statuts de protection des taxons faunistiques inventoriés sur le site

| Intitulé | Richesse spécifique | Espèces protégées | IUCN | Introduites |
|-----------------------|---------------------|-------------------|----------|-------------|
| Oiseaux | 29 | 16 | 0 | 2 |
| Herpétofaune | 4 | 1 | 0 | 3 |
| Chiroptères | 7 | 7 | 0 | 0 |
| Mammifères terrestres | 4 | 0 | 0 | 4 |
| Total | 44 | 24 | 0 | 9 |

La prise en compte des différents critères biologiques et patrimoniaux fait apparaître sur l'ensemble des taxons avérés, cinq espèces (5) à enjeu local modéré : le Crécerelle d'Amérique, le Chevalier solitaire, le Noctilion pêcheur, l'Ardops des Petites Antilles et le Fer de lance commun.

Tableau 8 : Enjeu Local de conservation selon les groupes faunistiques

| Intitulé | Très fort | Fort | Modéré |
|-----------------------|-----------|----------|----------|
| Oiseaux | 0 | 0 | 2 |
| Herpétofaune | 0 | 0 | 0 |
| Chiroptères | 0 | 0 | 3 |
| Mammifères terrestres | 0 | 0 | 0 |
| Total | 0 | 0 | 5 |

Pour rappel : « Des dispositions devront être prises pour préserver les habitats de ces espèces, à des degrés divers, ainsi que les continuités écologiques favorables au maintien de leurs populations ».

3.3.7. Continuité écologique, déplacement de la faune

Les continuités écologiques, appelées encore trames, permettent la circulation et la dispersion de la faune et de la flore : flux des populations et flux génétiques. Logiquement, chaque espèce étant différente, il y a autant de continuité écologique que de taxons ou tout du moins de groupe d'espèces.

Les trames sont généralement constituées de réservoirs ou noyaux de biodiversité, primaires ou secondaires reliés par des corridors écologiques. L'absence de continuités écologiques conduit à des phénomènes d'isolement, fragilisent les populations et entraînent une régression et une banalisation de la biodiversité.

Actuellement, trois catégories de trames sont prises en considération :

- la trame verte et particulièrement la sous-trame arborée qui accueille l'essentiel des taxons patrimoniaux.
- la trame bleue (réseau des rivières et des zones humides),
- la trame noire qui se traduit par l'absence de pollution lumineuse qui perturbe les espèces sensibles à la lumière, soit en les repoussant, soit en les attirant et en les piégeant.

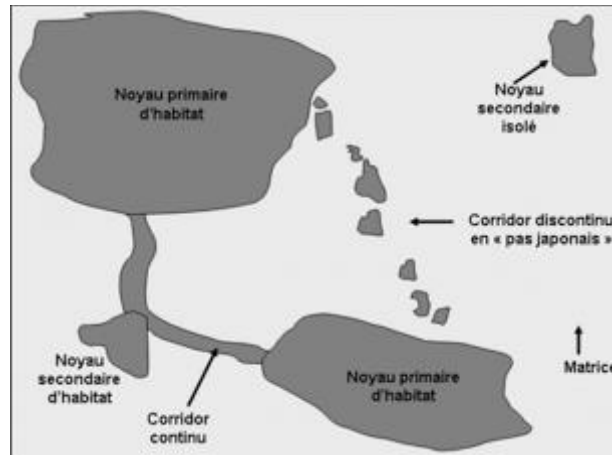


Figure 10 : Schématisation d'une trame verte

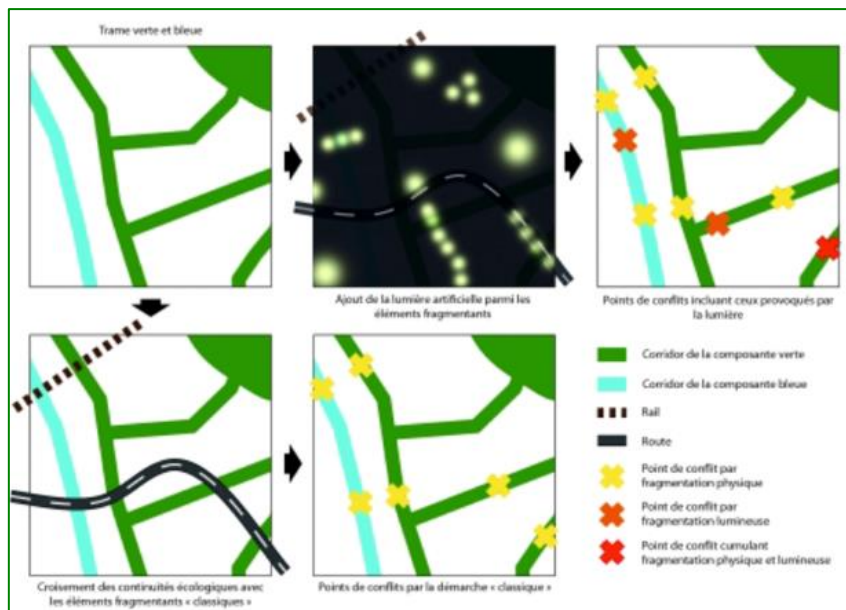
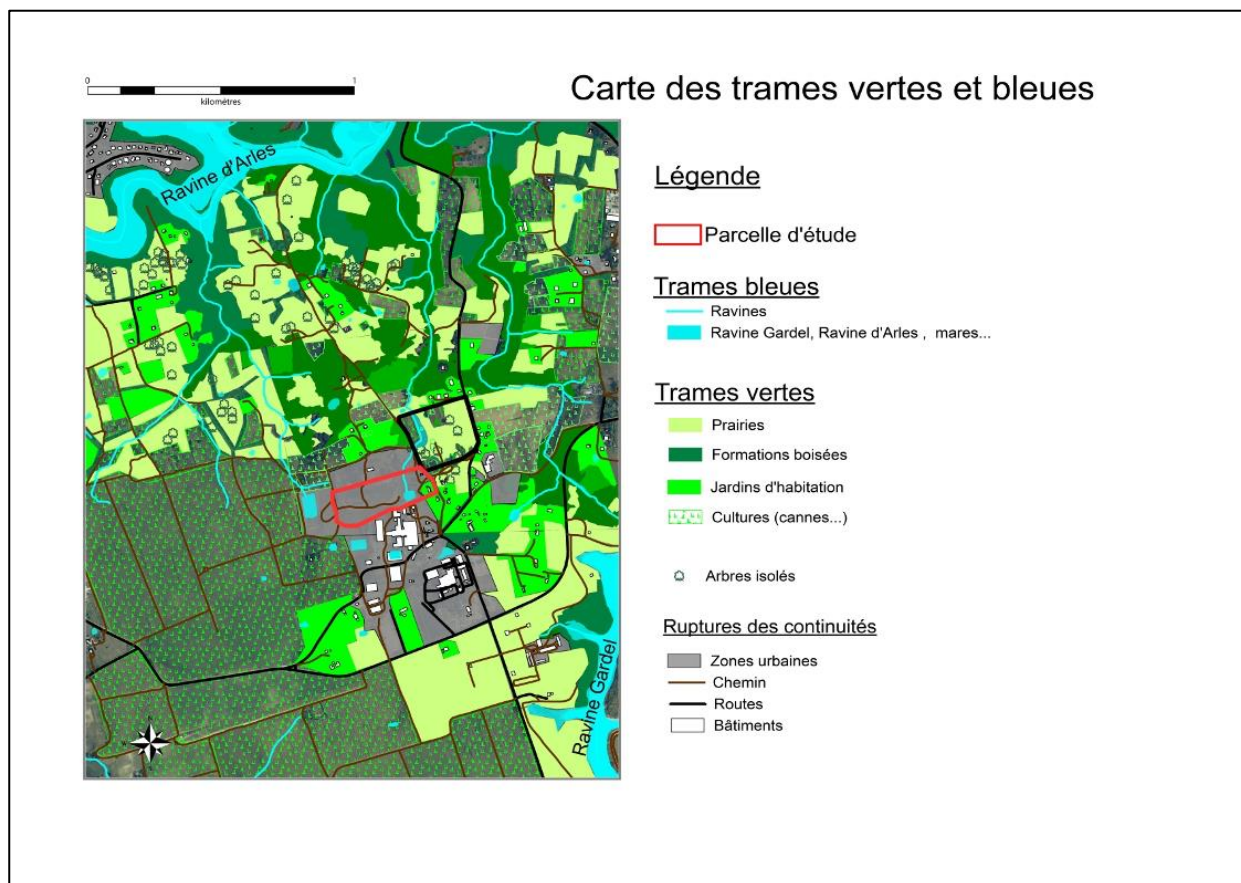


Figure 11 : Prise en compte de la trame noire dans les réseaux écologiques. Sordello, 2019.



**Figure 12 : Trame verte et bleue du secteur entre Ravine d'Arles et Ravine Gardel.
De Lavigne, 2020**

3.3.7.1. Etat de la trame verte

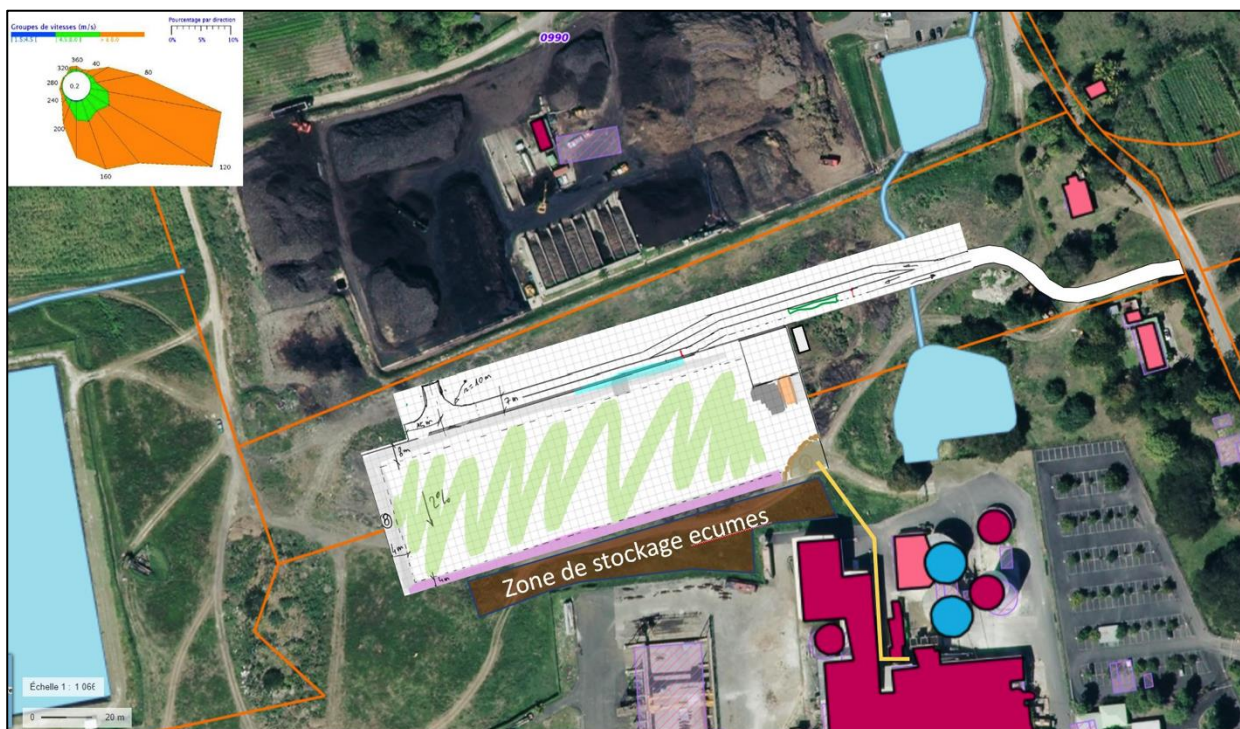
Comme le montrent la figure 13, il y a une différence notable entre le nord plus riche en formation boisée, en jardins et en prairie (bocage) et le sud dominé par les cultures avec sur à peu près 25 ha une rupture par des milieux très artificiels : complexe industriel, compost et zone de dépôt d'écume. Cette différence s'atténue un peu à l'Est et sur le site (figure 3), les haies, les bosquets et les arbres, rares peuvent toutefois représenter une trame en « pas japonais » permettant la liaison pour quelques espèces comme le Crécerelle d'Amérique, des colombidés ou encore l'Elénie siffleuse.

3.3.7.2. Etat de la trame bleue

Le site se situe entre deux plans d'eau, la Rivière d'Audoine et la retenue de Létaye. La retenue du site alimentée seulement par des eaux pluviales constitue un point d'eau supplémentaire entre ces deux entités et alimente en passant par le bassin de lixiviat de l'unité de compostage, une ravine aboutissant à la Rivière d'Audoine. Une attention particulière devra être portée sur le Noctilion pêcheur, chiroptère qui s'alimente dans les milieux aquatiques. Ce réseau est favorable aussi à la présence de canards migrateurs ou autre oiseaux aquatiques : hérons, aigrettes, grèbes, foulques, etc. Hormis la présence de rivière, de canaux et de plans d'eau, l'état de la trame bleue sera tributaire de la qualité de l'eau qui circule avec un point inquiétant, le bassin de lixiviat de l'unité de compostage.

3.3.7.3. Etat de la trame noire

La pollution lumineuse s'est largement développée depuis quelques décennies de part le monde, en même temps que la prise de conscience de ses effets négatifs sur la biodiversité : elle a des



4.2. Impacts pressentis du projet

4.2.1. Défrichements

L'emprise du projet a été décalée pour éviter tout défrichement, le terrain étant déjà très défriché et occupé par des pâtures ou des friches récentes de rudérales. La route d'accès passe entre les arbres de la haie et évite les boisements jouxtant la mare.

4.2.2. Artificialisation et imperméabilisation

Le projet consistera notamment à faire une plateforme bétonnée pour la gestion du compost mélangé. Cette surface importante (1,4 ha) impacte forcément les échanges hydriques du sol et modifie la vocation du site. Toutefois, elle est mise en place sur une zone déjà utilisée pour le stockage de l'écume de la sucrerie, ce qui amoindrit son impact. L'eau sera canalisée et rejoindra le bassin de traitement déjà existant et alimentera en partie, après traitement, l'irrigation des champs de canne situés à proximité. Cet impact se cumule avec les surfaces déjà imperméabilisées du secteur et celles en devenir. En définitive cela se traduit comme même par une imperméabilisation très importante. Le projet contribue aussi à augmenter l'artificialisation industrielle du secteur.

4.2.3. Fréquentation, circulation

Pendant la période de fonctionnement de la sucrerie, le site est déjà fréquenté par les va et viens des tracteurs qui viennent déposer l'écume. A cette circulation s'ajoutera celle des camions venant récupérer le compost. Il y aura aussi cumul de fréquentation avec celle déjà existant de la plateforme de compostage de bagasse et celle future de l'usine de traitement de déchets. Cette circulation intensive peut perturber le déplacement de la faune. Elle sera toutefois limitée à 6 mois de l'année.

4.2.4. Pollutions

4.2.4.1. Pollution lumineuse

Il n'est pas prévu d'éclairage du site et du chemin d'accès la nuit : les horaires de fonctionnement sont uniquement diurne.

4.2.4.2. Pollution chimique

Les lixiviats du compost seront dirigés vers le bassin existant traitant déjà les eaux de la sucrerie, mais en aucun cas vers la retenue d'eau. Une partie est réutilisée pour la culture de canne.

4.2.5. Bilan des impacts avant mesures

Au vu de l'artificialisation et de la surface imperméabilisée, globalement l'impact est faible à modéré.

Tableau 9 : Synthèse des impacts sur la faune patrimoniale

| Nom vernaculaire | ELC | Défrichement | Artificialisation | Fréquentation | Pollutions | Bilans |
|-----------------------------|-----------------|--------------|-------------------|---------------|------------|--------|
| Chevalier solitaire | Modéré | Faible | Faible | Faible | Faible | Faible |
| Crécerelle d'Amérique | Modéré | Faible | Modéré | Modéré | Faible | Modéré |
| Ardops des Petites Antilles | Modéré | Faible | Modéré | Faible | Faible | Modéré |
| Fer de lance commun | Modéré | Faible | Faible | Faible | Faible | Faible |
| Noctilion pêcheur | Modéré | Faible | Faible | Faible | Faible | Faible |
| Bilan | Faible à modéré | | | | | |

Légende : ELC = Enjeu local de conservation

5. Mesures Evitement, Réduction, Compensation

La loi du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages, portée par le ministère, inscrit des principes forts dans le code de l'environnement et vient enrichir la séquence éviter, réduire et compenser, notamment par les points suivants :

- L'objectif d'absence de perte nette de biodiversité, voire de gain, et l'obligation de respecter la séquence éviter, réduire et compenser pour tout projet impactant la biodiversité et les services qu'elle fournit est maintenant inscrit dans la loi.
- Si la séquence éviter, réduire et compenser n'est pas appliquée de manière satisfaisante, le projet pourrait ne pas être autorisé en l'état.

La nature des compensations doit être précisée et validée par le maître d'ouvrage dans l'étude d'impact et ce dernier reste l'unique responsable de l'efficacité de la compensation.

L'article 69 concrétise le suivi des mesures compensatoires par la création d'un outil informatique de géolocalisation des mesures compensatoires. Ce dernier permettra un meilleur suivi des engagements des maîtres d'ouvrages et d'éviter notamment que des sites dédiés à des mesures compensatoires ne soient utilisés dans le cadre d'autres projets d'aménagement. L'autorité administrative pourra demander au maître d'ouvrage des garanties financières pour

assurer la réalisation des obligations de compensation écologique. L'OFB assurera notamment le suivi des mesures de compensation des atteintes à la biodiversité.

L'article 72, quant à lui, offre la possibilité sous forme de contrat nommé « obligations réelles environnementales » entre une collectivité publique, un établissement public ou une personne morale de droit privé agissant pour la protection de l'environnement et un propriétaire de pérenniser dans le temps et au fil des différents propriétaires, « des obligations qui ont pour finalité le maintien, la conservation, la gestion ou la restauration d'éléments de la biodiversité ou de fonctions écologiques dans un espace naturel, agricole ou forestier. »

Les mesures de la séquence ERC présentées dans les chapitres suivants sont celles qui sont proposées au porteur de projet et au maître d'ouvrage.

5.1. Mesures d'évitement

Les lignes directrices sur la séquence ERC définissent la mesure d'évitement comme étant : « une mesure qui modifie un projet ou une action d'un document de planification afin de supprimer un impact négatif identifié que ce projet ou cette action engendrerait ».

| E2 - PRÉSERVATION DES MILIEUX NATURELS IMPORTANTS POUR LA FAUNE | Code : E1.1b Évitement amont |
|---|---------------------------------|
| Impacts ciblés | |
| Destruction de la faune, de la flore et de l'habitat, fragmentation de la TVB | |
| Description | |
| L'emplacement de la plateforme et des routes d'accès a été choisi de façon à conserver la réserve d'eau désaffectée à l'Est du projet. Celle-ci présente un intérêt écologique particulier car elle sert d'habitat et de refuge pour une faune intéressante au sein de cette zone industrielle. Sa conservation et sa mise à l'écart des infrastructures projetées permettra d'éviter les impacts sur le milieu naturel et la faune associée. | |
| En outre, le chemin d'accès pour la construction et l'utilisation de la plateforme évite les arbres existants et préserve ainsi leur effet « pas japonais » . | |
| Modalités de suivi | |
| Vérification de la conformité de l'implantation réelle du projet et de l'intégrité de l'espace évité | |
| Coûts estimés | |
| Nul | |

| E3 - RESPECT DES SAISONS ET DES HORAIRES DIURNES | Code : E4.1.b Évitement temporel |
|---|-------------------------------------|
| Impacts ciblés | |
| Dérangement de la faune | |
| Description | |
| Afin de limiter les risques de mortalité d'individus tous groupes faunistiques confondus (déjà faible dans le cadre de ce projet) ainsi que le dérangement de la faune associée aux parcelles adjacentes (réserve d'eau désaffectée notamment), les travaux éviteront autant que possible la période de reproduction des oiseaux. Ils s'effectueront donc entre juillet et mars. Il n'y aura pas non plus de travaux la nuit pour éviter un éclairage nocturne. | |

Modalités de suivi

Vérification du respect des horaires et de la période

Coûts estimés

Intégré au projet

E6 – ABSENCE DE REJET DANS LE MILIEU NATUREL

Code : E3.1a
Évitement technique en phase
travaux

Impacts ciblés

Risques de pollution des eaux superficielles

Description

En phase travaux, le maître d'ouvrage s'assurera d'éviter tout rejet en milieu naturel. Dès le début des travaux, la mise en place d'un système de fossés provisoires permettra d'acheminer les eaux pluviales vers la lagune où elles seront traitées en circuit fermé avant épandage dans les champs de canne. Ainsi, la pollution des eaux superficielles en phase travaux par les eaux de ruissellement, potentiellement chargées en particules et d'autres polluants (hydrocarbures...) sera évitée.

Modalités de suivi

Vérification de la conformité de réalisation en phase chantier

Coûts estimés

Intégré au cahier des charges du chantier

E8 – PRÉSERVATION DES HABITATS SENSIBLES

Code : E2.1

Impacts ciblés

Destruction accidentelle d'habitats

Description

Afin de garantir la préservation de la retenue et des boisements, une signalisation (rubalise) et une mise en défend (barrières) sera réalisée pendant la phase travaux.

Modalités de suivi

Vérification de la signalisation et de la mise en défend pendant la phase travaux

Coûts estimés

(fourniture et main d'œuvre) plus entretien

5.2. Mesures de réduction

Les lignes directrices sur la séquence ERC définissent la mesure de réduction comme étant : « une mesure définie après l'évitement et visant à réduire les impacts négatifs permanents ou temporaires d'un projet sur l'environnement, en phase chantier ou en phase exploitation. »

| R6 – GESTION DES EAUX PLUVIALES | Code : R2.1d |
|--|--------------|
| Impacts ciblés | |
| Risques de pollution des sols, des eaux souterraines et du milieu aquatique | |
| Description | |
| <p>Un plan de gestion des eaux adapté sera réalisé et des ouvrages adéquats seront mis en œuvre dès le début des travaux. Les sols de l'ensemble des aires de travail et des bâtiments sont revêtus de surfaces étanches. Les sols de la plateforme sont conçus en pente afin de diriger l'ensemble des effluents vers un dépollueur décanteur, puis vers la lagune. En cas de problème, les effluents peuvent être confinés dans la lagune. Toutes les eaux pluviales et de ruissellement ou issues du process de compostage seront donc collectées et traitées en circuit fermé (séparateur d'hydrocarbures et lagune).</p> <p>L'épandage des eaux traitées sur les champs de canne permet de compenser la diminution du rechargement de la nappe liée à l'imperméabilisation du sol sur l'emprise du projet.</p> <p>L'étanchéité des rétentions et des caniveaux doit être vérifiée périodiquement. Un contrôle visuel quotidien des rétentions permet de s'assurer de l'absence de fuites. Des inspections supplémentaires seront également effectuées après les événements pluvieux exceptionnels. En effet, les remontées de nappe et les pressions hydrostatiques associées, peuvent occasionner des dégradations sur les réseaux (fissuration des caniveaux, déboîtements des buses, etc.). La procédure de vérification est décrite dans un programme de maintenance tenu à disposition de l'inspection des installations classées.</p> | |
| Modalités de suivi | |
| <ul style="list-style-type: none">• Contrôle visuel régulier de la circulation de l'eau sur le site sera contrôlée visuellement, et entretien des écoulements si nécessaire.• Entretien du séparateur d'hydrocarbures selon les prescriptions du constructeur• Contrôle régulier de la qualité des eaux issues du séparateur et de la lagune | |
| Coûts estimés | |
| Installations de gestion des eaux de ruissellement environ 50 000 € Curage et nettoyage : 3k€/a | |

| R9 – ÉCRAN VÉGÉTAL | Code : R2.1j |
|---|--------------|
| Impacts ciblés | |
| Nuisances liées à la circulation des camions et impacts négatifs sur le paysage et la faune en phase d'exploitation | |
| Description | |
| <p>Des plantations seront réalisées entre les routes d'accès et les habitations à l'Est de la plateforme (figure ?). Cette haie constituera un écran végétal contre les nuisances liées au passage des camions (bruit, gaz d'échappement, poussières) et permettra de maintenir un paysage naturel en masquant les perceptions du site.</p> | |

Les plantations viennent également renforcer la trame verte (corridors écologiques) et serviront de refuge pour la faune.

La haie sera constituée d'arbustes et d'arbres indigènes, suffisamment espacés afin de favoriser leur croissance et permettant l'installation d'une strate arbustive. Les essences implantées seront des essences indigènes et locales, afin de favoriser l'aspect paysager et écosystémique : corridor de déplacement, alimentation de la faune.

La présence de boisements et d'arbres amène à prévoir des entretiens réguliers, notamment avant la période cyclonique. Pour éviter qu'ils ne soient préjudiciables à la faune, ces entretiens doivent notamment être programmés en dehors de la période de reproduction et de jour.

Modalités de suivi

Nombre de sujets plantés
Carnet d'entretien

Coûts estimés

5 à 10€ du m²

5.2.1. Bilan après mesures ER

Les différentes mesures d'évitement et de réduction favorable à la faune et aux habitats permettent d'amoinrir l'impact du projet au regard de l'état actuel de l'environnement. Toutefois, l'impact n'est pas jugé nul et pour arriver à un impact nul, voire positif, des mesures de compensation et d'accompagnement ont été validées.

Tableau 10 : Bilan des impacts après mesures d'évitement et de réduction

| Nom vernaculaire | ELC | Evitement | Réduction | Bilans |
|-----------------------------|--------|-----------|--------------------|---------------|
| Chevalier solitaire | Modéré | E2 | Ra, Rb, R6, Rc | Faible |
| Crécerelle d'Amérique | Modéré | E2 | Ra, R9, Rc | Faible |
| Ardops des Petites Antilles | Modéré | E2 | Ra, Rb, R6, R9, Rc | Faible |
| Fer de lance commun | Modéré | E2 | Ra, Rb, R6, R9, Rc | Faible |
| Noctilion pêcheur | Modéré | E2 | Ra, Rb, R6, R9, Rc | Faible |
| Bilan | | | | Faible |

5.3. Mesures de compensation

Le bilan écologique établi en prenant en compte les impacts du projet, les mesures d'évitement et les mesures de réduction, permet de savoir si des mesures de compensation seront nécessaires. Celles-ci sont définies par l'article R. 122-14 du code de l'environnement : « Les mesures compensatoires ont pour objet d'apporter une contrepartie aux effets négatifs notables, directs ou indirects du projet qui n'ont pu être évités ou suffisamment réduits. Elles sont mises en oeuvre en priorité sur le site endommagé ou à proximité de celui-ci afin de garantir sa fonctionnalité de manière pérenne. Elles doivent permettre de conserver globalement et, si possible, d'améliorer la qualité environnementale des milieux ».

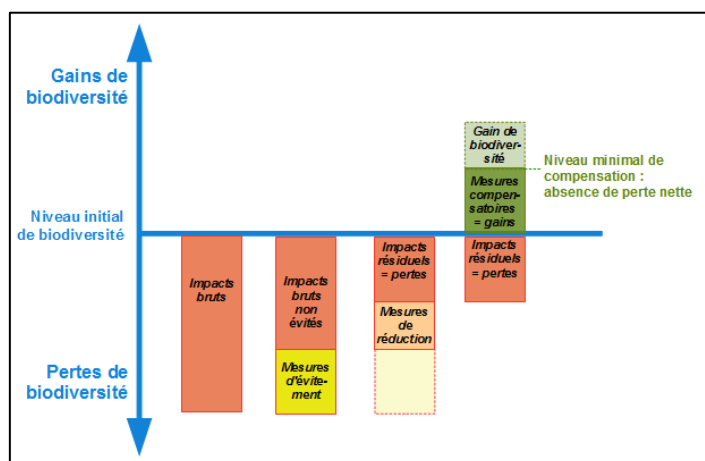


Figure 14 : Représentation schématique du bilan écologique de la séquence ERC, Ministère de la transition écologique et solidaire, 2018

Pour être éligibles, selon la doctrine ERC, les mesures compensatoires doivent répondre à certains critères :

- l'équivalence écologique
- l'objectif d'absence de perte nette voire de gain de biodiversité
- la proximité géographique avec la priorité donnée à la compensation sur le site endommagé ou, en tout état de cause, à proximité de celui-ci afin de garantir ses fonctionnalités de manière pérenne
- l'efficacité avec « l'obligation de résultats » pour chaque mesure compensatoire : suivis de la faune et de la flore.
- la pérennité avec l'effectivité des mesures de compensation « pendant toute la durée des atteintes ».

Pour être prises en compte, les mesures compensatoires au même titre que les mesures précédentes doivent être validées et budgétisées.

Concernant le projet, les mesures de compensation devront compenser la perte d'habitat en prenant en compte les différents projets (impacts cumulés) et permettent au final d'avoir un gain de biodiversité.

| C1 – RENFORCEMENT ET CRÉATION DE BOISEMENTS | Code : C1.a |
|---|-------------|
| Impacts ciblés | |
| Cumul de l'artificialisation du secteur | |
| Description | |
| Il est prévu de renforcer les boisements existants avec des essences indigènes présente sur le site : | |
| <i>Bursera simaruba</i> | |
| <i>Tabebuia heheterophylla</i> | |
| <i>Cordia sulcata</i> | |
| <i>Cordia allococca</i> | |
| <i>Pimenta racemosa</i> | |
| <i>Citharexylum spinosum</i> | |

Capparis indica

Mais aussi de créer deux boisements à l'ouest du site de ? ha (Figure 54) pour recréer des « pas japonais » favorables à la trame verte, mais aussi des habitats favorables aux espèces patrimoniales identifiées sur le site..

Pour garantir l'action et préserver l'existant, une mise en défend des formations boisées pour éviter notamment le piétinement ou l'arrachage des plantations (bétail, promeneurs), il sera installée une mise en défend des zones reboisées. Des clôtures utilisant des boutures de « Gommiers rouges » ou d'autres essences seront favorables à la faune.

Modalités de suivi

Linéaire protégé

Coûts estimés

Clôtures pour bétail :

Plantation :

5.4. Mesures d'accompagnement

Il s'agit de mesures importantes, qui ne correspondent pas à des mesures de types ERC mais qui participent à la réalisation et à l'efficacité de celles-ci.

A3- SUIVI DE LA FAUNE

Code : A4.b

Le suivi de la faune, notamment des oiseaux et des chiroptères permettra d'appréhender l'efficacité des mesures de préservation et de reboisement.

Description

Deux saisons d'inventaires en saison sèche (mars à mai) et saison humide (octobre-novembre) pour les deux groupes avec des méthodes adaptées : points d'écoute pour l'avifaune en période de reproduction et enregistrement de l'activité des chiroptères.

Deux jours et deux nuits par session sont prévus.

Modalités de suivi

Sur 5 ans pour appréhender l'évolution de la végétation

Coûts estimés

4000 euros/an

5.5. Bilan des impacts après mesures de compensation et d'accompagnement

Le reboisement d'une partie du site est important, car il contribue notamment à amener une plus value pour la trame verte et doit permettre de garantir une certaine quiétude au site et aux espèces. Des mesures complémentaires pourraient être envisagées plutôt associées à l'existant en faisant diminuer la pollution lumineuse générée par la sucrerie et la centrale électrique. Toutefois, au regard de la situation actuelle, le bilan après mesures est positif.

Tableau 11 : Bilan des impacts après mesures de compensation et d'aménagement

| Nom vernaculaire | ELC | Compensation | Accompagnement |
|-----------------------------|--------|--------------|----------------|
| Chevalier solitaire | Modéré | | A13 |
| Crécerelle d'Amérique | Modéré | Ca | A13 |
| Ardops des Petites Antilles | Modéré | Ca | A13 |
| Fer de lance commun | Modéré | Ca | A13 |
| Noctilion pêcheur | Modéré | Ca | A13 |
| Bilan | | Positif | |

6. Scénario sans le projet

A l'heure actuelle, le site est utilisé pour le dépôt d'écumes de sucrerie. Il n'y a pas vraiment de gestion de la circulation. Il est aussi fréquenté pour du pâturage, contrôlé ou sauvage. Les boisements et la mare sont accessibles et il n'y a pas de mise en défend. Des macro-déchets (engins de terrassement) sont présents et témoignent de la dégradation du secteur.

En l'absence de projets accompagnés d'un point de vue environnemental, il semble que les milieux intéressants, bosquets, haies et mares continuent à se dégrader.

7. Bibliographie

Asconit ; Impact mer ; Pareto. 2011. Diagnostic sur l'invasion biologique aux Antilles Françaises. Stratégie de suivi et de prévention. Phase1 : état des lieux des connaissances. Version 3. Novembre 2011. Rapport ASCONIT/DEAL Guadeloupe/DEAL Martinique. 143p.

Bénito-Espinal, E., Hautcastel, P. 2003. Les oiseaux des Antilles et leur nid. Edition PLB, 320p.

DEAL Guadeloupe, DEAL Martinique. 2013. Les invasions biologiques aux Antilles Françaises. Diagnostic et état des lieux des connaissances. Rapports biodiversité. 88p.

Lévesque, A., Delcroix, F. 2016. Liste des oiseaux de la Guadeloupe (9ème édition). Grande-Terre, Basse-Terre, Marie-Galante, les Saintes, la Désirade, Îlets de la Petite-Terre. Rapport AMAZONA n° 40. 21p.

Lorvelec, O ; Pascal, M ; Pavis, C. 2001. Inventaire et statut des Mammifères des Antilles françaises (hors Chiroptères et Cétacés). Rapport AEVA n°27. 22p.

Barataud, M & S. Giosa 2011. - Étude acoustique des chiroptères de Guadeloupe : répartition et utilisation de l'habitat. Le Vespère 4 : 241-252

Barataud, M. 2012. Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe. Identification des espèces, études de leurs habitats et comportements de chasse. Biotope, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et biodiversité, 344 pp.

BARATAUD, M. & S. GIOISA 2014. – Étude acoustique des chiroptères de Guadeloupe : activité nocturne et utilisation de l'habitat. 28pp.

BARATAUD, M., S. GIOISA, F. LEBLANC, P. FAVRE & J.-F. DESMET 2015. – Identification et écologie acoustique des chiroptères de la Guadeloupe et de la Martinique (Antilles Françaises). Le Vespère 5 : 296-332.

- CSRPN, 2019. Avis sur les projets de listes d'espèces déterminantes ZNIEFF de l'herpétofaune et des chiroptères pour l'archipel de la Guadeloupe et l'île de Saint-Martin. Avis 2019/1.
- CSRPN, 2019. Avis sur les projets de listes d'espèces déterminantes ZNIEFF de l'avifaune pour l'archipel de la Guadeloupe. Avis 2019/2.
- CSRPN, 2016A. Avis sur les espèces nécessitant un statut de protection. Avis n°2016/2. 8pp.
- CSRPN, 2016B. Avis sur les listes d'espèces indigènes à annexer au projet d'arrêté ministériel visant à interdire l'introduction dans le milieu naturel d'espèces de vertébrés terrestres, de poissons et de crustacés d'eau douce, sur le territoire du département de la Guadeloupe. Avis n°2016/06. 4pp.
- Eraud C., Arnoux E. Levesque A., Van Laere G. & Magnin H. (2012). Biologie des populations et statut de conservation des oiseaux endémiques des Antilles en Guadeloupe. Rapport d'étude ONCFS-Parc National Guadeloupe. 302p.
- Gayot, M ; Korysko, F. 2015. Réseau écologique des départements d'outre-mer (REDOM) - phase 2. Identification d'un réseau écologique visant la préservation des habitats et des espèces remarquables en Guadeloupe. Rapport ONF/DEAL Guadeloupe. 94p.
- Ibéné B., Leblanc F. et Pentier C., 2007. Contribution à l'étude des Chiroptères de la Guadeloupe. Rapport final 2006. DIREN - L'ASFA - Groupe Chiroptères Guadeloupe. 134 pp.
- Ibene B., B. Angin, M. Barataud, F. Leblanc & S. Giosa 2009. – Contribution à la connaissance des Chiroptères de la Guadeloupe. Rapport final 2007-2008. DIREN, Pointe-à-Pitre - L'ASFA - Groupe Chiroptères Guadeloupe, Sainte-Anne. 142 pp.
- IUCN, 2012. La liste rouge des espèces menacées de France : Les oiseaux de Guadeloupe. 10p.
- Leblond, G. 2010c. Inventaire faunistique sur le site d'un projet éolien situé au Moule de 400 ha. Rapport BIOS/Aérowatt. 29p.
- Marquet, C., Le Corre, F. 2018. Mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage pour l'optimisation du service de gestion des déchets du territoire de la CARL. Dylis communication/PFL/Antea. 101p.
- Office de l'Eau de la Guadeloupe. 2019. Révision de l'état des lieux 2019. Evaluation des masses d'eau. Rapport Office de l'Eau/DEAL/CEB/AFB. 105p.
- Pascal, M ; Lorvelec, O ; Borel, G ; Rosine, A. 2004. Structures spécifiques des peuplements de rongeurs d'agroécosystèmes et d'écosystèmes « naturels » de la Guadeloupe et de la Martinique. Rev. Écol. (Terre Vie), vol. 59, p 283-292.
- Pauwels, J. 2018. Cas pratique Eclairage et biodiversité en Région PACA. Présentation MNHN/Auddicé Environnement/AFE. 14p.
- Pinasseau, M. 2015. Les intoxications des rapaces dues aux activités humaines en France. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT. 127 p.
- Société herpétologique de France ; Muséum National d'Histoire Naturelle. 2018. Liste taxinomique de l'herpétofaune de la collectivité territoriale de Guadeloupe. 4p.
- Sétra. 2006. Bilan d'expériences. Routes et passages à faune, 40 ans d'évolution. Rapport Sétra/Ministère des transports, de l'équipement du tourisme et de la mer. 57p.
- Siblet, J.P. 2008. Impact de la pollution lumineuse sur la biodiversité. Synthèse bibliographique. Rapport SPN 2008/8. 30p.

Schnitzler, H.U ; Kalko, E.K.V ; Kaipf, I ; Grinnell, A.D. 1994. Fishing and echolocation behavior of the greater bulldog bat, *Noctilio leporinus*, in the field. *Behav Ecol Sociobiol* (1994) 35:327-345.



Sucrerie - Distillerie
97160 Le Moule - Guadeloupe
Tél. : 0590 23 53 15
Fax : 0590 23 52 34

Le Moule, le 10/05/202

A l'attention de Mme Le Maire
Maire du Moule
Rue Joffre
97 160 Le Moule

OBJET : INSTALLATION CLASSEE POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale Unique
Extension du périmètre ICPE de l'usine Gardel pour la construction d'une plateforme de compostage

Madame le Maire,

Je vous prie de bien vouloir trouver ci-après les conditions de remise en état du site après exploitation présentées par la société Gardel SA pour le projet cité en objet. Je vous serai gré de bien vouloir me fournir l'avis exigé en référence à l'article D.181-15-2 du Code de l'Environnement qui stipule qu'à la demande d'autorisation doit être jointe :

« Pour les installations à implanter sur un site nouveau, l'avis du propriétaire, lorsqu'il n'est pas le pétitionnaire, ainsi que celui du Maire ou du Président de coopération intercommunale compétent en matière d'urbanisme, sur l'état dans lequel devra être remis le site lors de l'arrêt définitif de l'installation ; ces avis sont réputés émis si les personnes consultées ne se sont pas prononcées dans un délai de quarante-cinq jours suivant leur saisine par le pétitionnaire ».

Je reste à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Dans l'attente de ce document à intégrer dans notre dossier de demande d'autorisation unique, je vous prie d'agréer, Madame, l'expression de nos salutations distinguées.

Sylvain ICART
GARDEL S.A.
Usine de Gardel
DIRECTIONS
Directeur Général Délégué
97160 LE MOULE
S.A. au Capital de 20 412 165 €
R.C. 323 533 042
Siret : 323 533 042 000 12



Société Anonyme au capital de EUR 20.412.165 - Siège Social : Usine de Gardel - 97160 LE MOULE
R.C. B 323 533 042 - SIRET 323 533 042 000 12

Adresse électronique : contact@gardel.fr

Conditions de remise en état du site après exploitation suite à l'arrêt définitif

En fin d'exploitation par la société GARDEL SA le site sera :

- Soit cédé en l'état en vue d'une exploitation similaire par un nouvel exploitant ;
- Soit vidé de ses produits, déchets et équipements présents sur le site en vue d'une réaffectation pour un nouvel usage industriel ou d'activité.

Dans ces deux cas, le site sera remis en état, selon les dispositions des articles R.512-39-1 et suivants concernant la mise à l'arrêt définitif et la remise en état du site, et aura pour vocation future un usage industriel ou d'activité.

Dans le cadre de la cessation volontaire d'activités, l'exploitant respectera l'article R512-39-1 et suivants du Code de l'Environnement visant en particulier :

- A l'évacuation ou l'élimination des produits dangereux ainsi que des déchets présents sur le site, à la suppression des risques d'incendie et d'explosion ;
- En cas de besoin, à interdire ou limiter l'accès du site et à surveiller les effets de l'installation sur l'environnement : l'ensemble des locaux ainsi que les portails d'entrée seront maintenus fermés afin de limiter les risques de dégradation externe ;
- A prendre les mesures de maîtrise des risques liés aux sols, aux eaux souterraines ou superficielles éventuellement polluées : on notera cependant que l'activité de la plateforme n'est pas de nature à engendrer des pollutions du sol, des eaux souterraines et superficielles.





Destinataire

Mairie du Houle
Madame Louis-CARABIN Sibille
Rue JOFRE
97160 LE HOULE

Cadres réservés à La Poste

Présenté / Avisé le : / /

Distribué le : / /

Je soussigné déclare être

Le destinataire

Le mandataire

CNI/Permis de conduire

Autre :

Date : Prix : CRBT : R1 R2 R3

Niveau de garantie (valeur au dos) : R1 R2 R3

SGR 2 V22 MSR 1A 18-10135 05-18
LA POSTE AGRÈMENT N° C803

* Le locataire est tenu par la signature que l'identité du destinataire ou de son mandataire a été vérifiée précédemment.

RECOMMANDÉ AVEC AVIS DE RÉCEPTION

Numéro de l'envoi : 2C 130 616 8620 5



Expéditeur

Expéditeur

Identité (nom et prénom) ou raison sociale
CARDREL S.A
Vine de Cardrel (SI)

N° : Libelle de la voie
97160 LE HOULE

Code postal COMMUNE

Utiliser uniquement un STYLO À BILLE en appuyant fortement
Pensez également à la Lettre recommandée en ligne.

Consultez www.laposte.fr/boutiqueducourrier



PREUVE DE DISTRIBUTION

La Poste S.A. au Capital de 3 800 000 000 € - RCS Paris 356 000 000
Siège Social : 9 rue du Colonel Pierre Avia - 75015 Paris