

ANNEXE 4 - Pièce 5

État initial du volet Faune/Flore/habitats de la zone du
projet d'extension de la carrière SBTPL par le bureau
d'étude BIOTOPE (2019)



Projet d'extension de la Carrière du TAMPON - Secteur du Piton Villers à la Plaine des Cafres

SBTPL
Juillet 2019

Diagnostic écologique



Citation recommandée	Biotope, 2019, Projet d'extension de la Carrière du TAMPON - Secteur du Piton Villers à la Plaine des Cafres, Diagnostic écologique, SBTPL	
Version	VF	
Date	31/07/2018	
Nom de fichier	Diagnostic_CarriereTAMPON_PitonVillers_BIOTOPE_VF.pdf	
N° de contrat	20181025	
Maître d'ouvrage	SBTPL PK 24 – 229 Rue Jean Defos du Rau 97 418 LE TAMPON	
Interlocuteur	Mr BEGE Jean Laurent	sbtpl@orange.fr
Mandataire	EMC2 ENVIRONNEMENT 76 rue Deschanets, 97440 Saint André	
Interlocuteur	Leslie EDOUARD	leemc2@orange.fr
Biotope, Responsables du projet	Guillaume AMIRAULT Chef de projet géomatique / écologue	Contact : gamirault@biotope.fr Agence Océan Indien 910 Chemin Lagourgue 97440 ST ANDRE Fixe : + 262 (0)2 62 46 67 75 / Portable : + 262 (0)6 92 49 92 95
	Marie BELLAY Chef de projet écologue	Contact : mbellay@biotope.fr Agence Océan Indien 910 Chemin Lagourgue 97440 ST ANDRE Fixe : + 262 (0)2 62 46 67 75 / Portable : + 262 (0)6 92 69 35 45



Sommaire

1	Contexte du projet et aspects méthodologiques	
1	Description du projet	1
2	Aspects méthodologiques	2
2.1	Outils de bioévaluation utilisés	2
2.2	Aires d'études	4
2.3	Méthodologies d'acquisition des données	5
2.4	Méthodes de traitement et d'analyse des données	9
2	Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune	11
1	Contexte écologique du projet	12
1.1	Présentation des zonages du patrimoine naturel et des interactions possibles avec le projet	12
1.2	Synthèse du contexte écologique du projet	19
2	Milieux naturels	20
2.1	Habitats et milieux naturels	20
2.2	Flore	30
2.3	Faune	41
3	Synthèse des enjeux écologiques	57



Table des cartes

Carte 1 : Localisation du projet et aires d'étude	1
Carte 2 : Zonages réglementaires de protection du patrimoine naturel	14
Carte 3 : Zonages d'inventaire du patrimoine naturel	15
Carte 4 : Trame terrestre (RER, 2014)	17
Carte 5 : Trame aérienne (RER, 2014)	18
Carte 6 : Evolution temporelle des habitats naturels (Source : PNR, 2010)	21
Carte 7 : Habitats naturels et semi-naturels identifiés	26
Carte 8 : Flore remarquable et Habitats d'espèces	38
Carte 9 : Cartographie des données faunistiques (réseau écologique des oiseaux marins) selon la bibliographie (DEAL ; 2014)	46
Carte 10 : Distribution spatiale des flux de vols sortants du Pétrel de Barau (Gineste, 2016) par rapport à l'aire d'étude	47
Carte 11 : Données bibliographiques de domaines vitaux de Busard de Maillard (SEOR, 2010)	49
Carte 12 : Localisation des contacts spécifiques lors des IPA	53
Carte 13 : Habitats favorables aux oiseaux endémiques	54
Carte 14 : Synthèse des enjeux écologiques	59
Carte 15 : Localisation des IPA	74
Carte 16 : Localisation des SM2BAT	75

Table des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des inventaires réalisés sur la zone d'étude	5
Tableau 2 : Synthèse de zonages du patrimoine naturel situés dans l'aire d'étude élargie	19
Tableau 3 : Liste des habitats recensés sur la zone d'étude rapprochée (Source ; ©BIOTOPE, 2018, CBNM 2014 et DEAL 2010)	28
Tableau 4 : Bio évaluation de la flore indigène spontanée sur la zone d'étude rapprochée (©BIOTOPE, 2019 CBNM 2017, DEAL 2000)	34
Tableau 5 : INVASIBILITÉ [entre parenthèse, le code du critère d'invasibilité selon LAVERGNE, 2016) (CBNM 2016)	39
Tableau 6 : Liste des espèces exotiques présentant un caractère envahissant ou un risque fort d'invasion (Biotope, 2019 ; CBNM, 2017)	40
Tableau 7 : Espèces patrimoniales et/ou protégées d'insectes présentes sur les aires d'études (Biotope / Insectarium de La Réunion)	42
Tableau 8 : Espèces d'oiseaux recensés sur l'aire d'étude immédiate	45
Tableau 9 : Espèces d'oiseaux protégées sur l'aire d'étude rapprochée	52
Tableau 10 : Résultats des expertises acoustiques chiroptères	55



Tableau 11 : Espèces de mammifères protégés sur la zone d'étude immédiate	56
Tableau 12 : Synthèse des contraintes écologiques	58
Tableau 13 : Outils de protection réglementaire des espèces et habitats (©BIOTOPE, 2018)	61
Tableau 14 : Outils de bio évaluation des espèces et habitats : référentiels utilisés (©BIOTOPE, 2018)	62
Tableau 15 : Liste des espèces floristiques recensées dans le cadre des inventaires menés à l'échelle de la zone d'étude immédiate (©BIOTOPE, 2019)	64

Table des figures

Figure 1 : Localisation des zones humides [DEAL, 2009], extrait du SDAGE 2016-20201.	13
Figure 2 : Représentativité des habitats	22
Figure 3 : Forêt à <i>Acacia heterophylla</i> et <i>Erica reunionensis</i> (©BIOTOPE, 2018)	24
Figure 4 : Tomillar frais à <i>Erica galioides</i> (©BIOTOPE, 2018)	25
Figure 5 : Diagramme de représentativité des espèces végétales recensées dans la zone d'étude rapprochée	30
Figure 6 : Orchidée épiphyte (<i>Angraecum expansum</i>), espèce indigène (©BIOTOPE, 2018)	31
Figure 7 : Orchidée terrestre commune (<i>Cynorkis riddleyi</i>), espèce indigène (©BIOTOPE, 2018)	32
Figure 8 : <i>Angraecum microphyton</i> , espèce patrimoniale, enjeu écologique fort (©BIOTOPE, 2018)	33
Figure 9 : l'Ajonc d'Europe, <i>Ulex europaeus</i> , (à gauche) et le lierre, <i>Hederix helix</i> (à droite) (©BIOTOPE, 2017)	39
Figure 10 : <i>Papilio phorbanta</i> (©UICN, 2019)	41
Figure 11 : <i>Henotesia narcissus borbonica</i> (©BIOTOPE, 2015)	41
Figure 12 : Pétrel de Barau (<i>Pterodroma baraui</i>) (©BIOTOPE)	47
Figure 13 : Puffinus bailloni (©BIOTOPE)	48
Figure 14 : Phaéton à bec jaune (<i>Phaethon lepturus</i>) (©BIOTOPE)	48
Figure 15 : Busard de Maillard (<i>Circus maillardii</i>) (©BIOTOPE)	48
Figure 16 : Fréquence relative des espèces sur l'aire d'étude rapprochée	50
Figure 17 : Oiseau-lunettes gris (<i>Zosterops b. borbonicus</i>) (©BIOTOPE)	51
Figure 18 : Petit Molosse (<i>Mormopterus francoismoutoui</i>) (©BIOTOPE)	55



1

Contexte du projet et aspects méthodologiques



1 Contexte du projet et aspects méthodologiques

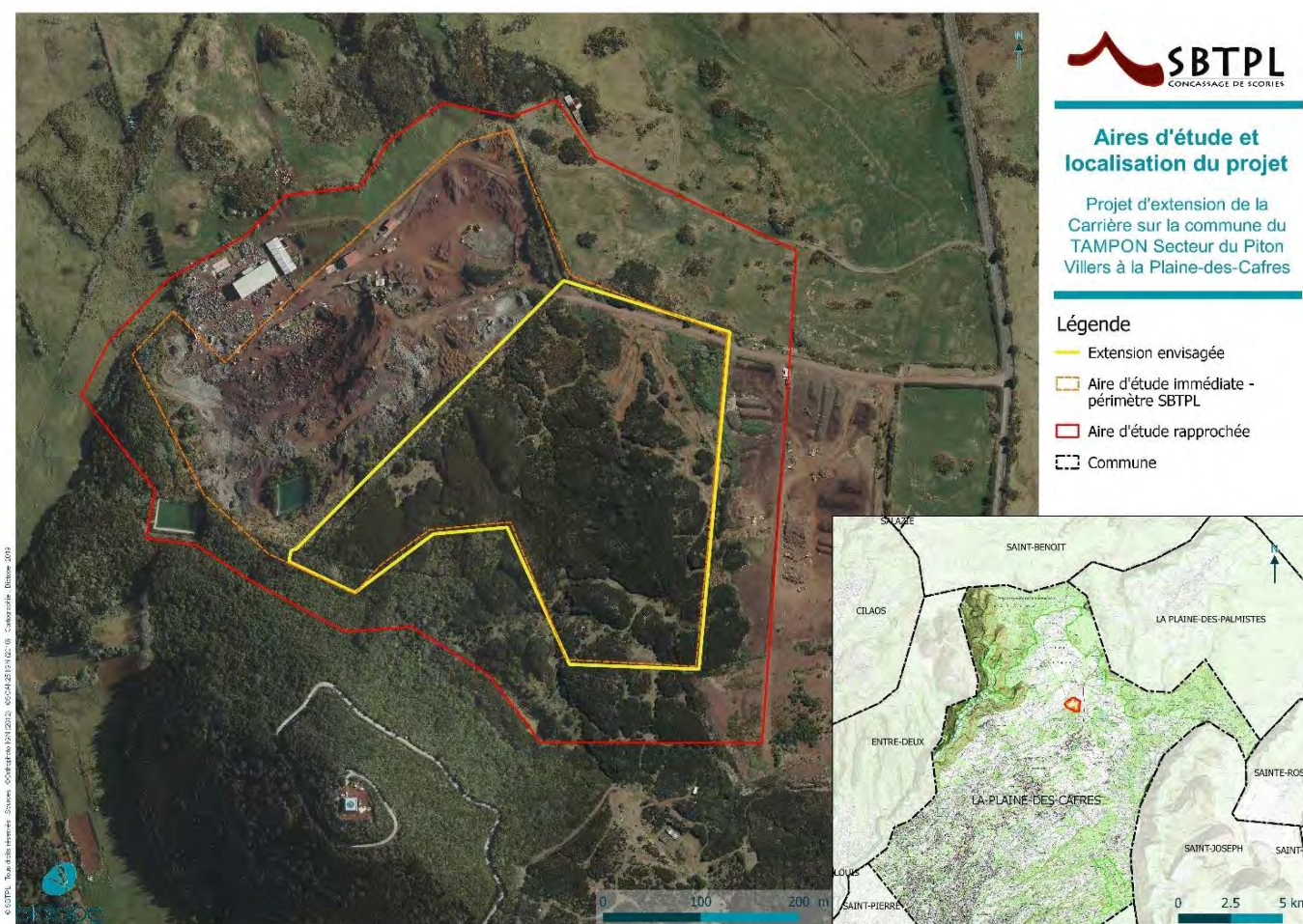
1 Description du projet

Société Bege Travaux Publics Location (SBTPL) souhaite élargir sa zone d'exploitation de la carrière existante sur le secteur du Tampon Villiers à La Plaine des Cafres, sur la commune du Tampon. Dans ce cadre, EMC2 est chargé de constituer un dossier de demande d'autorisation d'exploiter nécessitant une étude faune-flore.

BIOTOPE a donc été missionné pour réaliser cette étude faune-flore. Des expertises écologiques ont été prévues à cet effet.

Ces investigations se sont inscrites dans les aires d'études dites immédiate et rapprochée figurées sur la carte 1 ci-dessous et décrites plus précisément dans les aspects méthodologiques (Cf. 2.2).

Carte 1 : Localisation du projet et aires d'étude



1 Contexte du projet et aspects méthodologiques

2 Aspects méthodologiques

2.1 Outils de bioévaluation utilisés

2.1.1 Protection des espèces

Une espèce protégée est une espèce pour laquelle s'applique une réglementation contraignante particulière. La protection des espèces s'appuie sur des listes d'espèces protégées sur un territoire donné.

 **Cf. Annexe 1 Outils de protection réglementaire des espèces et habitats**

Droit international

La France est signataire de nombreux traités internationaux visant à protéger les espèces sauvages, parmi lesquels :

- La Convention de Washington (CITES, 1973) sur le commerce international des espèces sauvages menacées d'extinction ;
- La Convention de Paris (1902) concernant la protection des oiseaux utiles à l'agriculture, toujours en vigueur.

Droit français

En droit français, la protection des espèces est régie par le code de l'Environnement (article L411-1) :

« I. - Lorsqu'un intérêt scientifique particulier ou que les nécessités de la préservation du patrimoine naturel justifient la conservation [...] d'habitats naturels, d'espèces animales non domestiques ou végétales non cultivées et de leurs habitats, sont interdits :

1° La destruction ou l'enlèvement des œufs ou des nids, la mutilation, la destruction, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle, la naturalisation d'animaux de ces espèces ou, qu'ils soient vivants ou morts, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur détention, leur mise en vente, leur vente ou leur achat ;

2° La destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement de végétaux de ces espèces, de leurs fructifications ou de toute autre forme prise par ces espèces au cours de leur cycle biologique, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur mise en vente, leur vente ou leur achat, la détention de spécimens prélevés dans le milieu naturel ;

3° La destruction, l'altération ou la dégradation de ces habitats naturels ou de ces habitats d'espèces ;

[...]. »

Ces prescriptions générales sont ensuite précisées pour chaque groupe par un arrêté ministériel fixant la liste des espèces protégées, le territoire d'application de cette protection et les modalités précises de celle-ci (article R. 411-1 du code de l'Environnement : liste des espèces floristiques protégées de la Réunion : arrêté du 19 juin 1987 ; liste des espèces faunistiques protégées de la Réunion : arrêté du 17 février 1989 modifié le 14 février 2008 ; liste des insectes protégés de la Réunion : arrêté du 14 février 2008).

Un régime de dérogation à la réglementation sur les espèces protégées est possible dans certains cas listés à l'article R. 411-2 du code de l'Environnement. L'arrêté ministériel du 19 février 2007 modifié (NOR : DEVN0700160A) en précise les conditions de demande et d'instruction.

1 Contexte du projet et aspects méthodologiques

2.1.2 Statut de rareté/menace des espèces

Les listes de protection ne sont pas nécessairement indicatrices du statut de rareté / menace des espèces. Si pour la flore, ces statuts réglementaires sont assez bien corrélés à la rareté des espèces, aucune considération de rareté n'intervient dans la définition des listes d'espèces animales protégées.

Cette situation nous amène à utiliser d'autres outils, établis par des spécialistes, pour évaluer la rareté et/ou le statut de menace des espèces présentes : listes rouges, synthèses régionales ou départementales, littérature naturaliste. Ils rendent compte de l'état des populations d'espèces dans le secteur géographique auquel ils se réfèrent.

1 Contexte du projet et aspects méthodologiques

2.2 Aires d'études

Le projet se situe sur la commune du Tampon, à La Réunion. Compte tenu de la nature du projet, les aires d'étude sont en lien très étroits avec le Piton Villers, en contre-bas duquel la future zone d'exploitation est envisagée.

Différentes aires d'étude, susceptibles d'être concernées différemment par les effets du projet, ont été distinguées dans le cadre de ces expertises.

2.2.1 Aire d'étude immédiate

Il s'agit des limites du périmètre d'exploitation de la future carrière qui correspond à l'emprise actuelle de la carrière ajoutée de la surface d'extension ; elle est désignée sous le terme « Aire d'étude immédiate » dans l'ensemble des éléments cartographiques de ce rapport et est représentée par un figuré pointillé orange.

2.2.2 Aire d'étude rapprochée

L'aire d'étude rapprochée correspond à l'aire d'étude immédiate ajoutée des milieux attenants pour intégrer la fonctionnalité écologique locale. Cette aire d'étude rapprochée est limitée par le Piton Villers au Sud et s'étend sur une centaine de mètres au-delà de l'aire d'étude immédiate.

Cette aire comprend ainsi le projet initial d'exploitation (impact d'emprise) ainsi que les zones potentiellement affectées par d'autres effets que ceux d'emprise, notamment diverses perturbations pendant toute la durée de l'exploitation et la vie du projet (pollutions diverses, pistes, poussières, bruits, ...).

C'est au sein de cette aire d'étude que le diagnostic écologique complet des milieux naturels a été établi. L'expertise au sein de cette surface s'appuie principalement sur des observations de terrain mais également des données connues sur le Piton Villers, de par des études antérieures.

2.2.3 Aire d'étude élargie

Cette aire d'étude, dont les contours sont variables selon les thématiques considérées, englobe :

- Les zones d'inventaire et de protection dans les alentours du projet ;
- Les zones de passage préférentielles des oiseaux marins (Pétrels, Puffins et Paille-en-queue), et plus globalement les zones fonctionnelles à proximité ;
- La zone d'influence liée aux bruits et à l'émission de poussière principalement.

Compte tenu de la géométrie variable de cette aire d'étude, cette dernière n'est pas représentée sur les cartographies ci-après.

1 Contexte du projet et aspects méthodologiques

2.3 Méthodologies d'acquisition des données

2.3.1 Prospections de terrain

Deux sessions d'inventaires ont eu lieu sur la zone d'étude rapprochée afin d'appréhender les habitats naturels, la faune et la flore présentes.

Tableau 1 : Synthèse des inventaires réalisés sur la zone d'étude

Dates des inventaires	Groupes	Expert et conditions	Expertise
03/12/2018	Habitats Flore	L'intégralité des prospections Habitats/Flore a été menée par Cédric HOARAU Les conditions météorologiques étaient favorables - Ensoleillé et vent faible	Habitats naturels et espèces végétales présentes Focus orchidées
25/07/2019			Habitats naturels et espèces végétales présentes Focus orchidées
22/01/2019	Faune	L'intégralité des prospections Faune a été menée par Julien POIRION Les conditions météorologiques étaient favorables - Ensoleillé et vent faible	Point IPA, focale fixe d'observation , expertise visuel et acoustique des chiroptères
23/01/2019			Focale fixe d'observation , expertise acoustique des chiroptères et observations opportunistes des reptiles et de l'entomofaune
11/07/2019			Julien POIRION Les conditions météorologiques étaient favorables - Ensoleillé et vent nul à faible	Focale fixe d'observation, expertise visuel et acoustique des chiroptères, observations opportunistes reptiles et entomofaune

Méthodologie retenue pour la flore et les habitats

Les prospections ont eu pour objectif de dresser une cartographie précise et fonctionnelle des unités de végétation d'une part, et de faire l'inventaire des espèces végétales présentes sur l'aire d'étude d'autre part. **Les inventaires ont été notamment axés sur la recherche d'espèces rares, remarquables et/ou protégées.** Les espèces végétales ont été déterminées au rang d'espèce, voire de sous-espèce.

La nomenclature des plantes à fleurs et des fougères utilisée est celle de l'Index commenté de la flore vasculaire de La Réunion (Trachéophytes) du Conservatoire Botanique National de Mascarin (CBNM v2017.1).

En ce qui concerne les habitats, la nomenclature utilisée est la Typologie Des Habitats Naturels de La Réunion version d'octobre 2014 validée par le CSRPN (TDHR, 2014). Pour les habitats porteurs d'activités anthropiques, en l'absence de typologie propre à La Réunion, nous avons conservé celle du Corine Biotope (v.avr.2010).

Les secteurs inventoriés correspondent à des habitats homogènes. Les informations telles que les listes d'espèces, la stratification, les conditions écologiques, climatiques, pédologiques... ont été notées.

1 Contexte du projet et aspects méthodologiques

Méthodologie retenue pour la faune

❖ MÉTHODOLOGIE DE TERRAIN ET RECUEIL DES DONNÉES POUR L'AVIFAUNE

- Méthodes

Cette phase a pour but d'inventorier les espèces à enjeux et d'évaluer d'un point de vue qualitatif et quantitatif l'avifaune sur le site étudié. L'inventaire des oiseaux s'est déroulé en 1 séance d'une journée.

Différentes techniques de prospection ont été utilisées. En ce qui concerne les passereaux, nous avons utilisé la technique des Indices Ponctuels d'Abondance (I.P.A., BLONDEL, FERRY & FROCHOT, 1970). Cette méthode de dénombrement quantitatif permet d'apprécier le nombre de couples d'oiseaux nicheurs sur une surface donnée (la sphère auditive et visuelle de l'observateur) à partir d'un point fixe. En outre, une observation visuelle des oiseaux en vol a également été réalisée. Cette méthode s'applique pour les rapaces comme le Busard de Maillard (*Circus maillardi*). Concernant les oiseaux marins (ex. : Puffin de Baillon - *Puffinus bailloni*), une expertise des sites a été réalisée sur la base de la récolte d'indices de présence (cavités, traces de fientes, individus en vol...). Pour ces espèces, un travail bibliographique a également permis d'affiner l'analyse.

Ces différentes méthodes ont été appliquées afin d'optimiser le contact avec l'ensemble des espèces remarquables.

- Limites

Les observations des passereaux forestiers restent fortement dépendantes des conditions météorologiques notamment la couverture nuageuse, la pluie et le vent.

❖ MÉTHODOLOGIE DE TERRAIN ET RECUEIL DES DONNÉES POUR L'HERPÉTOFAUNE

- Méthodes

Concernant les reptiles et les amphibiens, l'expertise s'est portée principalement sur le Caméléon endormi (*Furcifer pardalis*), seule espèce remarquable et protégée, potentiellement présente dans les zones boisées et arbustives.

La littérature n'indique pas de données concernant une possible présence du Lézard vert des forêts (*Phelsuma borbonica*) et du lézard vert de Manapany (*Phelsuma inexpectata*) sur la zone d'étude. Les prospections ont toutefois pris en compte ces espèces endémiques et protégées à La Réunion.

- Limites

La discrétion du Caméléon rend son observation délicate.

1 Contexte du projet et aspects méthodologiques

❖ MÉTHODOLOGIE DE TERRAIN ET RECUEIL DES DONNÉES POUR L'ENTOMOFAUNE

● Méthodes

Au préalable, un travail bibliographique a été réalisé. Cette analyse a été renforcée par une caractérisation des habitats favorables et à une identification des espèces potentiellement présentes sur la zone d'étude. Certains groupes d'espèces ont fait l'objet d'une attention particulière.

Pour les lépidoptères, les recherches se sont portées sur les papillons diurnes avec la recherche des différents indices de présence des espèces (adultes en vol, plantes hôte, chenilles, chrysalides...).

Pour les odonates, les recherches ont été réduite aux observations ponctuelles potentielles mais aucun habitat présent sur le secteur ne leur est favorable et aucune expertise spécifique n'a donc été menée.

● Limites

Seules les potentialités d'accueil des habitats ont été identifiées.

❖ MÉTHODOLOGIE DE TERRAIN ET RECUEIL DES DONNÉES POUR LES CHIROPTÈRES

Expertise visuelle diurne et nocturne

● Méthodes

Le périmètre d'étude a été parcouru avant la tombée du jour afin de repérer des indices potentiels de présence : odeurs, traces de guano, etc.

En complément de cette reconnaissance diurne, des prospections ont été réalisées à la tombée de la nuit afin d'identifier d'éventuelles sorties de gîte, malgré le faible potentiel du site (absence de falaise ou de bâti, utilisés par les espèces cavernicoles accoutumées aux espaces anthropisés, ou de zone arborée (zone d'étude dominée par des fourrés arbustifs) propice à l'occupation par les espèces arboricoles...).

En résumé, cette expertise permet :

- D'identifier la présence / absence des chiroptères sur la zone d'étude,
- D'identifier, dans la mesure du possible, la ou les espèce(s) présente(s),
- De définir l'utilisation du site par les chauves-souris (chasse, transit...).
- Détecter la présence potentielle de gîtes, si les indices de présence le permettent.

● Limites

L'identification d'éventuelles sorties de gîte, bien que très peu probable sur la zone d'étude compte tenu de l'absence d'habitats favorables, n'est pas aisée. L'exercice est rendu délicat dans la mesure où il se déroule par faible luminosité, et que les individus sont capables de s'immiscer dans de très petites cavités, soit à une échelle très différente de la surface couverte par la zone d'étude.

1 Contexte du projet et aspects méthodologiques

Expertise acoustique

- Méthodes

Cette méthode s'appuie sur l'utilisation d'enregistreurs à ultrasons de type SM2BAT. Elle permet de compléter l'identification des espèces présentes, de définir le niveau de fréquentation et la nature de l'utilisation du site pour chaque espèce. Ces enregistreurs fonctionnent en division de fréquence, et sont fixés temporairement pour être laissés une à plusieurs nuits sur des emplacements stratégiques choisis au préalable. Les sons des Chiroptères passant à proximité de l'appareil sont enregistrés en précisant la date et l'heure (carte mémoire). Les sons sont ensuite traités (logiciel WAC2WAV pour les SM2BAT) permettant d'étudier tous les paramètres du son (fréquence terminale, largeur de bande, longueur du son, récurrence, etc.), puis analysés (logiciel ©Sonochiro développé par le pôle Recherche et Développement de BIOTOPE), permettant de quantifier le nombre de contacts et de les attribuer à une espèce et à un type d'activité. Pour cela, les indicateurs retenus sont les émissions sonores (ultrasons) caractéristiques de chaque espèce présente et enregistrée, et typiques d'une activité définie, telle que la chasse (intéressante pour définir l'importance du site en termes de continuités écologiques), mais aussi les cris sociaux caractéristiques de la proximité probable d'une colonie de reproduction (ou de repos) (Cf. Carte 16 : Localisation des enregistreurs acoustiques (chiroptères)).

- Limites

Les contacts enregistrés ne valent pas détermination du nombre d'individus fréquentant la zone d'étude : la multiplication d'émissions d'un individu à intervalles de temps distincts génère des doubles comptages. Cela permet toutefois de déterminer un niveau d'activité, les espèces en présence, leur comportement, ...

1 Contexte du projet et aspects méthodologiques

2.4 Méthodes de traitement et d'analyse des données

2.4.1 Méthode d'évaluation des enjeux écologiques

Critères d'évaluation d'un enjeu écologique

Pour rappel, un enjeu écologique est la valeur attribuée à une espèce, un groupe biologique ou un cortège d'espèces, un habitat d'espèce, une végétation, un habitat naturel ou encore un cumul de ces différents éléments. Il s'agit d'une donnée objective, évaluée sans préjuger des effets d'un projet, définie d'après plusieurs critères tels que les statuts de rareté/menace de l'élément écologique considéré à différentes échelles géographiques. Pour une espèce, sont également pris en compte d'autres critères : l'utilisation du site d'étude, la représentativité de la population utilisant le site d'étude à différentes échelles géographiques, la viabilité de cette population, la permanence de l'utilisation du site d'étude par l'espèce ou la population de l'espèce, le degré d'artificialisation du site d'étude... Pour une végétation ou un habitat, l'état de conservation est également un critère important à prendre en compte.



Cf. Annexe 2 : Outils de bioévaluation des espèces et habitats : référentiels utilisés

Les listes de protection ne sont ainsi pas nécessairement indicatrices du statut de rareté / menace des éléments écologiques et le niveau d'enjeu écologique est indépendant du niveau de protection de l'élément écologique considéré.

Cette situation amène à utiliser d'autres outils, établis par des spécialistes, pour évaluer la rareté et/ou le statut de menace des espèces présentes : listes rouges, synthèses régionales ou départementales, littérature naturaliste... Elles rendent compte de l'état des populations d'espèces dans le secteur géographique auquel elles se réfèrent.

Ces documents de référence pour l'expertise n'ont pas de valeur juridique ou normative mais seront pris en compte dans la présente expertise.

Méthode d'évaluation des enjeux

Dans le cadre de cette étude réglementaire, une évaluation des enjeux écologiques sur l'aire d'étude rapprochée a été réalisée.

Elle s'est appuyée sur les données recueillies sur le terrain, sur l'expérience des spécialistes en charge des inventaires et sur les connaissances les plus récentes. Dans un souci de robustesse et d'objectivité, ces informations ont ensuite été mises en perspective au moyen de références scientifiques et techniques (listes rouges, atlas de répartition, publications...) et de la consultation, quand cela s'est avéré nécessaire, de personnes ressources.

Pour chacun des habitats naturels ou des espèces observés, le niveau d'enjeu a été évalué selon les critères suivants :

- Statuts patrimoniaux de l'habitat naturel/ taxon considéré, à différentes échelles géographiques ;
- Superficie / recouvrement / typicité de l'habitat naturel sur l'aire d'étude ;
- Utilisation de l'aire d'étude par l'espèce (reproduction possible, probable ou certaine, alimentation, stationnement, repos...);
- Représentativité à différentes échelles géographiques de l'habitat naturel / la population d'espèce sur l'aire d'étude ;
- Viabilité ou permanence de cet habitat naturel / cette population sur l'aire d'étude ;
- Rôle fonctionnel écologique supposé (zone inondable, zone humide, élément structurant du paysage...);
- Contexte écologique et degré d'artificialisation / de naturalité de l'aire d'étude.

1 Contexte du projet et aspects méthodologiques

Aucune considération de statut réglementaire n'entre dans cette évaluation.

Chaque niveau d'enjeu écologique est associé à une portée géographique indiquant le poids de l'aire d'étude, ou d'un secteur de celle-ci, en termes de préservation de l'élément considéré (espèce, habitat, habitat d'espèce, groupe biologique ou cortège).

L'échelle suivante a été retenue :

Niveau TRES FORT :
Niveau FORT
Niveau MOYEN
Niveau FAIBLE
Niveau NEGLIGEABLE
Niveau NUL

Dans le cas d'une espèce ou d'un groupe/cortège largement distribué(e) sur l'aire d'étude, le niveau d'enjeu peut varier en fonction des secteurs et de l'utilisation de ces secteurs par cette espèce ou ce groupe/cortège.

Par défaut, les espèces dont le niveau d'enjeu est considéré comme « négligeable » n'apparaissent pas dans les tableaux de synthèse des espèces constituant un enjeu écologique.

Note importante : Les enjeux écologiques sont présentés dans l'état initial sous la forme de tableaux synthétiques. Conformément à la réglementation, l'approche est proportionnée avec un développement plus important des espèces constituant un enjeu écologique.

Représentation cartographique des enjeux

Pour chaque groupe ou pour l'ensemble des groupes, une cartographie de synthèse des enjeux écologiques est réalisée. La représentation cartographique est le prolongement naturel de l'analyse des enjeux dans l'étude, et inversement.

Ces cartographies s'appuient à la fois sur les résultats des inventaires menés dans le cadre de l'étude et sur les potentialités d'accueil des différents habitats pour la faune et la flore.

Ainsi, chaque parcelle ou unité d'habitat se voit attribuer le niveau d'enjeu écologique défini pour chaque espèce dont elle constitue l'habitat. Il est ainsi possible de passer d'un niveau d'enjeu par espèce (dans le tableau de synthèse des espèces constituant un enjeu écologique à chaque période du cycle de vie) à une représentation cartographique des enjeux au sein de l'aire d'étude rapprochée.

Lorsque plusieurs espèces utilisent la même parcelle ou la même unité d'habitat, le niveau correspondant à l'espèce qui constitue l'enjeu le plus fort est retenu.



2

Etat initial des milieux
naturels, de la flore et de
la faune

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

1 Contexte écologique du projet

1.1 Présentation des zonages du patrimoine naturel et des interactions possibles avec le projet

Un inventaire des zonages du patrimoine naturel s'appliquant sur la zone d'étude a été effectué en intégrant les différents porteurs à connaissance du patrimoine naturel connus et exploitables.

Les données administratives concernant les milieux naturels, le patrimoine écologique, la faune et la flore sont principalement de deux types :

- Les zonages réglementaires, qui correspondent à des sites au titre de la législation ou de la réglementation en vigueur, dans lesquels les interventions dans le milieu naturel peuvent être contraintes. Ce sont les parcs nationaux (cœur de parc), les arrêtés préfectoraux de protection de biotope, les réserves naturelles nationales et régionales...
- Les zonages d'inventaires du patrimoine naturel, élaborés à titre d'avertissement pour les aménageurs et qui n'ont pas de valeur d'opposabilité. Ce sont notamment les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF de type II - grands ensembles écologiquement cohérents - et ZNIEFF de type I - secteurs de plus faible surface au patrimoine naturel remarquable -).

D'autres types de zonages existent, correspondant par exemple à des territoires d'expérimentation du développement durable ou à des secteurs gérés en faveur de la biodiversité (Espaces Naturels Sensibles, sites du Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres...).

1.1.1 Zonages réglementaires du patrimoine naturel

Le projet est concerné par 2 zonages réglementaires du patrimoine naturel :

- La zone d'adhésion du Parc National de La Réunion (aire rapprochée incluse entièrement).
- La servitude forestière sur le Piton Villers, Espace boisé classé (environ 2 hectares de l'aire rapprochée concernée)

Les zones protégées les plus proches sont :

- La zone cœur du Parc National de la Réunion, à environ 1,5 km à l'Ouest et à l'Est ;
- L'Arrêté de Protection de Biotope « Bras de la Plaine, à environ 1,5 km à l'Ouest ;
- Les Espaces Naturels Sensibles « Coteaux des Brèdes » à environ 700m à l'Ouest et « Col de Bellevue » à 2 km au Nord-Est.

1.1.2 Zonages d'inventaire du patrimoine naturel

BIEN UNESCO, ZNIEFF ET ZONES HUMIDES

Le projet d'extension de carrière se situe entièrement dans la **ZNIEFF de type II** : « *Hauts du Tampon et de l'Entre Deux* » (Numéro national : 040030024).

Les zones protégées les plus proches sont :

- La ZNIEFF de type I « *Caverne Bateau* » (Numéro national : 040030163), se situe à 800m à l'Ouest ;
- Plusieurs autres ZNIEFF de type I se situent aux alentours du projet, au-delà de 1,5km (cf. carte des zonages d'inventaire ci-après).

Par ailleurs, La zone d'étude se situe **hors du Bien inscrit à l'UNESCO**.

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Une zone humide est située à proximité immédiate de l'aire d'étude rapprochée (inventaire des zones humides de La Réunion - DEAL, 2009), sur lequel s'appuie le SDAGE 2016-2021 (voir la carte ci-dessous, extraite du SDAGE) :

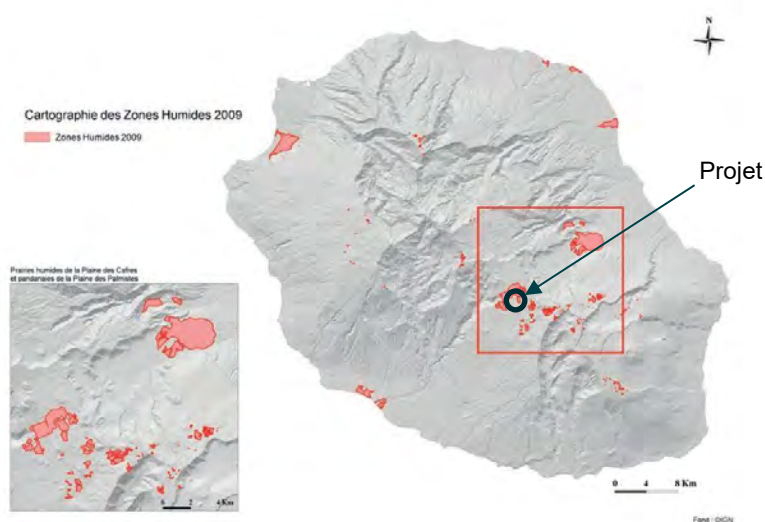


Figure 1 : Localisation des zones humides [DEAL, 2009], extrait du SDAGE 2016-2021.

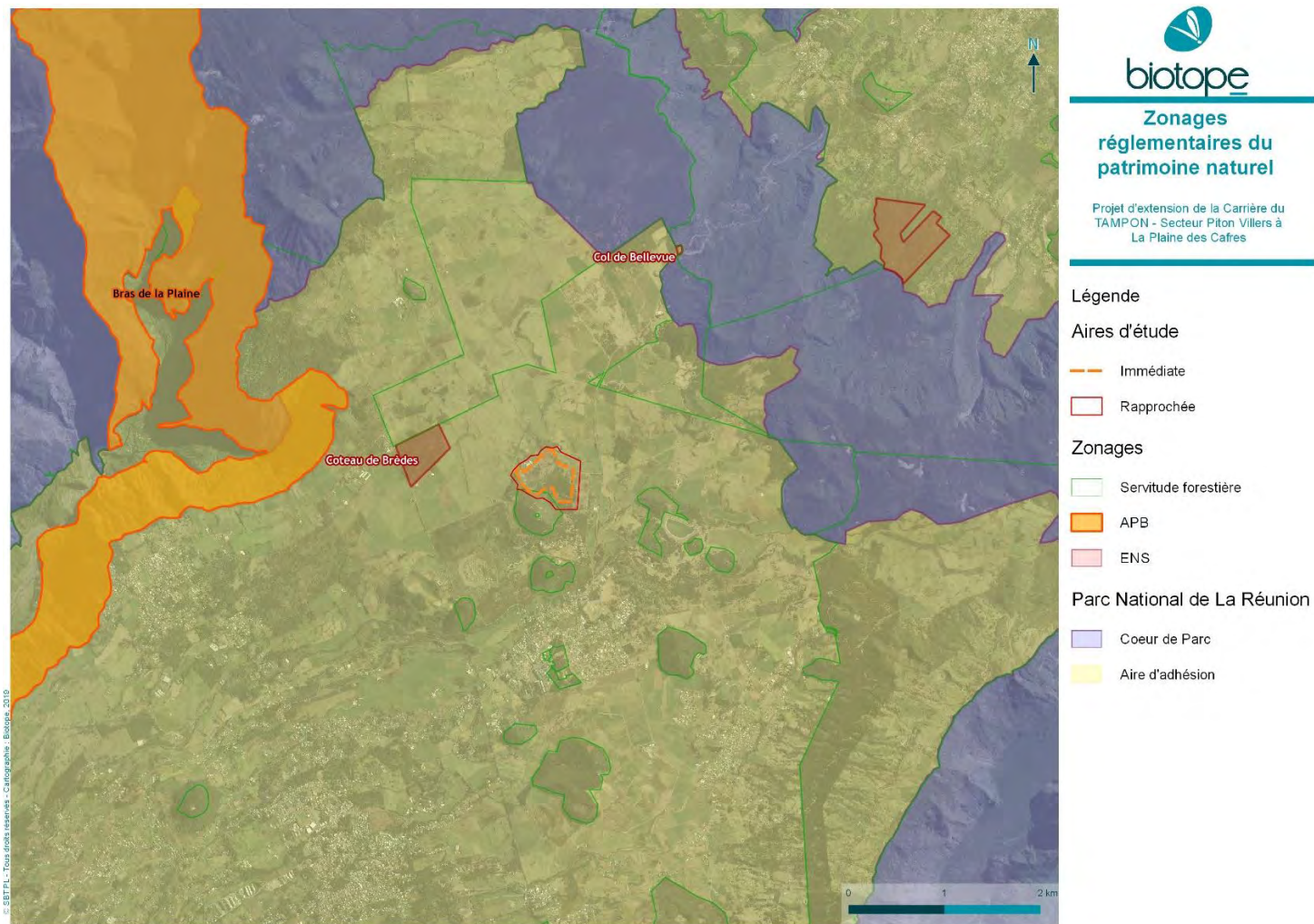
Pour information, le SDAGE 2016-2012 précise toutefois que « cet inventaire étant inachevé et dans l'attente des compléments à produire par les services compétents, les pétitionnaires doivent vérifier l'absence de zones humides sur leurs sites projet » (*Orientation 3.6 : Mettre en place des plans de préservation des zones humides et des espaces remarquables*).

La proximité du projet avec cette zone qualifiée d'humide et la prise en compte de l'orientation 3.6 du SDAGE 2016-2021, devrait en théorie faire l'objet d'une analyse spécifique sur les habitats humides. Cependant, **cette zone humide n'est localement pas qualifiée d'humide** par nos experts. En effet, seule la végétation présente correspond à cette classification d'habitat humide, et le sol ne correspond pas à un sol de zone humide (non gorgé d'eau, même de façon temporaire). Aucune expertise d'habitat humide n'a donc été menée dans le cadre de cette étude.

2

Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Carte 2 : Zonages réglementaires de protection du patrimoine naturel



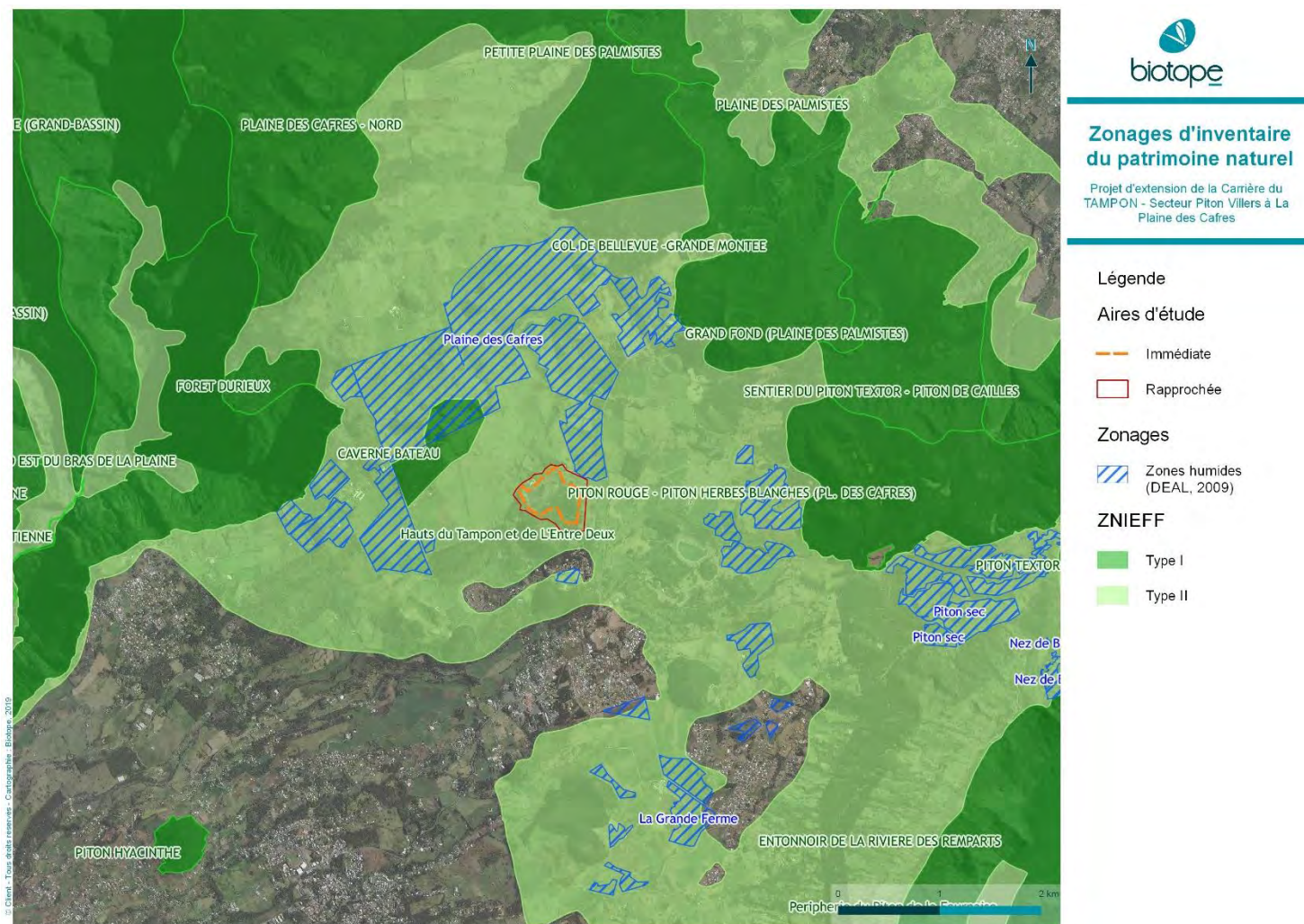
Propriété de Biotope
Ne peut être diffusée sans
autorisation préalable de Biotope

Diagnostic écologique

2

Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Carte 3 : Zonages d'inventaire du patrimoine naturel



Propriété de Biotope
Ne peut être diffusée sans
autorisation préalable de Biotope

Diagnostic écologique

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

1.1.3 LES RÉSEAUX ECOLOGIQUES DE LA RÉUNION (RER)

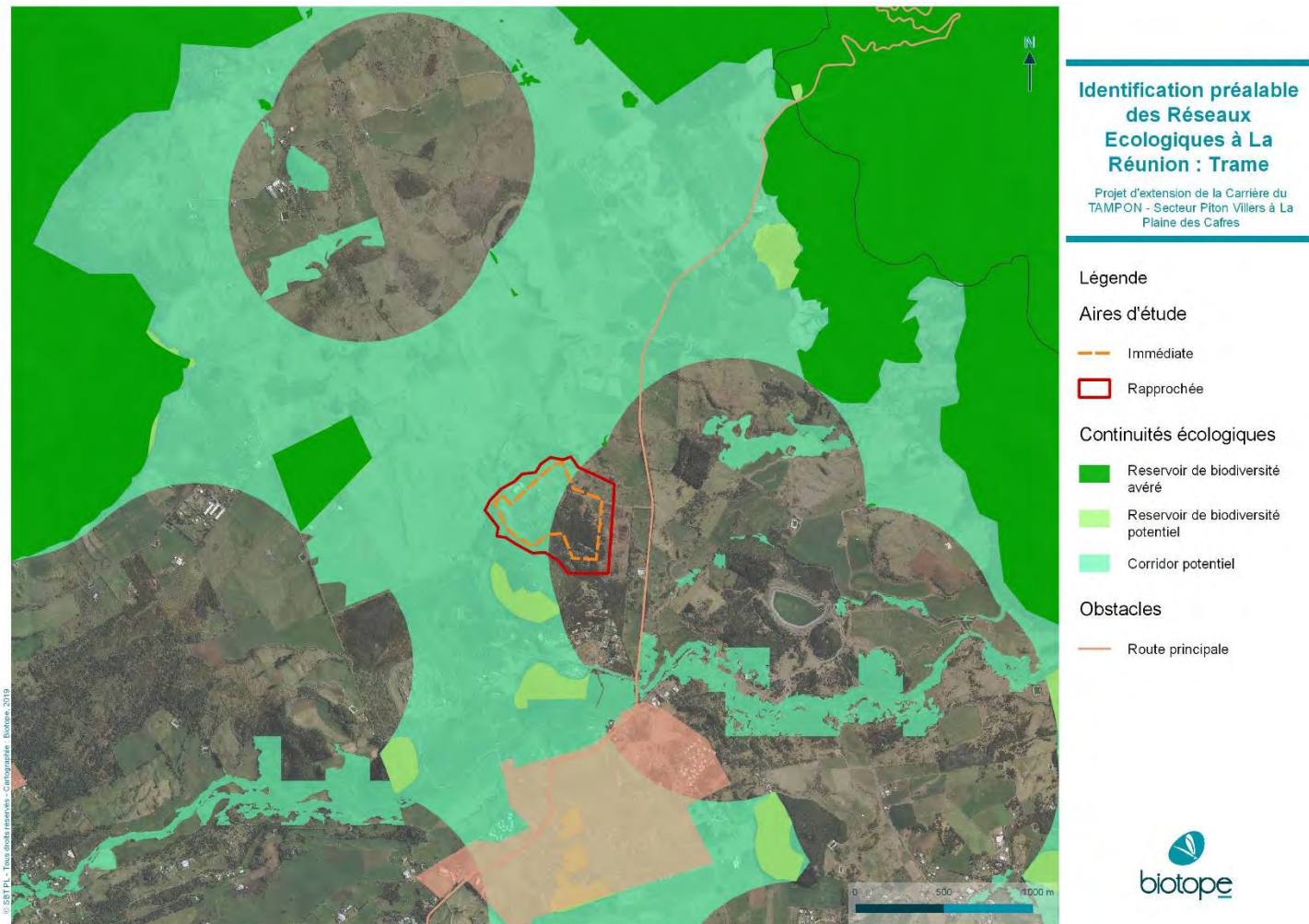
Les Réseaux Ecologiques de la Réunion se déclinent suivant plusieurs trames à l'échelle de l'île:

- Trame terrestre : l'aire d'étude immédiate s'inscrit dans un secteur rural, longée par un axe routier (la RN2) au titre de l'étude préalable d'identification des réseaux écologiques de La Réunion [DEAL, 2014]. Elle se situe à proximité immédiate d'un réservoir de biodiversité avéré et d'un corridor écologique potentiel traversant entre les différentes parties de réservoir et comprenant à moitié l'aire d'étude immédiate. A ce titre, les aires d'étude sont donc concernées par une continuité écologique permettant les échanges entre espèces (animales et végétales) et entre individus d'espèces.
- Trame aquatique et humide : la zone d'étude immédiate n'est pas concernée par la trame aquatique et humide des RER, mais un réservoir de biodiversité avéré est identifié au sein des aires d'étude.
- Trame aérienne : la zone d'étude s'inscrit en mineure partie dans un secteur identifié comme « corridor écologique potentiel » au titre de l'étude préalable d'identification des réseaux écologiques de La Réunion [DEAL, 2014]. Aucun « réservoir de biodiversité avéré » n'est recensé à proximité de la zone d'étude. Le plus proche est situé à environ 2 km à l'ouest, au niveau de Grand Bassin.

2

Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

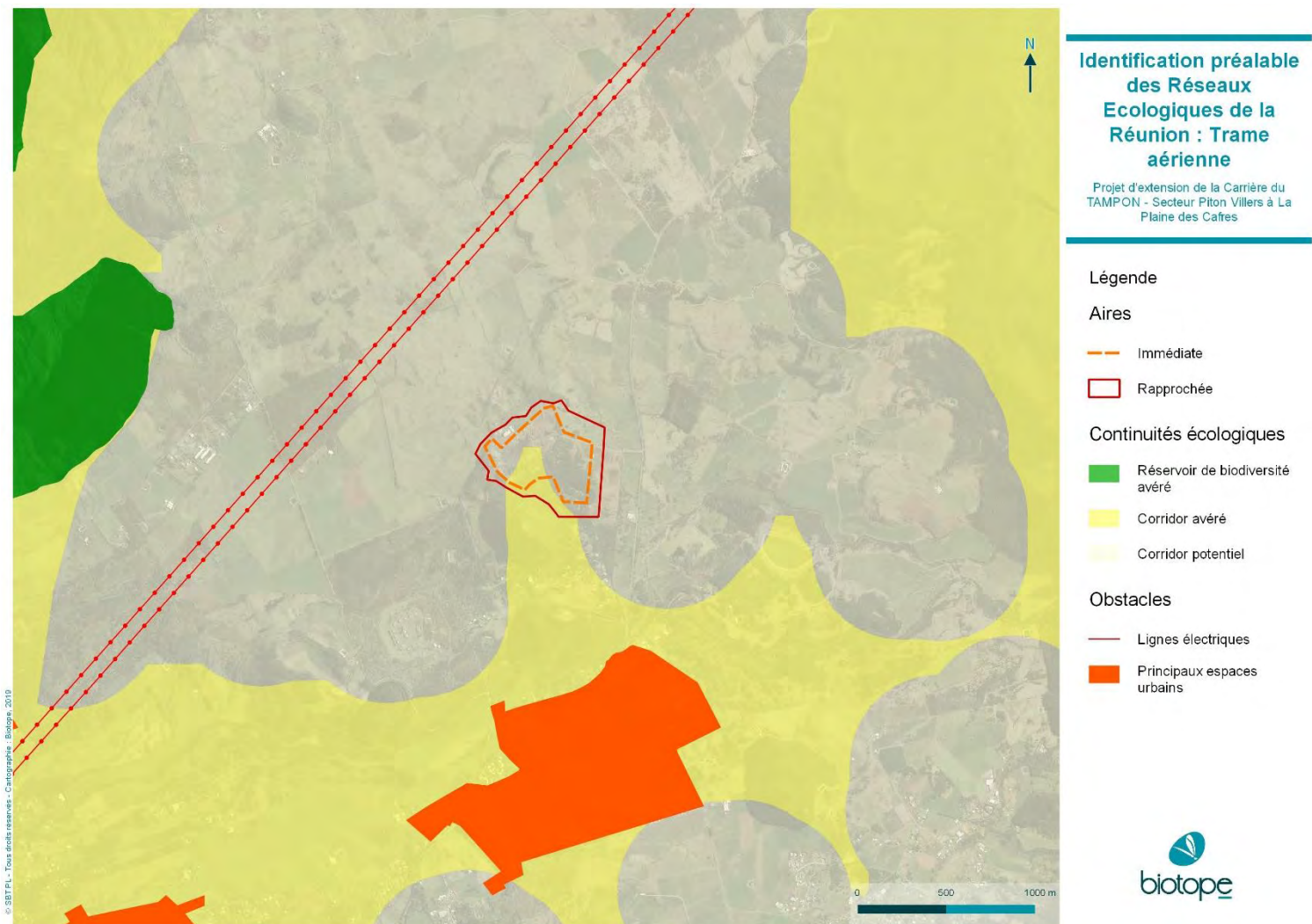
Carte 4 : Trame terrestre (RER, 2014)



2

Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Carte 5 : Trame aérienne (RER, 2014)



Propriété de Biotope
Ne peut être diffusée sans
autorisation préalable de Biotope

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

1.2 Synthèse du contexte écologique du projet

L'aire d'étude se situe en contexte rural et présente une matrice anthropique dominée par les espaces artificialisés (notamment zone d'exploitation de la carrière, pistes, espacedéfriché). Cette matrice est parsemée ponctuellement de patch d'habitat arbustif ou boisé (fourrés, forêt) constituant une mosaïque peu fonctionnelle. Sur la partie sud de l'aire d'étude rapprochée, des habitats boisés (d'ailleurs classés) continues au Piton Villers, constituent un ensemble encore naturel bien que dégradé.

D'autre part, 4 zonages réglementaires sont situés dans l'aire d'étude éloignée : 1 parc national, 1 espace boisé classé, un 1 APB. Une dizaine de zonages d'inventaire du patrimoine naturel sont également concernés par l'aire d'étude éloignée, Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) de type I et 1 de type II.

Tableau 2 : Synthèse de zonages du patrimoine naturel situés dans l'aire d'étude élargie

Type de zonage	Code	Intitulé	Distance à l'aire d'étude
Zonages réglementaires			
APB	FR380xxxxx	Bras la Plaine	1,5 km
Espace boisé classé	DDPLACAF	Départemento-Domaniale de La Plaine Des Cafres	Comprend 2 ha de l'aire d'étude rapprochée
Parc National de la Réunion	7	Aire d'adhésion du Parc National	Comprend entièrement l'aire d'étude rapprochée
Parc National de la Réunion	EL10	Cœur de Parc National	1,5 km
Zonages d'inventaires			
ZNIEFF 2	040030024	Hauts du Tampon et de l'Entre-Deux	Comprend entièrement l'aire d'étude rapprochée
ZNIEFF 1	040030163	Caverne Bateau	700 m
ZNIEFF 1	040030198	Remparts Nord-Est du Bras de la Plaine	2 km
ZNIEFF 1	040030089	Forêt Durieux	2 km
ZNIEFF 1	n.c	Plaine des Cafres Nord	3 km
ZNIEFF 1	n.c	Col de Bellevue – Grande Montée	2,5 km
ZNIEFF 1	040030103	Grand Fond – Plaine des Palmistes	2,5 km
ZNIEFF 1	040030105	Piton Rouge – Piton Herbes blanches	2 km
ZNIEFF 1	n.c	Entonnoir de la Rivière des Remparts	5 km
Autres zonages			
Espace naturel sensible départemental	ENS00027	Coteaux des Brèdes	700 m
Espace naturel sensible départemental	406AS70	Col de Bellevue	2 km

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

2 Milieux naturels

Remarque importante : un habitat naturel est une zone terrestre ou aquatique se distinguant par ses caractéristiques géographiques, abiotiques et biotiques, qu'elle soit entièrement naturelle ou semi-naturelle. Tout en tenant compte de l'ensemble des facteurs environnementaux, la détermination des habitats naturels s'appuie essentiellement sur la végétation qui constitue le meilleur intégrateur des conditions écologiques d'un milieu (Bensettiti et al., 2001).

Malgré cela, les termes « habitat naturel », couramment utilisés dans les typologies et dans les guides méthodologiques sont retenus ici pour caractériser les végétations par souci de simplification.

2.1 Habitats et milieux naturels

2.1.1 Eléments bibliographiques

Dans ce secteur géographique, la végétation indigène à forte valeur patrimoniale n'existe plus. D'après la bibliographie, la zone d'étude était avant l'arrivée de l'homme recouverte par une formation à grands Erica (Ex Philippia) dite « Avounes », ou étage oligotherme hygrophile (Th Cadet 1989). Aujourd'hui, à l'échelle de l'île, cette végétation existe toujours et est plutôt représentée dans les hauteurs de l'île. Toutefois, cette végétation est bien souvent menacée par les incendies et aussi par l'emprise des Espèces Exotiques Envahissantes (EEE) qui sont bien présentes à cet étage d'altitude.

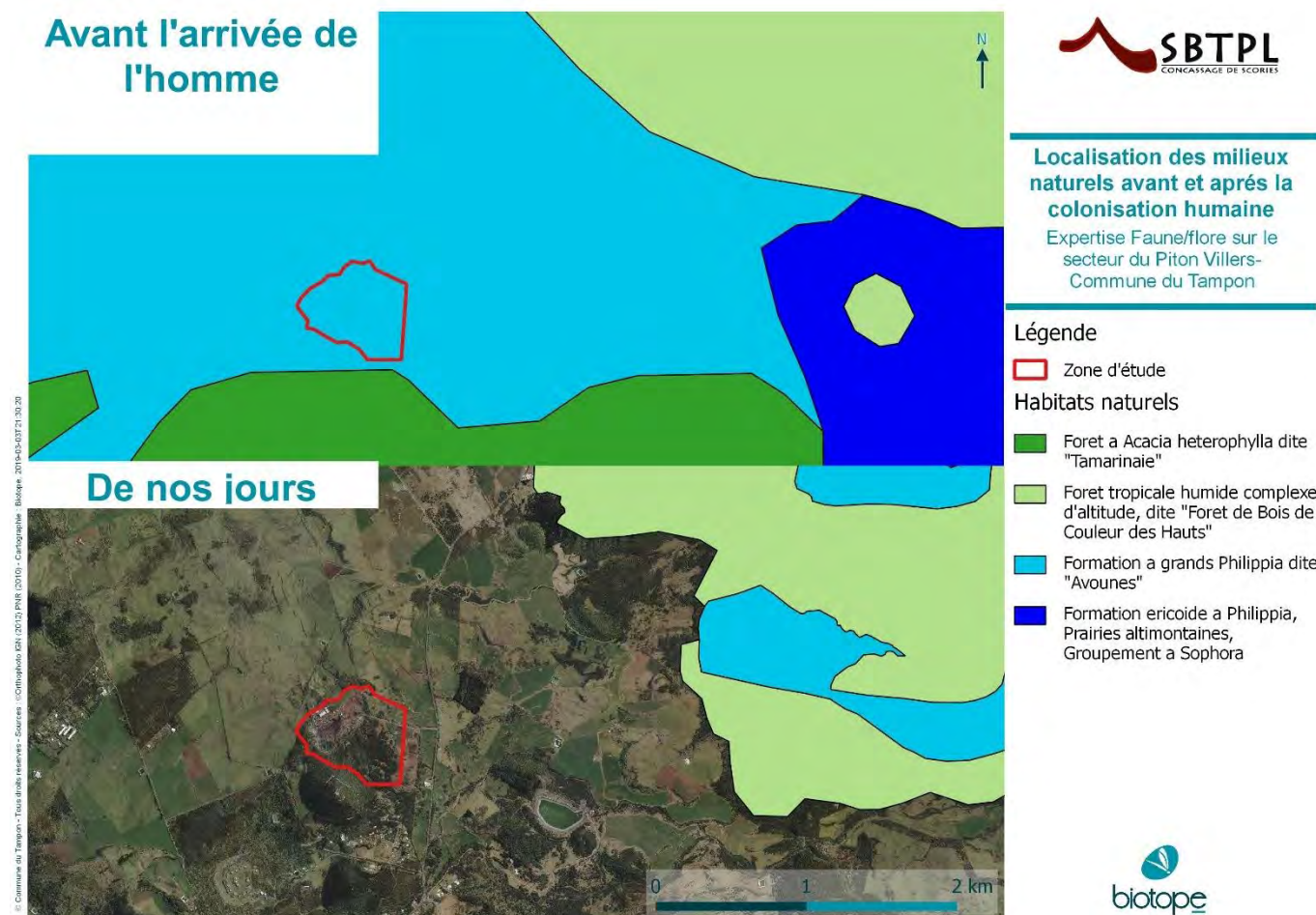
Concernant les zones d'étude, la bibliographie (PNR 2010) ne mentionne pas d'habitats indigènes (conservés ou dégradés) dans ce secteur, mais uniquement à proximité à un peu plus de 2 km à l'est de la zone d'étude (forêt de bois de couleurs des Hauts ou forêt tropicale humide d'altitude).

Ainsi, d'après les données bibliographiques, dans cette zone géographique la végétation indigène à forte valeur patrimoniale n'existe plus. Aucun habitat remarquable n'est mentionné au sein de la zone d'étude.

La carte ci-après présente l'occupation globale des habitats naturels indigènes à proximité de la zone d'étude.

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Carte 6 : Evolution temporelle des habitats naturels (Source : PNR, 2010)



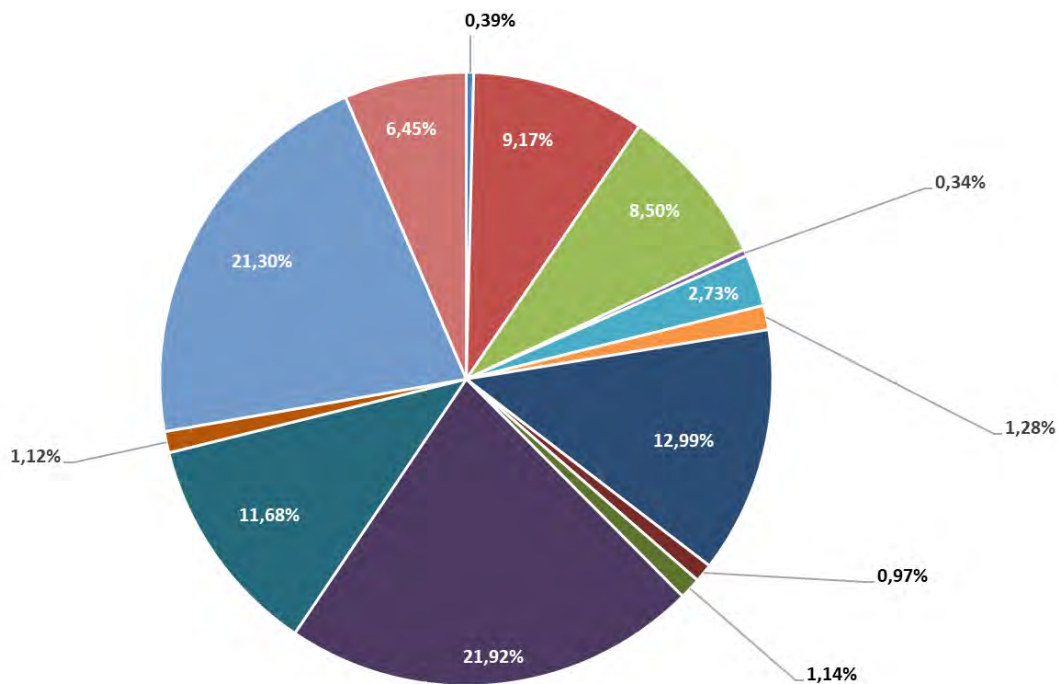
2.1.2 Habitats recensés sur l'aire d'étude

Au droit de l'aire d'étude rapprochée, l'expertise des végétations met en évidence 4 grands ensembles :

- Les **habitats humides / marécageux**, liés à des fougères pionnières s'installant à des altitudes moyennes à élevées ;
- Les **habitats de l'étage mésotherme hygrophile** dans lesquels il est possible de différencier les habitats indigènes et les végétations secondaires. Les **habitats indigènes** composés essentiellement d'espèces indigènes ; mais souvent dégradés par la présence de quelques EEE (Espèces Exotiques Envahissantes). **Des végétations secondaires, constituées par des espèces exotiques** pour la plupart envahissantes, situées sur l'ensemble de la zone d'étude ;
- Les **habitats de l'étage oligotherme (altitude élevée)** dans lesquels il est aussi possible de différencier les habitats indigènes et les végétations secondaires.
- **Des habitats liés à l'artificialisation du milieu** (activités humaines, dont la zone actuelle d'exploitation de carrière). Elles constituent la majorité des végétations représentées sur l'aire d'étude rapprochée.

Les habitats ont été décrits selon la typologie des habitats de la Réunion (TDHR, CBNM, 2014), mais le cas échéant en absence de corrélation, Corine Biotope Réunion de 2010 a été indiquée (CBR, Dupont et Al 2010).

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune



- TDHR 2.2.3.5 Fougeraie à Dicranopteris linearis et Sticherus flagellaris
- TDHR 5.1.2.1 Fourré de montagne à Erica reunionensis de type Avoune
- TDHR 5.1.3.1 Forêt à Acacia heterophylla et Erica reunionensis
- TDHR 5.1.3.6 Formations secondaires à Acacia mearnsii
- TDHR 6.1.2.8 Fourrés secondaires d'altitude à Ulex europaeus
- TDHR 6.2.1.10 Tomillar frais à Erica galioides
- CBR 81.20 prairies humides améliorées
- CBR 83.30 cultures traditionnelles
- CBR 84.10 écrans d'arbres
- CBR 86.41 carrières, sablières
- CBR 87.19 terrains en friches DOM
- CBR 89.26 retenues agricoles
- Défrichements
- CBR 86.30 sites industriels actifs

Figure 2 : Représentativité des habitats

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Habitats marécageux

- TDHR 2.2.3.5 Fougeraie à *Dicranopteris linearis* et *Sticherus flagellaris* (Habitat naturel)

Code Corine Biotope : 39.4133 Groupement pionnier à *Sticherus flagellaris* et/ou *Dicranopteris linearis* (Réunion)

Localisation sur les zones d'études : ponctuellement au sein de la zone d'étude.

Dans le cadre de cette étude, cet habitat est représenté par une fougeraie monospécifique *Sticherus flagellaris*. Il s'agit d'une espèce pionnière se développant préférentiellement sur les sols récemment remaniés ou alors, comme c'est le cas dans le cadre de cette étude sur des talus pentus.

Habitats de l'étage mésotherme

- TDHR 5.1.2.1 Fourrés de montagne à *Erica reunionensis* de type Avoune (Habitat naturel)

Code Corine Biotope : 39.4111 Fourrés de montagne à *Erica reunionensis* de type avoune sur planèze (Réunion)

Localisation sur les zones d'études : à l'est de la zone d'étude.

Cette végétation arbustive fermée haute de 4-5 mètres est composée essentiellement par une espèce endémique de la Réunion, le Branle vert, *Erica reunionensis*. Cette dernière espèce bien que dominante est accompagnée par des espèces dites pionnières (Ambaville blanc (*Hubertia ambavilla*)), Branle blanc (*Stoebe passerinoides*) ...). Les conditions édaphiques et d'humidité (sols désaturés perhydratés) limitent les potentialités d'installation des espèces végétales, ce qui explique l'abondance de ces espèces, dites pionnières, qui colonisent des milieux pauvres et la présence d'une strate épiphytique riche par endroits.

Il est à noter que du fait de la dominance du Branle vert (*Erica reunionensis*), qui est une espèce végétale endémique de La Réunion, cet habitat constitue lui aussi **un habitat endémique de La Réunion**.

- TDHR 5.1.3.1 Forêt à *Acacia heterophylla* et *Erica reunionensis* (Habitat naturel)

Code Corine Biotope : 49.3145 Forêt à *Acacia heterophylla* et *Erica reunionensis* (Réunion)

Localisation sur les zones d'études : Ensemble de la zone d'étude surtout dans sa zone sud.

Cette végétation arborée à arbustive est caractérisée par une végétation mixte constituée d'une strate arborée (généralement dominée par le Tamarin des Hauts, *Acacia heterophylla*) et d'une strate arbustive (dominée par le branle vert). A la différence des fourrés à branles verts pauvres en termes de diversité spécifique, cette dernière est beaucoup plus importante au sein des différentes strates de cet habitat. On peut ainsi y retrouver fréquemment des « Mahot » (*Dombeya ficulnea*) et des « Bois maigre » (*Nuxia verticillata*) et autres espèces indigènes qui constituent la strate arborée et une dominance de branle verts concernant la strate arbustive. La strate herbacée et la strate épiphytique sont bien représentées dans cet habitat.

Il est à noter que du fait de la dominance du Branle vert (*Erica reunionensis*) et du Grand Tamarin des Hauts (*Acacia heterophylla*), qui sont des espèces végétales endémiques de La Réunion, cet habitat constitue lui aussi **un habitat endémique de La Réunion**.

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune



Figure 3 : Forêt à *Acacia heterophylla* et *Erica reunionensis* (©BIOTOPE, 2018)

- TDHR 5.1.3.6 Formations secondaires à *Acacia mearnsii* (Habitat secondaire)

Code Corine Biotope : 87.1956 Formations secondaires à *Acacia mearnsii*

Localisation sur les zones d'études : ponctuellement au sud-est de la zone d'étude.

Cet habitat secondaire se forme entre 1000 et 2000 mètres d'altitude et est caractérisé par une stratification bien structurée en 3 strates ; une strate arbustive haute (6-8m) dominée par *Acacia mearnsii*, une strate arbustive basse plus clairsemée (branle vert, bringellier marron (*Solanum mauritianum*), ajonc d'Europe) et une strate herbacée dense.

Habitats de l'étage mésotherme

- TDHR 6.1.2.8 Fourré secondaire à *Ulex europaeus* (Habitat secondaire)

Code Corine Biotope : 87.1957 Fourrés secondaires d'altitude à *Ulex europaeus*

Localisation sur les zones d'études : Ensemble de la zone d'étude.

Il s'agit d'une formation secondaire se situant préférentiellement au sein de l'étage oligotherme mais qui peut être retrouvée à altitude moyenne au sein de l'étage mésotherme. L'espèce dominante de ce fourré bas (2-3 mètres) est composée par l'Ajonc d'Europe et constitue une végétation dense et homogène présentant une diversité spécifique très faible.

- TDHR 6.1.1.10 Tomillar frais à *Erica galioides* (Habitat naturel)

Code Corine Biotope : 39.4325 Pelouse à *Erica galioides* (Réunion)

Localisation sur les zones d'études : Ensemble de la zone d'étude.

Il s'agit d'une formation naturelle monospécifique se situant préférentiellement au sein de l'étage oligotherme. L'espèce dominante de cette lande basse (0.2 mètres) est composée par le thym marron (*Erica galioides*) et constitue une végétation dense et homogène présentant une diversité spécifique très faible. Seules quelques Ambavilles blancs y ont été retrouvées de manière sporadique.

Il est à noter que du fait de la dominance du Thym marron (*Erica galioides*), qui est une espèce végétale endémique de La Réunion, cet habitat constitue lui aussi **un habitat endémique de La Réunion**.

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune



Figure 4 : Tomillar frais à *Erica galioides* (©BIOTOPE, 2018)

Autres habitats anthropiques (CBR Réunion)

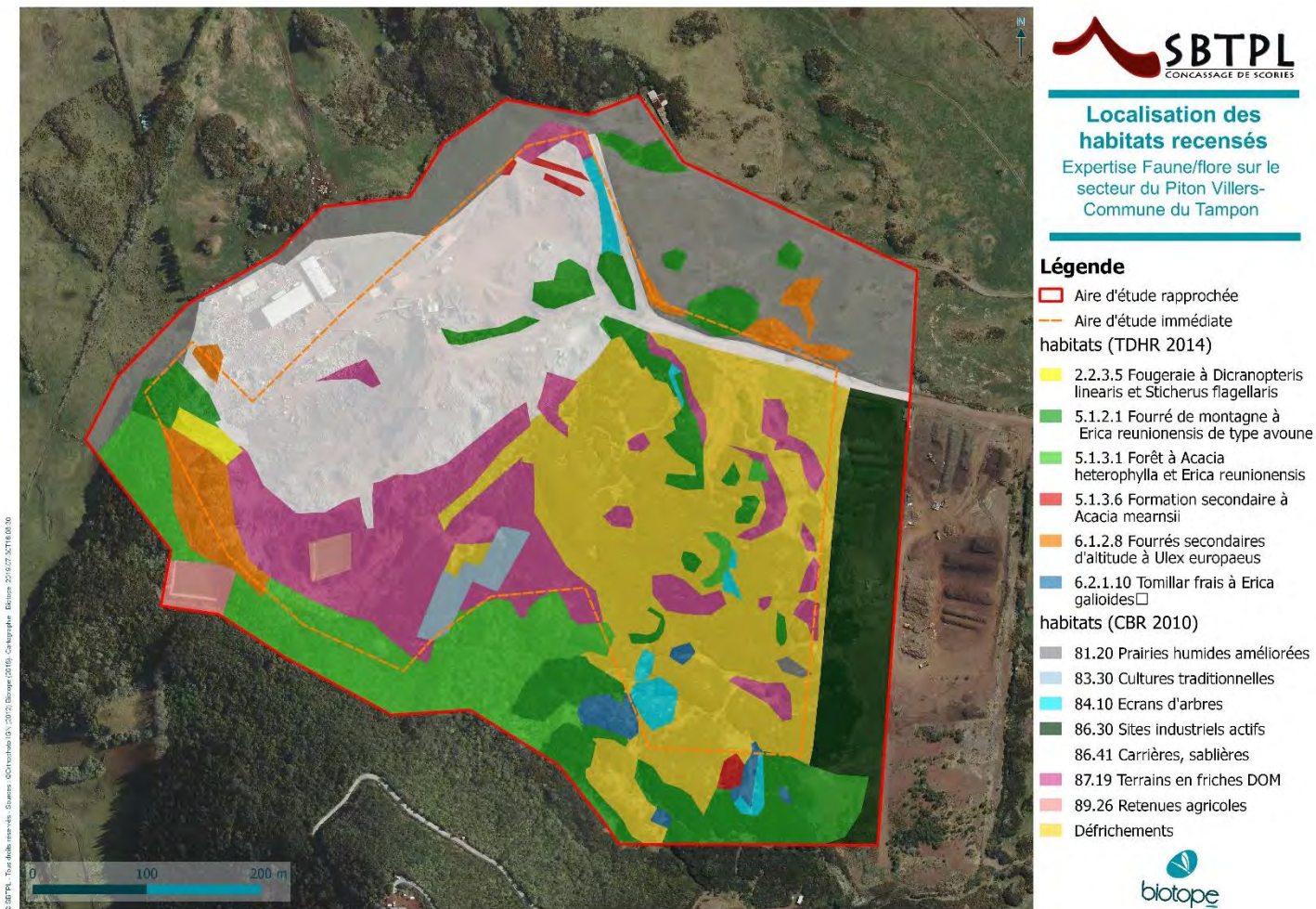
Il s'agit ici des routes, des aménagements liés aux activités urbaines (carrière, écrans d'arbres...), les zones rudérales, les zones en friches, les défrichements et les prairies humides améliorées à destination du pâturage rencontrés sur l'ensemble de la zone d'étude. Il est à noter que la majorité de la zone d'étude est représenté par ce type d'activité notamment la zone d'exploitation actuelle de la carrière et des défrichements.

Il est à noter aussi la présence à l'est de la zone d'étude d'un centre de récupération de végétaux classés dans cette étude en « sites industriels actifs ».

2

Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Carte 7 : Habitats naturels et semi-naturels identifiés



Propriété de Biotope
Ne peut être diffusée sans
autorisation préalable de Biotope

Diagnostic écologique

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

2.1.3 Bio-évaluation des végétations

Ce chapitre présente une synthèse des enjeux liés aux végétations recensées sur l'aire d'étude rapprochée. Chacune d'entre elles a fait précédemment l'objet d'une présentation synthétique reprenant les principales caractéristiques de ces habitats.

L'aire d'étude est majoritairement représentée par des habitats liés aux activités anthropiques. Les végétations spontanées sont caractérisées par une flore exotique commune et envahissante au sein des fourrés secondaires ou des zones rudérales.

Cependant, en périphérie des secteurs déjà exploités et au profit de certains talus non défrichés, certains habitats indigènes représentent des enjeux patrimoniaux forts avec la présence d'espèces indigènes et endémiques :

TDHR 5.1.2.1 Fourré de montagne à *Erica reunionensis* de type Avoune

TDHR 5.1.3.1 Forêt à *Acacia heterophylla* et *Erica reunionensis*

TDHR 6.2.1.10 Tomillar frais à *Erica galioides*

Les fourrés de montagne à *Erica reunionensis* se caractérisent par une diversité spécifique faible (ce qui est en adéquation avec la bibliographie, car dominée par une espèce pionnière indigène) et sont généralement en mauvais état de conservation (défrichements propres, présence humaine forte). Les forêts à *Acacia heterophylla* et *Erica reunionensis* sont caractérisés par un taux d'indigénat important (plus élevé par rapport aux autres habitats). Les recouvrements peuvent être aussi bien en faveur des espèces indigènes que des espèces exotiques. Tout dépend dans ce cadre de l'état de dégradation de cet habitat qui peut être envahi par l'acacia, le goyavier (*Psidium cattleianum*) ou l'ajonc d'Europe. Enfin, les landes à Thym marron (*Erica galioides*) présentent **un état de conservation remarquable** avec la présence ponctuelle de quelques Espèces Exotiques Envahissantes.

L'enjeu phytocœnotique de l'aire d'étude immédiate peut ainsi être considéré comme extrêmement limité au regard de la prédominance des milieux anthropiques (carrière, défrichements...) et de l'état de conservation très dégradé des milieux semi-naturels (fourrés arbustifs et arborées secondaires).

Le secteur sud et certains talus sont ainsi considérés comme fort en raison de la présence d'habitats naturels, considérés comme patrimoniaux à l'échelle de l'île, et abritant ponctuellement des espèces remarquables.

Pour résumer, les enjeux liés aux habitats naturels sont faibles au niveau des zones d'exploitations de carrière et des défrichements, et « forts » dans le secteur sud et au niveau de certains talus, en fonction des composantes naturelles mises en évidence, à savoir (Cf. tableau ci-après pour plus de détails). On y observe :

- 4 habitats d'intérêt écologique REDOM (Intérêt Eco-Régional)
- 4 habitat déterminant ZNIEFF de type 1
- 1 habitat reconnu comme rare et 2 habitats reconnus comme assez rares à l'échelle de l'île.

Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Tableau 3 : Liste des habitats recensés sur la zone d'étude rapprochée (Source : ©BIOTOPE, 2018, CBNM 2014 et DEAL 2010)

Habitats (TDHR 2014)	HABITATS (Corine Biotope 2010)	CBNM (inédit) Référentiel typologique des milieux naturels et des habitats de la Réunion (Dupont J., Strasberg D. et Rameau J-C., Décembre 2000)			Habitats REDOM	Habitats Déterminants ZNIEFF			Enjeux
		Rareté Réunion	Naturalité	Endémicité		Habitats d'intérêt éco-régional	Det-1	Det-2		Condition
Habitats des Zones Humides									
2.2.3.5 <i>Fougeraie à Dicranopteris linearis et Sticherus flagellaris</i>	39.4133 <i>groupement pionnier à Sticherus flagellaris et/ou Dicranopteris linearis (Réunion)</i>	?	Végétation Naturelle ou quasi naturelle	Non endémique	oui	oui	0	0	Moyen
Habitats de l'étage mésotherme									
5.1.2.1 <i>Fourré de montagne à Erica reunionensis de type Avoune</i>	39.4111 <i>fourrés de montagne à Erica reunionensis de type avoune sur planèze (Réunion)</i>	Assez rare ?	Végétation Naturelle ou quasi naturelle	Endémique	oui	oui	0	0	Fort
5.1.3.1 <i>Forêt à Acacia heterophylla et Erica reunionensis</i>	49.3145 <i>forêt à Acacia heterophylla et Erica reunionensis (Réunion)</i>	Assez rare	Végétation Naturelle ou quasi naturelle	Endémique	oui	oui	0	0	Fort
5.1.3.6 <i>Formations secondaires à Acacia mearnsii</i>	87.1956 <i>formations secondaires à Acacia mearnsii</i>	Peu commun	Végétation Secondaire	Non endémique	0	0	0	0	Faible
Habitats de l'étage altimontain (= oligotherme)									
6.1.2.8 <i>Fourrés secondaires d'altitude à Ulex europaeus</i>	87.1957 <i>fourrés secondaires d'altitude à Ulex europaeus</i>	Rare	Végétation Secondaire	Non endémique	0	0	0	0	Faible

Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Habitats (TDHR 2014)	HABITATS (Corine Biotope 2010)	CBNM (inédit) Référentiel typologique des milieux naturels et des habitats de la Réunion (Dupont J., Strasberg D. et Rameau J.-C., Décembre 2000)			Habitats REDOM	Habitats Déterminants ZNIEFF			Enjeux
		Rareté Réunion	Naturalité	Endémicité		Habitats d'intérêt éco-régional	Det-1	Det-2		Condition
6.2.1.10 Tomillar frais à <i>Erica galioides</i>	39.4325 pelouse à <i>Erica galioides</i> (Réunion)	Rare	Végétation Naturelle ou quasi naturelle	Endémique	oui	oui	0	0	Fort
Habitats anthropiques									
Non codé	81.20 prairies humides améliorées	0	0	0	0	0	0	0	Nul
Non codé	83.30 cultures traditionnelles	0	0	0	0	0	0	0	Nul
Non codé	84.10 écrans d'arbres	0	0	0	0	0	0	0	Nul
Non codé	86.30 sites industriels actifs	0	0	0	0	0	0	0	Nul
Non codé	86.41 carrières, sablières	0	0	0	0	0	0	0	Nul
Non codé	87.19 terrains en friches DOM	0	0	0	0	0	0	0	Nul
Non codé	89.26 retenues agricoles	0	0	0	0	0	0	0	Nul

* CBNM (inédit) Référentiel typologique des milieux naturels et des habitats de la Réunion (2014)

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

2.2 Flore


La synthèse proposée ici s'appuie sur les observations réalisées dans le cadre du présent travail, sur une analyse des potentialités d'accueil des milieux naturels de l'aire d'étude rapprochée et sur la bibliographie récente disponible.

Pour rappel, l'expertise de terrain de la flore a été menée sur l'aire d'étude rapprochée et a concerné la flore vasculaire (phanérogames, fougères et plantes alliées).

2.2.1 Généralités

Sur l'ensemble des relevés floristiques réalisés, **122 espèces végétales ont été recensées sur la zone d'étude rapprochée** :

- 83 espèces indigènes ;
- 2 espèces dont le statut est incertain mais dont l'hypothèse la plus probable est une origine indigène ;
- 34 espèces exotiques ;
- 1 espèce dont le statut est incertain mais dont l'hypothèse la plus probable est une origine exotique ;
- 2 espèces dont le statut est aujourd'hui indéterminé par manque d'informations.

 Cf. Annexe 3 - Liste de la flore recensée au droit de la zone d'étude rapprochée.

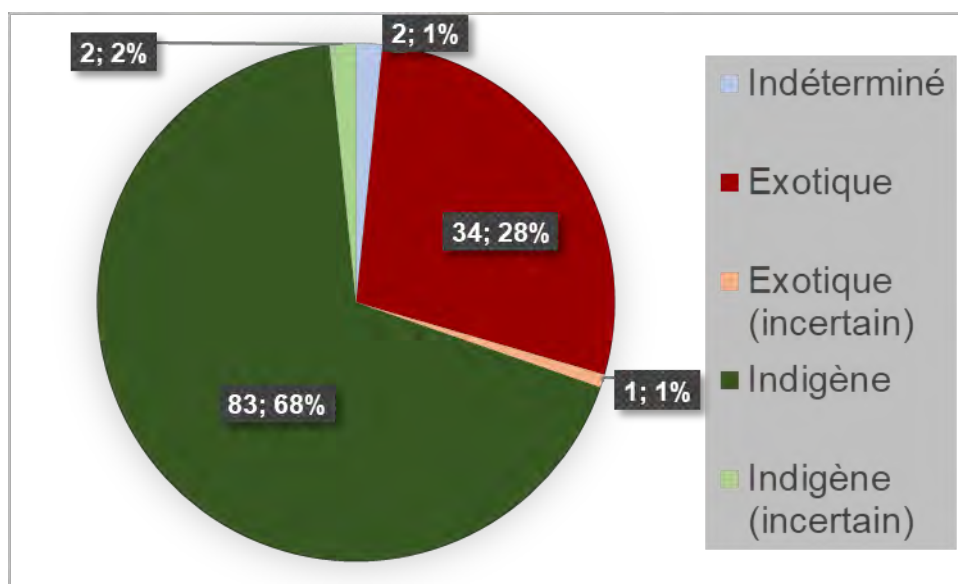


Figure 5 : Diagramme de représentativité des espèces végétales recensées dans la zone d'étude rapprochée

En termes de diversité spécifique, les formations rencontrées au sein de la zone d'étude, malgré la présence de nombreux habitats secondaires fortement dégradés ou des habitats artificialisés (carrières, défrichements...), sont représentés par une flore majoritairement constituée d'espèces indigènes. Ce sont les habitats naturels dont les fourrés humides à *Erica reunionensis* et les forêts à *Acacia heterophylla* et *Erica reunionensis* qui sont généralement concernés par ce ratio favorable Indigène/exotique.

En termes d'abondance et de représentativité, la flore exotique constitue souvent l'élément dominant des différents relevés floristiques réalisés (même au sein des habitats naturels).

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Plusieurs espèces présentent un caractère envahissant, de même que de nombreuses espèces sont rudérales.

Ainsi, malgré une diversité spécifique largement en faveur des espèces indigènes, **la flore inventoriée est souvent représentée par une flore exotique dominante** en termes de recouvrement. Cela témoigne d'une **qualité écologique moyenne des milieux présents** sur l'aire d'étude.



Figure 6 : Orchidée épiphyte (*Angraecum expansum*), espèce indigène (©BIOTOPE, 2018)

Par grand type de milieux, la flore recensée présente les caractéristiques suivantes :

- Les différentes de l'étage mégatherme hygrophile présentent des taux d'indigénat très forts, ainsi qu'une diversité spécifique importante.
- L'étage oligotherme se caractérise soit par un recouvrement monospécifique exotique (Ajonc d'Europe) soit endémique (Thym marron). La diversité spécifique y est donc faible et le taux d'indigénat est fonction de l'habitat recensé.
- Les habitats marécageux abritent essentiellement des espèces indigènes communes (diversité et recouvrement). Le taux d'indigénat y est fort mais la diversité spécifique y est faible. Cet habitat se caractérise par des espèces communes à fort pouvoir de recouvrement.
- Enfin, les zones anthropiques se caractérisent par une diversité très faible en espèces indigènes.

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune



Figure 7 : Orchidée terrestre commune (*Cynorkis riddleyi*), espèce indigène (©BIOTOPE, 2018)

Les espèces indigènes (et indigènes « incertain » selon l'index Mascarine V1.2017) sont *in fine* représentées par 85 taxons dont certains peu communs sur l'île.

2.2.2 Flore indigène protégée

(Référence : Arrêté ministériel du 27 Octobre 2017 protégeant les espèces végétales à La Réunion)

Dans la zone d'étude, aucune espèce protégée n'a été recensée. Au vu des habitats rencontrés, les potentialités de développement d'espèces protégées restent possibles notamment au sein des milieux naturels mieux conservés en contrebas du Piton Villiers.

2.2.3 Flore indigène rare/menacée

Les espèces indigènes rares et/ou menacées correspondent aux espèces présentant un statut de patrimonialité intégrant :

- La liste rouge UICN selon les critères « En Danger Critique (CR) », « En Danger (EN) » ou « Vulnérable (VU) »,
- Le caractère déterminant ZNIEFF,
- Le caractère complémentaire ZNIEFF sous conditions (présentant un intérêt écologique certain du fait de leur seule présence dans la zone d'étude considéré).

Dans la zone d'étude, 3 espèces patrimoniales présentant des enjeux écologiques forts ont été recensées : *Angraecum microphyton*, *Dombeya ferruginea* et *Peperomia rotundifolia*. *Angraecum microphyton* se retrouve principalement dans les fourrés à *Erica reunionensis* tandis que *Dombeya ferruginea* et *Peperomia rotundifolia* sont localisés dans les forêts à *Acacia heterophylla* et *Erica reunionensis*, ainsi que dans les fourrés à *Erica*.

29 espèces indigènes présentent des enjeux moyens.

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune



Figure 8 : *Angraecum microphyton*, espèce patrimoniale, enjeu écologique fort (©BIOTOPE, 2018)

Par ailleurs, il est à noter qu'une autre espèce patrimoniale présentant un enjeu de conservation fort est connue à proximité de la zone d'étude : l'orchidée terrestre *Disa borbonica*. Cette espèce est également déterminante de ZNIEFF et est classée « Taxon de préoccupation mineure » à l'IUCN (2010). Plusieurs stations sont connues au sud-est de la zone d'étude. Cette orchidée terrestre considérée comme « rare » se développe préférentiellement dans l'étage oligotherme au sein des landes matorrals de la Réunion. Il est possible dans de bonnes conditions de trouver des colonies de tailles importantes.

52 espèces indigènes présentent des enjeux faibles.

29 espèces indigènes présentent par ailleurs des enjeux de conservation moyen :

- 27 sont complémentaires de ZNIEFF,
- 20 sont endémiques strictes de La Réunion,
- 1 espèce fait partie de l'ancienne liste de protection de plantes de la Réunion (6 février 1987) ; *Beclardia macrostachya*, complémentaire de ZNIEFF et classée « Taxon quasi menacé » à l'IUCN 2010.
- 1 autre espèce classée « Taxon quasi menacé » à l'IUCN 2010. Il s'agit d'un arbuste, le Catafaïlles à petites feuilles, *Melicope codeana*.

Le tableau suivant reprend la bioévaluation des espèces indigènes à enjeux.

Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Tableau 4 : Bio évaluation de la flore indigène spontanée sur la zone d'étude rapprochée (©BIOTOPE, 2019 CBNM 2017, DEAL 2000)

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	ENDÉMICITÉ	PROTECTION RÉGIONALE	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	ENJEU
<i>Disa borbonica</i> Balf. f. et S. Moore		Réunion	Taxon non protégé	Taxon insuffisamment documenté	Déterminant	Fort (présent à proximité 500 mètres)
<i>Angraecum microphyton</i> (Frapp.) Schltr.		Réunion	Taxon non protégé	Non concerné	Déterminant	Fort
<i>Dombeya ferruginea</i> Cav.	Petit mahot noir	Réunion, Maurice	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Déterminant	Fort
<i>Peperomia rotundifolia</i> (L.) Kunth		Non concerné	Taxon non protégé	Taxon insuffisamment documenté	Déterminant	Fort
<i>Angraecum expansum</i> Thouars	Petit faham	Réunion, Maurice	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Angraecum obversifolium</i> Frapp.		Réunion, Maurice	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Beclardia macrostachya</i> (Thouars) A. Rich.		Madagascar et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon quasi menacé	Complémentaire	Moyen
<i>Bulbophyllum cylindrocarpum</i> Frapp.		Madagascar et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Chassalia gaertneroides</i> (Cordem.) Verdc.	Bois de lousteau	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Costularia melicoides</i> (Poir.) C.B. Clarke		Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Cynorkis squamosa</i> (Poir.) Lindl.		Réunion, Maurice	Taxon non protégé	Taxon insuffisamment documenté	Complémentaire	Moyen
<i>Dombeya elegans</i> Cordem.	Mahot rose	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Dombeya ficulnea</i> Baill.	Mahot	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Embelia angustifolia</i> (A. DC.) A. DC.	Liane savon	Réunion, Maurice	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Erica arborescens</i> (Willd.) E.G.H. Oliv.	Branle filao	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Erica galioides</i> Lam.	Thym marron	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Festuca borbonica</i> Spreng.		Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Forgesia racemosa</i> J.F. Gmel.	Bois de Laurent-Martin	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Helichrysum heliotropifolium</i> (Lam.) DC.	Velours blanc	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Hubertia tomentosa</i> Bory	Ambaville blanche	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Hypericum lanceolatum</i> Lam. subsp. <i>angustifolium</i> (Lam.) N. Robson	Fleur jaune	Réunion	Taxon non protégé	Non concerné	Complémentaire	Moyen
<i>Melicope coodeana</i> T.G. Hartley	Bois de catafaille à petites feuilles	Réunion	Taxon non protégé	Taxon quasi menacé	Complémentaire	Moyen

2

Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	ENDÉMICITÉ	PROTECTION RÉGIONALE	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	ENJEU
<i>Melicope obtusifolia</i> (DC.) T.G. Hartley	Gros patte poule	Réunion, Maurice	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Monimia rotundifolia</i> Thouars	Mapou à grandes feuilles	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Nastus borbonicus</i> J.F. Gmel.	Calumet	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Pandanus montanus</i> Bory	Pimpin	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Phylica nitida</i> Lam.	Ambaville	Réunion, Maurice	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Pilea sessilifolia</i> (Poir.) Wedd.		Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Psiadia anchusifolia</i> (Poir.) Cordem.	Bouillon blanc	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Psiadia boivinii</i> (Klatt) Rob.	Bouillon blanc	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Psiadia laurifolia</i> (Lam.) Cordem.	Bois de tabac	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Sideroxylon borbonicum</i> DC.	Bois de fer bâtard	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Weinmannia tinctoria</i> Sm.	Tan rouge	Réunion, Maurice	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Moyen
<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	Capillaire	Non concerné	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Agarista buxifolia</i> (Comm. ex Lam.) G. Don	Petit bois de rempart	Madagascar et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Agarista salicifolia</i> (Comm. ex Lam.) G. Don	Bois de rempart	Non concerné	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Antirhea borbonica</i> J.F. Gmel.	Bois d'osto	Madagascar et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Antrophyum boryanum</i> (Willd.) Spreng.	Langue de boeuf	Madagascar, Comores et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Aphloia theiformis</i> (Vahl) Benn.	Change-écorce	Non concerné	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Asplenium aethiopicum</i> (Burm. f.) Bech.		Non concerné	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Asplenium affine</i> Sw.		Non concerné	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Asplenium daucifolium</i> Lam.		Madagascar, Seychelles et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Bulbophyllum nutans</i> (Thouars) Thouars	Ti carambole	Madagascar et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Ceradenia argyrata</i> (Bory ex Willd.) Parris		Madagascar et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Clematis mauritiana</i> Lam.	Liane arabique	Madagascar et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible

2

Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	ENDÉMICITÉ	PROTECTION RÉGIONALE	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	ENJEU
<i>Cynorkis coccinelloides</i> (Frapp.) Schltr.		Madagascar et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Cynorkis ridleyi</i> T. Durand et Schinz		Madagascar, Comores et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon insuffisamment documenté	Non concerné	Faible
<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	Bois d'arnette	Non concerné	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Elaphoglossum angulatum</i> (Blume) T. Moore		Non concerné	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Humbertacalia tomentosa</i> (Lam.) C. Jeffrey	Petite liane blanche	Madagascar et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Hymenophyllum inaequale</i> (Poir.) Desv.		Non concerné	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Hypericum lanceolatum</i> Lam.	Fleur jaune	Comores et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Hypericum lanceolatum</i> Lam. subsp. <i>lanceolatum</i>	Fleur jaune	Comores et Mascareignes	Taxon non protégé	Non concerné	Non concerné	Faible
<i>Lomaridium attenuatum</i> (Sw.) Gasper et V.A.O. Dittrich	Première fougère des laves	Non concerné	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Lomariocycas tabularis</i> (Thunb.) Gasper et A.R. Sm.	Fausse osmonde	Non concerné	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Lycopodiella cernua</i> (L.) Pic.Serm.	Fougère décorative	Non concerné	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Oleandra distenta</i> Kunze	Fougère liane	Non concerné	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Phlegmariurus ophioglossoides</i> (Lam.) A.R. Field et Bostock		Non concerné	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Pleopeltis macrocarpa</i> (Bory ex Willd.) Kaulf.		Non concerné	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Polystichum ammifolium</i> (Poir.) C. Chr.		Madagascar et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Fougère aigle	Non concerné	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Rubus apetalus</i> Poir. var. <i>apetalus</i>	Ronce blanche	Non concerné	Taxon non protégé	Non concerné	Non concerné	Faible
<i>Satyrium amoenum</i> (Thouars) A. Rich.		Madagascar, Comores et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Smilax anceps</i> Willd.	Croc de chien	Non concerné	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Sticherus flagellaris</i> (Bory ex Willd.) Ching		Madagascar, Seychelles et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Toddalia asiatica</i> (L.) Lam.	Liane patte poule	Non concerné	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible

Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	ENDÉMICITÉ	PROTECTION RÉGIONALE	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	ENJEU
<i>Vittaria isoetifolia</i> Bory		Non concerné	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Acacia heterophylla</i> Willd.	Tamarin des hauts	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Alsophila borbonica</i> (Desv.) R.M. Tryon	Fanjan mâle	Réunion, Maurice	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Alsophila glaucifolia</i> R.M. Tryon	Fanjan femelle	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Asplenium nitens</i> Sw.		Réunion, Maurice	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Astelia hemichrysa</i> (Lam.) Kunth	Ananas marron	Réunion, Maurice	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Claoxylon glandulosum</i> Boivin ex Baill.	Gros bois d'oiseaux	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Cordyline mauritiana</i> (Lam.) J.F. Macbr.	Canne marronne	Réunion, Maurice	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Elaphoglossum splendens</i> (Bory ex Willd.) Brack.		Réunion, Maurice	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Erica reunionensis</i> E.G.H. Oliv.	Branle vert	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Eugenia buxifolia</i> Lam.	Bois de nèfles à petites feuilles	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Faujasia salicifolia</i> (Pers.) C. Jeffrey	Chasse vieillesse	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Hubertia ambavilla</i> Bory	Ambaville	Réunion, Maurice	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Jumellea triquetra</i> (Thouars) Schltr.		Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Nuxia verticillata</i> Lam.	Bois maigre	Réunion, Maurice	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Peperomia elliptica</i> (Lam.) A. Dietr.		Réunion, Maurice	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Phyllanthus phillyreifolius</i> Poir.	Faux bois de demoiselle	Réunion, Maurice	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Stoebe passerinoides</i> (Lam.) Willd.	Branle blanc	Réunion	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible
<i>Juncus effusus</i> L.	Jonc	Non concerné	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Faible

2

Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Carte 8 : Flore remarquable et Habitats d'espèces



Localisation de la flore remarquable et des habitats d'espèces

Expertise Faune/flore sur le secteur du Piton Villers-Commune du Tampon

Légende

- Aire d'étude rapprochée
- Aire d'étude immédiate
- Espèces remarquables à enjeux forts
- Angraecum microphyton (Frapp.) Schltr., 1915
- Dombeya ferruginea Cav., 1787
- Peperomia rotundifolia (L.) Kunth, 1816
- habitats d'espèces remarquables
- Enjeux forts
- Enjeux moyens



Propriété de Biotope
Ne peut être diffusée sans
autorisation préalable de Biotope

Diagnostic écologique

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

2.2.4 Flore exotique

Les espèces invasives sont relativement bien connues, au moins pour les plus agressives, notamment grâce aux divers travaux de l'UICN [Veitch et al. 2011 ; Macdonald 2010 ; U.I.C.N., 2008 et 2012].

Les habitats de l'aire d'étude, abritent de nombreuses espèces exotiques dont plusieurs à caractère envahissant (indice d'invasibilité 4 à 5 selon l'index de la flore vasculaire de la Réunion (v2017.1), à risque d'invasion fort pour les milieux naturels (notamment l'indice d'invasibilité 2P selon l'index de la flore vasculaire de la Réunion – LAVERGNE, 2016) ou des espèces émergentes (taxon envahissant dans les milieux anthropisés et présent dans certains milieux naturels sans être pour le moment envahissant (classe 3+). Les classes des espèces appréhendées ici sont les suivantes :

Tableau 5 : INVASIBILITÉ [entre parenthèse, le code du critère d'invasibilité selon LAVERGNE, 2016) (CBNM 2016)

INVASIBILITÉ [entre parenthèse, le code du critère d'invasibilité selon LAVERGNE, 2016)	RISQUE INVASIF
Taxon très envahissant en milieu naturel avec impact avéré ou supposé (5)	Espèce très invasive
Taxon envahissant en milieu naturel avec impact modéré ou non connu (4)	Espèce invasive
Taxon envahissant dans les milieux anthropisés et présent dans certains milieux naturels sans être pour le moment envahissant (espèces émergentes) (3+)	Espèce émergente
Taxon potentiellement envahissant Préoccupant, cultivé ou non cultivé, naturalisé et envahissant dans seulement 1-2 localités, connu pour être envahissant ailleurs dans d'autres régions ou îles du monde (2p)	Risque invasion fort

Les inventaires ont ainsi montré que la zone d'étude est concernée par la problématique des EEE. Ainsi, **près de 28% des espèces recensées sont considérées comme exotiques**. Sur les 122 espèces végétales recensées, 21 espèces sont reconnus « envahissantes ou très envahissantes en milieu naturel » selon l'indice d'invasibilité de la flore des Mascareignes (v 2017.1). Ces espèces sont listées dans le tableau ci-dessous. Les espèces les plus problématiques sur la zone d'étude sont l'acacia (*Acacia mearnsii*), l'ajonc d'Europe (*Ulex europaeus*) et la flouve odorante (*Anthoxanthum odoratum*).



Figure 9 : l'Ajonc d'Europe, *Ulex europaeus*, (à gauche) et le lierre, *Hederix helix* (à droite) (©BIOTOPE, 2017)

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Les deux premières espèces sont considérées comme très invasives en milieux naturels. Cela a été effectivement observé au sein de la zone d'étude, en particulier dans les fourrés à *Acacia heterophylla* et *Erica reunionensis* et ceux impénétrables d'Ajonc d'Europe.

La dernière, La flouve odorante occupe surtout la zone herbacée où elle est très présente.

Notons par ailleurs la présence du lierre *Hederix helix*, liane très présente sur la zone d'étude. Elle possède une forte capacité de recouvrement et elle a été retrouvée pratiquement au sein de chaque relevé floristique effectué. Une attention particulière devra lui être portée.

Tableau 6 : Liste des espèces exotiques présentant un caractère envahissant ou un risque fort d'invasion (Biotope, 2019 ; CBNM, 2017)

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE
Espèce très invasive	
<i>Acacia mearnsii</i> De Wild.	Acacia
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	Flouve odorante
<i>Erigeron karvinskianus</i> DC.	Pâquerette
<i>Hedera helix</i> L.	Lierre
<i>Holcus lanatus</i> L.	
<i>Hypochaeris radicata</i> L.	Chicorée-pays
<i>Lonicera japonica</i> Thunb.	Chèvrefeuille
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	Bringellier marron
<i>Sphaeropteris cooperi</i> (Hook. ex F. Muell.) R.M. Tryon	Fanjan
<i>Ulex europaeus</i> L.	Genêt
Espèce invasive	
<i>Digitalis purpurea</i> L.	Digitale
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Bibasse
<i>Ligustrum ovalifolium</i> Hassk.	
<i>Persicaria capitata</i> (Buch.-Ham. ex D. Don) H. Gross	
<i>Persicaria chinensis</i> (L.) H. Gross	
<i>Persicaria decipiens</i> (R. Br.) K.L. Wilson	
<i>Potentilla indica</i> (Andrews) Th. Wolf	Fraise crapaud
<i>Prunella vulgaris</i> L.	Herbe Catois
<i>Rubus rosifolius</i> Sm.	Framboise
<i>Rumex acetosella</i> L.	Oseille sauvage
<i>Zantedeschia aethiopica</i> (L.) Spreng.	Arum
Espèce émergente	
<i>Bidens pilosa</i> L.	Piquant
<i>Desmodium incanum</i> (G. Mey.) DC.	Colle-colle
<i>Cyperus polystachyos</i> Rottb.	
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Ti trèfle
<i>Phytolacca americana</i> L.	Faux vin
<i>Plantago lanceolata</i> L.	Petit plantain
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Ravenelle

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

2.3 Faune

2.3.1 Entomofaune

L'étude de l'entomofaune a concerné principalement les groupes des papillons de jour (lépidoptères rhopalocères et hétérocères) et les libellules (odonates). Il existe peu d'éléments bibliographiques sur ce secteur géographique concernant ces groupes.

Les espèces présentes

Dans ce contexte anthropisé de l'aire d'étude rapprochée, la diversité de l'entomofaune est très réduite. En effet, les habitats présentant peu d'intérêt pour les insectes et les fourrés et boisements naturels sont fortement localisés et fortement morcelés pour être favorable. De plus, les conditions d'altitudes de la zone d'étude entraînent des températures assez fraîches peu favorables à l'entomofaune locale. Enfin, l'absence de zones humides sur l'aire d'étude rapprochée et à proximité direct, ne permet pas l'accueil d'espèces d'odonates, habitats indispensables à leur reproduction.

Au total, 4 espèces de papillons ont été recensées parmi les groupes étudiés dans la zone d'étude, à savoir :

- 1 espèce de papillon endémique : *Henotesia narcissus borbonica* ;
- 2 espèces de papillons indigènes : L'azuré porte-queue (*Lampides boeticus*) et le Satyre du soir (*Melanitis leda helena*) ;
- 1 espèce de papillon exotique : le Papillon de Vinson (*Papilio demodocus*).

1 espèce n'a pas été rencontrée lors de ces prospections mais les habitats sont très favorables, sa plante-hôte est bien représentée sur l'aire d'étude et elle est connue à proximité directe du Piton Villiers (donnée Biotope). Elle est donc considérée présente sur l'aire d'étude rapprochée :

- Papillon La Pâturage (*Papilio phorbanta*) : endémique et protégé, rare.

Espèces protégées

Au regard de la réglementation, aucune espèce protégée n'a été recensée sur l'aire d'étude rapprochée ou immédiate. Cependant 1 espèce protégée endémique, *Papilio phorbanta* est considérée présente sur l'aire d'étude rapprochée, dans le secteur sud proposant encore des habitats favorables et sa plante hôte (Liane patte poule *Toddalia asiatica*). Elle est cependant très peu probable sur l'aire d'étude immédiate au vu de la qualité des habitats restants.

Au sein de l'aire d'étude immédiate, aucune espèce d'insecte protégée n'a été observée et leur présence reste peu probable. *Papilio phorbanta* est cependant considéré présent, principalement dans le secteur sud de l'aire d'étude rapprochée, là où les habitats sont encore favorables.



Figure 10 : *Papilio phorbanta* (©UICN, 2019)

Espèces rares/menacées

Une espèce de papillon est considérée comme rare et/ou menacées au sein de l'aire d'étude rapprochée : *Henotesia narcissus borbonica* (endémique de La Réunion, complémentaire de ZNIEFF). Cette espèce a été observée à plusieurs reprises en vol, à proximité des boisements du Piton Villiers. Sa plante hôte *Stenotaphrum dimidiatum* n'a pas été identifié mais sa présence reste probable sur l'aire d'étude rapprochée.

Au sein de l'aire d'étude rapprochée, 1 espèce patrimoniale à enjeu faible a été observée.

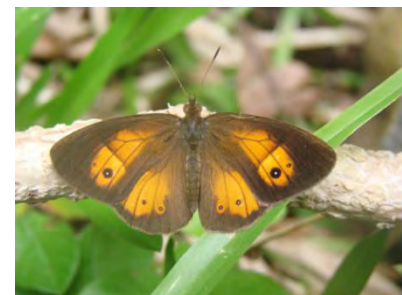


Figure 11 : *Henotesia narcissus borbonica* (©BIOTOPE, 2015)

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Habitats d'espèces et fonctionnalité des milieux

L'aire d'étude immédiate n'abrite pas d'espèces protégées de lépidoptères, ces dernières affectionnant particulièrement les espaces naturels de type forêts mégathermes, semixérophiles ou hygrophiles, milieux au sein desquels les chenilles peuvent trouver leur alimentation préférentielle. Ces milieux sont très peu représentés et fortement morcelés au sein de la zone d'étude rapprochée.

Une espèce protégée, la présence de *Papilio phorbanta* est néanmoins considérée présente au sud de l'aire d'étude rapprochée de par les habitats présents et sa plante-hôte répandue. Cependant, les habitats de l'aire d'étude immédiate étant trop dégradés il est peu probable qu'elle y réalise son cycle et son utilisation se limiterait au transit.

Une espèce patrimoniale est présente au sein des 2 zones d'études *Henotesia narcissus borbonica*. Elle y effectue potentiellement la totalité de son cycle de vie (reproduction, croissance, et alimentation...).

Evaluation patrimoniale et synthèse des enjeux pour les insectes

Aucune espèce d'insecte protégée n'a été observée au sein de l'aire d'étude rapprochée mais *Papilio phorbanta* est considérée présente au sud de l'aire d'étude rapprochée.

L'espèce observée au sein de l'aire d'étude rapprochée est commune à La Réunion (« Préoccupation mineure » sur la liste rouge UICN). Toutefois, du fait de son caractère endémique (« complémentaire » ZNIEFF), *Henotesia narcissus borbonica* est considéré comme une espèce patrimoniale. Elle dispose d'un enjeu moyen de conservation, et son enjeu sur l'aire d'étude rapprochée est faible.

Papilio phorbanta n'a pas été observée mais est considérée présente sur le sud de l'aire d'étude rapprochée, et potentielle en transit sur l'aire d'étude immédiate. Cette espèce protégée est endémique et indigène de la Réunion et dispose d'un enjeu intrinsèque fort mais l'état dégradé des habitats de l'aire d'étude immédiate réduit l'enjeu à moyen.

Tableau 7 : Espèces patrimoniales et/ou protégées d'insectes présentes sur les aires d'études (Biotope / Insectarium de La Réunion)

Nom scientifique	Remarques sur zone d'étude	Statuts de rareté/Enjeu de conservation
Espèce observée sur l'aire d'étude immédiate		
<i>Henotesia narcissus borbonica</i>	Présence certaine au sein de la zone d'étude immédiate (fourrés arbustifs).	Endémique de La Réunion, très commune. Complémentaire de ZNIEFF. Présence de plante hôte, reproduction possible. Enjeu Faible
Espèce non rencontrée mais considérée présente sur l'aire d'étude rapprochée		
<i>Papilio phorbanta</i>	Présence avérée sur le Piton Villiers (donnée Biotope) et habitats au sud de l'aire d'étude rapprochée favorables	Protégée Indigène et Endémique de La Réunion, rare Déterminante de ZNIEFF En danger d'après l'UICN France Présence de plante hôte, reproduction possible. Enjeu Moyen

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

2.3.2 Reptiles

L'expertise des reptiles s'est concentrée majoritairement sur les espèces protégées de la Réunion susceptibles de se trouver dans ce secteur géographique. Seules 3 espèces sont protégées ; il s'agit du lézard vert des hauts (*Phelsuma borbonica*), du lézard vert de Manapany (*Phelsuma inexpectata*) et du Caméléon panthère (*Furcifer pardalis*).

Concernant, le Lézard vert des hauts ou Gecko vert des forêts (*Phelsuma borbonica*), la bibliographie (Probst et NOI, Atlas de répartition, écologie et conservation, NOI 2012, Répartition et habitats naturels, NOI 2017) ne mentionne aucune aire de répartition au sein ou à proximité de la zone d'étude.

Concernant les autres reptiles protégés et patrimoniaux comme le Caméléon panthère (*Furcifer pardalis*) et le Lézard vert de Manapany (*Phelsuma inexpectata*), la bibliographie ne mentionne pas non plus de site ou d'habitat connu à proximité. La première espèce étant inféodée à des milieux de basse altitude, sa probabilité de présence au sein de la zone d'étude est donc nulle. Quant au Lézard vert de Manapany, son aire de répartition se situe sur une bande littorale du sud-est de l'île qui ne correspond aucunement aux caractéristiques de la zone d'étude.

Espèces et habitats d'espèces

Aucune espèce de reptile diurne n'a été recensée sur l'aire d'étude. Celle-ci ne présente en effet aucun habitat favorable et aucun enjeu relatif aux reptiles patrimoniaux de la Réunion.

Evaluation patrimoniale et synthèse des enjeux pour les reptiles

Aucune espèce de reptiles n'a été rencontrée sur l'aire d'étude rapprochée, et celle-ci ne présente pas d'intérêt pour les espèces de reptiles patrimoniaux de la Réunion.

L'enjeu pour ce groupe est donc nul.

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

2.3.3 Oiseaux

L'aire d'étude rapprochée est caractérisée par des habitats d'espèces artificialisés et semi-ouverts qui ne permettent pas le développement d'une avifaune diversifiée, notamment le cortège d'espèces forestières indigènes. Toutefois, la présence de zones humides favorise la présence d'espèces liés aux milieux aquatiques.

L'aire d'étude est caractérisée par 2 types d'habitats d'espèces :

- Des habitats indigènes et relativement bien conservés notamment en périphérie de l'aire d'étude rapprochée ;
- Des habitats davantage secondaires et semi-ouverts ou artificialisés.

Les espèces présentes ou potentielles

Au total, 17 espèces d'oiseaux ont été inventoriées au sein de l'aire d'étude rapprochée ou à proximité (Cf. Tableau 8 suivant) pour s'y reproduire et/ou s'alimenter et/ou transiter, occupant ainsi différents habitats suivant les niches écologiques recherchées.

En considérant l'ensemble de l'aire d'étude rapprochée, le statut biologique des espèces inventoriées est le suivant :

- 2 espèces possèdent un statut de reproduction certaine (2 exotiques) ;
- 9 espèces possèdent un statut de reproduction possible/probable (4 indigènes, 5 exotiques) ;
- 2 espèces utilisent la zone pour s'alimenter et transiter (2 indigènes) ;
- 4 espèces survolent uniquement la zone en transit, il s'agit d'oiseaux marins (4 indigènes).

Parmi les 17 espèces recensées, 10 sont indigènes et 7 d'origines exotiques. Malgré un ratio de diversité favorable aux espèces indigènes, il est important de noter que parmi les 9 espèces pouvant se reproduire sur la zone d'étude (nicheur certain/probable/possible), seulement 4 indigènes ont été recensées contre 5 exotiques.

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Tableau 8 : Espèces d'oiseaux recensés sur l'aire d'étude immédiate

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Utilisation de la zone d'étude
Espèces indigènes observées sur l'aire d'étude : 10 espèces		
<i>Aerodramus francicus</i>	Salangane des Mascareignes	Non nicheur/Alimentation
<i>Circus maillardii</i>	Busard de Maillard	Non nicheur/Alimentation
<i>Nesoenas picturata</i>	Tourterelle malgache	Reproduction possible/ Alimentation
<i>Phaethon lepturus</i>	Phaéton à bec jaune	Non nicheur/Transit
<i>Pterodroma barau</i>	Pétrel de Barau	Non nicheur/Transit
<i>Puffinus bailloni</i>	Puffin tropical	Non nicheur/Transit possible
<i>Pseudobulweria aterrima</i>	Pétrel noir de Bourbon	Non nicheur/Transit possible
<i>Saxicola tectes</i>	Tarier de la Réunion	Reproduction probable/Alimentation
<i>Zosterops b. borbonicus</i>	Oiseau-lunettes gris	Reproduction possible/Alimentation
<i>Zosterops olivaceus</i>	Oiseau-lunettes vert	Reproduction possible/Alimentation
Espèces exotiques observées sur l'aire d'étude : 7 espèces		
<i>Acridotheres tristis</i>	Martin triste	Reproduction possible/Alimentation
<i>Columba livia</i>	Pigeon biset domestique	Reproduction possible/Alimentation
<i>Estrilda astrild</i>	Astrild ondulé	Reproduction possible/Alimentation
<i>Foudia madagascariensis</i>	Foudi de Madagascar	Nicheur/Alimentation
<i>Geopelia striata</i>	Géopélie zébrée	Reproduction possible/Alimentation
<i>Passer domesticus</i>	Moineau domestique	Nicheur/Alimentation
<i>Pycnonotus jocosus</i>	Bulbul orphée	Reproduction possible/Alimentation

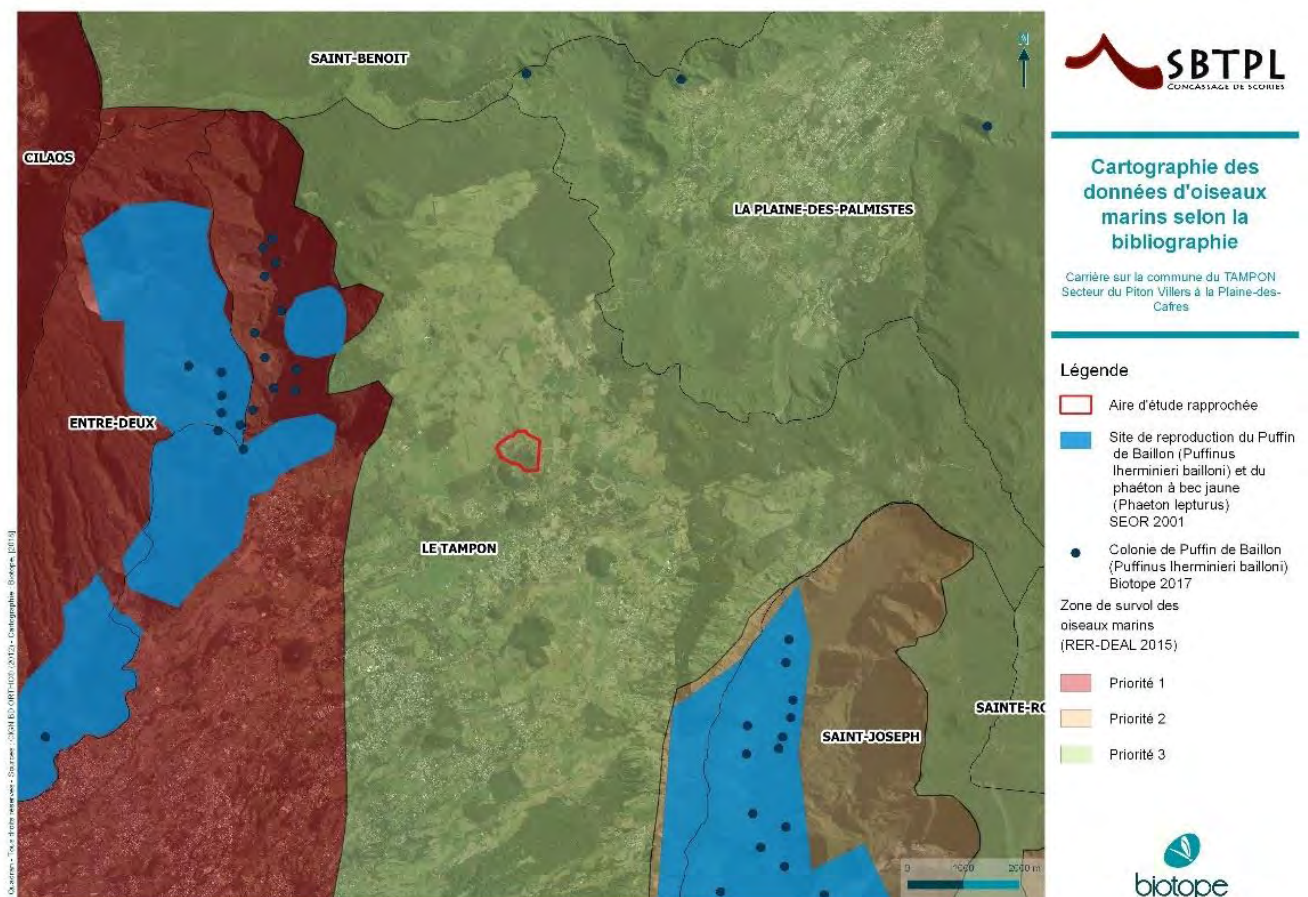
2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Les oiseaux marins

D'après la bibliographie actuelle, 4 espèces d'oiseaux marins peuvent transiter au-dessus de l'aire d'étude rapprochée : le Puffin de Baillon (*Puffinus bailloni*), le Pétrel de Barau (*Pterodroma barau*), le Pétrel noir (*Pseudobulweria aterrima*) et le Phaéon à bec jaune (*Phaethon lepturus*). Aucun site de reproduction pour ces espèces n'est mentionné sur la zone d'étude rapprochée [Jouventin 1998 ; Bretagnolle et al. 2000 ; Gineste, 2016] et le contexte n'y est par ailleurs pas favorable (absence de falaises et de remparts). Les colonies les plus proches (de puffin de Baillon notamment) sont localisées à environ 3 km à l'ouest et au sud-est de la zone d'étude.

D'après la trame aérienne du Réseau Ecologique de la Réunion [RER, 2015] le projet se situe néanmoins dans un couloir pour le déplacement de ces oiseaux marins. L'aire d'étude se classe en zone de priorité 3 (corridor peu fréquenté). Il en ressort un risque (assez faible) concernant l'échouage des oiseaux marins nocturnes dans le secteur du projet en cas d'éclairage du site pendant les périodes sensibles et/ou en cas d'éclairage non adapté, en particulier pour les pétrels et les puffins.

Carte 9 : Cartographie des données faunistiques (réseau écologique des oiseaux marins) selon la bibliographie (DEAL ; 2014)



2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

❖ Le Pétrel noir

Le Pétrel noir, endémique de La Réunion, est une espèce d'oiseau marin très rare. Longtemps considérée comme éteint jusqu'à 1970 où un individu a été retrouvé échoué. Depuis, des dizaines d'autres individus ont ainsi été recensés et la biologie de l'espèce est encore assez mal connue. La période de reproduction aurait lieu durant l'été austral et les sites de nidification se situeraient dans les massifs du bras de la Plaine et de Grand bassin. Des terriers ont été très récemment trouvés (2016) dans le sud de l'île, ce qui agrandit donc sa zone de nidification connue actuellement.

Le survol de la zone d'étude est possible mais reste vraisemblablement marginale, les colonies de cette espèce se trouvant au sein des Ravines de Grand Bassin et de la Rivière des Remparts en aval de la Plaine des Cafres.

❖ Le Pétrel de Barau (*Pterodroma barau*)

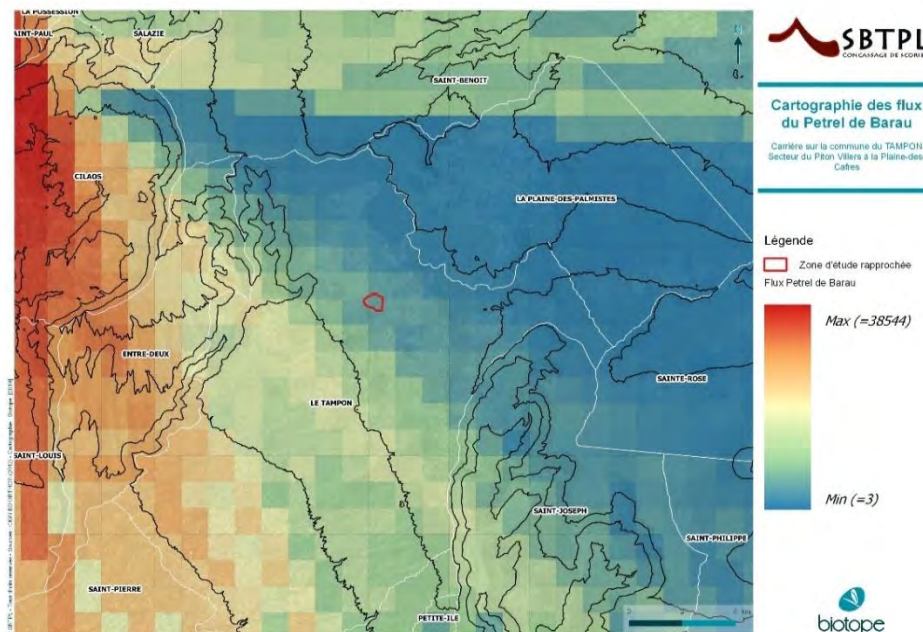
Le Pétrel de Barau est endémique de La Réunion. Cet oiseau marin migrateur quitte l'île dès la mi-mars pour les adultes, et en avril-mai pour les jeunes, afin de rejoindre les eaux tropicales et subtropicales de l'Océan Indien. Durant la période de reproduction s'étalant de septembre à mai, il niche sur les plus hauts sommets de l'île (Gros Morne, Grand Bénare, Piton des Neiges). C'est pendant cette période que de nombreux individus se déplacent entre leurs colonies de reproduction et l'océan (déplacement nocturne). La plus récente estimation de la population donne un nombre de 6 000 à 8 500 couples reproducteurs répartis en une dizaine de colonies [Pinet et al. 2011].

Figure 12 : Pétrel de Barau (*Pterodroma barau*) ©BIOTOPE



L'espèce n'est pas nicheuse sur l'aire d'étude, les colonies les plus proches étant installées sur les sommets de l'île. De plus, la zone est faiblement fréquentée lors de déplacements nocturnes entre les sites de reproduction et les zones d'alimentation (océan).

Carte 10 : Distribution spatiale des flux de vols sortants du Pétrel de Barau (Gineste, 2016) par rapport à l'aire d'étude



2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

❖ Le Puffin de Baillon (*Puffinus bailloni*)

L'espèce *Puffinus bailloni* est endémique de La Réunion et a déjà disparu de l'île Maurice. C'est un oiseau pélagique qui peut passer plusieurs mois en mer dont les populations sont estimées entre 3 000 et 5 000 couples [Salamolard, 2008]. La bibliographie révèle des colonies sur les remparts bordant de Grand Bassin et de la Rivière des remparts et sont situées pour les plus proches à environ 3 km à l'ouest de la zone d'étude rapprochée [SEOR, 2011 ; Gineste, 2016].

Sur la zone d'étude, aucun site de nidification n'est connu ni possible compte tenu des exigences écologiques de l'espèce (absence de falaises et de remparts).

Figure 13 : *Puffinus bailloni* (©BIOTOPE)



❖ Le Phaéon à bec jaune (*Phaethon lepturus*)

Cet oiseau marin pantropical se retrouve dans tous les océans. A La Réunion, il niche préférentiellement dans les cavités des falaises littorales, parfois sur les versants de certaines ravines et plus rarement dans les cirques [Jouventin, 1998]. La population reproductrice de l'océan Indien est estimée à 5 000 couples ; elle comporterait entre 200 et 500 couples pour la seule île de La Réunion [Probst, 2002].

Aucun site de nidification n'est connu et aucun habitat favorable à sa reproduction n'est présent sur l'aire d'étude rapprochée. L'espèce a été contactée en vol lors des inventaires et survole donc la zone d'étude en transit mais le flux reste faible.

Figure 14 : Phaéon à bec jaune (*Phaethon lepturus*) (©BIOTOPE)



Les oiseaux terrestres

❖ Le Busard de Maillard (*Circus maillardi*)

Le Busard de Maillard (*Circus maillardi*) est endémique de La Réunion, et constitue le seul rapace de l'île. Cette espèce est menacée à La Réunion (en danger selon la Liste rouge UICN de 2010). Il s'observe dans tous les milieux de l'île, du littoral jusqu'à une altitude avoisinant 2000 mètres, même si les milieux arbustifs et arborés semblent avoir sa préférence pour la reproduction (Salamolard 2008 ; Grondin et Philippe 2011). A La Réunion, sa population serait comprise entre 100 à 200 couples reproducteurs (Grondin et Philippe, 2011).

Sur la base des données bibliographiques disponibles, aucun domaine vital n'est recensé au sein de l'aire d'étude rapprochée, les plus proches se situant à environ 1,5 km.

Figure 15 : Busard de Maillard (*Circus maillardi*) (©BIOTOPE)



2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Projet d'extension de la Carrière
du TAMPON - Secteur du Piton
Villers à la Plaine des Cafres
SBTPL
Juillet 2019

Carte 11 : Données bibliographiques de domaines vitaux de Busard de Maillard (SEOR, 2010)



Les inventaires réalisés en 2019 sur le secteur d'étude ont permis d'attester de la présence du Busard de Maillard qui survole l'ensemble de la zone d'étude, mais de façon occasionnelle.

Lors de notre passage en été, nous avons noté à 7 reprises l'espèce sur 4 heures de focales. L'ensemble des observations concernent vraisemblablement le même individu, un mâle adulte. Cinq observations ont été faites lors de notre passage hivernal sur 2 heures de focales. Un mâle et femelle ont pu être noté. Le Papangue fréquente donc la zone d'étude toute l'année de façon occasionnelle.

Le type d'activité correspond uniquement à de la maraude (phase de chasse) ou à du transit. Aucun comportement reproducteur n'a été observé lors de nos prospections, il est donc peu probable pour que l'espèce soit nicheuse dans ce secteur. **Au regard de la faible fréquentation, il semblerait que la zone d'étude se trouve en marge de territoires, ce qui corréle à ce qui est mentionné dans la bibliographie. De plus, le caractère très dégradé de la zone d'étude réduit considérablement l'intérêt du secteur pour le Papangue.**

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

❖ La Salangane des Mascareignes (*Aerodramus francicus*)

L'espèce est présente à La Réunion et à l'île Maurice, classée « Vulnérable » (U.I.C.N. 2010), elle se rencontre dans tous les milieux du littoral jusqu'à 2000m d'altitude, bien qu'elle affectionne particulièrement les étendues d'eau et les falaises maritimes ou les savanes de l'ouest pour son alimentation. L'espèce niche dans les cavités de falaises ou dans des tunnels. Les colonies peuvent atteindre plusieurs milliers d'individus. A La Réunion, la population semble atteindre environ 15.000 individus [Salamolard et Ghestemme 2003 ; Biotopie 2012]. Sur la zone d'étude, aucune colonie n'est connue.

L'espèce est fréquente sur la zone d'étude qu'elle utilise dans son intégralité comme territoire de chasse. Il ne semble pas y avoir de secteur privilégié par l'espèce, qui est très mobile et capable de parcourir de longues distances suivant les disponibilités alimentaires. **Aucune colonie n'a été identifiée lors des prospections.**

Les autres espèces terrestres

Au cours de ce suivi, 10 espèces ont été contactées au moins 1 fois durant la série des relevés (IPA), pour un nombre d'espèces moyen de 5,6 espèces par point, et une abondance moyenne de 13,2 couples par série d'IPA. Il ressort une prédominance des espèces exotiques (6 espèces) par rapport aux espèces indigènes (4 espèces), que ce soit en termes de diversité qu'en termes d'abondance.

La fréquence relative est représentée sur le graphique ci-après (Cf. figure 16 ci-dessous). Elle correspond à la proportion d'observations d'une espèce au droit des 10 points d'inventaire (IPA). A titre d'exemple, la fréquence relative est de 100% lorsque l'espèce considérée a été contactée sur l'ensemble des 10 points (c'est le cas du Bulbul orphée et du Foundi rouge), 50% lorsque l'espèce a été contactée sur la moitié des IPA.

Les classes de fréquence sont les suivantes :

- $F > 75\%$ = omniprésent
- $50\% < F \leq 75\%$ = très commun
- $25\% < F \leq 50\%$ = commun
- $F \leq 25\%$ = rare

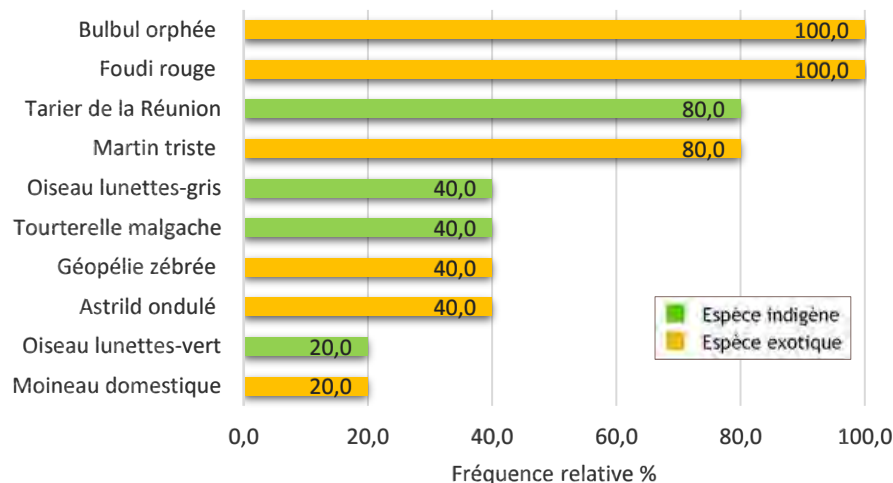


Figure 16 : Fréquence relative des espèces sur l'aire d'étude rapprochée

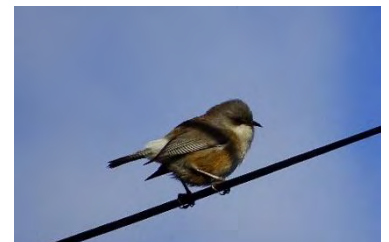
2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Le peuplement aviaire est largement dominé par 3 espèces exotiques avec l'omniprésence du Bulbul orphée (*Pycnonotus jocosus*), du Martin triste (*Acridotheres tristis*), et du Foudi de Madagascar (*Foudia madagascariensis*). Cela est assez typique des habitats secondaires et dégradés en règle générale. Le Tarier de la Réunion, espèce endémique, est également bien représenté. Parmi les espèces communes, on notera la présence de deux espèces indigènes à savoir l'Oiseau-lunettes gris (*Zosterops borbonicus borbonicus*) et la Tourterelle malgache (*Nesoenas picturata*). L'oiseau-lunettes vert (*Zosterops olivaceus*) est considéré comme rare sur l'aire d'étude et a été observé uniquement sur 1 point IPA. Enfin les autres espèces présentes sur la zone d'étude sont des espèces exotiques considérées comme communes à l'échelle de La Réunion.

Les oiseaux indigènes nicheurs (uniquement les passereaux) sont relativement bien représentés dans la zone d'étude, avec la présence de 4 espèces potentiellement nicheuses. Cela s'explique notamment par la présence de « tâches » d'habitats naturels (Fourré de montagne à *Erica reunionensis* et Forêt à *Acacia heterophylla* et *Erica reunionensis*) encore présentes notamment en périphérie de l'aire d'étude rapprochée, se traduisant par une diversité en passereaux forestiers indigènes/endémiques. Toutefois, bien que nous ayons relevé la présence de 4 espèces indigènes nicheuses potentielles, elles restent tout de même peu représentées dans la zone d'étude avec des abondances relativement faibles.

Le Tarier de La Réunion (*Saxicola tectes*) est l'espèce endémique la plus commune sur la zone d'étude et est présente sur la quasi-totalité du site. Les secteurs de « Fourré de montagne à *Erica reunionensis* » et de prairies humides lui sont particulièrement favorables puisque cette espèce affectionne les milieux ouverts et semi-ouverts. L'Oiseau-lunettes gris (*Zosterops borbonicus borbonicus*) est également présent sur une bonne partie du site. Il s'agit de l'oiseau forestier endémique le plus commun de La Réunion avec des effectifs estimés à 400 000 individus. Il présente un caractère ubiquiste et s'accommode très bien de la proximité humaine. La Tourterelle malgache (*Nesoenas picturata*), espèce indigène commune à la Réunion et caractéristique des milieux semi-ouverts, est également présente notamment dans les zones de fourrés et de boisements. Enfin, l'Oiseau-lunettes vert (*Zosterops olivaceus*) est une espèce endémique aux mœurs forestières plus prononcées. Elle est donc peu présente sur la zone d'étude.

Figure 17 : Oiseau-lunettes gris (*Zosterops b. borbonicus*) (©BIOTOPE)



Enfin, les espèces exotiques sont présentes sur l'ensemble du site, principalement dans les milieux ouverts (culture, friche...), et sont représentées par des espèces exotiques très communes (Foudi de Madagascar, Merle de Maurice, Martin triste...).

Evaluation patrimoniale et synthèse des enjeux pour les oiseaux

Toutes les espèces d'oiseaux indigènes sont protégées à La Réunion (Arrêté du 17 février 1989 - J.O du 24/03/1989). Au total, **10 espèces protégées ont été contactées dans la zone d'étude rapprochée** (Cf. Tableau 9 et Cartes 12 et 13 suivantes).

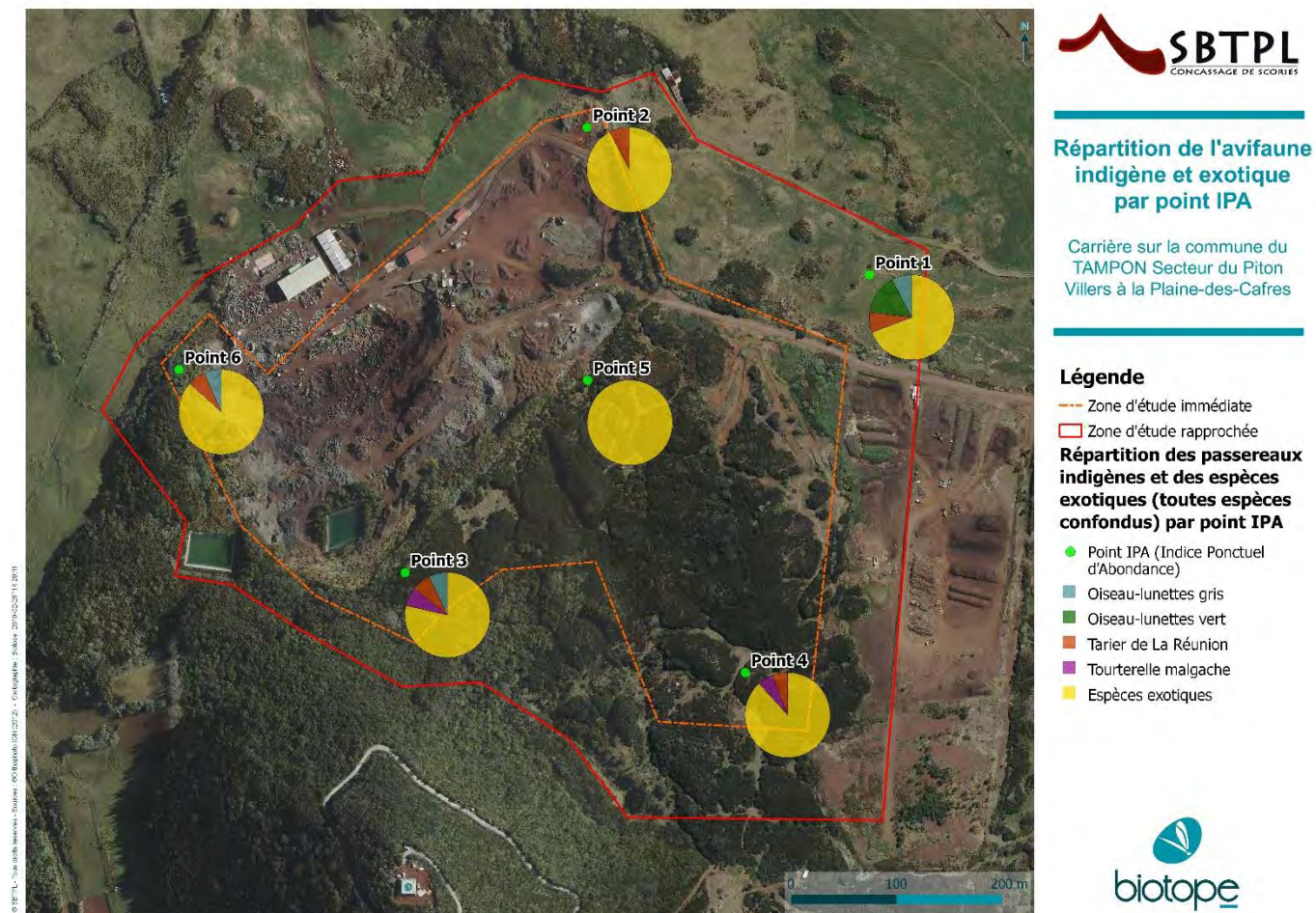
2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Tableau 9 : Espèces d'oiseaux protégées sur l'aire d'étude rapprochée

Nom scientifique	Remarques sur l'aire d'étude rapprochée	Statuts de rareté/Enjeu de conservation
Busard de Maillard <i>Circus maillardi</i>	Espèce non nicheuse sur site Utilisation de l'aire d'étude pour s'alimenter	Endémique Réunion EN: En danger (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu moyen
Tarier de la Réunion <i>Saxicola tectes</i>	Reproduction probable et alimentation dans l'aire d'étude	Endémique Réunion LC: Préoccupation mineure (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu moyen
Oiseau-lunettes vert <i>Zosterops olivaceus</i>	Reproduction possible et alimentation dans l'aire d'étude	Endémique Réunion LC: Préoccupation mineure (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu moyen
Phaéton à bec jaune <i>Phaethon lepturus</i>	Espèce en transit uniquement (faiblement), non nicheuse (nidification dans falaises, remparts).	Pantropicale LC: Préoccupation mineure (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu faible
Pétrel noir de Bourbon <i>Pseudobulweria aterrima</i>	Espèce en transit possible (survol uniquement de l'aire d'étude, non nicheuse (nidification dans les hauts de La Réunion : Grand bassin, Sud de l'île...))	Endémique Réunion CR: En danger critique d'extinction (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu faible
Pétrel de Barau <i>Pterodroma barau</i>	Espèce en transit (survol uniquement des zones d'étude, non nicheuse (nidification dans les hauts de La Réunion : Gros Morne, Bénares...)) Aire d'étude est située sur un corridor de déplacement non privilégié pour l'espèce à l'échelle de l'île.	Endémique Réunion EN: En danger (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu faible
Puffin de Baillon <i>Puffinus bailloni</i>	Espèce en transit possible, non nicheuse (nidification dans falaises, remparts).	Afromalgache LC: Préoccupation mineure (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu faible
Tourterelle malgache <i>Nesoenas picturata</i>	Reproduction possible et alimentation dans l'aire d'étude	Pantropicale LC: Préoccupation mineure (LR IUCN) Protégée N.c Enjeu faible
Oiseau-lunettes gris <i>Zosterops borbonicus</i>	Reproduction possible et alimentation dans l'aire d'étude	Endémique Réunion LC: Préoccupation mineure (LR IUCN) Protégée Complémentaire de ZNIEFF Enjeu faible
Salangane des Mascareignes <i>Aerodramus francicus</i>	Espèce non nicheuse sur site Alimentation dans l'aire d'étude	Endémique Réunion, Maurice VU: Vulnérable (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu faible

Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Carte 12 : Localisation des contacts spécifiques lors des IPA



2

Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Carte 13 : Habitats favorables aux oiseaux endémiques



© SBTPL - Tous droits réservés - Sources : Biotopex/BDP (2012) - C. Mangin - Biotopex - 2018, 02/2019 - #49/50



Localisation des habitats favorables aux espèces indigènes

Carrière sur la commune du TAMPON Secteur du Piton Villers à la Plaine-des-Cafres

Légende

--- Zone d'étude immédiate

▭ Zone d'étude rapprochée

Type d'intérêt pour les espèces indigènes

■ Nul (transit)

■ Faible (alimentation)

■ Moyen (alimentation et reproduction possible)

■ Fort (alimentation et reproduction probable)



2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

2.3.4 Chiroptères

Les inventaires réalisés ont porté sur les chauves-souris, seul groupe d'espèces de mammifères indigènes à La Réunion, par une recherche des gîtes potentiels et une étude acoustique.

Données bibliographiques

Les données bibliographiques ne mentionnent aucune colonie sur ou à proximité de la zone d'étude, mais font référence à la présence d'une espèce de microchiroptère, le Petit molosse (*Mormopterus francoismoutoui*).

Les espèces inventoriées

Une espèce indigène a été contactée sur la zone d'étude, Le Petit molosse (*Mormopterus francoismoutoui*). Cette espèce endémique de La Réunion se retrouve dans la plupart des milieux de l'île jusqu'à 2 000m d'altitude (Probst, 2002). Grégaire, elle affectionne notamment les ravines et utilise les fissures ou cavités comme gîte. La population réunionnaise n'est pas évaluée à ce jour.

Le Petit Molosse est présent sur l'ensemble de la zone d'étude, où il a été contacté dans des phases de chasse au niveau des zones ouvertes et le long des lisières. Cette espèce étant attirée par les insectes, elle peut se déplacer vers des sites offrant plus d'opportunités alimentaires, notamment des zones arbustives ou arborées favorables aux insectes nocturnes.

Figure 18 : Petit Molosse (*Mormopterus francoismoutoui*) (©BIOTOPE)



Ci-après sont consignés les détails des résultats obtenus lors des phases d'expertises acoustiques.

Tableau 10 : Résultats des expertises acoustiques chiroptères

Expertise	Espèces	Point 1 (nb de contacts)	Point 2 (nb de contacts)
22/01/2019	Petit Molosse <i>Mormopterus francoismoutoui</i>	6	30
11/07/2019	Petit Molosse <i>Mormopterus francoismoutoui</i>	10	23
	TOTAL	16	53

Sur l'ensemble de nos prospections, il a été enregistré une moyenne de 34,5 contacts par point d'enregistrement (selon des indices de confiance fiable, compris entre 9 et 10 ; 10 étant l'indice de confiance le plus fort). Sur les deux points, nous avons cumulés 49 h d'enregistrements acoustiques. Nous obtenons ainsi 1,4 contacts par heure de Petit molosse. A titre de comparaison, sur une étude menée sur la commune de Saint Pierre (Biotope 2018) avec la même méthodologie, nous avons comptabilisés 390,4 contacts/heure avec l'espèce. **La fréquentation de la zone d'étude peut donc être qualifiée de très faible toute l'année pour le Petit Molosse.**

La période d'activité a lieu essentiellement en début de nuit et correspond successivement à des phases d'alimentation, de communication et de relations sociales. En effet, le Petit Molosse a été majoritairement contacté entre 18 et 20h et un certain nombre de séquences enregistrées sont caractéristiques d'une activité de chasse (séquences de buzz). Au vu du nombre de

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

contacts, la zone d'étude semble ainsi être faiblement utilisée comme site de transit et de chasse par les individus.

Enfin aucun gîte n'a été détecté lors des recherches sur le terrain. Au-delà d'habitats défavorables à la reproduction, cette absence de gîte est confirmée par l'absence de cris sociaux dans les enregistrements acoustiques. **L'espèce fréquente donc la zone d'étude uniquement en transit et en chasse pour s'alimenter.**

Habitats d'espèces et fonctionnalité des milieux

Les continuités écologiques pour les chauves-souris se traduisent par une mosaïque d'habitats favorables à leur déplacement et leur alimentation. Aucun gîte (naturel ou d'origine anthropique) n'a été identifié au sein de la zone d'étude rapprochée et aucun habitats favorables n'est présent.

Le Petit Molosse utilise uniquement la zone d'étude comme territoire de chasse et de transit mais sa fréquentation reste très réduite. L'altitude élevée de la zone d'étude entraînant une raréfaction des insectes volants explique la faible présence des chiroptères dans ce secteur.

Évaluation patrimoniale et synthèse des enjeux pour les chiroptères

Le Petit Molosse est protégé à La Réunion (Arrêté du 17 février 1989 - J.O du 24/03/1989), et il est considéré comme une espèce remarquable du fait de son statut de patrimonialité.

Nom scientifique	Remarques sur zone d'étude	Statuts de rareté/Enjeu de conservation
Espèces observées sur l'aire d'étude		
Petit Molosse <i>Mormopterus francoismoutoui</i>	Espèce présente dans la zone d'étude mais avec un niveau d'activité faible . Utilisation de l'ensemble de la zone d'étude comme zone de chasse. Aucun gîte trouvé lors des expertises. Absence de milieu favorable pour l'installation de gîtes.	Ubiquiste Statut de reproduction non avéré mais probable (au sein des toitures des habitations) Protégée à La Réunion Endémique de la Réunion. Déterminante de ZNIEFF. Préoccupation mineure (IUCN 2010). Enjeu faible

Tableau 11 : Espèces de mammifères protégés sur la zone d'étude immédiate

2 Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

3 Synthèse des enjeux écologiques

Concernant les **habitats naturels**, l'aire d'étude immédiate présente une majorité d'habitats liés aux activités anthropiques (zone d'exploitation, défrichements, pistes), fortement envahis par des espèces exotiques, sans intérêt phytocœnotique. On retrouve très localement quelques fourrés de montagne à *Erica reunionensis* de type *Avoune*, et des fourrés à *Acacia heterophylla* et *Erica reunionensis*, en mauvais état de conservation. Ces habitats sont moins dégradés dans la partie sud de l'aire d'étude rapprochée et présentent un intérêt supérieur. L'enjeu sur l'aire d'étude immédiate est extrêmement limité au regard de la prédominance des milieux anthropiques. L'aire rapprochée présente elle des habitats mieux conservés au sud en continuité du Piton Villiers, les enjeux se concentrent au droit de ces habitats.

Concernant **la flore**, aucune espèce protégée de flore n'a été recensée sur l'aire d'étude rapprochée. 83 espèces indigènes ou assimilées indigènes communes ont été recensées parmi les 122 espèces floristiques relevées. Le cortège floristique de l'aire d'étude rapprochée est ainsi dominé par des espèces indigènes (68% de la flore recensée) non protégées. Cependant en termes de recouvrement ce sont les espèces exotiques qui dominent. Les enjeux floristiques sont donc globalement faibles, avec néanmoins 29 espèces à enjeux moyens et 3 présentant un enjeu de conservation fort (déterminante ZNIEFF) : *Angraecum microphyton* (Fourré à *Erica reunionensis*) et *Peperomia rotundifolia* et *Dombeya ferruginea* (forêt à *Acacia heterophylla* et *Erica reunionensis*)

La **faune terrestre** est caractéristique des milieux secondaires fortement anthropisés. Les milieux secondaires offrent ainsi des habitats d'espèces dégradés, propices au développement d'espèces exotiques et peu favorables aux espèces indigènes alors que les boisements restants adjacents offrent un contexte plus favorable à une faune indigène remarquable, en particuliers pour les oiseaux forestiers et les lépidoptères.

- Les **insectes** se caractérisent par une très faible diversité, avec la présence d'une espèce endémique, commune, *Henotesia narcissus borbonica* et une espèce protégée rare non rencontrée mais considérée présente sur l'aire d'étude rapprochée : *Papilio phorbanta*.
- Pour les **reptiles**, aucune espèce n'a été contactée et les milieux et la situation du secteur (altitude, habitats dégradés) ne se prête pas à leur accueil. L'enjeu est donc nul pour ce taxon.
- Pour les **oiseaux**, les enjeux concernent principalement les espèces endémiques forestières, la zone d'étude accueille un cortège très appauvri avec 4 espèces indigènes typiques (Oiseau-lunette gris, Oiseau-lunettes vert, Tarier de La Réunion et la Tourterelle malgache), niches possibles. Ces espèces sont principalement rencontrées sur l'extérieur de l'aire d'étude rapprochée, là où les habitats sont encore favorables. Signalons également la présence en vol (alimentation) de la Salangane des Mascareignes, espèce indigène de La Réunion. Le Busard de Maillard (*Circus maillardii*) présente des enjeux de conservation moyen sur l'aire d'étude rapprochée qu'il utilise pour se déplacer et chasser. Pour les oiseaux marins, l'enjeu de conservation est très faible au regard du corridor de déplacement des Pétrel de Barau (*Pterodroma baraui*), du Puffin de Baillon (*Puffinus bailloni*) et du Phaéon à bec jaune (*Phaethon lepturus*) entre leurs sites d'alimentation (océan) et de reproduction (hauts de l'île et ravines). Pour les puffins et pétrels, le risque d'échouage reste néanmoins réel en cas d'éclairage nocturne du site d'exploitation et l'enjeu serait alors plus élevé.
- Les **mammifères terrestres** sont représentés par 1 espèce de chiroptère : le Petit Molosse, en alimentation et transit sur l'aire d'étude rapprochée. Aucun gîte n'a été détecté et les habitats de l'aire d'étude rapprochée n'offrent pas de potentialités d'accueil de gîte de reproduction pour cette espèce). La fréquentation de la zone d'étude par le Petit Molosse peut être qualifiée de très faible aux vues du nombre de contacts. Ces résultats permettent de déduire que les enjeux liés à cette espèce sont faibles.

Une synthèse des enjeux écologiques et des contraintes vis-à-vis du projet est proposée dans le tableau et la carte ci-après.

Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

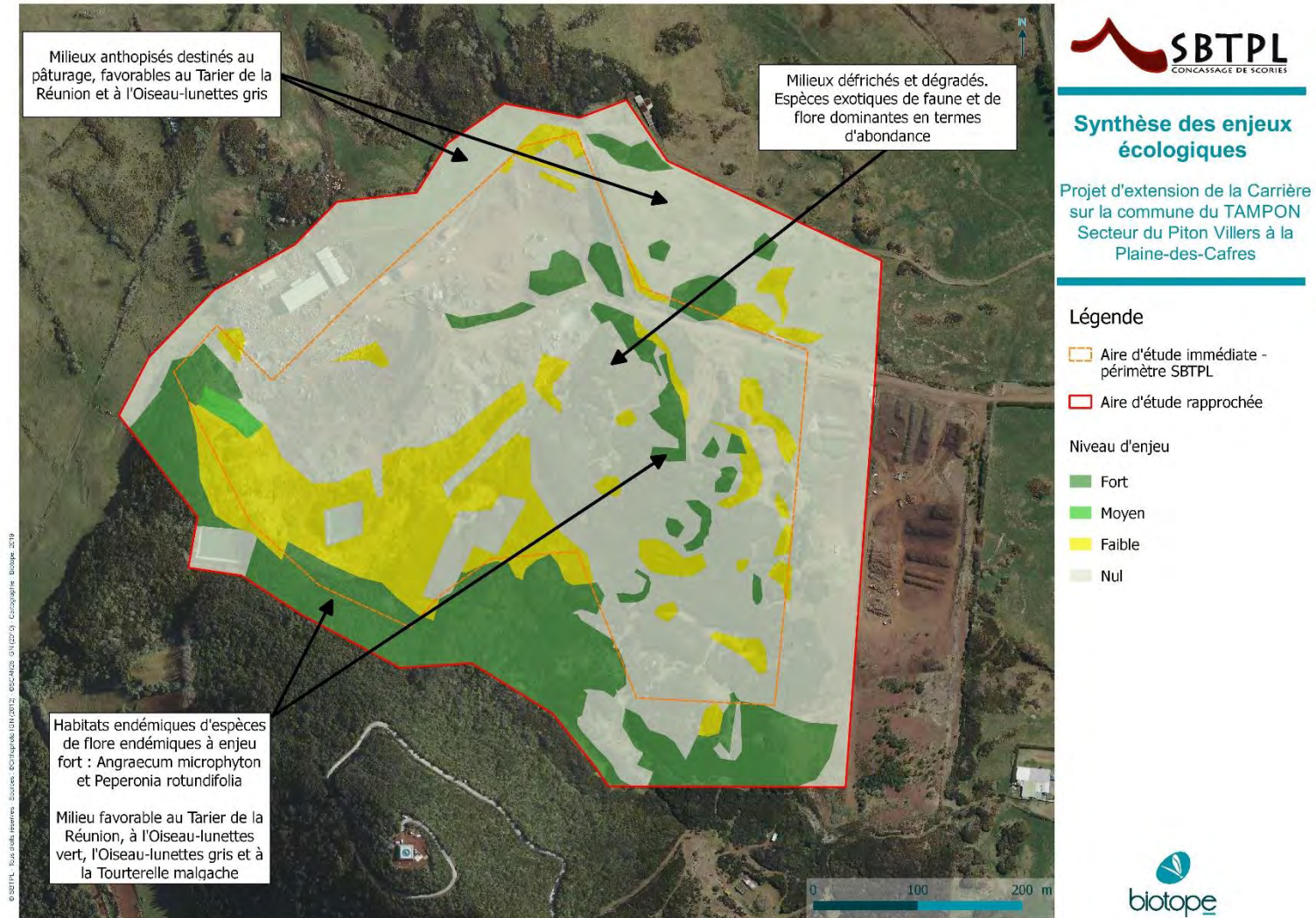
Tableau 12 : Synthèse des contraintes écologiques

Groupe biologique	Contrainte écologique vis-à-vis du projet	Enjeux	Contrainte réglementaire
Habitats naturels	Enjeu globalement nul au sein de l'aire d'étude immédiate mais localement modéré à fort ; dans les patches de végétation endémiques restants et au sud de l'aire d'étude rapprochée, notamment au droit du Piton Villers ; avec trois habitats endémiques : - Fourrés à <i>Erica reunionensis</i> - Forêt à <i>Acacia heterophylla</i> et <i>Erica reunionensis</i> - Tomillar frais à <i>Erica galioides</i>	Faible mais localement modéré à fort pour les patches d'habitats endémiques relictuels	Aucune contrainte réglementaire
Flore	Aucune espèce protégée identifiée. Enjeu globalement faible au sein des aires d'étude mais très localement fort avec la présence de 3 espèces à enjeux forts : <i>Angreacum microphyton</i> , <i>Dombeya ferruginea</i> et <i>Peperomia rotundifolia</i> espèces endémiques, retrouvées dans les milieux cités ci-dessus.	Faible et très localement fort au sein des habitats endémique conservés	Aucune contrainte réglementaire
Insectes	Enjeux faibles liés à la présence d' <i>Henotesia narcissus</i> , espèces endémique, complémentaires de ZNIEFF et très commune, et de <i>Papilio phorbanta</i> , protégée et endémique, en marge de l'aire d'étude immédiate.	Faible	Aucune contrainte réglementaire (risque de destruction d'individus de <i>Papilio phorbanta</i> sur l'aire d'étude immédiate nul)
Reptiles	Présence d'aucune espèce protégée ou patrimoniale et habitats non favorables.	Nul	Aucune contrainte réglementaire
Oiseaux marins	Enjeux de conservation faibles liés à la présence d'un corridor de déplacement d'importance régional mais faiblement fréquenté du Pétrel de Barau (<i>Pterodroma baraui</i>), du Pétrel noir (<i>Pseudobulweria aterrima</i>), du Puffin de Baillon (<i>Puffinus lherminieri</i>) et du Phaéton à bec jaune (<i>Phaethon lepturus</i>).	Faible	Contrainte réglementaire liée au risque d'échouage en cas d'éclairage nocturnes
Oiseaux terrestres	Enjeux globalement faible avec la présence de 4 espèces d'oiseaux forestiers (niches possibles dans les tâches d'habitats naturels relictuels) : Oiseau-lunette gris (<i>Zosterops b. borbonicus</i>), Tarier de la Réunion (<i>Saxicola tectes</i>), Oiseau-lunettes vert (<i>Zosterops olivaceus</i>) et Tourterelle malgache (<i>Nesoenas picturata</i>) Utilisation de la zone d'étude par le Busard de Maillard et la Salangane des Mascareignes pour chasser et s'alimenter.	Faible	Contrainte réglementaire liée à la présence d'espèces protégées
Chiroptères	Présence d'une espèce protégée sur la zone, en phase de chasse ou de transit. Aucun gîte mise en évidence sur la zone d'étude et pas de potentialités au niveau des habitats présents.	Faible	Aucune contrainte réglementaire (risque d'atteinte à des individus en vol, nul)

2

Etat initial des milieux naturels, de la flore et de la faune

Carte 14 : Synthèse des enjeux écologiques





Annexes

A Annexe 1, Outils de protection réglementaire des espèces et habitats

Annexe 1, Outils de protection réglementaire des espèces et habitats

Tableau 13 : Outils de protection réglementaire des espèces et habitats (©BIOTOPE, 2018)

Groupe biologique	Réglementation en vigueur, applicable à la Réunion	
	Niveau local	Niveau national
MILIEU NATUREL TERRESTRE		
Habitats naturels	/	/
Flore	27 octobre 2017 (JO du 03 décembre 2017)	/
Insectes	Arrêté 19 novembre 2007 (J.O du 13/02/2008 consolidé au 6 mars 2008) Arrêté du 17 février 1989 (JO du 24/03/1989)	/
Reptiles	Arrêté du 17 février 1989 (J.O du 24/03/1989) Arrêté du 19 novembre 2007 (J.O. du 18 décembre 2007)	/
Oiseaux	Arrêté du 17 février 1989 (J.O du 24/03/1989)	/
Mammifères terrestres (dont chiroptères)	Arrêté du 17 février 1989 (J.O du 24/03/1989)	/
Faune aquatique	/	/

A Annexe 2, Outils de bio évaluation des espèces et habitats : référentiels utilisés

Annexe 2, Outils de bio évaluation des espèces et habitats : référentiels utilisés

Tableau 14 : Outils de bio évaluation des espèces et habitats : référentiels utilisés (@BIOTOPE, 2018)

Groupe biologique	Références utilisées
MILIEU NATUREL TERRESTRE	
Habitats naturels	<ul style="list-style-type: none"> - DELBOSC P. et al. 2011. Cahiers d'habitats de La Réunion : Etage littoral. Rapport technique n°5 non publié. CBNM. 557p. - LACOSTE M. et PICOT F. 2011. Cahiers d'habitats de La Réunion : Etage altimontain. Rapport technique n°7 non publié. CBNM. 173p. - LACOSTE M. et PICOT F. 2011. Typologie descriptive des habitats naturels et semi-naturels de La Réunion. Rapport technique n° 8 non publié. CBNM. 121p. - LACOSTE M., et al., 2011. Cahiers d'habitats de La Réunion : zones humides. Rapport technique n°6 non publié. - CBNM. 230p.CBNM. 2010. Typologie des Milieux Naturels de la Réunion 2010 (version 1 validée par le CSRPN) - Code Corine Biotope
Flore	<ul style="list-style-type: none"> - UICN, 2013. La liste rouge des espèces menacées en France – Flore vasculaire de La Réunion.27p - ROCHIER T. et LAVERGNE C. 2012. La Liane Montbrun, <i>Gouania mauritiana</i>. Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. CBNM. 77p. - PICHILLOU S. et al. 2011. – Le Bois de senteur blanc, <i>Ruizia cordata Cav.</i> – Plan national d'actions 2012-2016 : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction. Version 2011 (mise à jour du 13 octobre 2011). Conservatoire Botanique National de Mascarin, Saint-Leu, Réunion, 66p. - CBNM 2010. Index commenté de la flore vasculaire de la Réunion (Trachéophytes) du Conservatoire Botanique National de Mascarin (CBNM, 2010). - SEVATHIAN J-C. et al. 2008 <i>Carissa spinarum L</i> ; Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. Version 2008.1. CBNM. 67p. - LAVERGNE C. et al. 2008. Ochrosia borbonica. Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. CBNM.72p. - BAIDER C. et al. 2008 – <i>Dombeya populnea (Cav.) Baker</i>. Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. CBNM. 65p. - EISENBACH J. et LAVERGNE C. 2006. <i>Obetia ficifolia</i>. Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. CBNM. 57p. - HIVERT J. et al. 2004. <i>Hernandia mascarenensis</i>. Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. CBNM. 60p. - PAUSE J. et LAVERGNE C. 2003. <i>Parafaujasia fontinalis</i>. Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. CBNM. 49p.
Insectes	<ul style="list-style-type: none"> - UICN, 2013 - Liste rouge des espèces menacées en France - Faune de La Réunion. 23p. - MARTIRE D. 2010. Les libellules et éphémères de La Réunion. Collection Parthenope. 72p. - DIREN Réunion, 2008. Espèces déterminantes et complémentaires des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques Faunistiques et Floristiques) - MARTIRE et ROCHAT. 2008. Les papillons de La Réunion et leurs chenilles. Collection Parthenope. 496p - Mission de création du Parc National des Hauts de La Réunion, 2003. Premiers éléments de connaissance du patrimoine naturel indigène des hauts de La Réunion. 256 p.
Reptiles	<ul style="list-style-type: none"> - UICN, 2013 - Liste rouge des espèces menacées en France - Faune de La Réunion. 23p. - SANCHEZ M., 2012. Le gecko vert de Bourbon, <i>Phelsuma borbonica</i> Mertens 1966, atlas de répartition,

A Annexe 2, Outils de bio évaluation des espèces et habitats : référentiels utilisés

Groupe biologique	Références utilisées
	<p>écologie et conservation. 74p.</p> <ul style="list-style-type: none"> - SANCHEZ M. et CACERES S. 2011. Plan national d'actions en faveur du Gecko vert de Manapany <i>Phelsuma inexpectata</i>. 158p. - DIREN Réunion, 2008. Espèces déterminantes et complémentaires des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques Faunistiques et Floristiques) - Mission de création du Parc National des Hauts de La Réunion, 2003. Premiers éléments de connaissance du patrimoine naturel indigène des hauts de La Réunion. 256 p.
Oiseaux	<ul style="list-style-type: none"> - SALAMOLARD M. et FOUILLOT D., en cours. Plan national d'action en faveur de l'Echenilleur de La Réunion (<i>Coracina newtoni</i>). - UICN, 2013 - Liste rouge des espèces menacées en France - Faune de La Réunion. 23p. - RIETHMULLER M. et al. 2012. Plan national d'actions en faveur du Pétrel noir de Bourbon (<i>Pseudobulweria aterrima</i>). - GRONDIN V. et PHILIPPE J-S. 2011. Plan de conservation du Busard de Maillard (<i>Circus maillardii</i>). DEAL Réunion, Région Réunion, SEOR, BIOTOPE, Aerowatt. 84p. - SALAMOLARD M., 2008. Plan de conservation du Pétrel de Barau <i>Pterodroma baraui</i>. Région Réunion, SEOR, ECOMAR. 60p. - DIREN Réunion, 2008. Espèces déterminantes et complémentaires des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques Faunistiques et Floristiques) - Mission de création du Parc National des Hauts de La Réunion, 2003. Premiers éléments de connaissance du patrimoine naturel indigène des hauts de La Réunion. 256 p. - PROBST et al. 1999 (Bulletin Phaethon). Essai de détermination d'une valeur patrimoniale donnée aux oiseaux endémiques et indigènes de l'île de La Réunion. Volume 9, pages 16-21]. - BARRE N. et al. 1996. Oiseaux de La Réunion. Orphie Ed. 2005. 207p.
Mammifères terrestres (dont chiroptères)	<ul style="list-style-type: none"> - UICN, 2013 - Liste rouge des espèces menacées en France - Faune de La Réunion. 23p. - BARATAUD et al. 2013. Etude des chiroptères de La Réunion (rapport de mission). 26p. - BARATAUD et al., 2012. Identification et écologie acoustique des chiroptères de La Réunion (rapport de mission). 62 p - CACERES S., 2010. Plan de conservation de la Roussette noire (<i>Pteropus niger</i>) dans l'île de la Réunion. DIREN Réunion, ONCFS. 75p. - DIREN Réunion, 2008. Espèces déterminantes et complémentaires des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques Faunistiques et Floristiques) - Mission de création du Parc National des Hauts de La Réunion, 2003. Premiers éléments de connaissance du patrimoine naturel indigène des hauts de La Réunion. 256 p.
Faune aquatique	<ul style="list-style-type: none"> - UICN, 2010 - Liste rouge des espèces menacées en France - Faune de La Réunion. 23p. - Keith et al., 2006. Atlas des poissons et des crustacés d'eau douce des Comores, Mascareignes, et Seychelles. Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, 250p. - DEAL Réunion, 2015. Espèces de crustacés et de poissons d'eau douce déterminantes des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques Faunistiques et Floristiques). - Olivier J.M, Valade P., Bosc P., 2004. Analyse des données du RP de La Réunion : Etude de faisabilité d'un outil d'expertise de la qualité des peuplements piscicoles et de la fonctionnalité des milieux aquatiques associés, 50p. - OCEA Consult', 2014. Suivi 2014 des éléments biologiques "poissons et macro-crustacés " des rivières du bassin Réunion – Rapport final. Office de l'Eau, 194p + annexes. - Malavoi J.R., Souchon Y., 2002. Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : Clé de détermination qualitative et mesures physiques. In Bull. Fr. Pêche Piscic. (2002) 365/366 pp 357-372. - Wentworth C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. In The Journal of Geology, Vol. 30, No. 5 (Jul. - Aug., 1922), pp. 377-392.

A Annexe 3, Espèces floristiques recensées

Annexe 3, Espèces floristiques recensées

Tableau 15 : Liste des espèces floristiques recensées dans le cadre des inventaires menés à l'échelle de la zone d'étude immédiate (©BIOTOPE, 2019)

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	FAMILLE	STATUT SIMPLIFIÉ	INVASIBILITE	ENDÉMICITÉ	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE	ENJEU
<i>Acacia heterophylla Willd.</i>	Tamarin des hauts	Fabaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Acacia mearnsii De Wild.</i>	Acacia	Fabaceae	Exotique	Taxon très envahissant en milieu naturel avec impact avéré ou supposé (5)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce très invasive
<i>Adiantum capillus-veneris L.</i>	Capillaire	Pteridaceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Agarista buxifolia (Comm. ex Lam.) G. Don</i>	Petit bois de rempart	Ericaceae	Indigène	Non applicable	Madagascar et Mascareignes	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Agarista salicifolia (Comm. ex Lam.) G. Don</i>	Bois de rempart	Ericaceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Alsophila borbonica (Desv.) R.M. Tryon</i>	Fanjan mâle	Cyatheaceae	Indigène	Non applicable	Réunion, Maurice	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Alsophila glaucifolia R.M. Tryon</i>	Fanjan femelle	Cyatheaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Angraecum expansum Thouars</i>	Petit faham	Orchidaceae	Indigène	Non applicable	Réunion, Maurice	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Angraecum microphyton (Frapp.) Schltr.</i>		Orchidaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Non concerné	Déterminant	Taxon non protégé	Fort
<i>Angraecum obversifolium Frapp.</i>		Orchidaceae	Indigène	Non applicable	Réunion, Maurice	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Anthoxanthum odoratum L.</i>	Flouve odorante	Poaceae	Exotique	Taxon très envahissant en milieu naturel avec impact avéré ou supposé (5)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce très invasive
<i>Antirhea borbonica J.F. Gmel.</i>	Bois d'osto	Rubiaceae	Indigène	Non applicable	Madagascar et Mascareignes	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Antrophyum boryanum (Willd.) Spreng.</i>	Langue de boeuf	Pteridaceae	Indigène	Non applicable	Madagascar, Comores et Mascareignes	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Aphloia theiformis (Vahl) Benn.</i>	Change-écorce	Aphloiaceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible

A Annexe 3, Espèces floristiques recensées

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	FAMILLE	STATUT SIMPLIFIÉ	INVASIBILITE	ENDÉMICITÉ	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE	ENJEU
<i>Asplenium aethiopicum</i> (Burm. f.) Bech.		Aspleniaceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Asplenium affine</i> Sw.		Aspleniaceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Asplenium daucifolium</i> Lam.		Aspleniaceae	Indigène	Non applicable	Madagascar, Seychelles et Mascareignes	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Asplenium nitens</i> Sw.		Aspleniaceae	Indigène	Non applicable	Réunion, Maurice	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Astelia hemichrysa</i> (Lam.) Kunth	Ananas marron	Asteliaceae	Indigène	Non applicable	Réunion, Maurice	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Beclardia macrostachya</i> (Thouars) A. Rich.		Orchidaceae	Indigène	Non applicable	Madagascar et Mascareignes	Taxon quasi menacé	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Benthamia bathieana</i> Schltr.		Orchidaceae	?	Non applicable ?	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Négligeable
<i>Bidens pilosa</i> L.	Piquant	Asteraceae	Exotique	Taxon envahissant dans les milieux anthropisés et présent dans certains milieux naturels sans être pour le moment envahissant (espèces émergentes) (3+)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce émergente
<i>Brassica rapa</i> L. subsp. <i>chinensis</i> (L.) Hanelt	Pak Choi	Brassicaceae	Exotique	Taxon cultivé et/ou naturalisé non envahissant depuis plus d'un siècle (1)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Négligeable
<i>Bulbophyllum cylindrocarpum</i> Frapp.		Orchidaceae	Indigène	Non applicable	Madagascar et Mascareignes	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Bulbophyllum nutans</i> (Thouars) Thouars	Ti carambole	Orchidaceae	Indigène	Non applicable	Madagascar et Mascareignes	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Ceradenia argyrata</i> (Bory ex Willd.) Parris		Polypodiaceae	Indigène	Non applicable	Madagascar et Mascareignes	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Chassalia gaertneroides</i> (Cordem.) Verdc.	Bois de lousteau	Rubiaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Claoxylon glandulosum</i> Boivin ex Baill.	Gros bois d'oiseaux	Euphorbiaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Clematis mauritiana</i> Lam.	Liane arabique	Ranunculaceae	Indigène	Non applicable	Madagascar et Mascareignes	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible

A Annexe 3, Espèces floristiques recensées

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	FAMILLE	STATUT SIMPLIFIÉ	INVASIBILITE	ENDÉMICITÉ	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE	ENJEU
<i>Cordyline mauritiana</i> (Lam.) J.F. Macbr.	Canne marronne	Asparagaceae	Indigène	Non applicable	Réunion, Maurice	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Costularia melicoides</i> (Poir.) C.B. Clarke		Cyperaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore		Asteraceae	Exotique	Taxon envahissant dans les milieux anthropisés (espèces adventices incluses) (3)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Risque invasion modéré
<i>Cynorkis coccinelloides</i> (Frapp.) Schltr.		Orchidaceae	Indigène	Non applicable	Madagascar et Mascareignes	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Cynorkis ridleyi</i> T. Durand et Schinz		Orchidaceae	Indigène	Non applicable	Madagascar, Comores et Mascareignes	Taxon insuffisamment documenté	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Cynorkis squamosa</i> (Poir.) Lindl.		Orchidaceae	Indigène	Non applicable	Réunion, Maurice	Taxon insuffisamment documenté	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Cyperus polystachyos</i> Rottb.		Cyperaceae	Indigène ?	Taxon envahissant dans les milieux anthropisés et présent dans certains milieux naturels sans être pour le moment envahissant (espèces émergentes) (3+)	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce émergente
<i>Desmodium incanum</i> (G. Mey.) DC.	Colle-colle	Fabaceae	Exotique	Taxon envahissant dans les milieux anthropisés et présent dans certains milieux naturels sans être pour le moment envahissant (espèces émergentes) (3+)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce émergente
<i>Digitalis purpurea</i> L.	Digitale	Plantaginaceae	Exotique	Taxon envahissant en milieu naturel avec impact modéré ou non connu (4)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce invasive
<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	Bois d'arnette	Sapindaceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible

A Annexe 3, Espèces floristiques recensées

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	FAMILLE	STATUT SIMPLIFIÉ	INVASIBILITE	ENDÉMICITÉ	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE	ENJEU
<i>Dombeya elegans</i> Cordem.	Mahot rose	Malvaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Dombeya ferruginea</i> Cav.	Petit mahot noir	Malvaceae	Indigène	Non applicable	Réunion, Maurice	Taxon de préoccupation mineure	Déterminant	Taxon non protégé	Fort
<i>Dombeya ficulnea</i> Baill.	Mahot	Malvaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Elaphoglossum angulatum</i> (Blume) T. Moore		Dryopteridaceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Elaphoglossum splendens</i> (Bory ex Willd.) Brack.		Dryopteridaceae	Indigène	Non applicable	Réunion, Maurice	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Embelia angustifolia</i> (A. DC.) A. DC.	Liane savon	Primulaceae	Indigène	Non applicable	Réunion, Maurice	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Erica arborescens</i> (Willd.) E.G.H. Oliv.	Branle filao	Ericaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Erica galioides</i> Lam.	Thym marron	Ericaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Erica reunionensis</i> E.G.H. Oliv.	Branle vert	Ericaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Erigeron karvinskianus</i> DC.	Pâquerette	Asteraceae	Exotique	Taxon très envahissant en milieu naturel avec impact avéré ou supposé (5)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce très invasive
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Bibasse	Rosaceae	Exotique	Taxon envahissant en milieu naturel avec impact modéré ou non connu (4)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce invasive
<i>Eugenia buxifolia</i> Lam.	Bois de nèfles à petites feuilles	Myrtaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Faujasia salicifolia</i> (Pers.) C. Jeffrey	Chasse vieillesse	Asteraceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Festuca borbonica</i> Spreng.		Poaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Forgesia racemosa</i> J.F. Gmel.	Bois de Laurent-Martin	Escalloniaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Hedera helix</i> L.	Lierre	Araliaceae	Exotique	Taxon très envahissant en milieu	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce très invasive

A Annexe 3, Espèces floristiques recensées

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	FAMILLE	STATUT SIMPLIFIÉ	INVASIBILITE	ENDÉMICITÉ	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE	ENJEU
				naturel avec impact avéré ou supposé (5)					
<i>Helichrysum heliotropifolium</i> (Lam.) DC.	Velours blanc	Asteraceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Holcus lanatus</i> L.		Poaceae	Exotique	Taxon très envahissant en milieu naturel avec impact avéré ou supposé (5)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce très invasive
<i>Hubertia ambavilla</i> Bory	Ambaville	Asteraceae	Indigène	Non applicable	Réunion, Maurice	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Hubertia tomentosa</i> Bory	Ambaville blanche	Asteraceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Humbertacalia tomentosa</i> (Lam.) C. Jeffrey	Petite liane blanche	Asteraceae	Indigène	Non applicable	Madagascar et Mascareignes	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Hymenophyllum inaequale</i> (Poir.) Desv.		Hymenophyllaceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Hypericum lanceolatum</i> Lam.	Fleur jaune	Hypericaceae	Indigène	Non applicable	Comores et Mascareignes	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Hypericum lanceolatum</i> Lam. subsp. <i>angustifolium</i> (Lam.) N. Robson	Fleur jaune	Hypericaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Non concerné	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Hypericum lanceolatum</i> Lam. subsp. <i>lanceolatum</i>	Fleur jaune	Hypericaceae	Indigène	Non applicable	Comores et Mascareignes	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Hypochaeris radicata</i> L.	Chicorée-pays	Asteraceae	Exotique	Taxon très envahissant en milieu naturel avec impact avéré ou supposé (5)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce très invasive
<i>Jumellea triquetra</i> (Thouars) Schltr.		Orchidaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Juncus effusus</i> L.	Jonc	Juncaceae	Indigène ?	Non applicable	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Ligustrum ovalifolium</i> Hassk.		Oleaceae	Exotique	Taxon envahissant en milieu naturel avec impact modéré ou non connu (4)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce invasive

A Annexe 3, Espèces floristiques recensées

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	FAMILLE	STATUT SIMPLIFIÉ	INVASIBILITE	ENDÉMICITÉ	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE	ENJEU
<i>Lomaridium attenuatum</i> (Sw.) Gasper et V.A.O. Dittrich	Première fougère des laves	Blechnaceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Lomariocycas tabularis</i> (Thunb.) Gasper et A.R. Sm.	Fausse osmonde	Blechnaceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Lonicera japonica</i> Thunb.	Chèvrefeuille	Caprifoliaceae	Exotique	Taxon très envahissant en milieu naturel avec impact avéré ou supposé (5)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce très invasive
<i>Lycopodiella cernua</i> (L.) Pic.Serm.	Fougère décorative	Lycopodiaceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Melicope coodeana</i> T.G. Hartley	Bois de catafaille à petites feuilles	Rutaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon quasi menacé	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Melicope obtusifolia</i> (DC.) T.G. Hartley	Gros patte poule	Rutaceae	Indigène	Non applicable	Réunion, Maurice	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Monimia rotundifolia</i> Thouars	Mapou à grandes feuilles	Monimiaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Nastus borbonicus</i> J.F. Gmel.	Calumet	Poaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Nuxia verticillata</i> Lam.	Bois maigre	Stilbaceae	Indigène	Non applicable	Réunion, Maurice	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Oleandra distenta</i> Kunze	Fougère liane	Oleandraceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Ti trèfle	Oxalidaceae	Exotique	Taxon envahissant dans les milieux anthropisés et présent dans certains milieux naturels sans être pour le moment envahissant (espèces émergentes) (3+)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce émergente
<i>Pandanus montanus</i> Bory	Pimpin	Pandanaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Peperomia elliptica</i> (Lam.) A. Dietr.		Piperaceae	Indigène	Non applicable	Réunion, Maurice	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Peperomia rotundifolia</i> (L.) Kunth		Piperaceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Taxon insuffisamment documenté	Déterminant	Taxon non protégé	Fort

A Annexe 3, Espèces floristiques recensées

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	FAMILLE	STATUT SIMPLIFIÉ	INVASIBILITE	ENDÉMICITÉ	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE	ENJEU
<i>Persicaria capitata</i> (Buch.-Ham. ex D. Don) H. Gross		Polygonaceae	Exotique	Taxon envahissant en milieu naturel avec impact modéré ou non connu (4)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce invasive
<i>Persicaria chinensis</i> (L.) H. Gross		Polygonaceae	Exotique	Taxon envahissant en milieu naturel avec impact modéré ou non connu (4)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce invasive
<i>Persicaria decipiens</i> (R. Br.) K.L. Wilson		Polygonaceae	?	Taxon envahissant en milieu naturel avec impact modéré ou non connu (4)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce invasive
<i>Phlegmariurus ophioglossoides</i> (Lam.) A.R. Field et Bostock		Lycopodiaceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Phyllica nitida</i> Lam.	Ambaville	Rhamnaceae	Indigène	Non applicable	Réunion, Maurice	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Phyllanthus phillyreifolius</i> Poir.	Faux bois de demoiselle	Phyllanthaceae	Indigène	Non applicable	Réunion, Maurice	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Phytolacca americana</i> L.	Faux vin	Phytolaccaceae	Exotique ?	Taxon envahissant dans les milieux anthropisés et présent dans certains milieux naturels sans être pour le moment envahissant (espèces émergentes) (3+)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce émergente
<i>Pilea sessilifolia</i> (Poir.) Wedd.		Urticaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Pinus patula</i> Schtdl. et Cham.		Pinaceae	Exotique	Taxon uniquement cultivé non envahissant, connu pour être envahissant ailleurs dans d'autres régions ou îles du monde, et susceptible d'envahir le territoire et de porter atteinte aux milieux naturels	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Risque invasion faible

A Annexe 3, Espèces floristiques recensées

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	FAMILLE	STATUT SIMPLIFIÉ	INVASIBILITE	ENDÉMICITÉ	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE	ENJEU
				(analyse de risque non réalisée) (1P)					
<i>Plantago lanceolata</i> L.	Petit plantain	Plantaginaceae	Exotique	Taxon envahissant dans les milieux anthropisés et présent dans certains milieux naturels sans être pour le moment envahissant (espèces émergentes) (3+)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce émergente
<i>Platanus x hispanica</i> Mill. ex Münchh.	Platane	Platanaceae	Exotique	Taxon cultivé et/ou naturalisé non envahissant depuis plus d'un siècle (1)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Négligeable
<i>Pleopeltis macrocarpa</i> (Bory ex Willd.) Kaulf.		Polypodiaceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Polystichum ammifolium</i> (Poir.) C. Chr.		Dryopteridaceae	Indigène	Non applicable	Madagascar et Mascareignes	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Potentilla indica</i> (Andrews) Th. Wolf	Fraise crapaud	Rosaceae	Exotique	Taxon envahissant en milieu naturel avec impact modéré ou non connu (4)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce invasive
<i>Prunella vulgaris</i> L.	Herbe Catois	Lamiaceae	Exotique	Taxon envahissant en milieu naturel avec impact modéré ou non connu (4)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce invasive
<i>Psiadia anchusifolia</i> (Poir.) Cordem.	Bouillon blanc	Asteraceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Psiadia boivinii</i> (Klatt) Rob.	Bouillon blanc	Asteraceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Psiadia laurifolia</i> (Lam.) Cordem.	Bois de tabac	Asteraceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Fougère aigle	Dennstaedtiaceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Ravenelle	Brassicaceae	Exotique	Taxon envahissant dans les milieux anthropisés et présent dans certains milieux naturels sans être	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce émergente

A Annexe 3, Espèces floristiques recensées

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	FAMILLE	STATUT SIMPLIFIÉ	INVASIBILITE	ENDÉMICITÉ	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE	ENJEU
				pour le moment envahissant (espèces émergentes) (3+)					
<i>Rubus apetalus</i> Poir. var. <i>apetalus</i>	Ronce blanche	Rosaceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Rubus rosifolius</i> Sm.	Framboise	Rosaceae	Exotique	Taxon envahissant en milieu naturel avec impact modéré ou non connu (4)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce invasive
<i>Rumex acetosella</i> L.	Oseille sauvage	Polygonaceae	Exotique	Taxon envahissant en milieu naturel avec impact modéré ou non connu (4)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce invasive
<i>Rumex obtusifolius</i> L.		Polygonaceae	Exotique	Taxon envahissant dans les milieux anthropisés (espèces adventices incluses) (3)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Risque invasion modéré
<i>Satyrium amoenum</i> (Thouars) A. Rich.		Orchidaceae	Indigène	Non applicable	Madagascar, Comores et Mascareignes	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Sideroxylon borbonicum</i> DC.	Bois de fer bâtard	Sapotaceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Smilax anceps</i> Willd.	Croc de chien	Smilacaceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	Bringellier marron	Solanaceae	Exotique	Taxon très envahissant en milieu naturel avec impact avéré ou supposé (5)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce très invasive
<i>Solanum tuberosum</i> L.	Pomme de terre	Solanaceae	Exotique	Taxon cultivé et/ou naturalisé non envahissant depuis plus d'un siècle (1)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Négligeable
<i>Sphaeropteris cooperi</i> (Hook. ex F. Muell.) R.M. Tryon	Fanjan	Cyatheaceae	Exotique	Taxon très envahissant en milieu naturel avec impact avéré ou supposé (5)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce très invasive

A Annexe 3, Espèces floristiques recensées

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	FAMILLE	STATUT SIMPLIFIÉ	INVASIBILITE	ENDÉMICITÉ	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE	ENJEU
<i>Sticherus flagellaris</i> (Bory ex Willd.) Ching		Gleicheniaceae	Indigène	Non applicable	Madagascar, Seychelles et Mascareignes	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Stoebe passerinoides</i> (Lam.) Willd.	Branle blanc	Asteraceae	Indigène	Non applicable	Réunion	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Toddalia asiatica</i> (L.) Lam.	Liane patte poule	Rutaceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Tropaeolum majus</i> L.	Capucine	Tropaeolaceae	Exotique	Taxon cultivé et/ou naturalisé non envahissant depuis plus d'un siècle (1)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Négligeable
<i>Ulex europaeus</i> L.	Genêt	Fabaceae	Exotique	Taxon très envahissant en milieu naturel avec impact avéré ou supposé (5)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce très invasive
<i>Verbena bonariensis</i> L.	Verveine	Verbenaceae	Exotique	Taxon envahissant dans les milieux anthropisés (espèces adventices incluses) (3)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Risque invasion modéré
<i>Veronica agrestis</i> L.		Plantaginaceae	Exotique	Taxon envahissant dans les milieux anthropisés (espèces adventices incluses) (3)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Risque invasion modéré
<i>Vittaria isoetifolia</i> Bory		Pteridaceae	Indigène	Non applicable	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé	Faible
<i>Weinmannia tinctoria</i> Sm.	Tan rouge	Cunoniaceae	Indigène	Non applicable	Réunion, Maurice	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé	Moyen
<i>Zantedeschia aethiopica</i> (L.) Spreng.	Arum	Araceae	Exotique	Taxon envahissant en milieu naturel avec impact modéré ou non connu (4)	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé	Espèce invasive

A Annexe 4, Localisation des points IPA (passereaux forestiers)

Annexe 4, Localisation des points IPA (passereaux forestiers)

Carte 15 : Localisation des IPA



Localisation des points d'inventaire pour l'avifaune

Carrière sur la commune du
TAMPON Secteur du Piton
Villers à la Plaine-des-Cafres

Légende

- Zone d'étude immédiate
- Zone d'étude rapprochée
- Point IPA (Indice Ponctuel d'Abondance)
- * Focale fixe d'observation (expertise Papangue)



Propriété de Biotope
Ne peut être diffusée sans
autorisation préalable de Biotope

A Annexe 5, Localisation des points d'enregistrement acoustique (chiroptères)

Annexe 5, Localisation des points d'enregistrement acoustique (chiroptères)

Carte 16 : Localisation des SM2BAT



Localisation des points d'enregistrement acoustique

Carrière sur la commune du
TAMPON Secteur du Piton
Villers à la Plaine-des-Cafres

Légende

- Zone d'étude immédiate
- Zone d'étude rapprochée
- Point SMBat



Propriété de Biotope
Ne peut être diffusée sans
autorisation préalable de Biotope



Siège social :

22 boulevard Maréchal Foch - BP58 - F-34140 Mèze

Tél. : +33(0)4 67 18 46 20 - Fax : +33(0)4 67 18 65 38 - www.biotope.fr

ANNEXE 4 - Pièce 6

Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires du projet
d'extension de la carrière Piton Villers(TECHNISIM, 2020)

Société BEGE TRAVAUX PUBLICS LOCATION

PITON VILLERS

CARRIÈRE et INSTALLATION de TRAITEMENT de MATERIAUX

ÉVALUATION QUANTITATIVE des RISQUES SANITAIRES

✍ PLAINE des CAFRES – Île de la Réunion ✍

Rapport d'étude n°2

Réf : 190 306 081a

	Société BEGE Travaux Publics Location (SBTPL)	EMC²
<i>Destinataires :</i>	<i>Monsieur Laurent BEGE</i> 71 rue Jean de Fos du Rau - PK 24 97418 La Plaine des Cafres Fixe : 02 62 59 31 30	<i>Monsieur Stéphane RAUX</i> 476 rue Deschanets 97440 Saint-André de La Réunion Fixe : 02 62 21 54 71 / Mob : 06 92 60 87 52 Mél : sremc2@orange.fr
<i>Date :</i>	12 novembre 2020	

Suivi des modifications

Nom du fichier	Version	Date	Contenu	Objet des modification	Rédacteur	Superviseur
Rapport_étude_EQRS_EMC2_SBTPL_Piton_Villers_N1	1	09/11/20	ERS	Première version	TS IE	RG
Rapport_étude_EQRS_EMC2_SBTPL_Piton_Villers_N2	2	12/11/20	ERS	Corrections des surfaces de stockages	TS IE	RG

Table des matières

TABLE DES MATIERES	3
ACRONYMES	8
PRESENTATION DE L'ETUDE.....	10
1 INTRODUCTION	10
2 PRESENTATION SOMMAIRE DU SITE	11
ÉTAT INITIAL.....	12
3 AIR AMBIANT.....	12
3.1 Situation générale de l'île de La Réunion pour les principaux polluants	13
3.1.1 Dioxyde de soufre [SO ₂].....	13
3.1.2 Oxydes d'azote : NO _x [NO et NO ₂].....	14
3.1.3 Monoxyde de carbone [CO].....	18
3.1.4 Composés organiques volatils non méthaniques [COVNM] et benzène [C ₆ H ₆]	19
3.1.5 Métaux	21
3.1.6 Autres composés	22
3.2 Qualité de l'air au niveau de la commune du Tampon.....	22
3.2.1 Identification des principales sources d'émission.....	22
3.2.2 Mesures d'ATMO Réunion.....	25
3.2.3 Mesures des retombées de poussières	28
4 QUALITE DES EAUX CONSOMMEES	31
5 DONNEES SANITAIRES.....	32
5.1 Bilan de l'état de santé de la population réunionnaise - généralités	32
5.1.1 Vue d'ensemble	32
5.1.2 Risques sanitaires et environnementaux.....	40
5.1.3 Cancer à la Réunion.....	41
5.1.4 Asthme à la Réunion.....	47
5.1.5 Profil de santé du territoire Sud de la Réunion.....	49
ANALYSE DE LA ZONE D'ETUDE	52
5.1.6 Occupation des sols.....	52
5.1.7 Analyse de la population	53
5.1.8 Recensement des habitations du secteur	57
5.1.9 Niveaux sonores	60
6 SYNTHÈSE DE L'ÉTAT INITIAL	62
ÉVALUATION DES EFFETS SANITAIRES	64
LIES A L'EXPLOITATION DU SITE.....	64
7 ÉTUDE DE L'IMPACT SANITAIRE DE L'INSTALLATION	64
7.1 Identification des sources d'émissions	64
7.1.1 Émissions aqueuses	64
7.1.2 Émissions atmosphériques	65
7.2 Devenir des émissions dans l'environnement – simulation numérique.....	67
7.2.1 Quantification des émissions atmosphériques.....	67
7.2.2 Simulation numérique de la dispersion des rejets atmosphériques	83
7.2.3 Comparaison avec les normes de la qualité de l'air	92
7.2.4 Analyse des résultats pour les polluants non réglementés.....	96

7.2.5 Effets des mesures d'abattement.....	97
7.2.6 Conclusion	99
7.3 Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires – EQRS.....	102
7.3.1 Contenu et démarche de l'EQRS.....	102
7.3.2 Concentrations d'exposition.....	113
7.3.3 Doses d'exposition par ingestion.....	113
7.3.4 Calcul des indices sanitaires.....	115
7.3.5 Incertitudes relatives à l'EQRS.....	119
7.3.6 Synthèse de l'EQRS.....	122
8 ENVIRONNEMENT SONORE.....	122
9 EFFETS CUMULES.....	122
10 EFFETS SUR LA VEGETATION.....	124
11 EFFETS DES RETOMBÉES DE POUSSIÈRES SUR LE RADAR.....	127
12 CONCLUSION.....	131
13 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	133
ANNEXE N°1 – CRITÈRES NATIONAUX DE LA QUALITÉ DE L'AIR.....	135
ANNEXE N°2 – EFFETS SANITAIRES DES COMPOSÉS.....	138
ANNEXE N°3 – VALEURS TOXICOLOGIQUES DE RÉFÉRENCE.....	144
ANNEXE N°4 – PARAMÈTRES CONSIDÉRÉS DANS MODUL'ERS.....	149

Table des illustrations

Figure 1: Emplacement du projet _____	11
Figure 2 : Émissions de dioxyde de soufre dans l'air ambiant (Source : CITEPA) _____	14
Figure 3 : Émissions d'oxydes d'azote dans l'air ambiant (Source : CITEPA) _____	15
Figure 4: Émissions de monoxyde de carbone dans l'air ambiant (Source : CITEPA) _____	19
Figure 5 : Émissions de COVNM dans l'air ambiant (Source : CITEPA) _____	20
Figure 6: Cultures présentes à proximité du site _____	23
Figure 7 : Trafic en moyenne journalière annuelle – Année 2018 _____	24
Figure 8: Emplacement des stations Atmo par rapport au projet _____	26
Figure 9: Bilan des mesures au niveau des stations de mesure présentes sur le territoire CASUD _____	27
Figure 10: Emplacements et résultats de la campagne de mesure des retombées atmosphériques des poussières _____	30
Figure 11: Réseaux d'alimentation en eau potable _____	31
Figure 12: Pyramides des âges obtenus sur la base du recensement de l'INSEE de 2015 _____	33
Figure 13: Évolution du nombre de naissances et du taux de natalité (en ‰) à La Réunion sur la période 2008 à 2017 _____	34
Figure 14: Taux de mortalité infantile à La Réunion et France entière en 2016(‰) _____	34
Figure 15: Taux de mortalité standardisés par grandes causes initiales de décès croisées par genre à La Réunion et en Métropole, période 2013-2015 _____	35
Figure 16: Taux standardisés de mortalité sur la période 2013-2015 _____	36
Figure 17: Caractéristiques démographiques des patients diabétiques pris en charge en 2017 _____	38
Figure 18: Distribution du nombre de cas, taux d'incidence et part des diagnostics par localisation chez l'homme à La Réunion en 2013 _____	42
Figure 19: Distribution du nombre de cas, taux d'incidence et part des diagnostics par localisation chez la femme à La Réunion en 2013 _____	43
Figure 20 : Évolution des taux d'incidence standardisés par sexe _____	44
Figure 21: Taux standardisé de mortalité prématurée par cancer par sexe à La Réunion et en Métropole pour la période 2013-2015 (pour 100 000 habitants) _____	46
Figure 22: Taux standardisé de mortalité prématurée évitable par cancer par sexe à La Réunion et en Métropole pour la période 2013-2015 (pour 100 000 habitants) _____	47
Figure 23: Prévalence de l'asthme actuel et de l'asthme traité chez les élèves, selon le niveau scolaire, La Réunion et la Métropole (en %) _____	48
Figure 24 : Nombre annuel moyen de nouvelles admissions en Affection de Longue Durée pour asthme sévère par territoire de santé à La Réunion sur la période 2009-2011 _____	49
Figure 25 : Territoire étudié (territoire Sud) _____	50
Figure 26 : Situation du territoire de santé du Sud _____	51
Figure 27: Occupation des sols de la zone d'étude selon le Corine Land Cover 2018 _____	52
Figure 28: Données carroyées de l'INSEE – densité populationnelle à proximité du site _____	54
Figure 29 : Population par grandes tranches d'âges _____	55
Figure 30 : Ancienneté d'emménagement dans la résidence principale en 2017 _____	56
Figure 31: Recensement des établissements sensibles à proximité du projet _____	59
Figure 32: Synthèse de la localisation des points de mesure du bruit _____	60
Figure 33: Emplacements des stockages _____	71
Figure 34: Part de chacune des activités du site dans les émissions de particules – Avec les mesures de contrôle des émissions _____	81
Figure 35: Part de chacune des activités du site dans les émissions de particules – Sans les mesures de contrôle des émissions _____	82
Figure 36 : Rose des vents utilisée pour les modélisations _____	84
Figure 37 : Modèles Numériques de Terrain (MNT) _____	85
Figure 38: Emplacements des récepteurs _____	86

Figure 39: Résultats des modélisations – Particules PM10 – moyenne annuelle	89
Figure 40: Résultats des modélisations – Particules PM2,5 – moyenne annuelle	89
Figure 41: Résultats des modélisations – Dioxyde d’azote – moyenne annuelle	90
Figure 42: Résultats des modélisations – Particules TSP – moyenne annuelle	90
Figure 43: Résultats des modélisations – Dépôts particulaires TSP – moyenne journalière	91
Figure 44: Impacts de l’exploitation du site sur la qualité de l’air - concentrations maximales calculées en moyenne annuelle pour les différentes phases pour les particules TSP	99
Figure 45: Impacts de l’exploitation du site sur la qualité de l’air - concentrations maximales calculées en moyenne annuelle pour les différentes phases pour les particules PM10	99
Figure 46: Schéma conceptuel de la démarche d’une ERS	103
Figure 47: Logigramme – Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence	105
Figure 48: Schéma conceptuel des expositions	109
Figure 49: Schéma conceptuel sous MODUL’ERS®	114
Figure 50: Emplacement de la carrière Piton Hyacinthe – PAYET par rapport au projet	123
Figure 51: Cartographie des dépôts journaliers	128
Figure 52: Cartographie des concentrations en particules TSP en moyenne annuelle	129
Figure 53: Cartographie des concentrations en particules PM10 en moyenne annuelle	129
Figure 54: Cartographie des concentrations en particules PM2,5 en moyenne annuelle	130

Table des tableaux	
---------------------------	--

Tableau 1: Effets sanitaires des particules	17
Tableau 2: Caractéristiques des stations de mesure Atmo Réunion les plus proches du projet	25
Tableau 3: Emplacements et résultats de la campagne de mesure des retombées atmosphériques des poussières	29
Tableau 4: Bilan 2019 des contrôles sanitaires	32
Tableau 5: Évolution de la population de 1982 à 2017	55
Tableau 6 : Nombre de logements par catégorie	56
Tableau 7 : Population de 15 à 64 ans par type d’activité	57
Tableau 8 : Lieu de travail des actifs de 15 ans ou plus ayant un emploi résidant sur la commune du Tampon	57
Tableau 9: Résultats des mesures de bruit	61
Tableau 10: Synthèse de l’état initial	63
Tableau 11: Identification des principales sources d’émissions de poussières pour le projet examiné	66
Tableau 12: Hypothèses utilisées pour les calculs des émissions liées aux opérations de décapage	68
Tableau 13: Quantité de particules émises par les manipulations des matériaux	70
Tableau 14: Caractéristiques des stockages présents sur le site	71
Tableau 15: Quantité de particules émises par l’envol des poussières – stockages des matériaux	72
Tableau 16 : Données concernant les engins et la circulation sur le site	73
Tableau 17: Facteurs d’abattement – circulation des engins	73
Tableau 18: Quantités de particules émises par la circulation des engins et des véhicules présents sur le site	74
Tableau 19: Détail des équipements constituant les lignes de traitement	75
Tableau 20: Facteurs d’émissions considérés pour le calcul des émissions de particules liées au traitement des matériaux	75
Tableau 21: Facteurs d’abattement préconisés pour le traitement des matériaux	75
Tableau 22: Quantités de particules émises par le traitement des matériaux	76
Tableau 23 : Concentrations en ETM des sols réunionnais	76
Tableau 24: Teneurs en ETM retenues pour l’étude	77
Tableau 25: Émissions générées par les engins non routiers	78
Tableau 26: Estimation des flux massiques de polluants atmosphériques générés par les véhicules	78
Tableau 27: Émissions des voies de circulations à proximité	79
Tableau 28: Emissions atmosphériques liées à l’exploitation de la carrière	80

Tableau 29: Réductions des émissions de particules/poussières imputables aux mesures de contrôle	83
Tableau 30: Résultats des modélisations pour les particules	87
Tableau 31: Résultats des modélisations pour le monoxyde de carbone, le dioxyde d'azote et les COVNM	88
Tableau 32: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Dioxyde d'azote	93
Tableau 33: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Particules PM10	94
Tableau 34: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Particules PM2,5	95
Tableau 35: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Benzène	95
Tableau 36: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Plomb	95
Tableau 37: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Arsenic	95
Tableau 38: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Cadmium	95
Tableau 39: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Nickel	95
Tableau 40: Analyse des résultats pour les polluants non réglementés	96
Tableau 41: Concentrations de particules TSP calculées sans abattement	97
Tableau 42: Concentrations de particules PM10 calculées sans abattement	98
Tableau 43: Concentrations de particules PM2,5 calculées sans abattement	98
Tableau 44: Dépôts particulaires calculés sans abattement	99
Tableau 45: Nombre de personnes exposées pour une gamme de concentrations donnée - TSP	100
Tableau 46: Nombre de personnes exposées pour une gamme de concentrations donnée – PM10	101
Tableau 47: Paramètres retenus pour les scénarios d'exposition	110
Tableau 48: Concentrations d'exposition retenues	113
Tableau 49: Doses maximales ingérées par les populations – Effets à seuils	115
Tableau 50: Doses ingérées durant la période – Effets sans seuils	115
Tableau 51: Quotients de dangers calculés par composés	116
Tableau 52: Quotients de danger par organe cible	117
Tableau 53: Excès de risque individuel	118
Tableau 54: Vitesses de chute des particules de différents diamètres	124
Tableau 55: Distances parcourues par des particules minérales en fonction de la vitesse du vent	124
Tableau 56 : Valeurs limites réglementaires pour la qualité de l'air	136

Acronymes

ARS	Agence Régionale de Santé
ARS-OI	Agence Régionale de Santé de d'Océan Indien
AVC	Accident Vasculaire Cérébral
ALD	Affection de Longue Durée
CIRC	Centre International de Recherche contre le Cancer
CIRE	Cellule Interrégionale et Régionale d'Épidémiologie
CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique
COV	Composé Organique Volatil
COVNM	Composé Organique Volatil Non Méthanique
DDAE	Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter
EDF	Électricité De France
EQRS	Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires
ERI	Excès de Risque Individuel
ERU	Excès de Risque Unitaire
ETM	Élément Trace Métallique
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et Risques
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité
INSEE	Institut National de la Statistique et des Études Économiques
InVS	Institut de Veille Sanitaire
OMS / WHO	Organisation Mondiale de la Santé / World Health Organisation
ORA	Observatoire Réunionnais de l'Air
PDU	Plan de Déplacements Urbains
PM	Particulate Matter
PSQA	Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air
QD	Quotient de Danger
RD	Route Départementale
RN	Route Nationale
SRCAE	Schéma Régional Climat-Air-Énergie
TIS	Taux d'Incidence Standardisé
TMJA	Trafic Moyen Journalier Annuel
US EPA	United States Environmental Protection Agency
VTR	Valeur Toxicologique de Référence
ZER	Zone à Émergence Règlementée

CO	Monoxyde de carbone	ha	Hectare
CO₂	Dioxyde de carbone	km	Kilomètre
NH₃	Ammoniac	m	Mètre
NO	Monoxyde d'azote	m²	Mètre carré
NO₂	Dioxyde d'azote	m³	Mètre cube
NO_x	Oxydes d'azote	mg	Milligramme
O₃	Ozone	µg/m³	Microgramme par mètre cube
SO₂	Dioxyde de soufre		
TSP	Total Suspended Particulate		

Présentation de l'étude

1 Introduction

La société SBTPL sollicite une Demande D'Autorisation Environnementale relative à la carrière au niveau de la Plaine des Cafres, à proximité du Piton Villers sur le territoire de la commune du Tampon (Île de La Réunion).

Le présent document concerne la réalisation du volet Air & Santé (Évaluation des Risques Sanitaires) de ladite demande.

Cette prestation se compose de trois étapes distinctes rappelées ci-dessous :

- Synthèse de l'état initial avant exploitation des phases projetées ;
- Évaluation de l'impact des émissions provenant du site à l'aide d'une simulation numérique (quantification des émissions et modélisation de leur dispersion) ;
- Caractérisation de l'impact à l'aide d'une Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires [EQRS].

Pour mémoire, l'impact sur la santé d'une installation est relatif à plusieurs domaines.

Il s'agit de la qualité :

- Des **Eaux** consommées ;
- De l'**Air** respiré ;
- De l'**Environnement** sonore.

À propos des impacts du bruit, des études spécifiques ont été menées.

Aussi, l'étude des effets des émissions sonores sur la santé des populations se basera sur les résultats des études susdites.

2 Présentation sommaire du site

Le projet consiste en l'extension d'une carrière déjà en cours d'exploitation.

La planche ci-après représente la carrière déjà exploitée ainsi que le projet d'extension.

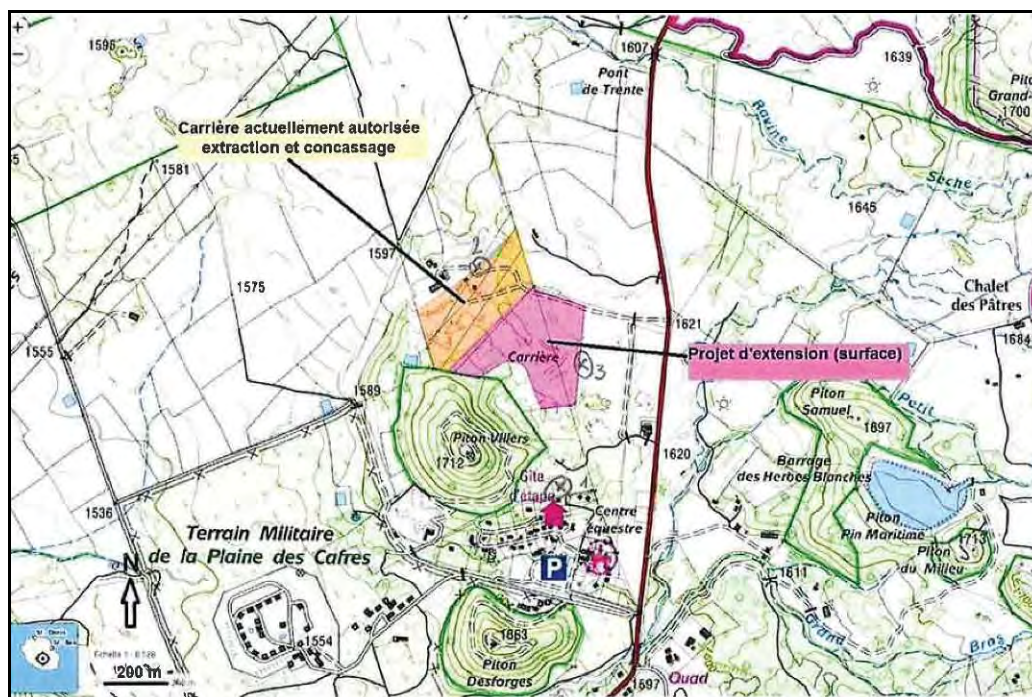


Figure 1: Emplacement du projet

L'exploitation de la parcelle se déroulera sur 25 années (incluant la remise en état) réparties en cinq phases selon la technique du carreau glissant afin de permettre une remise en état progressive du site.

La carrière fonctionnera comme actuellement, c'est-à-dire sur la plage horaire de 07h à 12h puis de 13h à 16h, du lundi au vendredi, sauf jours fériés.

État initial

Cette partie de l'étude va caractériser l'état initial des différents compartiments environnementaux, ainsi que 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, avec leurs 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'informations.

Il est possible de citer notamment :

- L'état des lieux réalisé dans le cadre de la réalisation du Schéma Régional Climat-Air-Énergie [SRCAE] ;
- Les inventaires des émissions réalisés par le 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 - *ATMO REUNION*.

3.1 Situation générale de l'île de La Réunion pour les principaux polluants

La documentation utilisée est référencée aux repères [1] à [5] dans la bibliographie.

3.1.1 Dioxyde de soufre [SO₂]

Le dioxyde de soufre inhalé à concentration de quelques centaines de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $2,86 \text{ mg}/\text{m}^3$ 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 :

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

Situation de La Réunion

Les émissions de dioxyde de soufre dans l'air ambiant sont en baisse depuis 2004.

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. Le passage des installations d'EDF à l'utilisation de fioul moins soufré a contribué à atténuer cette problématique.

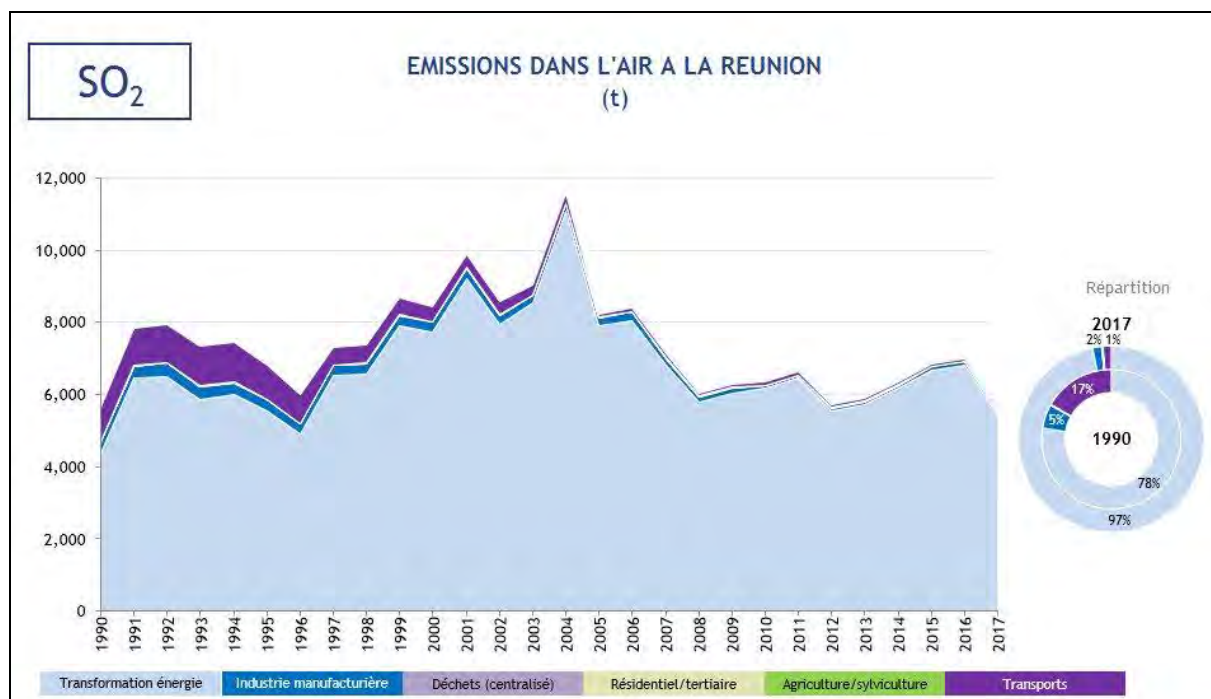


Figure 2 : Émissions de dioxyde de soufre dans l'air ambiant (Source : CITEPA)

Le dioxyde de soufre est également émis naturellement, essentiellement par les volcans. Lorsque le volcan du Piton de la Fournaise est actif, des pics de SO₂ sont observés avec un facteur allant de 1,5 à 5 en fonction des stations.

3.1.2 Oxydes d'azote : NO_x [NO et NO₂]

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

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. Au demeurant, la quantification des effets propres à NO₂ reste difficile du fait principalement de la corrélation avec d'autres polluants présents dans l'air. Les NO_x réagissent avec l'ammoniac et l'humidité de l'air ainsi qu'avec d'autres composés pour former de l'acide nitrique qui lui-même se dépose sur les particules. Ces particules sont ensuite inhalées.

Dès que sa teneur atteint 200 µg/m³, le NO₂ 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 cancérigènes. En outre, les études ne sont pas concordantes en ce qui concerne la mortalité.

Les seuils d'exposition provenant 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.

Situation de La Réunion

Depuis 2013, les émissions d'oxydes d'azote ont fortement baissé en comparaison des années précédentes.

Les transports routiers ainsi que le secteur de la transformation d'énergie sont les principaux émetteurs.

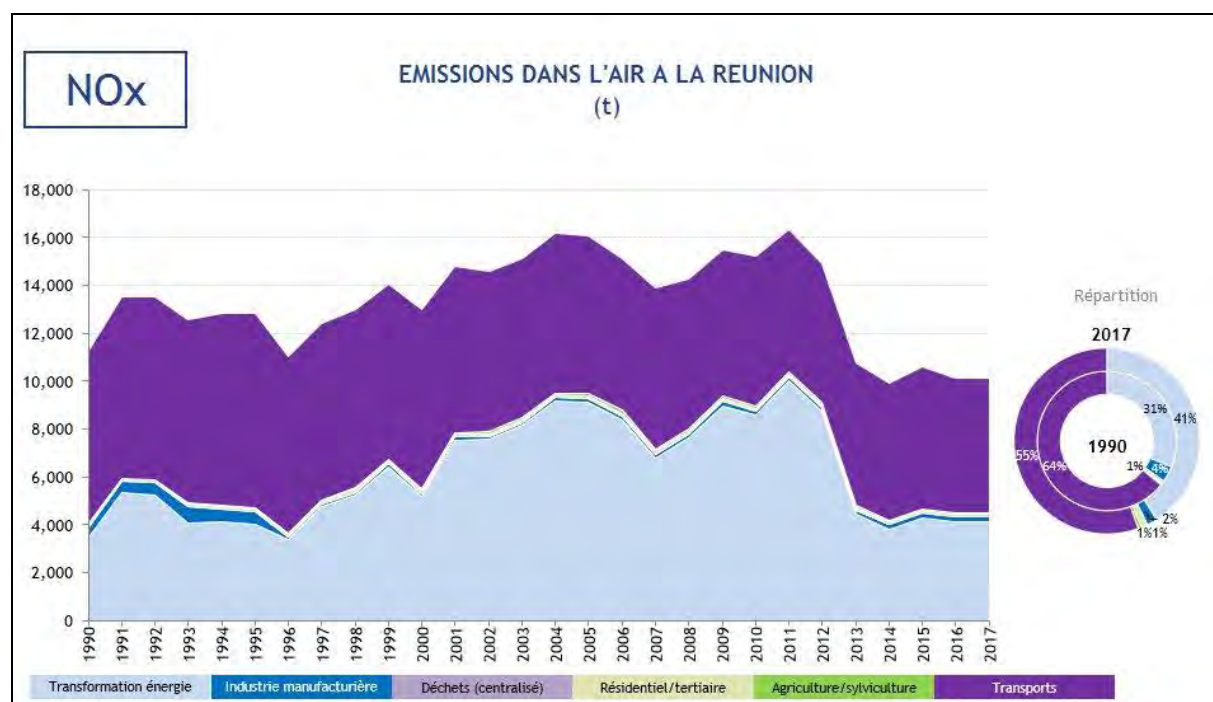


Figure 3 : Émissions d'oxydes d'azote dans l'air ambiant (Source : CITEPA)

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 est intéressant de retenir que certaines particules ont également des propriétés mutagènes et cancérogènes.

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

Les seuils d'exposition publiés par l'OMS sont rappelés ci-dessous :

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

Tableau 1: Effets sanitaires des particules

EFFETS AIGUS	EFFETS CHRONIQUES
<p>Les particules plus grandes que les PM10 n'ont pour ainsi dire aucun effet.</p> <p>Les particules grossières (différence estimée entre les PM10 et les PM2,5) comme les particules fines (comprises entre les PM2,5 et PM1) ou encore les particules ultra fines (estimées en nombre, pour les tailles inférieures à 0,1 µm) ont des incidences sur la mortalité et la morbidité. Leurs effets sont largement indépendants les uns des autres.</p> <p>Les personnes souffrant d'affection des voies aériennes inférieures, d'insuffisance cardiaque et les personnes de plus de 65 ans présentent un risque accru.</p> <p>Les effets sur la mortalité respiratoire sont ressentis immédiatement ou le jour suivant l'exposition à une forte charge en particules. Les effets sur la mortalité cardio-vasculaire se manifestent le plus fortement après 4 jours environ. Cela signifie que l'effet des particules grossières est ressenti immédiatement - ou très rapidement - après l'exposition, et celui des particules fines et ultrafines de manière un peu différée (jusqu'à 4 jours après l'accroissement de la charge).</p> <p>Par ailleurs, si le risque relatif est plus grand pour la mortalité respiratoire, la mortalité cardio-vasculaire entraîne davantage de victimes.</p>	<p>Les effets chroniques sont plus importants que les effets aigus.</p> <p>Des études épidémiologiques ont démontré la corrélation entre de fortes charges en PM10, PM2,5 ou sulfates et une mortalité ou une morbidité accrue.</p> <p>Le carbone élémentaire (suie de diesel) présente un fort potentiel cancérigène.</p> <p>Il n'existe pas (<i>encore</i>) d'étude concluante qui fasse la différence entre les effets chroniques des particules grossières, ceux des particules fines et ceux des particules ultrafines en matière de mortalité et de morbidité.</p>

Situation de La Réunion

Les termes PM10 et 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 d'émission récent pour les particules PM10 et PM2,5 pour l'île de La Réunion.

Le niveau d'émission de ces particules est inférieur à la moyenne métropolitaine.

En 2008, les émissions totales de PM10 étaient de 1,6 kilotonne et celles des PM2,5 s'élevaient à 1,0 kilotonne (source : ORA). Les PM10 sont, depuis 2008, le type de polluant qui engendre les principales procédures d'information et d'alerte, compte tenu de la diminution des valeurs limites réglementaires.

Les principales sources d'émission répertoriées sur le territoire de La Réunion sont les suivantes :

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

3.1.3 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 au décès. 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 %.

Situation de La Réunion

Les émissions de monoxyde de carbone sont en baisse constante depuis 1990.

En raison de la diminution des parts d'émission du secteur des transports (passant de 81 % en 1990 à 19 % en 2017), le secteur résidentiel devient le principal secteur contributeur de ces émissions avec 64 % des émissions totales en 2017.

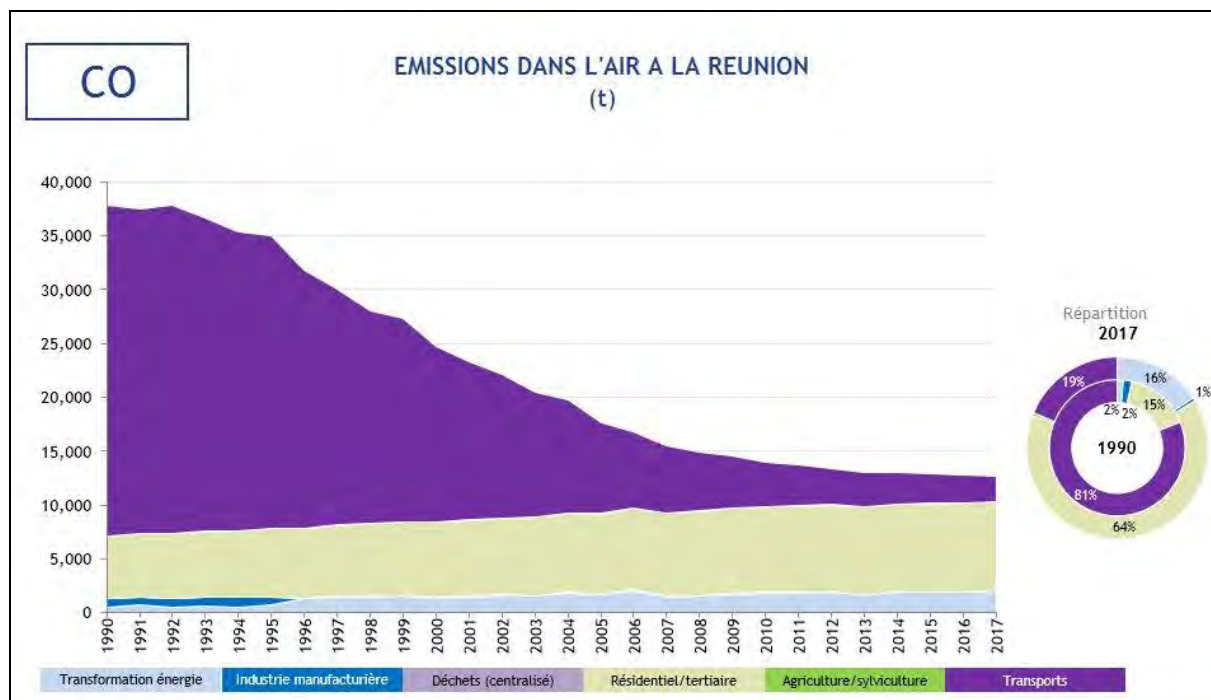


Figure 4: Émissions de monoxyde de carbone dans l'air ambiant (Source : CITEPA)

3.1.4 Composés organiques volatils non méthaniques [COVNM] et benzène [C₆H₆]

Le terme COVNM [Composés Organiques Volatils Non Méthaniques] regroupe une multitude de substances pouvant être d'origine biogénique ou anthropogénique.

Est considéré « composé organique volatil » tout composé organique, à l'exclusion du méthane, ayant une pression de vapeur supérieure ou égale à 0,01 kPa à une température de 293,15 K (20°C) ou ayant une volatilité correspondante dans des conditions d'utilisation particulières (pression et température).

Le benzène est un hydrocarbure aromatique dont les effets à court terme correspondent principalement à une atteinte du système sanguin ainsi qu'à une diminution de la réponse immunitaire.

Le benzène, classé comme composé « cancérigène certain » par le CIRC [Centre International de Recherche contre le Cancer], induit principalement des leucémies et des

lymphomes. Il possède aussi des effets génotoxiques (effets pouvant provoquer le développement de cancers et de mutations génétiques héréditaires).

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

Situation de La Réunion

Les émissions de COVNM sont en baisse constante depuis 1990.

La part du transport routier a notablement diminué depuis 1990, passant de 62 % en 1990 à 11 % en 2017.

Le secteur résidentiel est le principal secteur contributeur de ces émissions avec 57 % des émissions totales en 2017, suivi de l'industrie manufacturière (23 % des émissions en 2017).

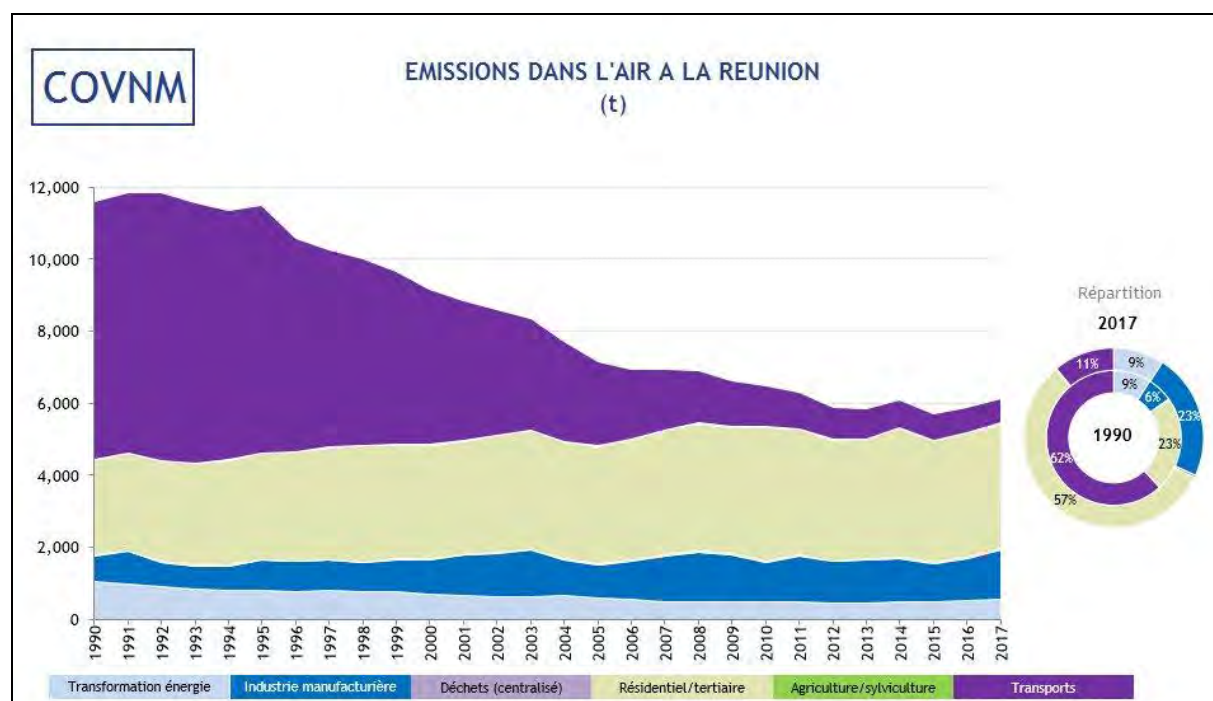


Figure 5 : Émissions de COVNM dans l'air ambiant (Source : CITEPA)

Le benzène est l'un des constituants des produits pétroliers. Il est également utilisé dans les carburants en remplacement du plomb à cause de ses propriétés antidétonantes. Les émissions de benzène dans l'air extérieur proviennent de l'évaporation lors du stockage, de la distribution des carburants, des émissions à l'échappement parmi les hydrocarbures imbrûlés et de l'évaporation à

partir des moteurs ou réservoirs. Sa présence est autorisée dans les carburants jusqu'à la teneur de 1 % maximum en volume (Directive européenne 98/70/CE du 13 octobre 1998).

Les grandes sources d'émission de ce composé sont les stations d'essence et le trafic routier.

3.1.5 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).

Depuis la généralisation de l'essence sans plomb, l'air urbain n'est plus une source majeure d'exposition à ce polluant.

Situation de La Réunion

Le plomb est un polluant réglementé depuis longtemps. Il faut 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'émission sont les industries et la combustion.

3.1.6 Autres composés

Parmi les autres polluants mentionnés dans le Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air de la période 2011-2015, on peut citer :

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

3.2 Qualité de l'air au niveau de la commune du Tampon

3.2.1 Identification des principales sources d'émission

Identification des principales sources d'émission industrielles

Selon la base des ICPE¹, l'installation la plus proche est la carrière Piton Hyacinthe – PAYET. Cette dernière est sise à environ 5,45 km au Sud-Ouest du projet.

→ *Cette distance est suffisante pour éviter que les émissions générées par l'exploitation de cette carrière impactent l'environnement du projet.*

¹ <https://www.georisques.gouv.fr/risques/installations/donnees#/>

Zones agricoles

Les cultures rejettent principalement des pesticides, des poussières et de l'ammoniac. Aux abords de l'installation, les principales parcelles agricoles sont principalement dévolues à la culture de la canne à sucre.

La planche ci-dessous recense les cultures agricoles exploitées dans l'environnement proche du site.

→ Les parcelles du site ne sont entourées que de prairies.

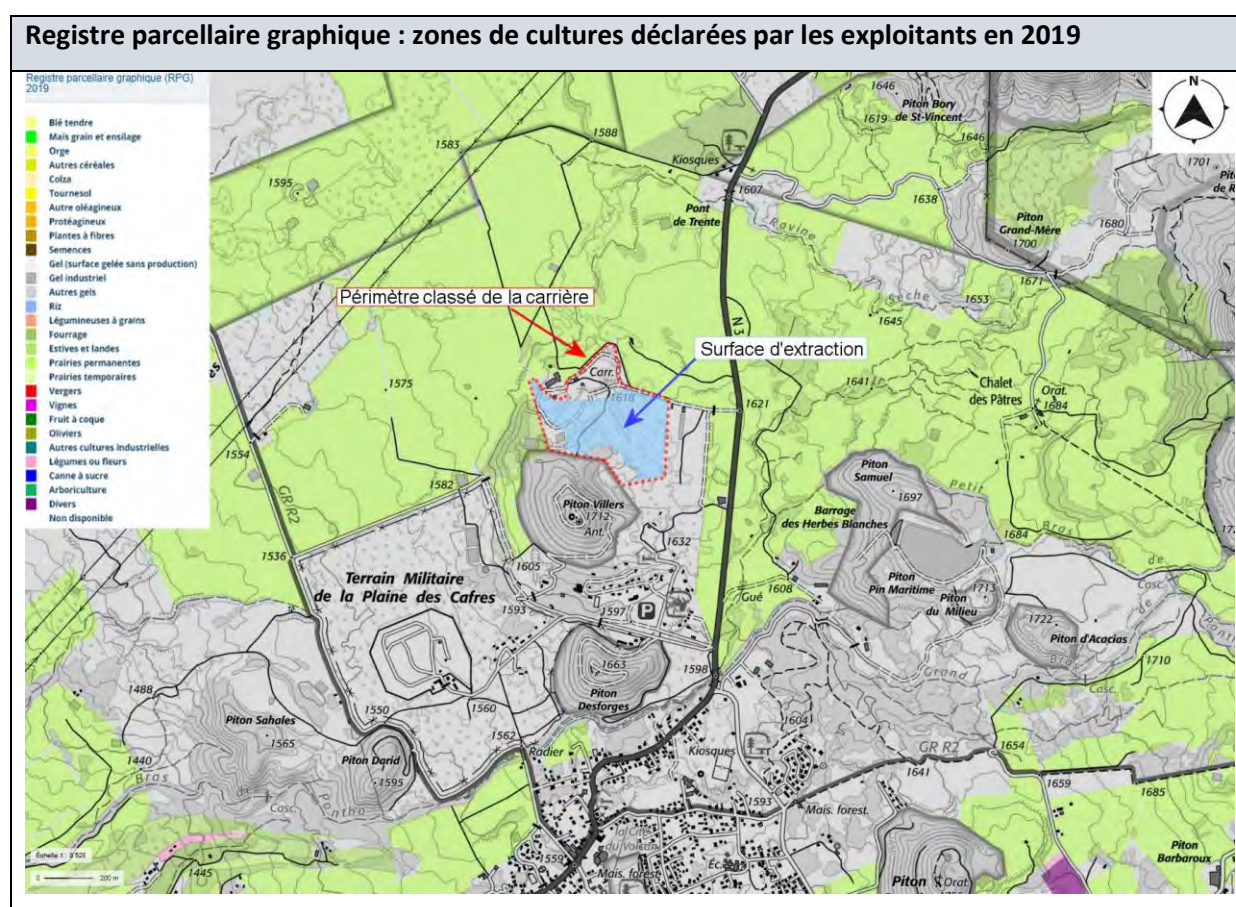


Figure 6: Cultures présentes à proximité du site

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.

Le graphique immédiatement suivant représente schématiquement le trafic sur les principaux axes routiers du Sud-Ouest de l'Île pour l'année 2018.

→ La route la plus proche est la route N3 qui en 2018 affichait un trafic moyen journalier annuel de 5 188 véhicules, ce qui correspond à un trafic modéré.

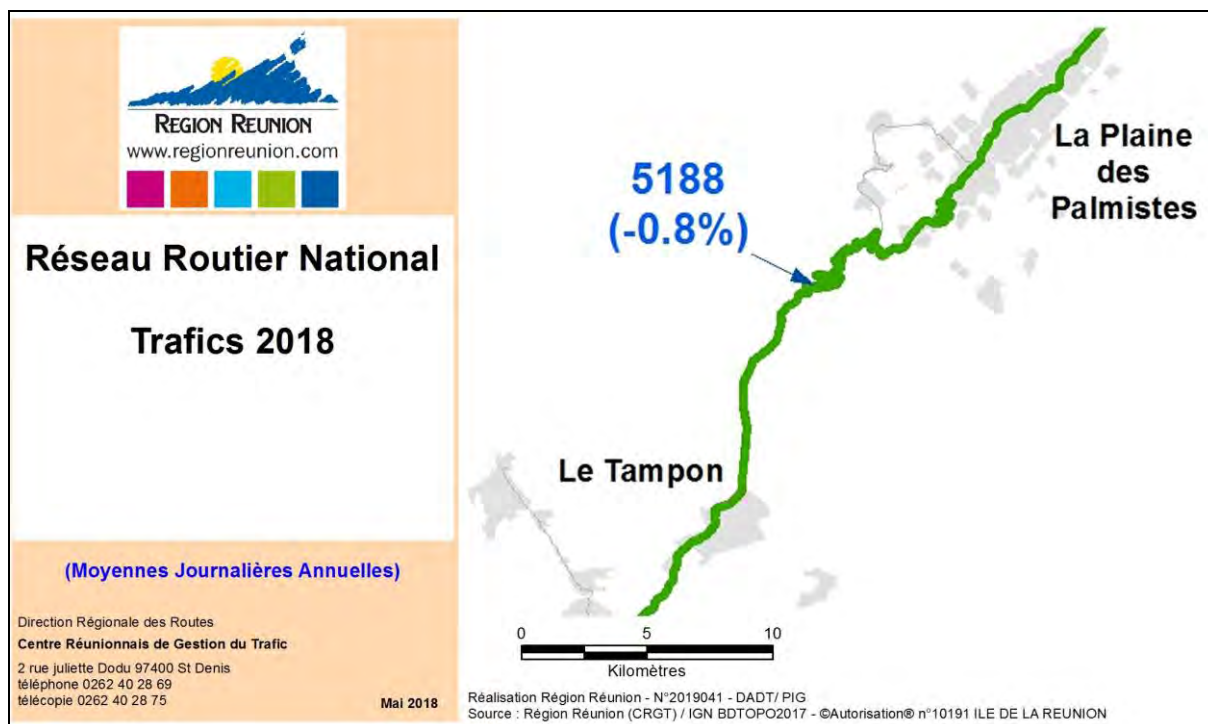


Figure 7 : Trafic en moyenne journalière annuelle – Année 2018

Trafic aérien

Aucun aéroport n'est présent à moins de 10 km du site.

→ Aussi les émissions des aéronefs ne sont pas de nature à impacter la qualité de l'air de la zone considérée.

Emissions transfrontalières

Les informations de ce paragraphe sont extraites du rapport d'Atmo Réunion « Les Hauts de La Réunion sous l'influence de feux de biomasse en Afrique - Note d'information sur les fortes concentrations d'ozone relevées à Bourg-Murat en début août 2019 » (09/08/2019).

Selon les travaux menés par le Laboratoire de l'Atmosphère et des Cyclones (LACy), durant l'hiver austral, la couche limite et la troposphère au-dessus de La Réunion sont impactées par des polluants primaires et secondaires issus du brûlage de la biomasse, qui a lieu annuellement en Afrique et à Madagascar.

Ces polluants (dont l'ozone) sont transportés au Sud-Ouest de l'Océan Indien et ont tendance à impacter plus particulièrement les Hauts de l'île.

→ La qualité de l'air de la commune de Bourg-Murat est impactée par les polluants primaires et secondaires issus du brûlage de la biomasse qui se déroule annuellement en Afrique et à Madagascar. Cela se traduit notamment par des concentrations élevées d'ozone.

3.2.2 Mesures d'ATMO Réunion

ATMO Réunion, organisme en charge de la surveillance de la qualité de l'air, dispose de stations de mesure, fixes ou mobiles, sur le territoire de l'île.

Le territoire où va s'implanter le projet est celui de la Communauté d'Agglomération du Sud (Casud).

Pour cette intercommunalité, il existe deux stations de surveillance dont l'une proche du site (cf. figure ci-après). Il s'agit de la station « Bourg-Murat » (environ 1,8 km au Sud-Est du projet) et de la station « Grand Coude » (environ 13,1 km au Sud-Est du projet).

Les caractéristiques de ces stations de mesure sont reportées dans le tableau ci-dessous.

Leur position est repérée figure également suivante.

Tableau 2: Caractéristiques des stations de mesure Atmo Réunion les plus proches du projet

STATIONS	Type	Localisation	Polluants mesurés
Bourg Murat	Station rurale régionale	École de Bourg Murat 9 rue Josemont Lauret - La Plaine des Cafres (1,8 km au Sud-Est du projet)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SO₂ ▪ O₃ ▪ PM10
Grand Coude	Station rurale régionale	Usine à Thé - Grand Coude 97480 Saint-Joseph (13,1 km au Sud-Est du projet)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SO₂ ▪ PM10 ▪ PM2,5



Figure 8: Emplacement des stations Atmo par rapport au projet

Le bilan des mesures au niveau de ces stations est synthétisé dans la figure ci-après.

CASUD		Station d'observation Bourg Murat						Station d'observation Grand Coude					
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Dioxyde de soufre, SO₂													
Objectif de qualité : 50 µg/m ³ /an Valeur limite pour la protection de la végétation : 20 µg/m ³ /an	moyenne annuelle civile	0	0*	5	0	1	3	1	1*	2	0	2	3
Seuil d'information et de recommandation : 300 µg/m ³ /heure Seuil d'alerte : 500 µg/m ³ /heure, dépassé pendant 3 heures consécutives	moyenne horaire maximale	17	4*	1728	267	266	652	11	9*	353	92	712	414
Valeur limite pour la protection de la santé humaine : ne pas avoir plus de 24 moyennes horaires supérieures à 350 µg/m ³ /heure	nombre de moyennes horaires supérieures à 350µg/m ³ /heure	0	0*	26	0	0	6	0	0*	1	0	3	1
Valeur limite pour la protection de la santé humaine : ne pas avoir plus de 3 moyennes journalières supérieures à 125 µg/m ³ /jour	nombre de moyennes journalières supérieures à 125µg/m ³ /jour	0	0*	5	0	0	0	0	0*	0	0	0	0
Niveau critique pour la protection de la végétation : 20 µg/m ³ en moyenne sur la période du 1er octobre au 31 mars	moyenne semestrielle du 1 ^{er} octobre de l'année « n » au 31 mars de l'année « n+1 »	1	0*	1	1*	0	0*	0*	1	1*	1	1	0
Ozone, O₃													
Objectif de qualité pour la protection de la santé humaine : 120 µg/m ³ /8 heures	moyenne sur 8 heures maximale (µg/m ³ /8 heures)	39*	132*	90	134	148	153						
Valeur cible pour la protection de la santé humaine : ne pas dépasser 120 µg/m ³ /8 heures plus de 25 jours par année civile en moyenne calculé sur 3 ans	nombre de jours ayant dépassés les 120µg/m ³ /8 heures	0*	3*	0	3	1	2						
Seuil d'information et de recommandation : 180 µg/m ³ /heure Seuil d'alerte pour une protection sanitaire pour toute la population : 240 µg/m ³ /heure Seuil d'alerte pour la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence : 1er seuil : 240 µg/m ³ /heure, dépassé pendant 3 heures consécutives 2eme seuil : 300 µg/m ³ /heure, dépassé pendant 3 heures consécutives 3eme seuil : 360 µg/m ³ /heure	moyenne horaire maximale	42*	144*	99	140	169	161						

Figure 9: Bilan des mesures au niveau des stations de mesure présentes sur le territoire CASUD

D'après les mesures des stations ATMO Réunion, il est possible de constater que :

- Pour le dioxyde de soufre SO₂, l'objectif de qualité est respecté chaque année au niveau des deux stations. Toutefois, le seuil d'information-recommandations a été dépassé en 2015 et 2018.
- Pour l'ozone O₃ à la station Bourg Murat, des dépassements de l'objectif de qualité pour la protection de la santé humaine ont été observés chaque année entre 2014 et 2018 (sauf 2015).
- Pour les particules fines PM10 et PM2,5, les objectifs de qualité annuels sont respectés chaque année.

→ *Le dioxyde de soufre et l'ozone demeurent des polluants problématiques au niveau des stations précitées.*

3.2.3 Mesures des retombées de poussières

La carrière actuellement exploitée possède un plan de surveillance des émissions de poussières. Ce plan prévoit la mise en place d'un suivi des retombées atmosphériques totales conformément à la norme NF X43-014.

Une première campagne de mesures des retombées de poussières a été réalisée à l'aide de collecteurs sur la période du 03 avril au 03 mai 2019 (30 jours).

Ces mesures de retombées atmosphériques totales portent sur la somme des fractions solubles et insolubles et sont exprimées en mg/m²/jour.

Les emplacements et résultats de cette campagne sont présentés dans le tableau et la figure ci-après.

Tableau 3: Emplacements et résultats de la campagne de mesure des retombées atmosphériques des poussières

		<i>Coordonnées GPS</i>	<i>Distance par rapport au projet</i>	<i>Durée d'exposition des jauges</i>	<i>Teneur en poussières [mg/m²/jour]</i>
1	Témoïn	21,17713°S 55,57467°E	730 m	30 jours	65,93
2	Habitation	21,18972°S 55,57895°E	223 m		63,12
3	Habitation	21,19441°S 55,57249°E	600 m		Non analysé
4	Limite de propriété sous les vents dominants	21,18579°S 55,57562°E	Limite de propriété		232,21
5		21,18828°S 55,57311°E			77,21

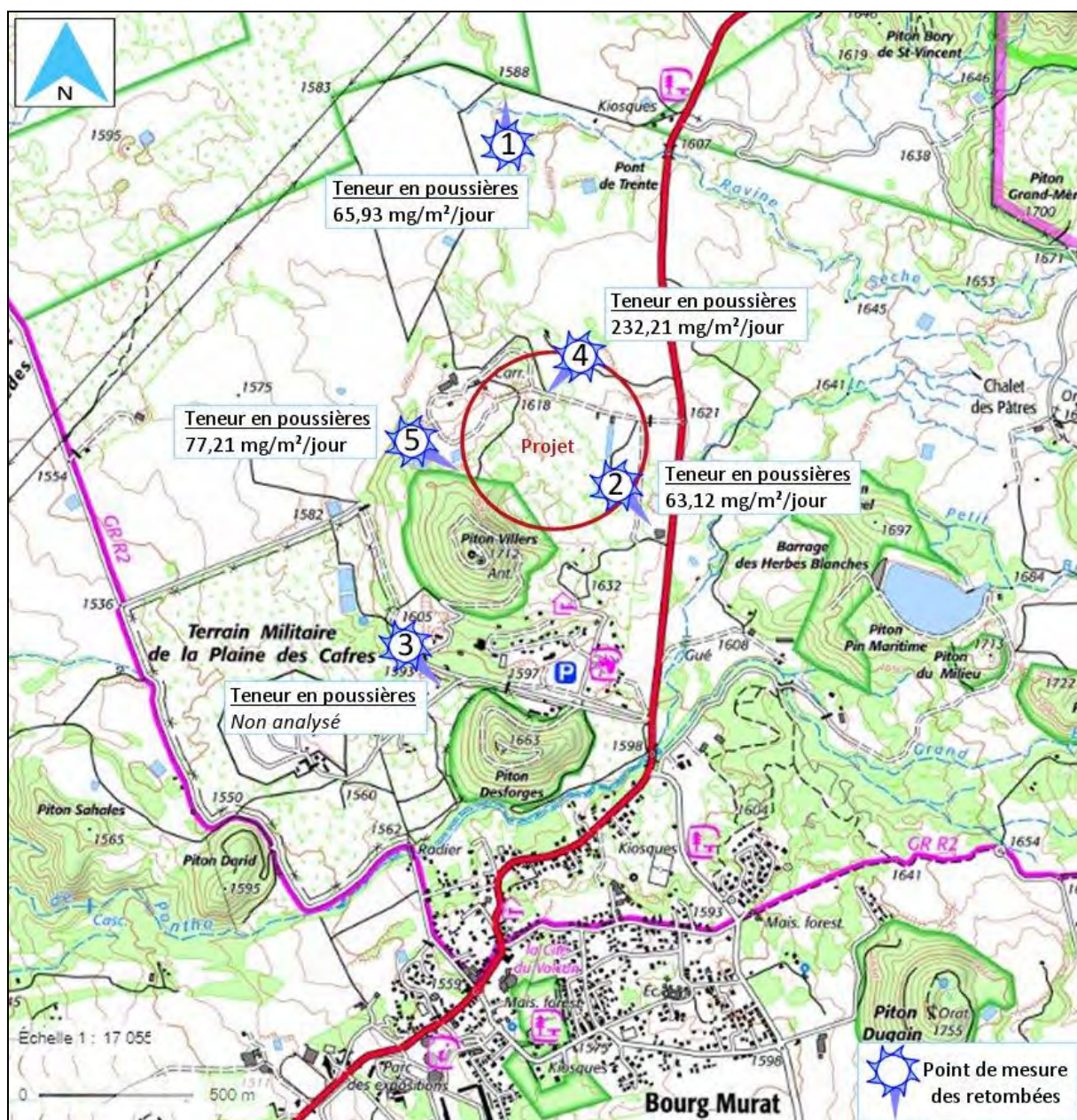


Figure 10: Emplacements et résultats de la campagne de mesure des retombées atmosphériques des poussières

➔ L'objectif à atteindre est de 500 mg/m²/jour en moyenne annuelle glissante.

Il est possible de constater que les retombées mesurées sont bien inférieures à cette valeur.

4 Qualité des eaux consommées

Les données de cette partie de l'étude proviennent de l'Agence Régionale de Santé de l'Océan Indien [ARS-OI].

Les populations demeurant à proximité de la carrière sont alimentées par deux réseaux d'eau potable (cf. figure ci-après) :

- Le réseau Plaine des Cafres ;
- Le réseau SAMARY.

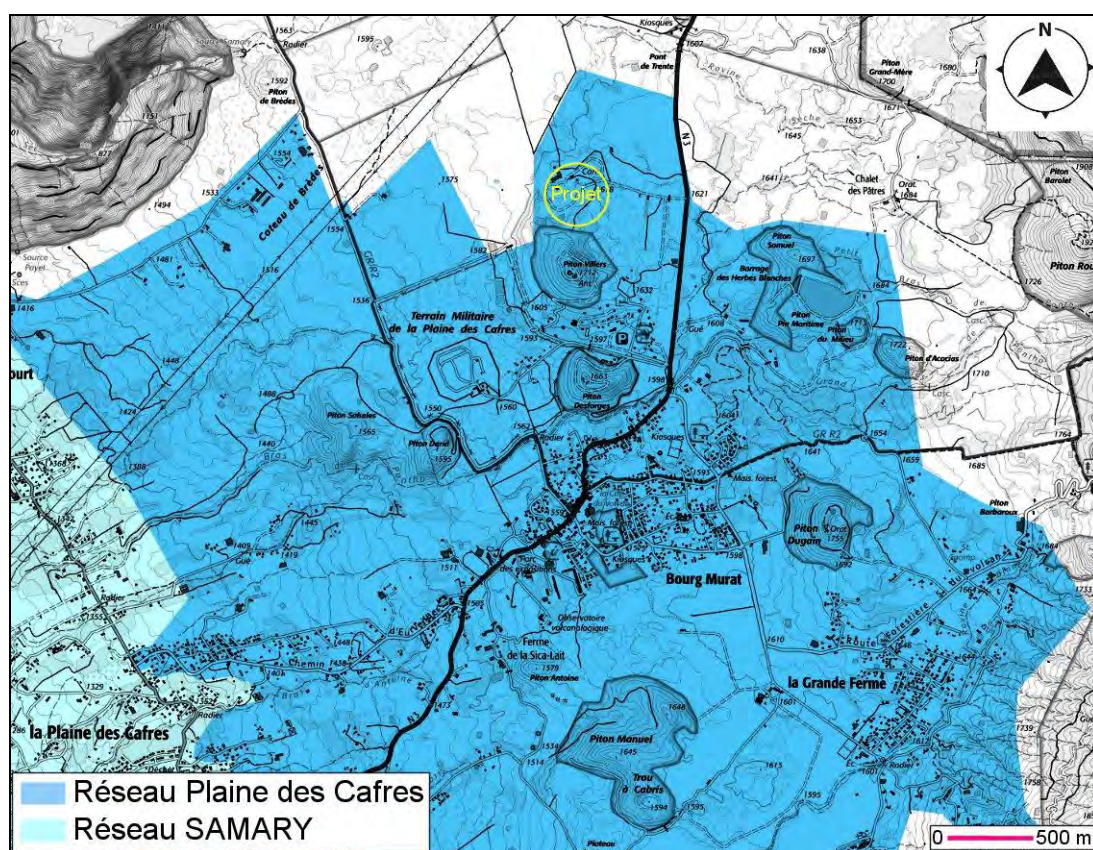


Figure 11: Réseaux d'alimentation en eau potable

Le tableau immédiatement ci-après synthétise les analyses réalisées sur ces deux réseaux en 2019.

Tableau 4: Bilan 2019 des contrôles sanitaires

Réseaux	Qualité sanitaire – Bilan 2019
Plaine des Cafres	<p>L'eau distribuée en 2019 est restée généralement de qualité satisfaisante.</p> <p>Cependant, en l'absence de système de filtration des eaux brutes, les eaux distribuées peuvent se troubler (augmentation de la turbidité) lors des pluies, faisant craindre des altérations ponctuelles de la qualité microbiologique de l'eau.</p> <p>Un programme d'amélioration de la qualité de l'eau doit être arrêté par la CASUD et l'exploitant afin de sécuriser l'alimentation de ce réseau.</p> <p>Il est aussi indiqué que l'insuffisance du traitement de potabilisation au vu de la nature de l'eau constitue un facteur de risque. Aussi il est recommandé pour les personnes immunodéprimées, les personnes âgées de plus de 75 ans, les enfants de moins de 5 ans et les femmes enceintes de ne pas boire l'eau du robinet et de consommer de l'eau embouteillée ou à défaut, faire bouillir au préalable l'eau du robinet au moins 3 minutes.</p>
Samary	<p>La qualité bactériologique de l'eau distribuée en 2019 a été ponctuellement non-conforme.</p> <p>Par ailleurs, en l'absence de système de filtration des eaux brutes, des problèmes de turbidité apparaissent lors des pluies.</p> <p>Un programme d'amélioration de la qualité de l'eau doit être arrêté par la CASUD et l'exploitant afin de sécuriser l'alimentation de ce réseau.</p>

→ *L'insuffisance du traitement de potabilisation au vu de la nature de l'eau constitue un facteur de risque pour les populations fragiles.*

5 Données sanitaires

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

Les documents dont sont issues les données présentées dans ce paragraphe sont en référence [6] à [13].

5.1.1 Vue d'ensemble

La population de la Réunion se caractérise par sa jeunesse comme l'indique la pyramide des âges (cf. figure ci-dessous).

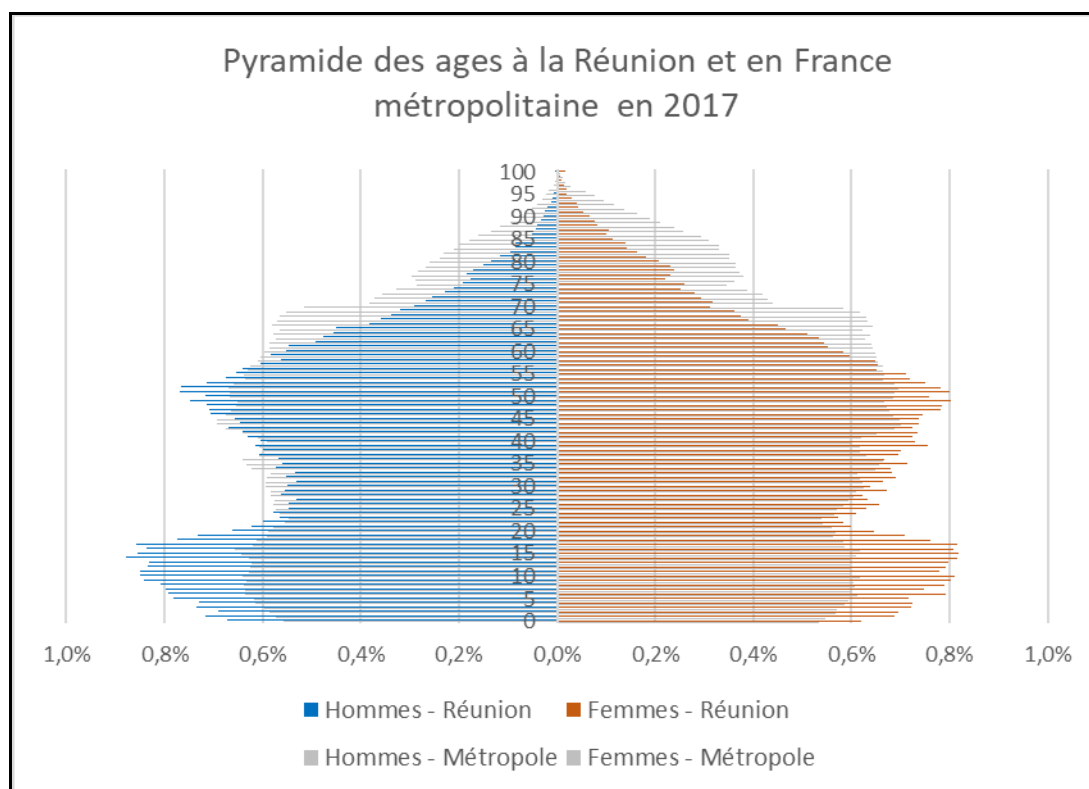


Figure 12: Pyramides des âges obtenus sur la base du recensement de l'INSEE de 2015

Le recensement de La Réunion en 2017 comptabilisait 858 659 habitants, ce qui correspond à une densité régionale proche de 342 habitants au km², soit près de trois fois supérieure à la densité nationale (122 habitants au km²).

La fécondité des femmes sur l'île se situe à un niveau largement supérieur à celui de la Métropole (2,43 enfants par femme en 2017 contre 1,85). Il n'en demeure pas moins que le département de La Réunion est maintenant confronté aux prémices d'un vieillissement accéléré à l'horizon 2030, puisque le nombre de personnes âgées de plus de 60 ans devrait doubler et l'âge moyen devrait augmenter de plus de 7 ans pour se situer à 40 ans.

Par ailleurs, le taux de natalité tend à baisser depuis 2008 avec un taux de mortalité infantile plus élevé à la Réunion que pour la France entière.

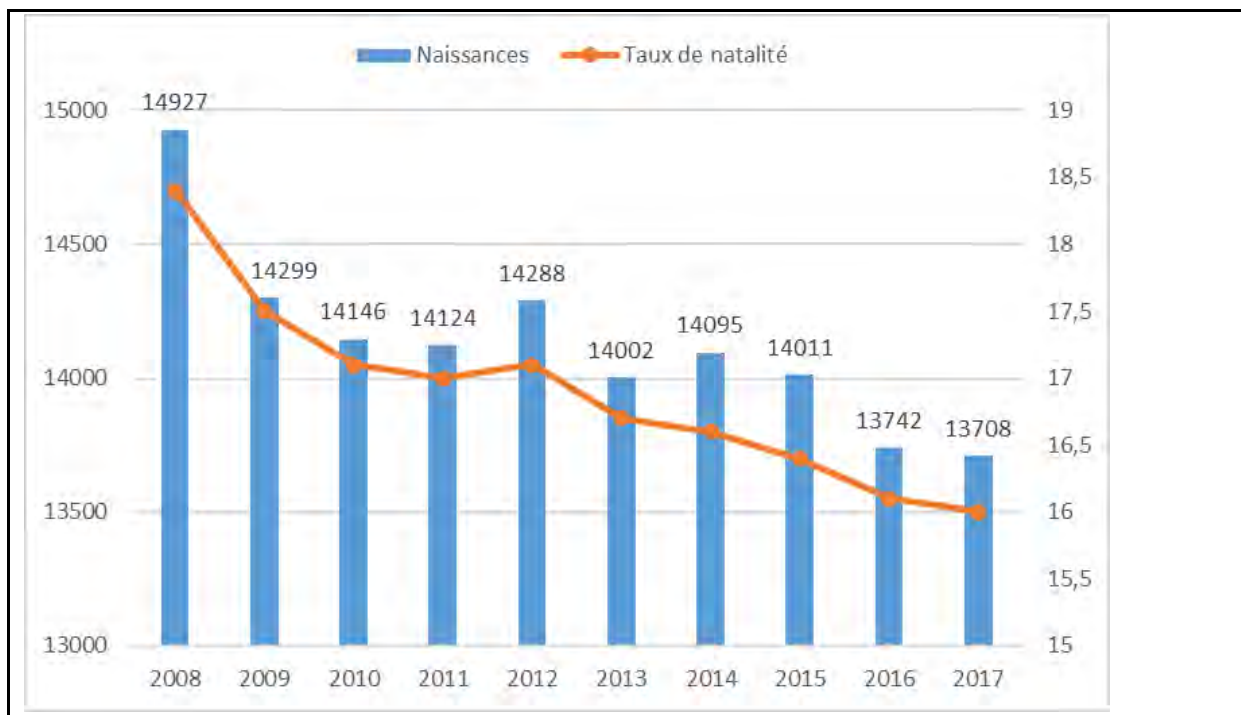
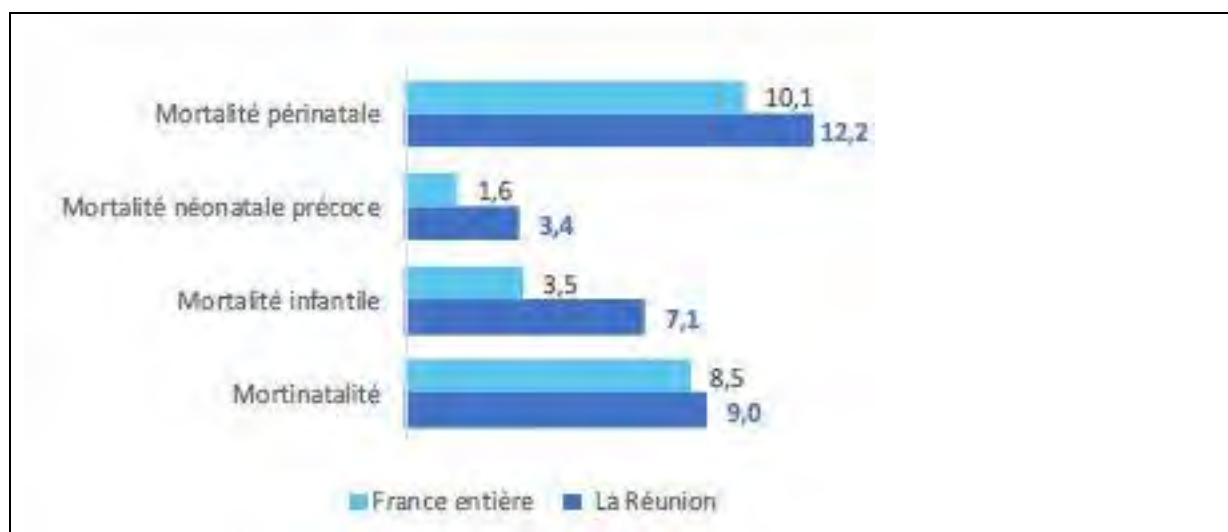


Figure 13: Évolution du nombre de naissances et du taux de natalité (en %) à La Réunion sur la période 2008 à 2017



Mortalité infantile : Nombre de décès d'enfants de moins de 1 an pour 1 000 naissances vivantes.
Mortalité néonatale précoce : Nombre de décès d'enfants de moins de 7 jours.
Mortinatalité : Nombre de mort-nés (enfants nés sans vie de 22 semaines d'aménorrhée à la naissance).
Mortalité périnatale : Nombre de mort-nés et de décès d'enfants de moins de 7 jours (mortinatalité + mortalité néonatale précoce).

Figure 14: Taux de mortalité infantile à La Réunion et France entière en 2016(%)

Le vieillissement démographique est aussi accentué par l'augmentation de l'espérance de vie à la naissance qui est de 78,5 ans pour les Hommes et 84,7 ans pour les Femmes contre respectivement 79,7 ans et 85,6 ans en France métropolitaine en 2019.

➤ **PRINCIPALES CAUSES DE MORTALITE GENERALE**

La mortalité toutes causes confondues est plus importante sur le territoire de La Réunion par rapport à la Métropole

Il est également constaté une surmortalité particulière (2013-2015) :

- Pour le diabète sucré (avec un taux près de 4 fois supérieur à celui de la Métropole) ;
- Pour l'asthme (3 fois plus) ;
- Pour l'abus d'alcool (plus de 2 fois plus) ;
- Pour les affections dont l'origine se situe dans la période périnatale (le taux est près de 2 fois supérieur à La Réunion).

Grande cause initiale de décès (libellé CIM 10)	La Réunion			Métropole		
	Hommes	Femmes	Ensemble	Hommes	Femmes	Ensemble
Maladies de l'appareil circulatoire	262**	178,8***	213,6***	229,1	144,5	179,6
Tumeurs	288,3*	140,7**	201,7***	313,9	166,5	227,9
Causes extérieures de traumatismes et empoisonnements	78,5	27,4	50,7	73,6	32,8	51,1
- Suicides	20,6	3,8	11,5	22,7	6,4	13,9
Maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques	61,4***	60,6***	61,6***	31,1	22,2	26
- Diabète sucré	48,1***	48,7***	49,1***	19,2	11,8	14,9
Maladies de l'appareil respiratoire	95,8**	44,3*	63,7***	70,5	36,5	49,2
- Asthme	3,9	2,6	3,1	1	1,2	1,1
Maladies de l'appareil digestif	49,6	26,9	36,6*	41,5	22,6	30,9
Symptômes, signes et états morbides mal définis	103,3*	68,5*	84,1**	84,4	56,3	69,4
Maladies du système nerveux et des organes des sens	37,5*	33,4**	35,6***	48,1	43,3	45,8
Troubles mentaux et du comportement	41,4	19,4*	29	33,2	25,9	29,6
- Abus d'alcool, y compris psychose alcoolique	14,5	1,6	7,6	6,4	1,3	3,8
Maladies infectieuses et parasitaires	20,9	13,5	16,6	17,8	11,4	14
Maladies de l'appareil génito-urinaire	19,7	14	15,8	16,4	9,2	11,7
Affections dont l'origine se situe dans la période périnatale	5	5,1	5	2,5	2	2,3
Malformations congénitales et anomalies chromosomiques	3,4	3,5	3,4	2,5	2,2	2,3
Maladies du système ostéo-articulaire, des muscles et du tissu conjonctif	5,6	5,5	5,6	5,6	5,1	5,3
Maladies du sang et des organes hématopoïétiques	3,7	2,7	3,1	3,2	2,3	2,7
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané	1,4	1,8	1,7	1,6	1,5	1,6
Complications de grossesse, accouchement, suite de couches	-	0,4	0,2	-	0,1	0,1
Toutes causes confondues	1 077,5***	646,4***	828***	975,1	584,3	749,3

Significativité de la différence des taux standardisés (La Réunion vs France métropolitaine), ***p < 0,001 **p < 0,01 *p < 0,05

Figure 15: Taux de mortalité standardisés par grandes causes initiales de décès croisés par genre à La Réunion et en Métropole, période 2013-2015

Les hommes à La Réunion meurent deux fois plus d'accidents vasculaires cérébraux que les métropolitains. Les décès par suite de complications de grossesse, accouchements et suites de couches sont près de trois fois supérieurs chez les femmes à La Réunion.

En revanche, les habitants connaissent un taux de mortalité plus faible que leurs homologues en Métropole pour les tumeurs, en particulier les tumeurs malignes du pancréas (plus particulièrement chez les hommes), du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon (≈ 2 fois

moins), les cancers du sein (≈ 2 fois moins), les cancers de l'ovaire ≈ 2 fois moins), les cancers du rein (≈ 2 fois moins) et les cancers de la vessie (≈ 2 fois moins).

➤ **MORTALITÉ PRÉMATURÉE**

Le taux (brut) de mortalité est le rapport du nombre de décès de l'année à la population totale moyenne de l'année.

Le taux de mortalité prématurée est le nombre de décès, au cours de l'année, *d'individus âgés de moins de 65 ans*, rapporté à la population totale des moins de 65 ans, de la même année.

Sur le territoire de La Réunion, les Hommes accusent une surmortalité avec un taux standardisé de mortalité prématurée deux fois supérieur à celui des Femmes sur la période 2013-2015 (cf. figure ci-après).

Taux standardisés de mortalité - période 2013-2015						
	La Réunion			Métropole		
	Hommes	Femmes	Ensemble	Hommes	Femmes	Ensemble
Taux standardisé (pour 100 000 hab.)	1 077,5***	646,4***	828,0***	975,1	584,3	749,3
Taux standardisés de mortalité prématurée	289,3***	121,7***	202,5***	247,4	117,5	180,9
Taux standardisés de mortalité prématurée évitable	90,2	15,5***	51,4	84,2	26,6	54,7

*Significativité de la différence des taux standardisés (La Réunion vs France métropolitaine), ***p < 0,001 **p < 0,01 *p < 0,05*

Figure 16: Taux standardisés de mortalité sur la période 2013-2015

➤ **MALADIES CHRONIQUES**

Quatre groupes d'affections concentrent les trois quarts des personnes en Affection de Longue Durée (ALD) :

- Le diabète (45 540 personnes - 34%) ;
- Le groupe des affections cardiovasculaires (37 200 personnes - 28%) ;
- Les affections psychiatriques de longue durée (11 200 personnes - 8%) ;
- Les tumeurs malignes (10 500 personnes - 8%).

La Réunion se caractérise par des taux standardisés deux fois plus élevés pour le diabète, l'hypertension artérielle, et l'insuffisance rénale chronique (près de 2 fois plus) et également par un taux plus élevé d'accident vasculaire cérébral invalidant ; les écarts Réunion/Métropole étant plus particulièrement observés chez les Femmes.

En revanche, la région est deux fois moins concernée par les tumeurs et l'insuffisance cardiaque.

Entre 2009 et 2014, le nombre d'inscriptions en ALD a augmenté de 12%, soit un taux d'accroissement annuel moyen de 2%.

➤ **PÉRINATALITÉ, ENFANCE ET ADOLESCENCE**

En sus de la mortalité infantile élevée, la santé des enfants est préoccupante en fonction des points suivants :

- **Troubles du langage et des apprentissages** : En 2018-2019, 16 % des troubles à l'origine de handicap sont des troubles du langage.
- **Pathologie de la nutrition** : En 2015-2016, le surpoids est la 4^{ème} problématique de santé identifiées avec 12 % des cas.
- **Asthme** : Sur l'année scolaire 2015-2016, 4 102 élèves bénéficient d'un Projet d'Accueil Individualisé (PAI). La principale pathologie est l'asthme avec 53% des PAI.
- **Taux de couverture vaccinale** : La vaccination est le problème de santé le plus identifié chez les élèves réunionnais lors des dépistages infirmiers.

En 2017 à La Réunion, le taux de recours aux Interruptions volontaires de Grossesses (IVG) chez les mineures est deux fois plus important qu'en Métropole. Comme en Métropole, il ne cesse de diminuer depuis 2011.

Pour le cannabis, l'expérimentation chez les jeunes de 17 ans a augmenté de 7 points entre 2011 et 2017 pour atteindre 47 % (contre 39 % en Métropole). En revanche, l'usage régulier (au moins 10 usages dans le mois) sur la même période a diminué de 1 point (sauf chez les filles) et la fréquence d'usagers de 17 ans est désormais inférieure à celle observée en Métropole. Ces tendances sont contraires à celles observées en Métropole où l'expérimentation est en baisse et l'usage régulier en hausse entre 2011 et 2017

➤ **OBÉSITÉ**

Sur le territoire de La Réunion, moins de 10% de la population respectent les recommandations du Programme National Nutrition Santé, à savoir cinq fruits ou légumes par jour. La moitié des Réunionnais déclare en consommer une portion ou moins par jour ; les hommes semblent davantage concernés.

Les prévalences de l'obésité augmentent avec l'âge, et ce de manière très nette chez les Femmes où le taux de prévalence passe de 14 % chez les 30-39 ans, à 20 % chez les 40-49 ans et atteint 27 % chez les 50-59 ans.

➤ **DIABÈTE**

La fréquence régionale des patients pris en charge pour un diabète est deux fois plus élevée que la moyenne nationale (en tenant compte des effets liés à l'âge).

La Réunion est caractérisée par la fréquence de patients pris en charge la plus élevée des régions françaises (en tenant compte des effets liés à l'âge)

En 2017 environ 8% des Réunionnais étaient pris en charge pour un diabète (type 1 et 2 confondu).

Nonobstant, le nombre réel de patients diabétiques dans la population réunionnaise est sous-estimé car il est calculé à partir du nombre de patients pris en charge (Régime Général et sections mutualistes). En sus, toutes les personnes diabétiques ne sont pas prises en charge.

La planche ci-dessous représente les caractéristiques démographiques des patients diabétiques pris en charge en 2017.

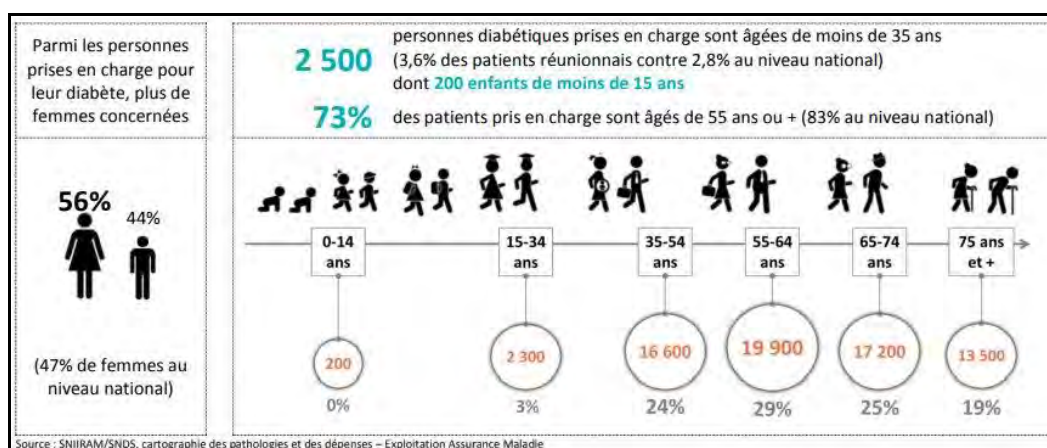


Figure 17: Caractéristiques démographiques des patients diabétiques pris en charge en 2017

➤ PATHOLOGIES CARDIO-VASCULAIRES

Les maladies de l'appareil cardio-circulatoire constituent le second motif d'admission en ALD (24%) (période 2012-2014).

Près de 3300 nouvelles admissions en ALD pour maladies cardio-vasculaires ont été enregistrées chaque année dans le département de La Réunion au cours de la période 2012-2014, soit 10% de plus que pour celle de 2010-2012, principalement pour cardiopathies ischémiques. 61% des admissions concernent des Hommes.

Les maladies de l'appareil circulatoire sont responsables de 1 090 décès annuels sur la période 2011-2013 à La Réunion. La mortalité cardio-vasculaire prématurée (avant 65 ans) représente environ 21% de la mortalité cardio-vasculaire (230 décès/an en moyenne) ; elle est plus élevée chez les Hommes.

A la différence de la Métropole, les maladies cardiovasculaires constituent encore la première cause de mortalité sur l'île sur la période 2011-2013. Cette position semble tendre à s'inverser.

➤ **PATHOLOGIES RÉNALES**

L'insuffisance rénale chronique à La Réunion concerne proportionnellement une part plus importante de la population qu'en Métropole. L'importance du diabète et ses complications, parmi lesquelles figure l'insuffisance rénale chronique, pourrait expliquer l'ampleur du phénomène.

➤ **MALADIES RESPIRATOIRES**

Sur la période 2011-2013, les maladies de l'appareil respiratoire représentent 7% de l'ensemble des décès sur l'île : 273 décès en moyenne chaque année ont pour cause initiale une maladie de l'appareil respiratoire. Les maladies respiratoires représentent la 5^e cause de mortalité sur l'île.

Plus d'un quart des décès par maladies respiratoires est causé par les broncho-pneumopathies chroniques obstructives (BPCO).

Près de 60% des décès par maladies de l'appareil respiratoire concernent des Hommes à La Réunion.

La Réunion est caractérisée par des prévalences de l'asthme plus élevées qu'en Métropole chez les enfants et les adolescents scolarisés. Aucune donnée récente n'existe sur la prévalence de l'asthme en population générale sur l'île, bien qu'on observe une baisse des taux standardisés de nouvelles admissions en ALD pour asthme sur la période 2006 à 2014

Sur la période 2012-2014, 115 nouvelles admissions en ALD pour Broncho Pneumopathie Chronique Obstructive (BPCO) ont été enregistrées, 72% concernaient des Hommes et 1/3 des patients avant 65 ans.

Les facteurs de risques de la sensibilisation allergique et des maladies respiratoires sont de plusieurs ordres :

- Prédispositions génétiques ;
- Sensibilisation plus ou moins progressive au contact des allergènes ou de polluants (physico-chimiques) liée à des facteurs de risques endogènes (hormonaux, psychologiques, digestifs) ;
- Précocité du contact avec l'allergène ou le polluant au cours de la vie, la qualité et la quantité de ces derniers ;
- Présence de cofacteurs (fumée de tabac, pollution de l'air, infection).

➤ **COMPORTEMENTS À RISQUES**

A La Réunion, l'alcool est la substance psycho active la plus expérimentée, et le tabac le produit le plus consommé régulièrement. La consommation d'autres drogues illicites reste relativement moindre sur l'île mais leurs usages semblent de plus en plus fréquents.

La consommation répétée de plusieurs produits (polyconsommation répétée) concerne 15,6 % de la population Réunionnaise, et davantage les Hommes que les Femmes.

L'association la plus fréquente est « alcool-tabac » puis « alcool-tabac-zamal ».

5.1.2 Risques sanitaires et environnementaux

Au sein de l'hémisphère sud, La Réunion se trouve en région tropicale et la population est plus exposée au risque de nature biologique que la population métropolitaine sous climat tempéré. Ce territoire partage cependant avec la Métropole des risques communs tels que l'exposition aux émissions d'origine industrielles, aux contaminations des eaux par les pesticides ou les nitrates, et le bruit. Outre le fait que ces expositions peuvent être exacerbées par un retard d'équipement en infrastructures et les conditions socio-économiques et culturelles, ce département a des risques sanitaires et environnementaux spécifiques.

➤ RISQUE BIOLOGIQUE

La Réunion a donc dans son environnement les vecteurs animaux de maladies tropicales (moustiques en particulier) et est une zone endémique pour les maladies vectorielles transmises par les moustiques (arboviroses, paludisme). Les mouvements de population sont également des facteurs de risque de développement des maladies épidémiques.

La Réunion se trouve en situation d'anophélisme depuis 1979. 150 à 180 cas importés de paludisme sont recensés par an. Il existe potentiellement un risque de réintroduction du parasite et de transmission pendant la saison des pluies, lorsque le vecteur (*Anopheles arabiensis*) prolifère.

En 2005 et 2006, l'île de La Réunion a été frappée par une crise sanitaire sans précédent : l'épidémie de Chikungunya. En septembre 2006, la CIRE Réunion Mayotte a estimé à 266 000 le nombre de personnes ayant présenté des symptômes de l'infection au Chikungunya depuis le début de l'épidémie.

➤ RISQUE PHYSICO-CHIMIQUE

Il se traduit par l'exposition aux substances cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques (CMR) en milieu professionnel mais aussi au sein de la population : 49 cas de saturnisme infantile en février 2011 ont été diagnostiqués dans la ville du Port, à proximité d'un sol pollué par des batteries de voiture.

L'activité soutenue du Piton de la Fournaise entraîne des rejets et retombées volcaniques dont les conséquences sont sans doute insuffisamment évaluées. Il en est ainsi de la composition chimique des sols, riches en éléments traces métalliques (ETM).

L'exposition aux nitrates et pesticides est à considérer de la même manière qu'en Métropole.

L'habitat insalubre et les retards dans les équipements d'infrastructures pour l'eau potable et le traitement des eaux usées sont une composante forte de La Réunion. Cette absence de garanties minimales d'hygiène et de sécurité sanitaire pour une fraction significative de la population entraîne une surexposition aux risques biologique et physico-chimiques.

5.1.3 Cancer à la Réunion

Le document dont sont issus les données présentées dans ce paragraphe, est en référence [Les Cancers à La Réunion – Tableau de bord, 2019 ORS].

Le cancer est un terme général appliqué à un grand groupe de maladies qui touchent n'importe quelle partie de l'organisme. La caractéristique étant la prolifération rapide de cellules anormales qui peuvent se répandre dans d'autres organes, formant des métastases.

➤ INCIDENCES

En 2013, le Registre des Cancers de La Réunion a enregistré 2 397 cas de cancers invasifs (hors tumeurs cutanées non mélaniques) et pathologies hématologiques malignes dans la population réunionnaise (1 323 chez les hommes, 1 074 chez les femmes).

Les taux d'incidence bruts étaient de 326,2 pour 100 000 personnes-années (PA) chez les Hommes et de 247,8 chez les Femmes.

L'âge moyen au diagnostic était de 63,8 ans chez les Hommes (médiane = 65 ans) et de 59,6 ans chez les Femmes (médiane = 60 ans).

Chez les Hommes, la distribution par localisation tumorale montre que les cancers de la prostate, du poumon et du côlon-rectum représentent près de la moitié des cancers (cf. graphique suivant).

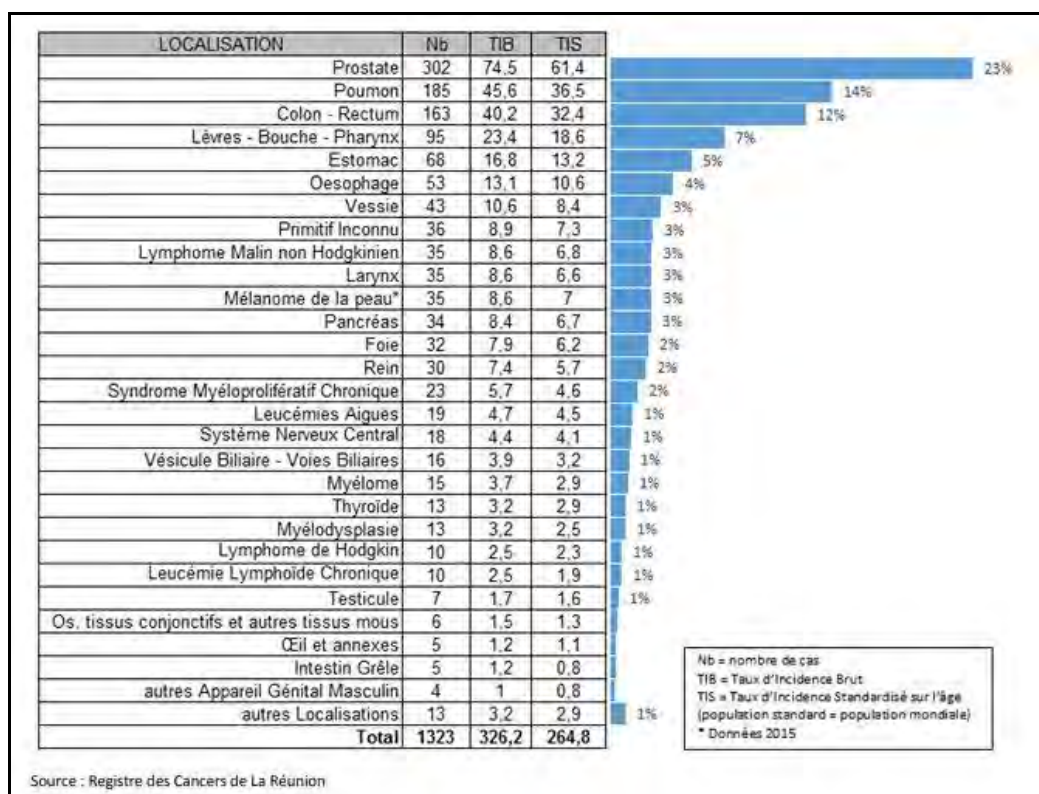


Figure 18: Distribution du nombre de cas, taux d'incidence et part des diagnostics par localisation chez l'homme à La Réunion en 2013

Les localisations les plus fréquemment observées à La Réunion chez les Hommes sont les mêmes que celles décrites pour la population métropolitaine.

Chez la Femme, les cancers du sein représentent le tiers des cas incidents (cf. figure ci-après). Les deux localisations les plus fréquentes chez les Femmes sont comme en France métropolitaine les cancers du sein et du colon-rectum.

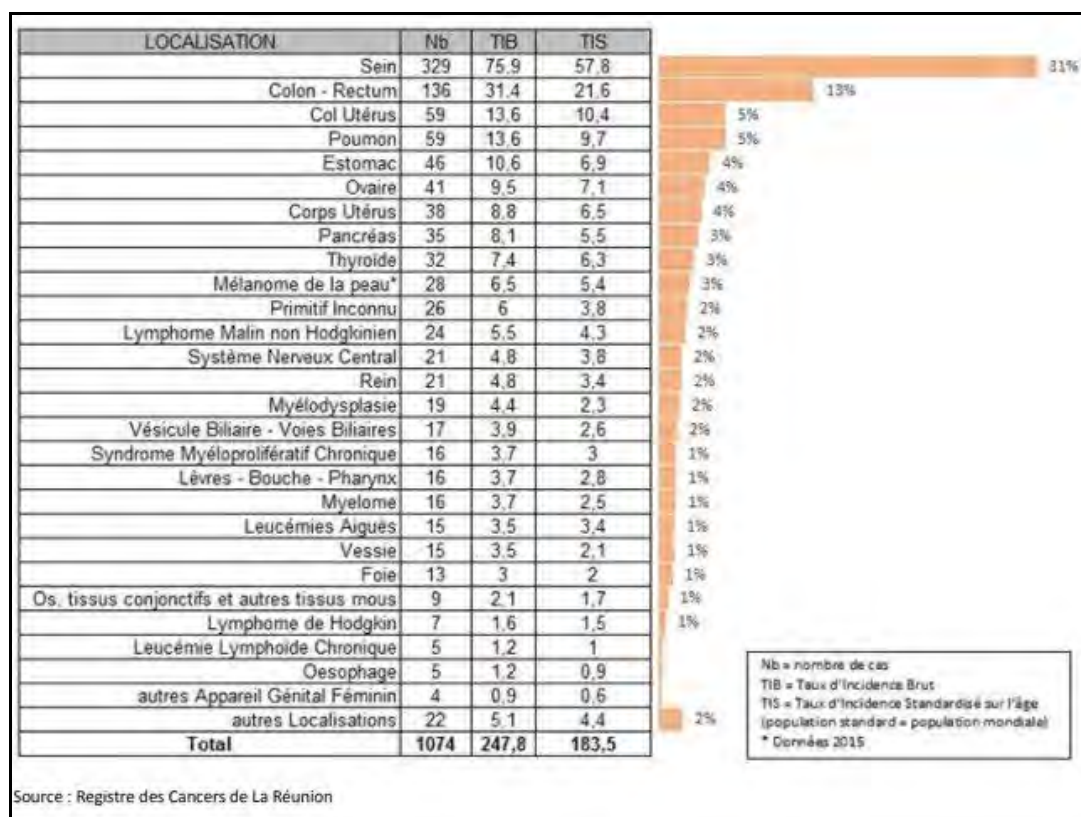


Figure 19: Distribution du nombre de cas, taux d'incidence et part des diagnostics par localisation chez la femme à La Réunion en 2013

Comme pour les Hommes, les taux d'incidence standardisés sont en général inférieurs à ceux observés en Métropole, sauf pour les cancers de l'estomac et du col de l'utérus pour lesquels on observe une sur incidence significative à La Réunion par rapport à la Métropole

Sur la période 1990 – 2013, les incidences des cancers du sein et du colon-rectum ont augmenté de manière constante à La Réunion contrairement à ce qui est constaté en France métropolitaine où elles diminuent depuis le milieu des années 2000.

L'évolution des taux d'incidence standardisés sur la période 1990-2013 montre une augmentation constante chez les Femmes et une incidence qui a augmenté régulièrement chez les Hommes jusqu'au milieu des années 2000, puis s'est stabilisée pour amorcer une décroissance.

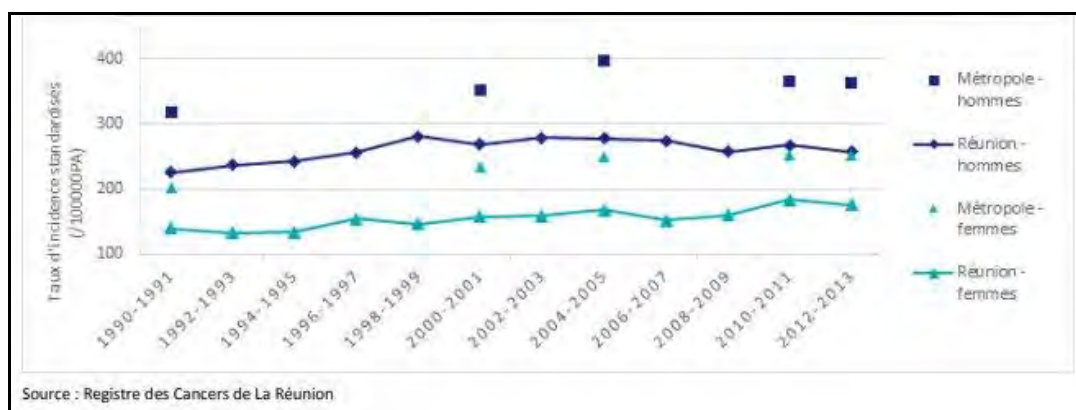


Figure 20 : Évolution des taux d'incidence standardisés par sexe

Cependant, au total, l'incidence globale des cancers à La Réunion est inférieure à celle décrite en France métropolitaine pour les 2 sexes pour la période 1990- 2013, alors que les évolutions observées sur cette période sont assez similaires. Néanmoins, l'analyse des incidences par localisation tumorale montre un certain nombre de spécificités propres à la population réunionnaise, en termes de niveaux d'incidence (sur-incidences des cancers de l'estomac ou du col de l'utérus par exemple) ou d'évolution de l'incidence (forte augmentation des cancers du côlon-rectum).

➤ TAUX DE MORTALITÉ

En moyenne, il est observé 1 123 décès par an pour cause de tumeurs entre 2013 et 2015 à La Réunion (dont 674 hommes et 449 femmes). Il s'agit de la deuxième cause de décès chez les Réunionnais derrière les maladies de l'appareil circulatoire mais de la première cause de décès chez les moins de 65 ans.

A structure de population équivalente, il y a moins de décès par cancers sur l'île qu'en Métropole où les cancers représentent la première cause de décès. Sur la période 2013-2015, il est observé à La Réunion une sous-mortalité générale significative pour cause de tumeurs par rapport à la Métropole (200 décès pour 100 000 Réunionnais contre 226 en Métropole).

Au contraire, le département connaît une surmortalité significative par rapport à la Métropole pour les tumeurs malignes de l'estomac, pour le cancer de la prostate chez les Hommes et du col de l'utérus pour les Femmes.

Pour les tumeurs malignes du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon, principalement imputables au tabagisme, la tendance est à la baisse chez les Hommes depuis 2001 mais à la hausse chez les Femmes.

A La Réunion comme en Métropole, les décès par cancer les plus fréquents sont pour les Hommes les tumeurs malignes du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon ; les tumeurs

malignes de la prostate, puis du côlon. Ces trois localisations représentent à elles seules 40 % des décès masculins par cancer sur l'île.

Pour les Femmes, les décès par cancer du sein représentent la cause de décès par cancer la plus fréquente (15,2 % des décès par cancers féminins). Bien que la mortalité chez les Femmes atteintes de tumeur maligne du sein ne baisse pas depuis 2001, le taux standardisé est moins important à La Réunion qu'en Métropole. La deuxième cause de décès par cancer est celle du côlon suivi par les tumeurs malignes du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon et les tumeurs malignes des tissus lymphatiques et hématopoïétiques.

Toutes localisations confondues, la mortalité due aux tumeurs a diminué au niveau régional, comme au niveau national. Elle diminue plus rapidement pour les Hommes que pour les Femmes.

Pour les tumeurs malignes du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon, principalement imputables au tabagisme, la tendance est à la baisse chez les Hommes depuis 2001 mais à la hausse chez les Femmes.

Concernant la mortalité due aux tumeurs du côlon, la tendance est à la baisse en Métropole mais à la hausse à La Réunion. Les taux standardisés sont ainsi au même niveau sur la période 2013-2015.

➤ **MORTALITÉ PRÉMATURÉE PAR CANCER**

Environ 400 décès prématurés, c'est-à-dire survenus avant l'âge de 65 ans, ont été enregistrés en moyenne chaque année à La Réunion entre 2013 et 2015, soit 37 % de l'ensemble des cancers.

Comme pour l'ensemble des décès par cause de cancer, les deux tiers des décès prématurés sont des décès masculins (253 décès par an d'hommes de moins de 65 ans sur la période 2013-2015 pour 160 décès de femmes).

Il est observé sur la figure ci-après une sous-mortalité prématurée par cancers au niveau départemental par rapport au niveau national (taux de mortalité standardisé de 59,3 décès pour 100 000 habitants de moins de 65 ans à La Réunion en 2013-2015 contre 72,7 en Métropole).

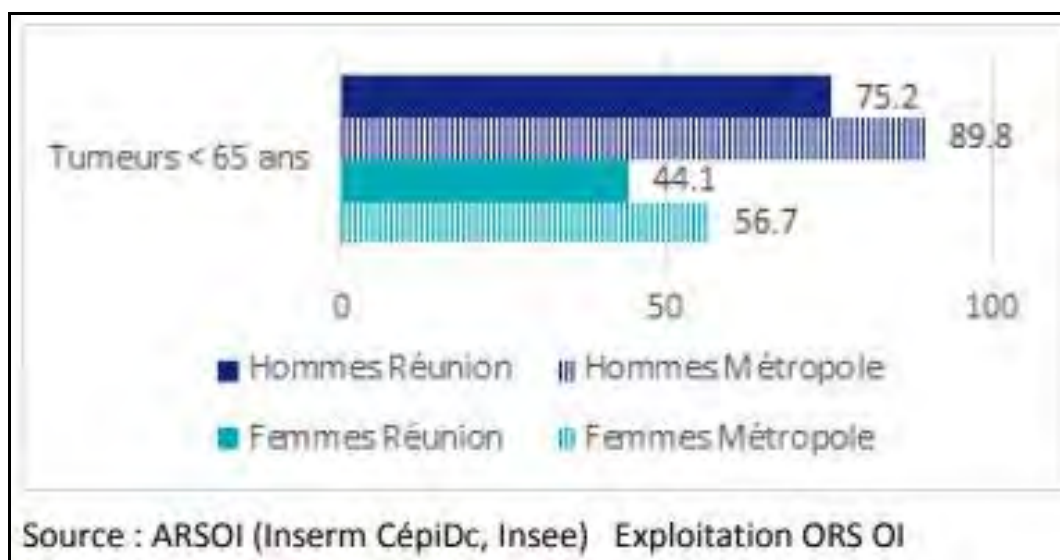


Figure 21: Taux standardisé de mortalité prématurée par cancer par sexe à La Réunion et en Métropole pour la période 2013-2015 (pour 100 000 habitants)

➤ MORTALITÉ PRÉMATURÉE ÉVITABLE

Certaines causes de mortalité prématurée sont considérées comme évitables si elles peuvent être prévenues par des actions visant à réduire les comportements à risque tels que le tabagisme et la consommation d'alcool.

On considère que les décès avant 65 ans pour tumeurs du larynx, de la trachée, des bronches et des poumons, ou tumeurs des lèvres, de la cavité buccale et du pharynx ou tumeurs de l'œsophage sont évitables.

On en compte en moyenne 120 par an à La Réunion sur la période 2013-2015.

Les hommes réunionnais connaissent une mortalité prématurée supérieure à celle des métropolitains pour le cancer de l'œsophage. Chez les femmes, toutes les causes de mortalité prématurée évitables sont inférieures à la Métropole.

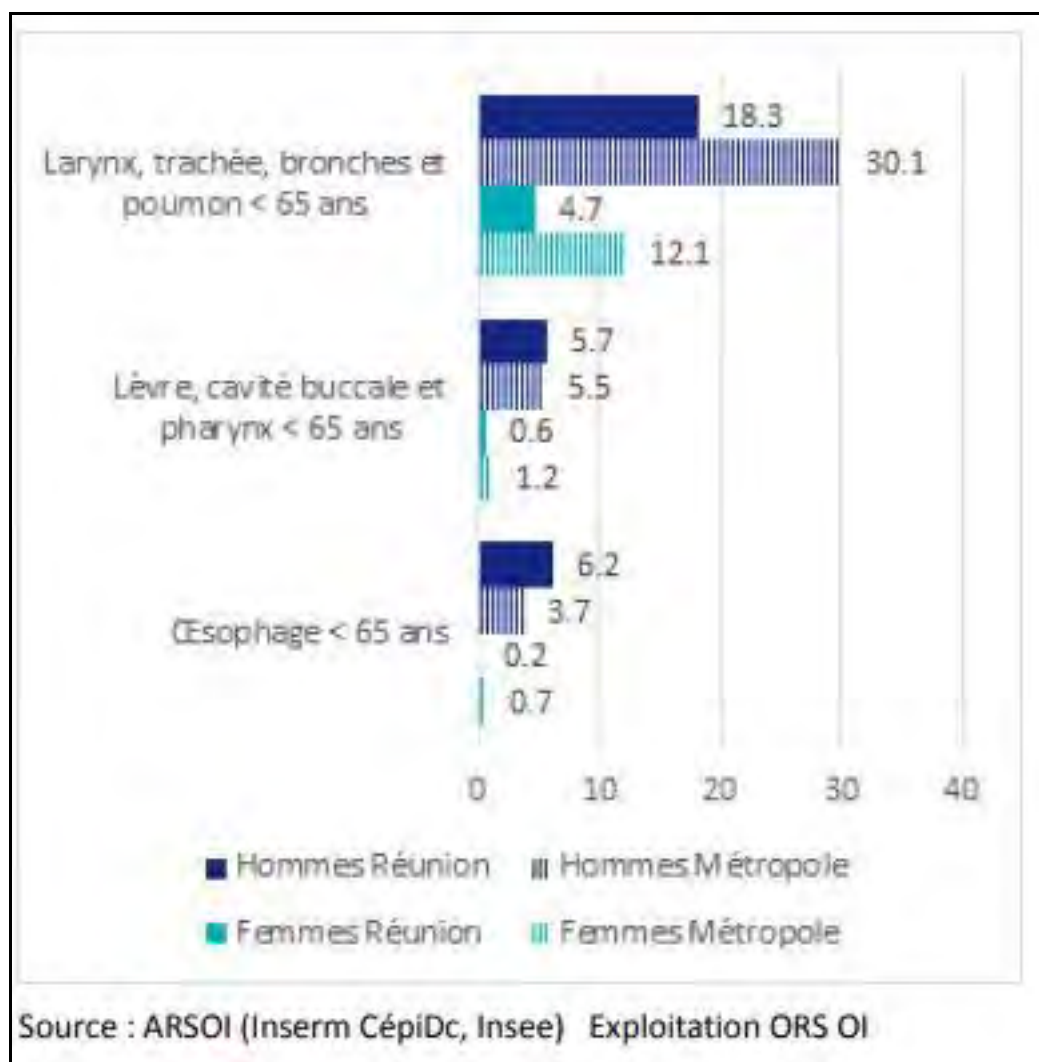


Figure 22: Taux standardisé de mortalité prématurée évitable par cancer par sexe à La Réunion et en Métropole pour la période 2013-2015 (pour 100 000 habitants)

5.1.4 Asthme à la Réunion

L'asthme est une maladie chronique inflammatoire des voies aériennes qui se caractérise par une réactivité excessive des bronches (œdème, contraction des muscles bronchiques, sécrétion de mucus) à certaines agressions, provoquant une gêne à la circulation de l'air.

L'origine de l'asthme est multifactorielle, faisant intervenir des facteurs génétiques et environnementaux (tabagisme maternel au cours de la grossesse, infections et expositions à certains allergènes lors des premières années de vie, expositions professionnelles, etc.). L'obésité est aussi décrite comme facteur de risque. Toutefois, l'étiologie de l'asthme n'est pas encore clairement élucidée à ce jour.

La Réunion est caractérisée par des prévalences de l'asthme plus élevées qu'en Métropole chez les enfants et les adolescents scolarisés. L'asthme actuel concerne près de 2 élèves sur 10 en

classes de grande section de maternelle. La prévalence de l'asthme actuel est de 12% pour les autres générations enquêtées (élèves des classes de CM2 et de 3ème).

À tout âge, les enfants réunionnais déclarent plus fréquemment souffrir d'asthme actuel que les enfants métropolitains. 60% des adolescents de classes de 3ème sont traités pour leur asthme actuel. Les enfants traités pour leur asthme actuel représentent plus de 90% des élèves de grande section de maternelle et de CM2 déclarant souffrir d'asthme. Cette part diminue à l'adolescence : 60% des élèves de 3ème déclarent être traités pour leur asthme actuel.

	Elèves de Grande Section de Maternelle, 2012-2013		Elèves de CM2, 2007-2008		Elèves de 3 ^{ème} , 2008-2009	
	Réunion	Métropole	Réunion	Métropole	Réunion	Métropole
Prévalence de l'asthme actuel*	16,6	11,5	12,2	10,1	12,1	10,5
Prévalence de l'asthme actuel traité**	14,2	9,4	11,5	6,7	7,3	6,3

Sources : Enquêtes triennales en milieu scolaire. Drees, Desco, DGS, DEP, INVS (Enquête auprès des enfants de classe de grande section de maternelle, année scolaire 2012-2013, Enquête auprès des enfants de classe de CM2, année scolaire 2007-2008, Enquête auprès des adolescents de classes de 3^{ème}, année scolaire 2008-2009)

Asthme actuel : Dès lors que l'enfant déclare avoir eu des sifflements dans la poitrine au cours des 12 derniers mois, on suppose de l'asthme actuel.

Asthme actuel traité : lorsque l'enfant déclare des sifflements dans la poitrine au cours des 12 derniers mois conjugué à la prise de médicaments contre l'asthme.

Figure 23: Prévalence de l'asthme actuel et de l'asthme traité chez les élèves, selon le niveau scolaire, La Réunion et la Métropole (en %)

Entre 2011 et 2015, près de 6 700 séjours hospitaliers pour asthme ont été recensés. Le nombre brut de séjours pour asthme a augmenté en 2015 (+42% par rapport à 2014), après une phase plutôt stable entre 2011 et 2014.

Les hospitalisations des enfants de moins de 15 ans représentaient près de 70% des séjours en 2015 (61% en moyenne sur la période 2011-2015), plus de 40% des hospitalisations ayant concerné des enfants de moins de 5 ans (en 2015 comme sur la période 2011-2015). Le nombre de séjours chez les enfants âgés de moins de 5 ans a augmenté entre 2011 et 2015, passant de 485 séjours en 2011 à 696 en 2015. Chez les enfants plus âgés et chez les adultes, on observait également une hausse du nombre de séjours sur la période, mais avec des taux d'évolutions moins élevés.

Le taux de mortalité par asthme est près de 3 fois plus élevé à La Réunion qu'en Métropole (8/100 000 sur l'île contre 3/100 000 en Métropole). Le nombre de décès liés à l'asthme est sous-estimé si l'on ne prend en compte que la cause principale. En effet, le nombre de décès à La Réunion fait plus que tripler lorsqu'on ajoute les décès pour lesquels l'asthme apparaît en cause associée : 55 décès en moyenne par an, entre 2011 et 2013.

Les décès par asthme concernent presque autant les femmes que les hommes et la plupart des décès par asthme (en cause principale ou associée) surviennent après 64 ans sur la période 2011-2013, sans distinction entre les sexes.

Sur la période 2009-2011, le taux standardisé de nouvelles admissions en ALD pour asthme sévère est plus élevé dans le bassin Est, avec 30 admissions pour 100 000 habitants, en moyenne chaque année. Ce territoire apparaît en sur-admission en ALD pour asthme sévère par rapport à l'ensemble régional (test non significatif). C'est le territoire de santé ouest qui présente le taux standardisé de nouvelles admissions en ALD le plus faible : 21 admissions – pour 100 000 habitants.

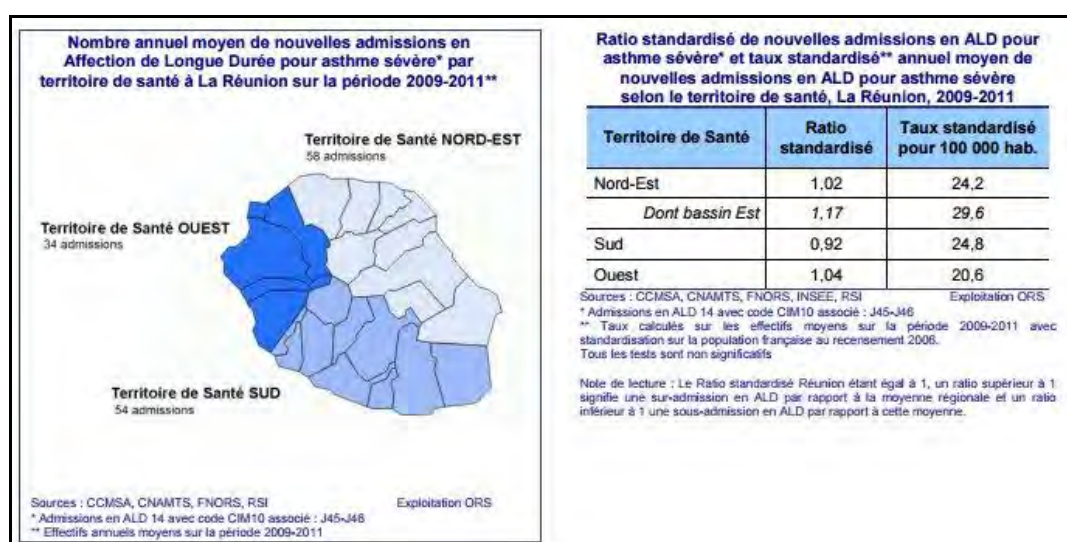


Figure 24 : Nombre annuel moyen de nouvelles admissions en Affection de Longue Durée pour asthme sévère par territoire de santé à La Réunion sur la période 2009-2011

5.1.5 Profil de santé du territoire Sud de la Réunion

Le territoire de santé Sud, avec 289 896 habitants pour 942,8 km², a une densité de population supérieure à la moyenne nationale. L'effectif de population a progressé de +16,8 % entre 1999 et 2009 (+6,9 % sur le plan national). La part des personnes de moins de 20 ans dans le territoire est supérieure à la moyenne nationale (33,5 contre 24,8). Les personnes âgées de 75 ans ou plus représentent 3,7 % de la population du territoire, soit environ 2 fois moins qu'au niveau national (8,7 % en France).

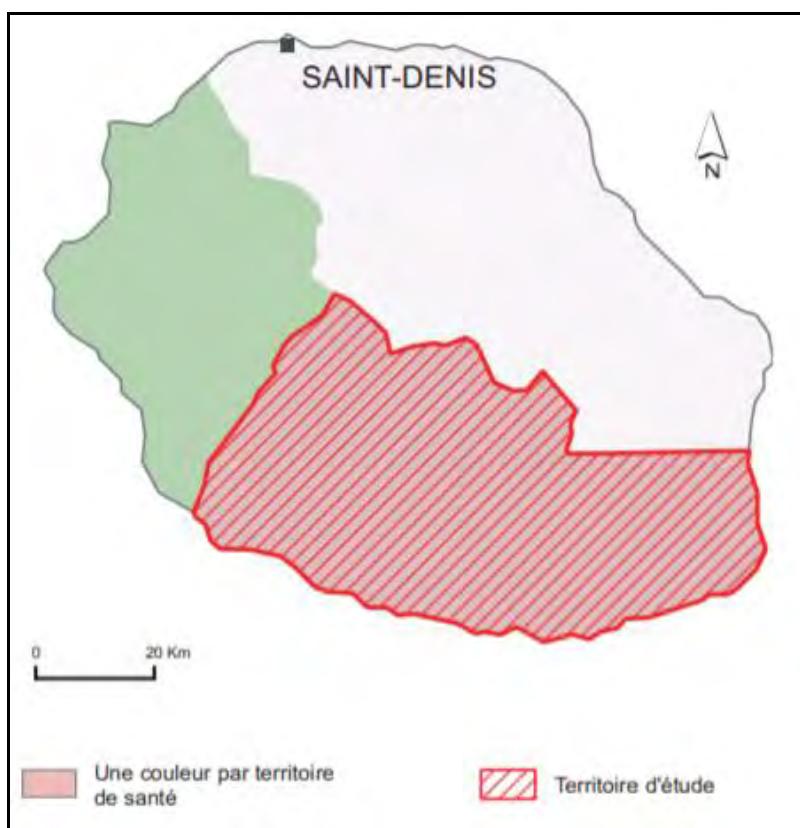


Figure 25 : Territoire étudié (territoire Sud)

Entre 2007 et 2009, le taux de mortalité générale du territoire de santé Sud (996,3 pour 100 000 habitants) est supérieur à la moyenne nationale (827,0 pour 100 000 habitants). La mortalité prématurée (décès survenant avant 65 ans) représente 34,7 % des décès : 41,5 % pour les hommes et 25,0 % pour les femmes. Le territoire Sud présente un taux de mortalité prématurée évitable liée aux pratiques de prévention primaire au-dessus de la moyenne nationale. Le taux standardisé de mortalité par maladie cardio-vasculaire et le taux de mortalité infantile sont supérieurs aux moyennes nationales. Les taux standardisés de mortalité par cancer, notamment par cancer du sein, sont en dessous des niveaux nationaux.

Les maladies de l'appareil circulatoire, les cancers, le diabète et la maladie mentale représentent 84,1 % des affections de longue durée dans le territoire sur la période 2008-2010. Le territoire Sud présente des taux d'admission en ALD pour diabète et maladies cardiovasculaires bien supérieurs aux taux nationaux (en particulier pour le diabète). Pour les cancers, et les maladies mentales, les taux d'admission sont en dessous des taux nationaux.

Le territoire Sud présente des taux d'admission en ALD pour diabète et maladies cardiovasculaires supérieurs aux taux nationaux (en particulier pour le diabète). Pour les cancers, et les maladies mentales, les taux d'admission sont en dessous des taux nationaux.

Le territoire Sud est caractérisé par une surmortalité liée à l'alcool par rapport à la situation nationale. Ce territoire présente également des taux de mortalité par suicide et accidents de la circulation, supérieurs aux moyennes nationales.

En revanche, le taux de mortalité par cancer du poumon est inférieur au taux national.

La figure ci-après permet de comparer le territoire de santé examiné par rapport à la moyenne française, à la moyenne de la région, à la valeur la plus basse et la plus haute parmi l'ensemble des territoires de santé.

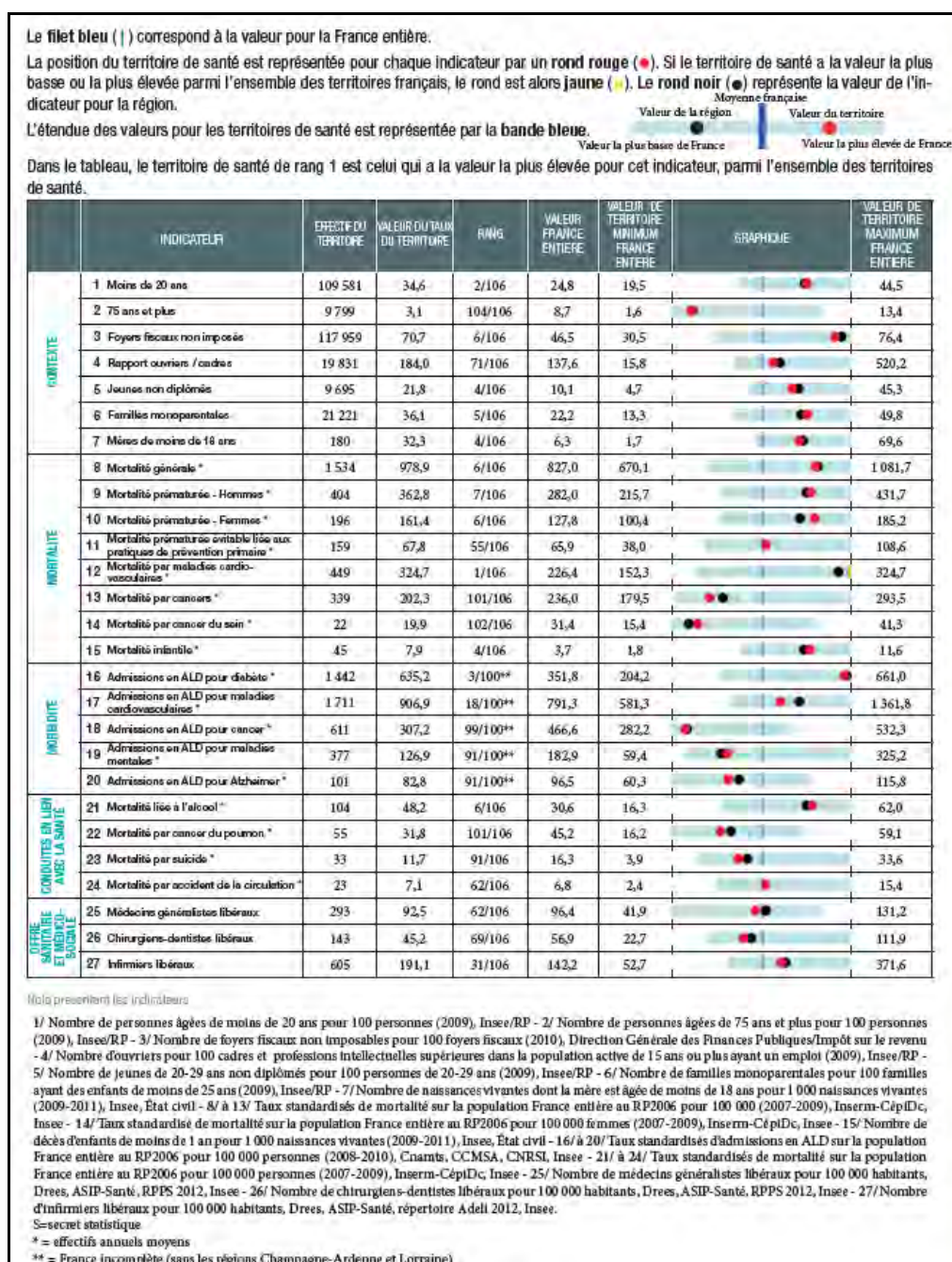


Figure 26 : Situation du territoire de santé du Sud

Analyse de la zone d'étude

Après l'examen des données disponibles sur la qualité de l'air et des données sanitaires, il convient de s'intéresser à la population et à la composition géographique de la zone d'étude.

Cette démarche vise principalement à identifier les lieux sensibles et à définir la vulnérabilité de la population face aux effets sanitaires imputables à la pollution.

5.1.6 Occupation des sols

Le projet s'étend sur le territoire de la commune du Tampon.

Selon le Corine Land Cover 2018, il contient des landes et broussailles, et de la forêt et végétation arbustive en mutation.

Il est entouré au sud d'autres forêts et végétations arbustives en mutation et de forêt mélangée. Partout ailleurs de Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole.

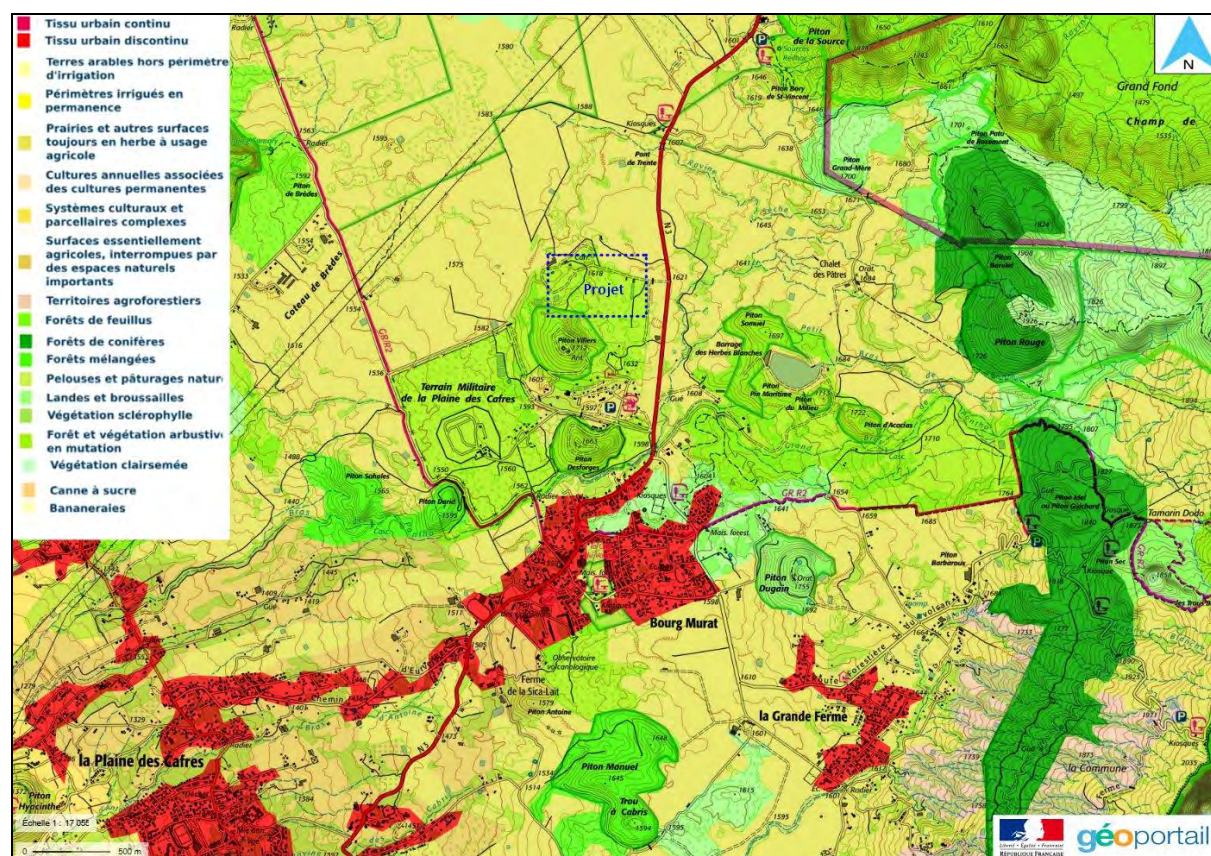


Figure 27: Occupation des sols de la zone d'étude selon le Corine Land Cover 2018

5.1.7 Analyse de la population

La planche suivante représente les données carroyées de population (carreaux de 200 mètres sur 200 mètres). Ces données font référence à l'INSEE pour l'année 2015².

→ *Il ressort que la densité de population à environ 1 kilomètre du site est faible.*

² Insee FiLoSoFi 2015

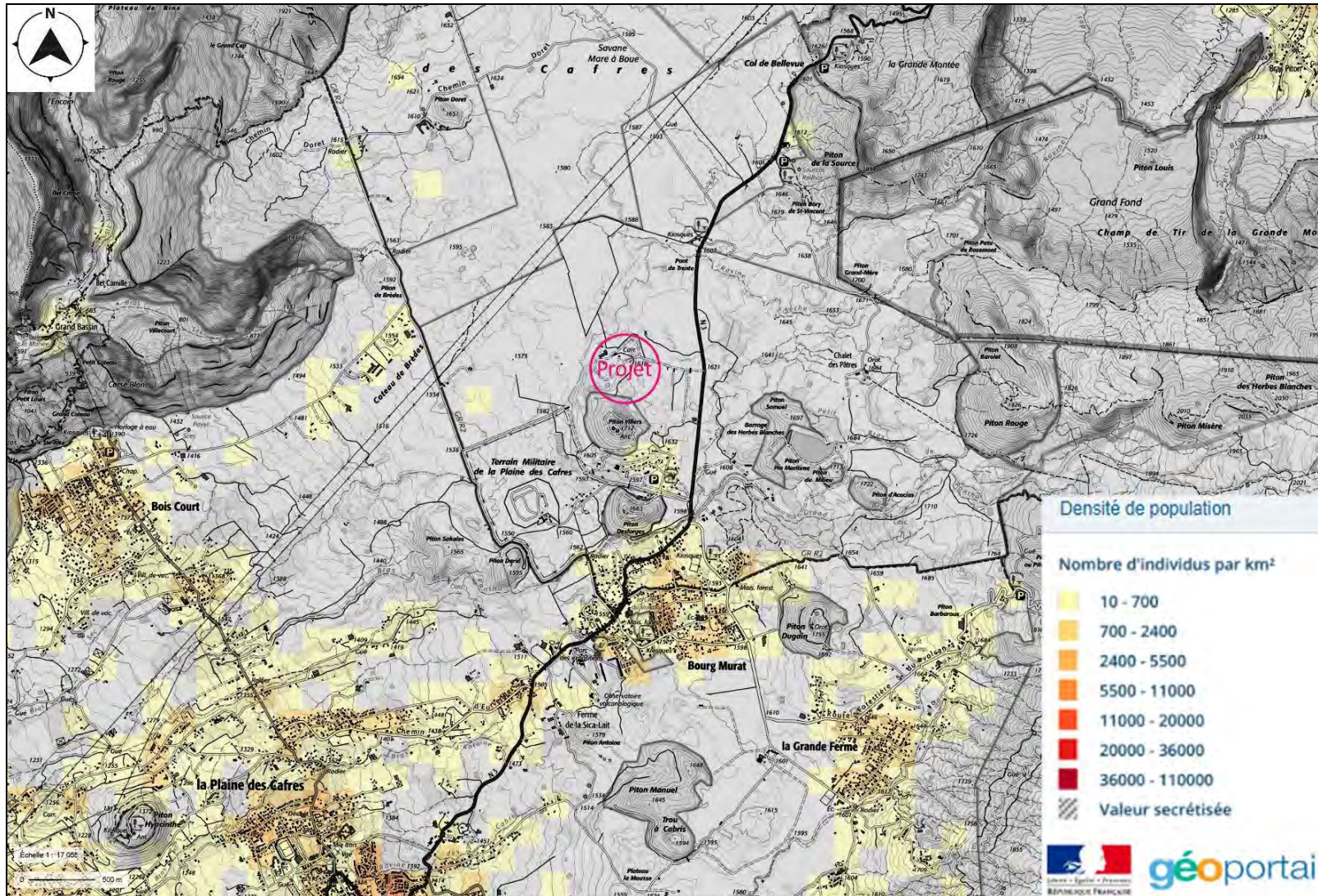


Figure 28: Données carroyées de l'INSEE – densité populationnelle à proximité du site

La population de la commune du Tampon est en constante augmentation.

Elle a pratiquement doublé en l'espace de 35 ans.

Cela provient notamment d'un solde naturel positif (cf. Tableau ci-après).

Tableau 5: Évolution de la population de 1982 à 2017

Commune	1982	1990	1999	2007	2012	2017
Le Tampon	40 545	47 593	60 323	70 539	75 631	78 629
Solde naturel		+1,7%	+1,5%	+1,3%	1,3%	+1,2%
Solde apparent des entrées sorties		+0,3%	+1,2%	+0,7%	+0,1%	-0,4%

L'histogramme ci-après illustre la population par grandes tranches d'âges.

→ La population est très jeune : en 2017, près du quart de la population avait moins de 15 ans. Presque 43,4 % avaient moins de 30 ans.

→ A contrario les plus de 60 ans représentaient en 2017 17,3% de la population.

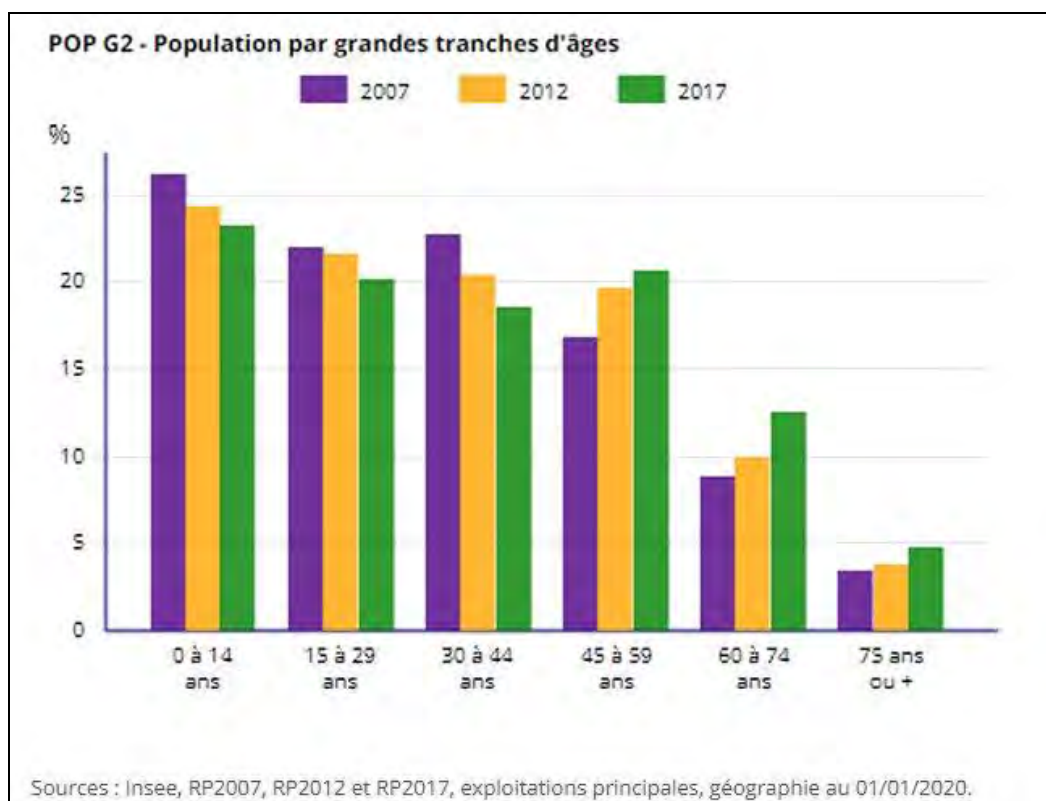


Figure 29 : Population par grandes tranches d'âges

Le tableau suivant regroupe le nombre et le type de logements sur la commune du Tampon pour les années 2012 et 2017.

Tableau 6 : Nombre de logements par catégorie

	Année 2012	Année 2017
Ensemble	31 969	34 467
<i>Résidences principales</i>	28 677	31 362
<i>Résidences secondaires et logements occasionnels</i>	997	966
<i>Logements vacants</i>	2 295	2 139

→ En 2017, 91,0 % des logements étaient des résidences principales.

→ Environ 45,9% des ménages habitent le même logement depuis plus de 10 années.

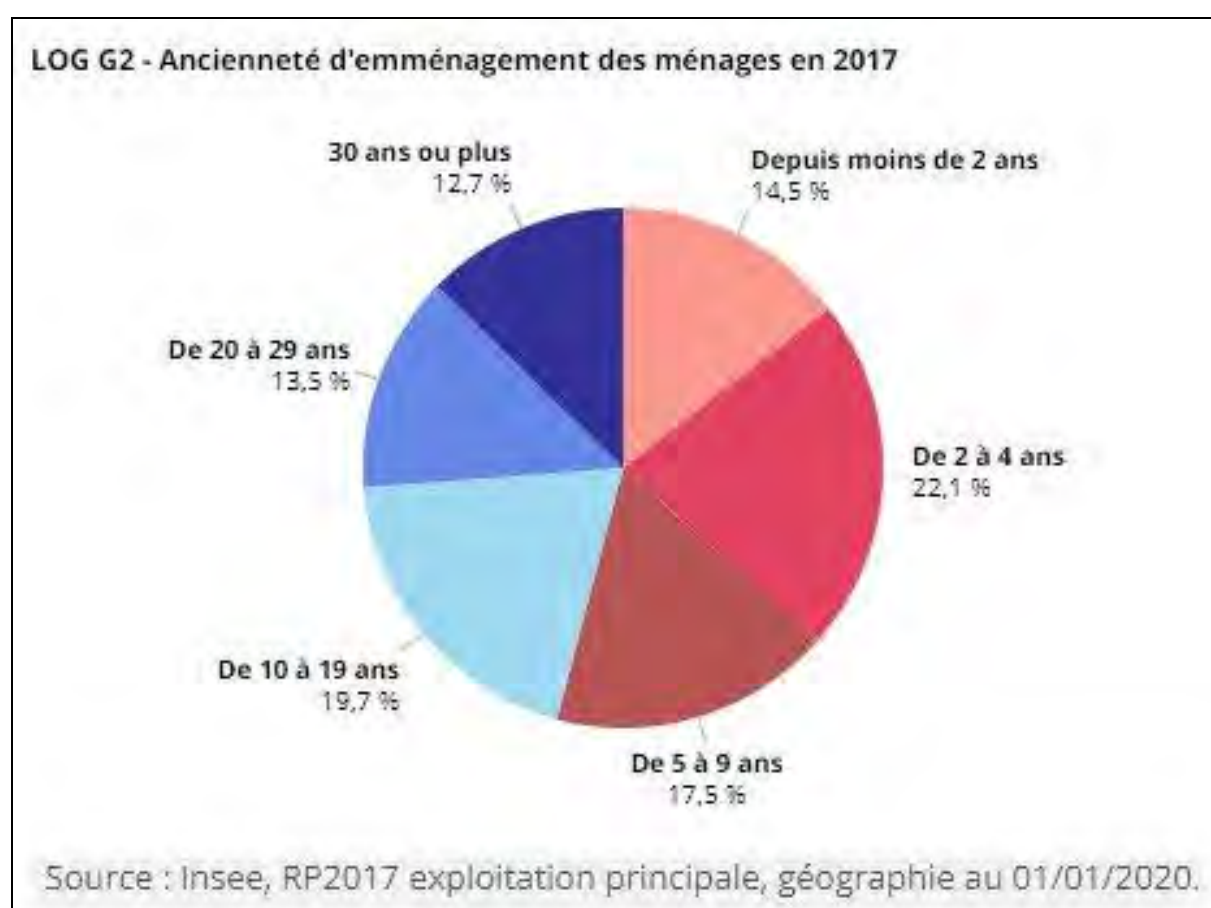


Figure 30 : Ancienneté d'emménagement dans la résidence principale en 2017

Les tableaux qui vont suivre décrivent la population en âge d'exercer une activité professionnelle ainsi que la répartition géographique des lieux de travail.

Près de 30 % de la population est inactive.

Un quart de la population en âge d'avoir une activité professionnelle est au chômage.

Parmi les personnes de plus de 15 ans ayant un emploi, un peu plus que la moitié exerce dans la commune en 2017.

Tableau 7 : Population de 15 à 64 ans par type d'activité

	Année 2017
ENSEMBLE	50 920 personnes
Actifs en %	69,8
<i>Dont ayant un emploi en %</i>	44,6
<i>Chômeurs en %</i>	25,2
Inactifs en %	30,2
<i>Élèves, étudiants et stagiaires non rémunérés en %</i>	11,6
<i>Retraités ou préretraités en %</i>	4,3
<i>Autres inactifs en %</i>	14,3

Tableau 8 : Lieu de travail des actifs de 15 ans ou plus ayant un emploi résidant sur la commune du Tampon

	Année 2017	
ENSEMBLE	22 979	100,0 %
<i>Travaillent sur la commune du Tampon</i>	12 929	56,3 %
<i>Travaillent dans une commune autre que celle du Tampon</i>	10 050	43,7 %

→ *La population de la commune du Tampon n'est guère mobile sur le long terme.*

En effet, 45,9% des ménages habitent le même logement depuis plus de 10 années. Toutefois les actifs tendent à se déplacer fréquemment sur l'île pour se rendre sur leur lieu d'activité.

5.1.8 Recensement des habitations du secteur

L'urbanisation aux abords du projet, bien que présente au sud, reste limitée. Au demeurant, le site trouve son implantation dans une zone à dominance agricole.

En dehors du restaurant le Tournebroche et des habitations au sud du projet, il n'est pas recensé d'autres habitations dans le reste du secteur proche.

Les habitations les plus proches sont le groupe d'habitations positionnées au sud de la parcelle AH 317, à environ 300 m de la limite sud du périmètre classé (310 m de la surface en extraction).

Les autres habitations à proximité se trouvent à environ 1km.

Plusieurs secteurs d'habitation sont présents le long de la RN3, qui traverse notamment Bourg-Murat. Ces axes routiers accueillent un trafic d'ores et déjà important et sont suffisamment dimensionnés pour être capable de limiter les nuisances engendrées par le trafic inhérent au projet. Les habitations sont suffisamment éloignées du parcours des camions pour ne pas subir de nuisances. Les incidences seront donc modérées.

Du fait de l'absence d'habitations à proximité immédiate du projet, il est possible de qualifier de faible l'enjeu pour le voisinage.

On ne recense pas non plus d'établissement sensible (établissements recevant du public, écoles, etc.) à proximité immédiate du projet. Pour mémoire, les établissements dits 'sensibles' sont des sites recevant du public ou bien des personnes vulnérables.

Ces établissements peuvent être des :

- Crèches, écoles maternelle, élémentaires, primaires
- Collèges, lycées, universités, centres de formation
- Hôpitaux, cabinets médicaux, cliniques, EPHAD, centres de rééducation/réadaptation
- Tout autre établissement susceptible de recevoir du public

Ceux situés aux alentours du projet dans un rayon de 3 000 mètres sont listés ci-dessous.

→ Il n'existe pas d'établissement public sensible dans l'environnement proche du projet. Le plus proche est sis à plus de 400 m, il s'agit du Gite de Bellevue. En outre, les établissements cités ci-dessus sont positionnés à une distance suffisante pour ne pas subir d'incidences de la part du projet.

→ Il est possible de considérer les enjeux du projet sur les établissements sensibles comme étant faibles.

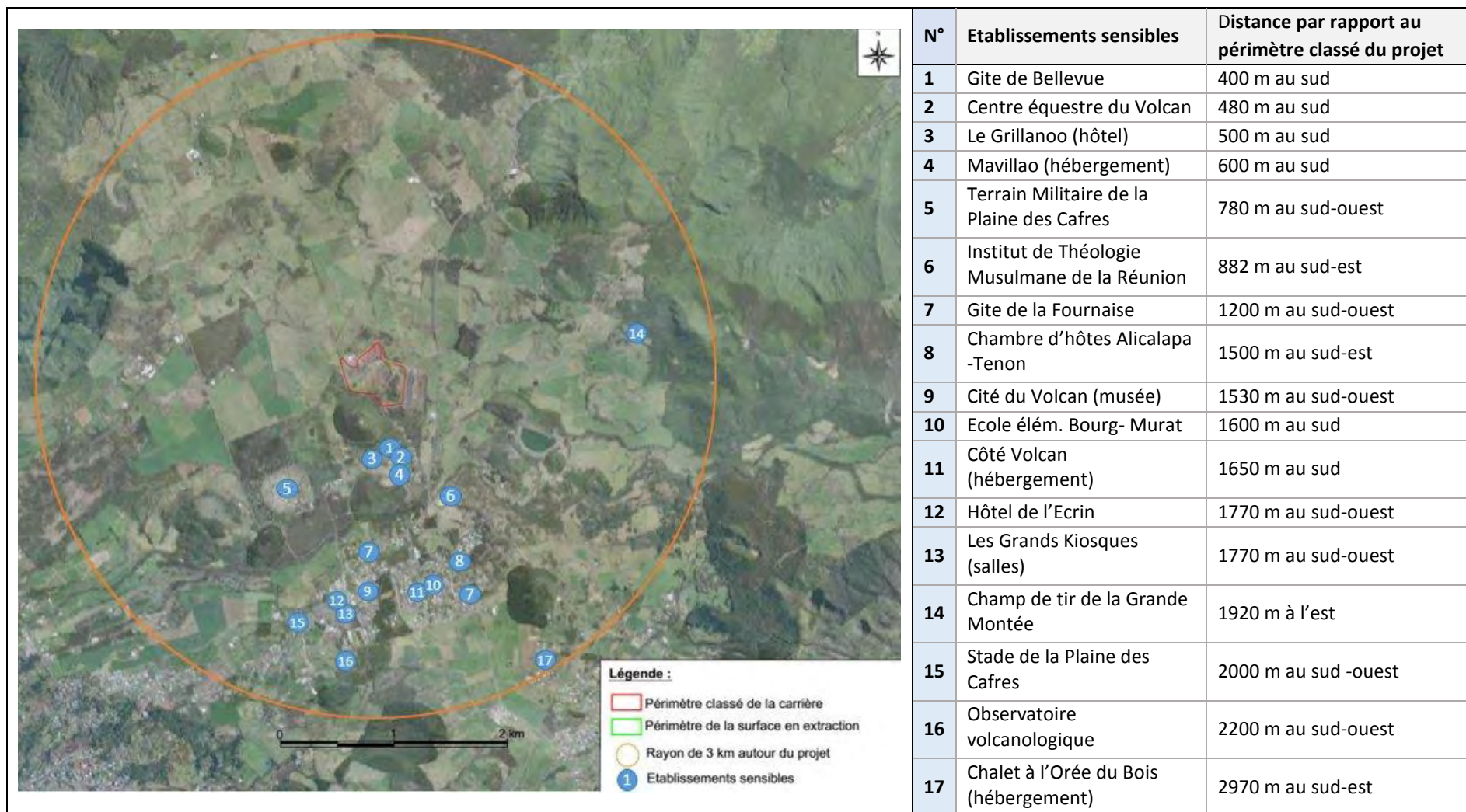


Figure 31: Recensement des établissements sensibles à proximité du projet

5.1.9 Niveaux sonores

Conformément à l'Arrêté du 23/01/1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement, la société SBTPL a ainsi mandaté EMC² Environnement pour la réalisation de mesures de bruit.

Ces mesures ont été effectuées au niveau de quatre emplacements repérés ci-dessous.

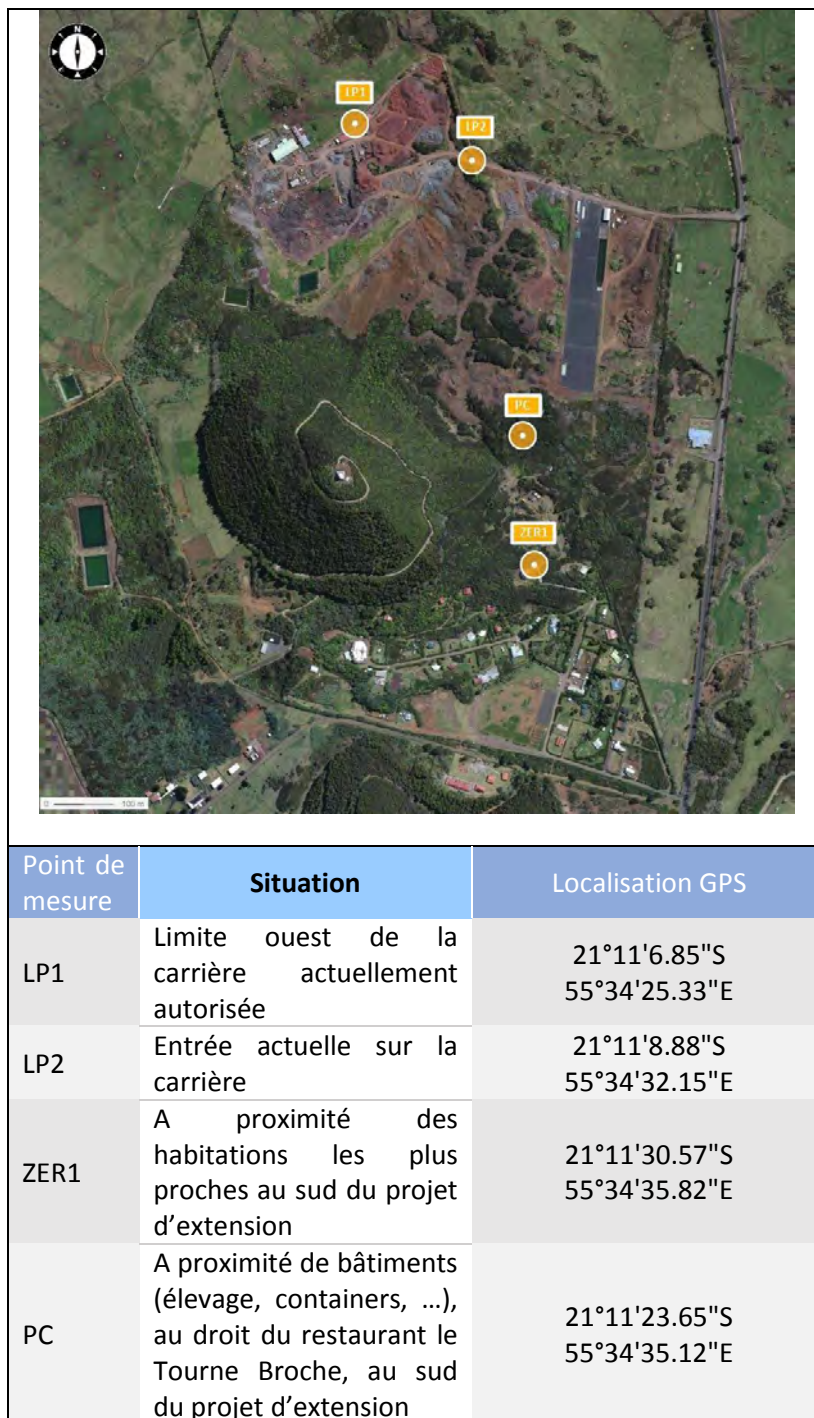


Figure 32: Synthèse de la localisation des points de mesure du bruit

Les mesures ont été réalisées le 12 mars 2019 entre 5h13 et 10h30.

L'installation n'a pas fonctionné entre 5h13 et 6h30 puis entre 9h10 et 9h50 afin d'effectuer des mesures de l'état initial, nécessaires au contrôle de l'émergence.

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau ci-après.

Tableau 9: Résultats des mesures de bruit

	LP1		LP2	ZER1	
État	Nuit – En fonctionnement	Jour – En fonctionnement	Jour – En fonctionnement	Nuit – État initial	Jour – En fonctionnement
Date	12 mars 2019	12 mars 2019	12 mars 2019	12 mars 2019	12 mars 2019
Heure de début	6h37	7h07	7h45	5h13	9h58
Heure de fin	7h07	7h37	8h15	5h43	10h28
LAeq	60,6 dB(A)	71,8 dB(A)	55,2 dB(A)	40,0 dB(A)	38,0 dB(A)
L50	58,9 dB(A)	71,7 dB(A)	41,5 dB(A)	35,0 dB(A)	32,6 dB(A)
ZER 1					
État	Nuit – État initial	Jour – En fonctionnement	Jour – État initial		
Date	12 mars 2019	12 mars 2019	12 mars 2019		
Heure de début	6h00	8h23	9h12		
Heure de fin	6h30	8h53	9h42		
LAeq	39,9 dB(A)	43,2 dB(A)	39,1 dB(A)		
L50	35,4 dB(A)	29,3 dB(A)	27,8 dB(A)		

Le niveau de bruit équivalent global LAeq mesuré au niveau du point LP1 sur une période de 30 minutes est supérieur aux limites imposées par l'Arrêté du 23/01/1997 aussi bien en période nocturne que diurne. Entre 6h30 et 7h, les émissions sonores sont notamment liées au passage de camions venant chercher des matériaux sur la carrière, mais également de véhicules extérieurs à la carrière (exploitant agricole, société Volcaroc). Les émissions ne sont donc pas uniquement liées au fonctionnement de la carrière.

Au niveau du point LP2, la différence entre le LAeq et le L50, supérieure à 10 dB(A), montre que le niveau LAeq mesuré est perturbé par des bruits intermittents (trafic discontinu, hélicoptères). Les émissions sonores liées à la carrière (émissions continues des concasseurs et des engins)

s'élèvent en réalité à 41,5 dB(A) en ce point de mesure, restant largement inférieures à la limite imposée par la réglementation.

Les installations de la carrière étaient en fonctionnement lors de la mesure de bruit réalisée en période diurne au point ZER 1, toutefois elles n'étaient pas du tout perceptibles à l'oreille, étant donné l'éloignement du point par rapport à la carrière existante (environ 600 mètres à vol d'oiseau), et le relief marqué entre les deux, jouant le rôle d'écran sonore.

➔ *Les enjeux du projet sur la ZER peuvent être considérés comme modérés.*

6 Synthèse de l'état initial

Pour davantage de clarté, le tableau qui va suivre synthétise les conclusions de l'état initial du domaine d'étude et de ses alentours, regroupées par thèmes.

Tableau 10: Synthèse de l'état initial

THEMES	SYNTHESE	Enjeux
Sources de pollution déjà présentes	<ul style="list-style-type: none"> - L'installation la plus proche est la carrière Piton Hyacinthe – PAYET située à environ 5,45 km au sud-ouest du projet. Cette distance est suffisante pour éviter que les émissions générées par l'exploitation de cette carrière impactent l'environnement du projet. - La route la plus proche est la D36 qui en 2018 affichait un trafic moyen journalier annuel modéré... 	Faible à Modéré
Qualité de l'air	<ul style="list-style-type: none"> - La qualité de l'air de la commune de Bourg-Murat est impactée par des polluants primaires et secondaires issus des brûlages de la biomasse qui ont lieu annuellement en Afrique et à Madagascar. <p>Cela se traduit notamment par des concentrations élevées d'ozone.</p>	Modéré à fort
Eau consommée	<ul style="list-style-type: none"> - L'insuffisance du traitement de potabilisation au vu de la nature de l'eau constitue un facteur de risque pour les populations fragiles 	Modéré
Santé de la population	<ul style="list-style-type: none"> - Prédominance à l'asthme - Surmortalité par maladies cardio-vasculaires - Inégalités sociales de santé marquées 	Fort à très fort
Population alentour	<ul style="list-style-type: none"> - Pas d'habitations à proximité immédiate du projet. - Densité de population faible à proximité du site (habitations isolées) 	Modéré
Environnement sonore	<ul style="list-style-type: none"> - Les bruits des installations de la carrière ne sont pas perceptibles à l'oreille au niveau de la ZER, compte tenu de son éloignement par rapport à la carrière existante et le relief marqué qui agit comme un écran sonore. 	Modéré

Évaluation des effets sanitaires liés à l'exploitation du site

7 Étude de l'impact sanitaire de l'installation

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 ;
- Évaluer 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].

7.1 Identification des sources d'émissions

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

- Aqueux
- 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.

Comme susdit, les émissions sonores sont examinées en détail dans l'étude acoustique.

7.1.1 Émissions aqueuses

En l'absence d'exploitation directe du gisement dans les eaux superficielles ou souterraines, les effets sur les eaux sont essentiellement liés aux risques de pollution de surface par ruissellement ou percolation à travers le sol jusqu'à l'eau.

Selon les données précisées dans l'étude d'impact, des dispositions seront mises en place sur le site afin d'empêcher tout transfert d'eaux usées 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.

→ *En conséquence, ces rejets ne seront pas considérés dans la suite de cette étude.*

7.1.2 Émissions atmosphériques

Émissions de poussières/particules

Les carrières extractives sont des installations reconnues pour leurs émissions de poussières/particules dans l'environnement.

Selon le document 'Guide méthodologique pour les industries extractives, Partie I (édition MIF, SFIC, UNPG Mars 2017)' :

« En carrières, la grande masse des poussières est d'origine minérale avec des densités élevées (> 2) et un fuseau granulométrique très large. La première conséquence de ces densités élevées est une sédimentation rapide (retombées atmosphériques) de ces poussières dès qu'on s'éloigne des sources d'émissions. »

Cela est aussi relaté dans l'étude ADEME de 2018 (Émissions des poussières des carrières dans l'air - Étude des émissions de poussières autour de quatre carrières de granulats dans trois régions françaises, avril 2018) :

- Les sources identifiées en carrière produisent majoritairement des PM10, peu de PM2,5 avec un ratio PM2,5/PM10 évoluant typiquement en dessous de 0,2 et ce quel que soit le type de roche exploitée.
- En champ proche, les stations enregistrent une influence des émissions de carrière très limitée pour les dépôts atmosphériques, visible sur les concentrations de PM10 au moment de certains épisodes météorologiques et une influence non visible sur les concentrations de PM2,5, (l'influence n'est décelable que par la chimie des particules fines et sur des prélèvements intégrés sur une semaine).

L'étude de l'ADEME précise par ailleurs que « *Les carrières sont donc caractérisées par des points d'émissions multiples de poussières minérales, le plus souvent diffuses et comprenant des particules grossières dont la plus grande masse reste sur le périmètre de la carrière sous forme de dépôts et dont la fraction en suspension se retrouve majoritairement dans la fraction PM10.* »

Selon le document de l'UNICEM – Carrière, poussières et environnement (février 2011), les émissions de poussières liées à l'exploitation d'une carrière peuvent être classées en trois groupes, c'est-à-dire **en fonction de** :

Leur fréquence

- *Sporadiques ou fugitives* (par exemple les émissions provoquées par les tirs de mines, le déchargement des tombereaux ou les envols d'éléments fins des stocks à l'air libre) ;
- *Semi-permanentes* (essentiellement les émissions produites durant la foration et la circulation des véhicules sur les routes, pistes et chemins) ;
- *Permanentes* (celles produites par les installations de broyage, concassage et criblage).

Leur importance

- *Modérée* : décapage, foration, minage, transport par convoyeur ;
- *Importante* : transport par verse, stockage et déstockage, évacuation des matériaux ;
- *Très importante* : circulation des engins et tombereaux en carrière, concassage et criblage.

Le tableau ci-après résume les principales sources identifiées pour le projet examiné.

Il est intéressant de retenir que les opérations d'extraction en tant que telles ne représentent ni une source importante, ni une source modérée de particules en suspension en raison de la granulométrie importante des granulats.

Il apparaît ainsi non pertinent de les quantifier, cela d'autant plus que le *Guide d'aide à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets à l'attention des exploitants de carrières et d'installations de premier traitement des matériaux* ne propose pas de facteur d'émission.

Tableau 11: Identification des principales sources d'émissions de poussières pour le projet examiné

SOURCES	Fréquence	Importance
Décapage	Semi-permanente	Modérée
Stockage/déstockage	Sporadique	Importante
Traitement des matériaux extraits	Semi-permanente	Importante
Évacuation des matériaux	Semi-permanente	Importante
Circulation des engins et des camions en carrière	Semi-permanente	Très importante
Déchargement des camions	Sporadique	Importante

Émissions des engins

Les engins de chantier (camions, pelles mécaniques, camions de transport, etc.), dans la mesure où ils sont équipés de moteurs thermiques, émettent des gaz d'échappement contenant : des oxydes de carbone, des oxydes d'azote, des particules diesel, des composés organiques volatils non méthaniques [COVNM].

7.2 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 de 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.

7.2.1 Quantification des émissions atmosphériques

Les méthodes et hypothèses employées pour calculer les émissions atmosphériques générées par l'exploitation du site sont rappelées 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.

Documents de référence

Les quantités de poussières émises par l'exploitation des installations sont calculées à l'aide des facteurs d'émission provenant des sources suivantes :

- **GT Guide Carrière BNEIPE** - Guide méthodologique d'aide à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets à l'attention des exploitants de carrières et d'installations des premiers traitements des matériaux – Version 9 – Décembre 2017.
- **US-EPA, AP-42, 5e édition recueil de facteurs d'émission de polluants atmosphériques.**

Quantification des particules émises par les opérations de décapage

Le Guide Carrière BNEIPE ne proposant pas de facteur d'émission pour les opérations de décapage, il est utilisé par défaut le facteur d'émissions du document de l'US EPA - 13.0 : Introduction to Miscellaneous Sources - 13.2.3 Heavy Construction Operations (janvier 1995) [14], à savoir :

Facteur d'émissions des particules TSP³ = 269 grammes/(m².mois d'activité)

Les hypothèses utilisées pour les calculs des émissions provenant de ces opérations sont résumées dans le tableau ci-après.

Tableau 12: Hypothèses utilisées pour les calculs des émissions liées aux opérations de décapage

		Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Durée exploitation	[année]	3	5	5	5	7
Surface d'extraction	[m ²]	38 188	32 268	33 334	41 883	40 344

Quantification des particules émises par les opérations de manipulations des matériaux

Les opérations de manipulation des matériaux regroupent les opérations de chargement/déchargement des matériaux en vue de créer les stocks.

Les facteurs d'émission utilisés proviennent du document de l'US EPA – Chapter 13 : Miscellaneous Sources - 13.2.4 Aggregate Handling and Storage Piles [15].

Ces équations sont reprises dans le Guide Carrière BNEIPE.

³ TSP = Total Suspended Particulate dans le cas présent il s'agit des poussières minérales issues de l'exploitation du gisement et/ou de la manipulation des remblais

La quantité de particules émises par les opérations de manipulations 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]
K = coefficient multiplicatif	M = humidité des matériaux [%]
= 0,74 pour les TSP	<u>Par défaut :</u>
= 0,35 pour les PM ₁₀	6% pour les roches meubles
= 0,053 pour les PM _{2,5}	2% pour les autres

La vitesse moyenne des vents mesurés à la station **Plaine des Cafres** est égale à 15,70 km/h pour les années 2016 à 2018 soit 4,362 m/s.

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

- Particules TSP : 0,619 gramme/tonne
- Particules PM10 : 0,293 gramme/tonne
- Particules PM2.5 : 0,044 gramme/tonne

Les hypothèses utilisées pour les calculs des émissions provenant de ces opérations sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Hypothèses utilisées pour les calculs des émissions liées aux manipulations des matériaux

		Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Durée exploitation	[année]	3	5	5	5	7
Masse extraite sur toute la phase	[kilotonne]	180	300	300	300	420
Masse de remblais manipulée	[tonne/an]	5296	3566	6246	15399	24087

Les remblais utilisés ne contiennent aucun déchet inerte et/ou sous-produit de combustion. Par conséquent, les remblais ne contiennent ni de métaux lourds autres que ceux déjà présents dans la terre (fond géochimique).

Toutefois les remblais contiendront des fines de lavage dans lesquelles pourront se trouver des résidus de floculants. Selon les fiches de données de sécurité de ces produits, ces derniers contiennent des copolymères épichlorohydrine et de diméthylamine. Ces produits ne se dégradent pas en épichlorohydrine et sont autorisés pour le traitement de l'eau destinée à la consommation humaine.

Par ailleurs certaines fiches de données de sécurité de flocculant contenant ces copolymères, précisent que leur ingestion en petite quantité n'est pas de nature à entraîner un effet nuisible sur la santé. Enfin il est important de préciser que ces résidus seront à l'état de trace dans les remblais. Aussi les fines de lavage mélangés aux remblais ne sont pas de nature à entraîner un risque sanitaire.

Sur la base de ces hypothèses et des facteurs d'émission présentés précédemment, les quantités de particules produites par les manipulations des matériaux sont reportées dans le tableau immédiatement suivant :

Tableau 13: Quantité de particules émises par les manipulations des matériaux

		Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Particules TSP	[kg/an]	38,24	37,59	37,92	39,06	39,28
Particules PM10	[kg/an]	18,09	17,78	17,94	18,47	18,58
Particules PM2,5	[kg/an]	2,74	2,69	2,72	2,80	2,81

Quantification des particules émises par l'envol des poussières (érosion éolienne)

La quantité de particules émises par envol est calculée à l'aide des équations suivantes :

Erosion :

$$E_{TSP} = 1,12 \cdot 10^{-4} \times 1,7 \times \left(\frac{s}{1,5}\right) \times \left[365 \times \frac{(365 - P)}{235}\right] \times \left(\frac{I}{15}\right) \times \pi \times R \times \sqrt{(R^2 \times H^2)} \times (1 - ER)$$

$$E_{PM10} = 1,12 \cdot 10^{-4} \times 1,7 \times 0,5 \times \left(\frac{s}{1,5}\right) \times \left[365 \times \frac{(365 - P)}{235}\right] \times \left(\frac{I}{15}\right) \times \pi \times R \times \sqrt{(R^2 \times H^2)} \times (1 - ER)$$

Où :

- ETSP et EPM10 sont respectivement les masses de TSP et PM10 émises (en kg),
- P est le nombre de jours de pluie au cours de l'année,
- I est le pourcentage de jour où la vitesse du vent a été supérieure à 19,3 km/h,
- S est la teneur moyenne en fine de la pile de stockage (en %),
- R est le rayon de la pile de stockage (en m),
- H est la hauteur de la pile de stockage (en m),
- A est l'aire de la surface exposée de la pile (en m²),
- ER est le facteur d'abattement (50 %) appliqué lorsque les stocks sont partiellement protégés.

	Teneur moyenne en fines
sables lavés	0%
sables fillérisés	10-12%
graves	6-8%
cailloux et gravillons	1-2%

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des stockages qui seront présents sur le site au cours des cinq phases.

Tableau 14: Caractéristiques des stockages présents sur le site

Produits stockés	Surface [m²]	Hauteur [m]	Volume [m³]
Scories	11 609	2	23 218
Basaltes	2 656	2	5312
Basaltes	600	2	1200
Scories	660	2	1320
Basaltes	609	2	1218
Terres de découverte	10 000	2	20 000
Terres de découverte	5000	2	10 000

Les emplacements de ces stockages sont présentés sur la carte ci-après.

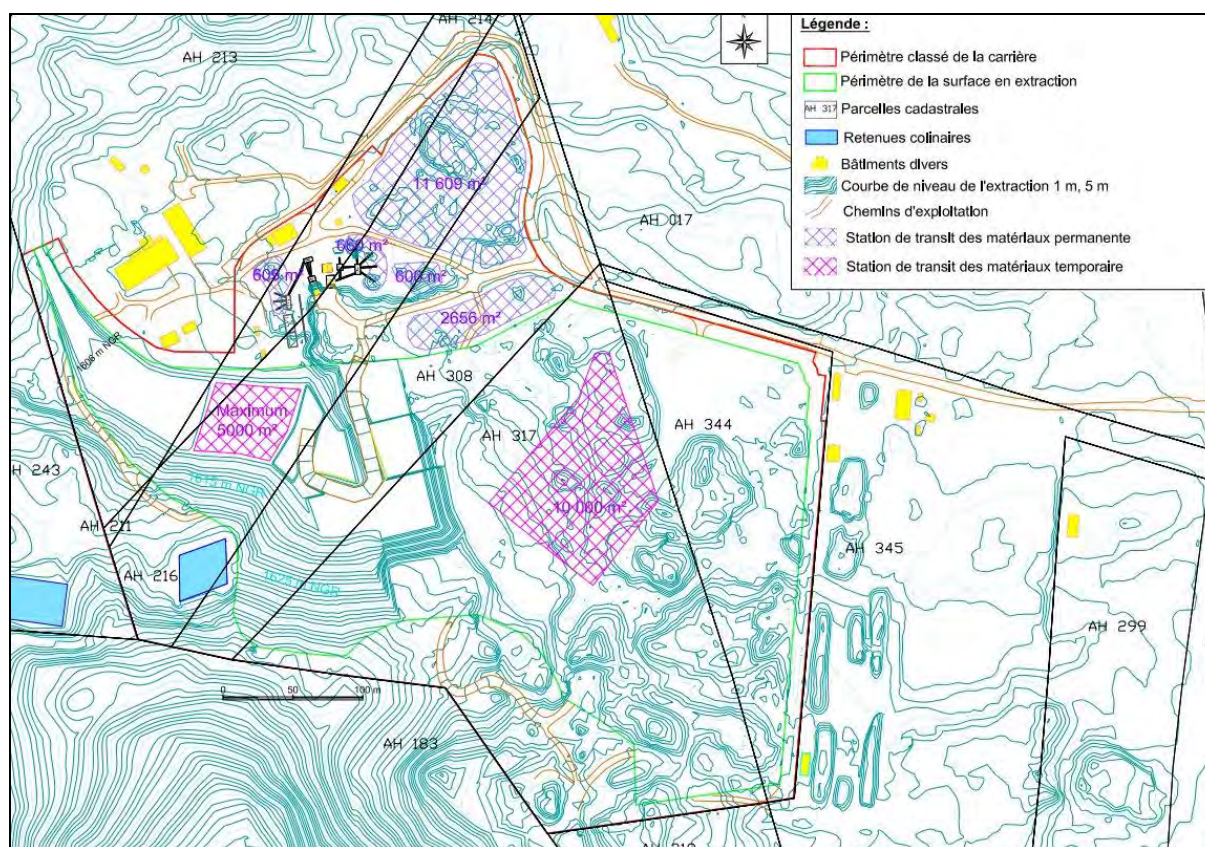


Figure 33: Emplacements des stockages

Les émissions de particules sont calculées avec les données indiquées dans le tableau ci-avant. Au niveau des PM2,5, il est supposé que le ratio PM2,5/TSP est égal à 7,16% (rapport des coefficients K utilisé pour le calcul des émissions provenant de la manipulation des matériaux).

Tableau 15: Quantité de particules émises par l’envol des poussières – stockages des matériaux

		Ensemble des stockages
Particules TSP	[kg/an]	158,28
Particules PM10	[kg/an]	79,14
Particules PM2,5	[kg/an]	11,34

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

En sus des gaz d’échappement, la circulation des engins et véhicules sur le site va engendrer l’émission de poussières.

La quantité de poussières émises est calculée selon les formules suivantes [16] :

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

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

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

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
	$d_{non\ revêtue}$	Distance totale parcourue par les véhicules sur des routes non revêtues [km]
	$d_{revêtue}$	Distance totale parcourue par les véhicules sur des routes revêtues [km]

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

Tableau 16 : Données concernant les engins et la circulation sur le site

	Quantité	Masse [tonne]	Vitesse de circulation	Estimation de la distance parcourue
Véhicules légers	2*8 Soit 16	2	Sur site = 20km/h Dehors : 90 km/	60 km A/R en moyenne
Poids lourds <i>Transport des matériaux extraits et des fines de lavage</i>	9 (vide)	20	Sur site = 20km/h Dehors : 90 km/	Sur site = 500 m AR
	9 (+charge)	44		
Poids lourds <i>Transport remblais</i>	1 (vide)	20	Sur site = 20km/h Dehors : 90 km/	Sur site = 500 m AR
	1 (+charge)	36,8		
Pelle excavatrice hydraulique	2	22,8 à 50,9	20 km/h	Sur site = 50 m
Chargeuse sur pneus	2	36,2	20 km/h	Sur site = 1000 m
Dumper type	2	82,1 (chargé) 35,3 (vide)	20 km/h	Sur site = 1150 m (au maximum)

Par ailleurs, il est tenu compte des mesures d'abattement mises en place par l'exploitant sur le site, en vue de limiter la production de poussières.

Les facteurs d'abattement considérés sont présentés dans le tableau suivant.

Ces derniers proviennent du Guide Carrière BNEIPE [16].

Tableau 17: Facteurs d'abattement – circulation des engins

Techniques de contrôle	Facteur d'abattement - ER
Pourcentage de jours de pluie durant l'année	Nombre de jour de pluie / an (=20 %)
Aucun contrôle	0%
Arrosage entre 1 et 2 fois par jour	55%
Arrosage plus de 2 fois par jour	70%
Arrosage automatique	90%

Un camion-citerne de type « tonne à eau » passera sur les pistes afin de les arroser deux fois par jour (le matin). Tous les mois, un camion-citerne de type « tonne à eau » également passera sur les pistes et les voiries afin de les arroser avec l'ajout d'une solution agglomérante.

La circulation des camions sur le site sera limitée à 20 km/h et les camions transportant les granulats et remblais seront bâchés.

Par conséquent, le facteur d'abattement retenu est celui de l'arrosage avec arrosage de plus de 2 fois par jour (pour tenir compte des rampes d'arrosage) soit 70%.

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

Tableau 18: Quantités de particules émises par la circulation des engins et des véhicules présents sur le site

		Trafic VL et PL	Trafic des engins non routiers
Particules TSP	[kg/an]	2921,12	343,34
Particules PM10	[kg/an]	1329,78	105,17
Particules PM2,5	[kg/an]	24,51	12,47

Quantification des émissions provenant des traitements de matériaux extraits

Actuellement, il y a deux chaînes de traitement des matériaux :

- Une servant à traiter les scories autorisées en 2000
- Une autre servant à traiter les basaltes autorisés en 2004.

Au sein du projet d'extension de la carrière, une nouvelle installation de lavage des matériaux avec traitement des eaux de lavage va être installée.

Les détails des installations sont présentés dans le tableau ci-après.

De manière générale, 2/3 des matériaux produits seront de type scories pour 1/3 de type basalte.

Tableau 19: Détail des équipements constituant les lignes de traitement

Chaîne	Matériel	Puissance en KW
Traitement des SCORIES	Concasseur primaire	45
	Broyeur secondaire	55
	Crible	15
	Deux alimenteurs précribleurs	(2*1,75) 3,5
	7 bandes transporteuses	(7*5,5) 38,5
	Bande transporteuse de reprise sous primaire	9
Traitement des BASALTES	Concasseur primaire	214
	Concasseur secondaire	
	Crible à deux étages	
	4 bandes transporteuses	
Traitement des EAUX de LAVAGE	Crible à sable (lavage)	41
	Unité de clarification des eaux	65,5
	Filtre presse	35,5

Les facteurs d'émissions et d'abattement considérés sont reportés dans les tableaux ci-après. Ces derniers proviennent du Guide Carrière BNEIPE [13].

Pour les PM_{2,5}, il est supposé que le ratio PM_{2,5}/TSP est égal à 18,5% (rapport des facteurs d'émissions des particules PM₁₀ et PM_{2,5} provenant du document de l'US EPA – AP 42 Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing).

Tableau 20: Facteurs d'émissions considérés pour le calcul des émissions de particules liées au traitement des matériaux

Facteur d'émission [g/tonne]	TSP	PM10	PM2,5
Concassage	2,7	1,2	0,22
Criblage	12,5	4,3	0,80
Point de transfert	1,5	0,55	0,10

Tableau 21: Facteurs d'abattement préconisés pour le traitement des matériaux

Facteur d'abattement	ER
Concassage – Bardage partiel	70%
Criblage – Présence bardage	50%
Point de transfert – Aucun contrôle	0

Sous les hypothèses énoncées ci-dessous, il est calculé les quantités suivantes :

Tableau 22: Quantités de particules émises par le traitement des matériaux

		Scories	Basaltes	Eaux de lavage	Total
Particules TSP	[kg/an]	765,12	247,56	9,26	1021,94
Particules PM10	[kg/an]	285,78	93,39	3,11	382,28
Particules PM2,5	[kg/an]	52,92	17,29	0,58	70,79

La productivité maximale des concasseurs primaires est de 50t/h.

Le concasseur/broyeur secondaire traitera 70 % de cette quantité et le crible 20%.

Le crible à sable a une productivité de 80 t/h pour le sable grossier et 50t/h pour le sable fin.

Quantification des éléments traces métalliques [ETM] émis *via* les émissions de poussières

Selon l'étude réalisée par Emmanuel Döelsch, Virginie Van de Kerchove, Hervé Saint-Macary en 2006 (Heavy metal content in soils of Réunion) [17], les taux mesurés dans les sols de la Réunion sont plus élevés que ceux mesurés dans des sols métropolitains.

Le tableau ci-dessous présente les concentrations en ETM des sols réunionnais mesurées.

Tableau 23 : Concentrations en ETM des sols réunionnais

		Ensemble du terroir				
		1 ^{er} quartile	Médiane	3 ^e Quartile	Maximum	Moyenne
Cadmium [Cd]	[mg/kg]	0,07	0,15	0,26	0,76	0,19
Mercure [Hg]	[mg/kg]	0,09	0,16	0,25	0,81	0,19
Chrome [Cr]	[mg/kg]	107,0	166,0	480,0	1110,0	301,0
Cuivre [Cu]	[mg/kg]	30,0	52,9	82,3	164,0	58,2
Nickel [Ni]	[mg/kg]	56,6	92,3	305,0	1040,0	206,0
Zinc [Zn]	[mg/kg]	113,0	146,0	205,0	398,0	162,0
Plomb [Pb]	[mg/kg]	Mesuré dans le Nord (Grand Hazier, Bois Rouge et Merciol), l'Ouest (Chapelle Pointue et Rois Bassins) et l'Est (Saint-Benoît et Saint-André) à des teneurs comprises entre 1,4 mg/kg et 80,2 mg/kg				

Ici, il est considéré les taux suivants (maxima mesurés).

Tableau 24: Teneurs en ETM retenues pour l'étude

		Terres/matériaux extraits
Cadmium [Cd]	[mg/kg]	0,76
Chrome [Cr]	[mg/kg]	1110,0
Cuivre [Cu]	[mg/kg]	164,0
Mercure [Hg]	[mg/kg]	0,81
Nickel [Ni]	[mg/kg]	1040,0
Plomb	[mg/kg]	80,2
Zinc [Zn]	[mg/kg]	398,0

Pour la silice cristalline, il est considéré le taux maximal déterminé lors des mesures réalisées sur le personnel actuel de la carrière, c'est-à-dire 20,28%.

Quantification des gaz d'échappement provenant des engins et des véhicules présents sur le site

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 »** [18].

Pour les émissions des métaux les facteurs d'émission considérés se basent sur le document de l'ANSES « *AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières* » (juillet 2012).

Il est distingué les métaux émis à l'échappement et ceux liés à l'usure des équipements (hors échappement).

Les émissions considérées sont indiquées dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 25: Émissions générées par les engins non routiers

ENGINS	Unité	Monoxyde de carbone	COV	Dioxyde d'azote	Particules diesel
Chaînes de traitement	[g/heure]	2610	99,18	1722,60	10,44
Pelle hydraulique 1	[g/heure]	1500	285,00	940,50	18,81
Pelle hydraulique 2	[g/heure]	1185	225,15	743,00	14,86
Chargeuses sur pneus	[g/heure]	1470	279,30	921,69	18,43
Dumpers	[g/heure]	4100	779,00	2570,70	51,41

ENGINS	Unité	Arsenic	Cadmium	Chrome	Plomb	Nickel	Zinc
Chaînes de traitement	[g/heure]	1,04E-06	9,05E-05	3,12E-04	5,42E-04	9,15E-05	1,81E-02
Pelle hydraulique 1	[g/heure]	5,98E-07	5,20E-05	1,79E-04	3,11E-04	5,26E-05	1,04E-02
Pelle hydraulique 2	[g/heure]	4,72E-07	4,11E-05	1,42E-04	2,46E-04	4,16E-05	8,21E-03
Chargeuses sur pneus	[g/heure]	5,86E-07	5,10E-05	1,76E-04	3,05E-04	5,16E-05	1,02E-02
Dumpers	[g/heure]	1,63E-06	1,42E-04	4,90E-04	8,51E-04	1,44E-04	2,84E-02

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.

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

Les émissions calculées selon les hypothèses énoncées ci-dessous sont les suivantes.

Tableau 26: Estimation des flux massiques de polluants atmosphériques générés par les véhicules

	[g/jour]		[g/jour]		[g/jour]
Monoxyde de carbone	94,78	Arsenic	2,39E-05	Plomb	1,66E-06
COV	6,60	Cadmium	3,51E-04	Nickel	7,29E-04
Dioxyde d'azote	260,61	Chrome	1,82E-03	Zinc	5,62E-02
Particules diesel	3,29	Cuivre	6,96E-04		

Sources d'émissions à proximité du site

Le bruit de fond correspond aux niveaux de polluants actuels, c'est-à-dire sans installation. Les données du trafic routier étant disponibles, les émissions de ces sources seront prises en considération dans les simulations numériques.

Les émissions sont calculées à l'aide de la méthodologie COPERT (parc de l'année 2019).

Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-après.

Tableau 27: Émissions des voies de circulations à proximité

Nom de la voie	N3	TMJA (année 2018)	N3
Composés	[g/jour]	Composés	[g/jour]
Monoxyde de carbone	13 298	Cadmium	2,82E-02
Oxydes d'azotes	1 244	Chrome	1,66E-01
COVNM	18 094	Cuivre	5,88E-02
Particules PM10	2,95	Nickel	1,22E-04
Particules diesel	380,55	Plomb	6,35E-02
Arsenic	2,11E-03	Zinc	4,41

Synthèse

Les émissions calculées sur l'année sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 28: Emissions atmosphériques liées à l'exploitation de la carrière

Unité : kg/an	Avec les mesures de contrôle des émissions					Sans les mesures de contrôle des émissions				
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Particules TSP	2648,42	2507,09	2512,20	2551,66	2493,31	5027,96	4886,63	4891,74	4931,20	4872,85
Particules PM10	1042,42	971,77	974,32	994,02	964,83	1815,02	1744,37	1746,92	1766,62	1737,44
Particules PM2,5	144,06	133,94	134,30	137,13	132,95	215,83	205,70	206,07	208,90	204,72
Particules diesel	46,15	46,15	46,15	46,15	46,15	46,15	46,15	46,15	46,15	46,15
Monoxyde de carbone [CO]	3946,91	3946,91	3946,91	3946,91	3946,91	3946,91	3946,91	3946,91	3946,91	3946,91
Dioxyde d'azote [NO₂]	2537,86	2537,86	2537,86	2537,86	2537,86	2537,86	2537,86	2537,86	2537,86	2537,86
Composés organiques volatils non méthaniques [COVNM]	678,73	678,73	678,73	678,73	678,73	678,73	678,73	678,73	678,73	678,73
Arsenic [As]	1,33E-05	1,33E-05	1,33E-05	1,33E-05	1,33E-05	1,33E-05	1,33E-05	1,33E-05	1,33E-05	1,33E-05
Cadmium [Cd]	1,70E-03	1,64E-03	1,65E-03	1,66E-03	1,64E-03	2,29E-03	2,23E-03	2,23E-03	2,25E-03	2,23E-03
Chrome [Cr]	1,397	1,319	1,321	1,343	1,311	2,255	2,176	2,179	2,201	2,168
Cuivre [Cu]	2,06E-01	1,95E-01	1,95E-01	1,98E-01	1,93E-01	3,33E-01	3,21E-01	3,22E-01	3,25E-01	3,20E-01
Mercure [Hg]	1,01E-01	9,51E-02	9,53E-02	9,69E-02	9,45E-02	1,63E-01	1,57E-01	1,57E-01	1,59E-01	1,56E-01
Nickel [Ni]	1,86E-03	1,80E-03	1,80E-03	1,82E-03	1,80E-03	2,48E-03	2,43E-03	2,43E-03	2,45E-03	2,42E-03
Plomb [Pb]	1,310	1,237	1,240	1,260	1,230	2,114	2,040	2,043	2,064	2,033
Zinc [Zn]	6,32E-01	6,04E-01	6,05E-01	6,12E-01	6,01E-01	9,39E-01	9,11E-01	9,12E-01	9,20E-01	9,08E-01
Silice [SiO₂]	208,84	194,51	195,03	199,03	193,11	365,52	351,20	351,71	355,71	349,79

Les graphiques qui vont suivre représentent les contributions des différentes activités aux émissions de particules TSP, PM10 et PM2,5.

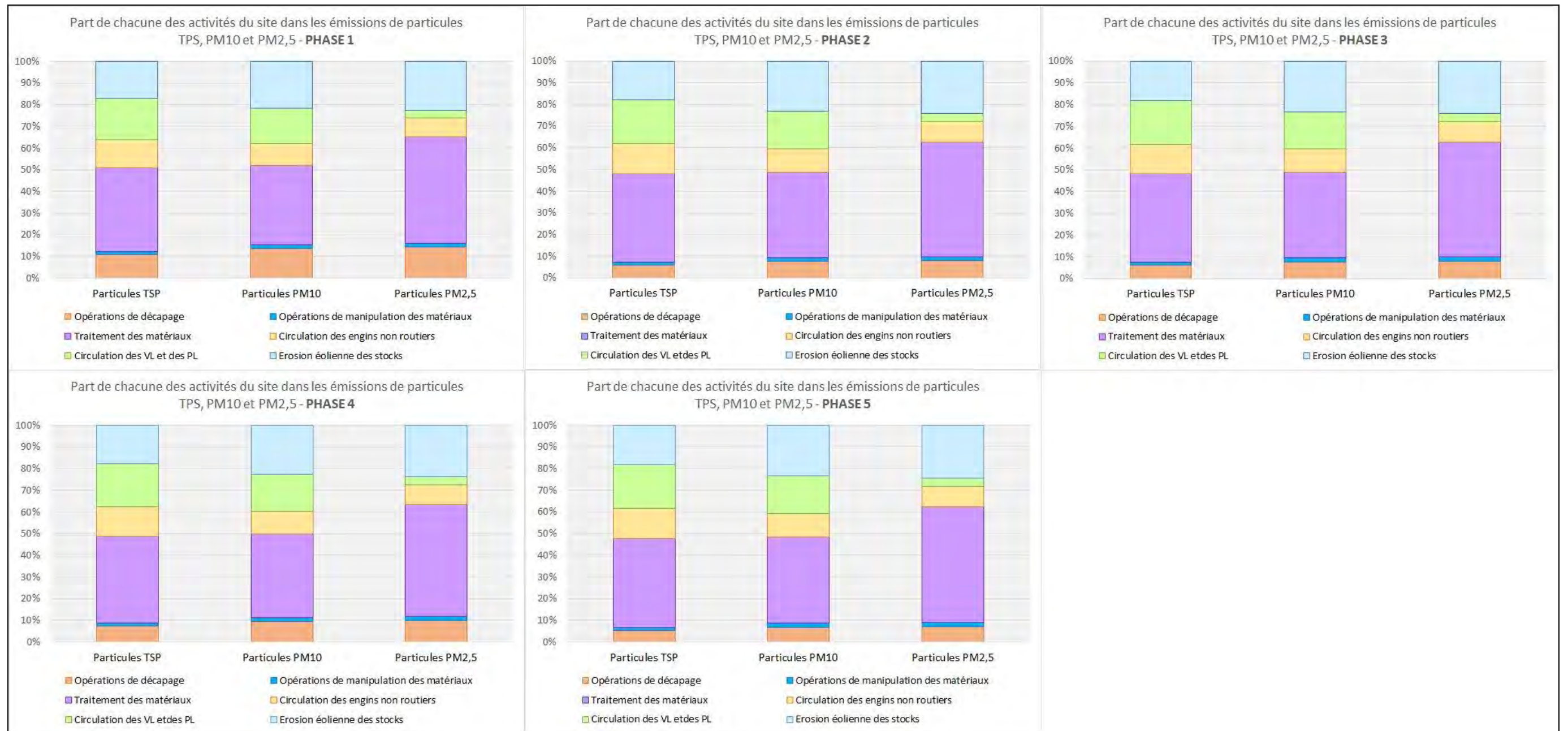


Figure 34: Part de chacune des activités du site dans les émissions de particules – Avec les mesures de contrôle des émissions

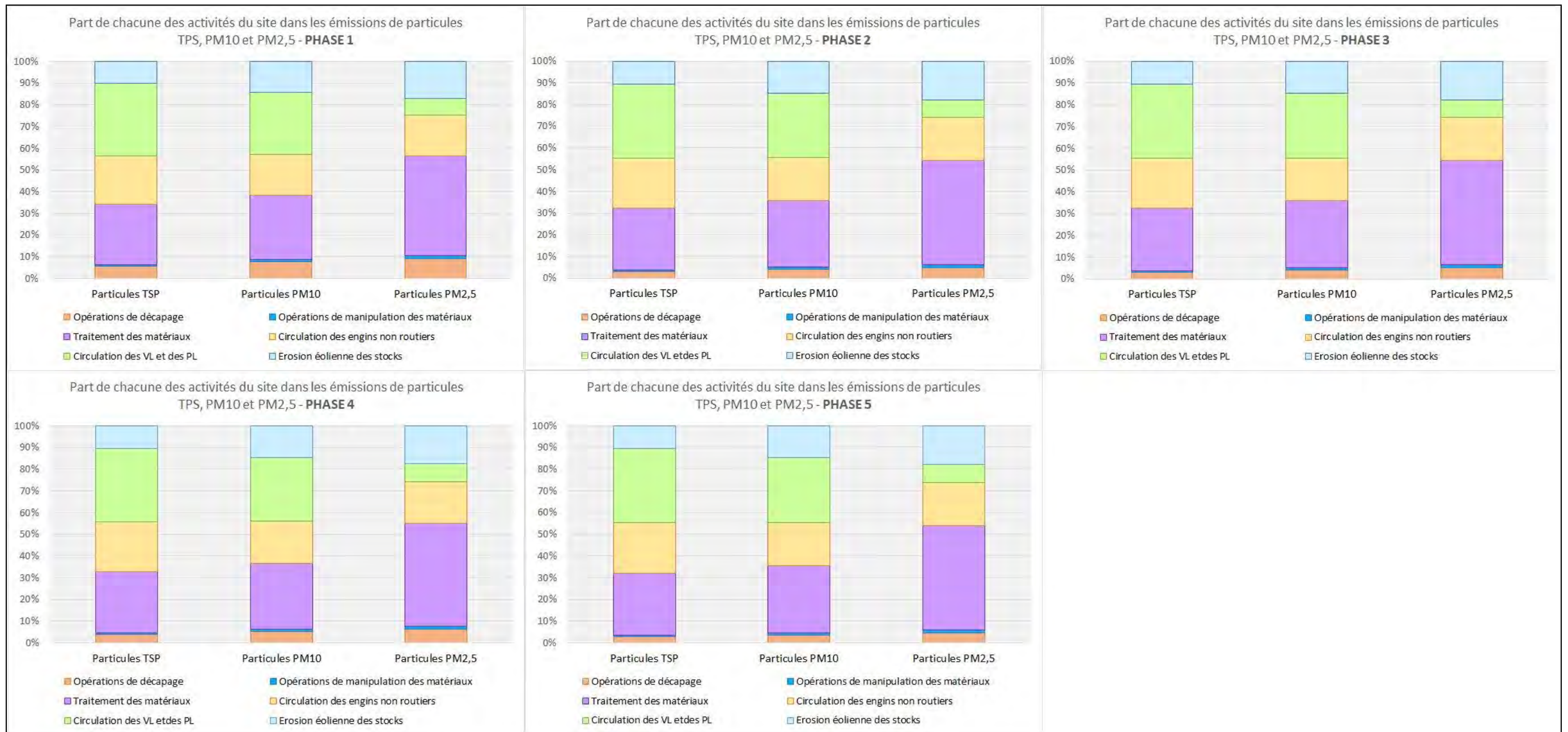


Figure 35: Part de chacune des activités du site dans les émissions de particules – Sans les mesures de contrôle des émissions

La principale source de particules (toutes granulations confondues) est le traitement des matériaux, suivie de la circulation des engins/véhicules sur des routes non revêtues.

Les réductions des émissions de particules/poussières imputables aux mesures de contrôle sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 29: Réductions des émissions de particules/poussières imputables aux mesures de contrôle

<i>Unité : kg/an</i>	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Particules TSP	-2379,5	-2379,5	-2379,5	-2379,5	-2379,5
Particules PM10	-772,6	-772,6	-772,6	-772,6	-772,6
Particules PM2,5	-71,8	-71,8	-71,8	-71,8	-71,8
Cadmium [Cd]	-5,87E-04	-5,87E-04	-5,87E-04	-5,87E-04	-5,87E-04
Chrome [Cr]	-8,58E-01	-8,58E-01	-8,58E-01	-8,58E-01	-8,58E-01
Cuivre [Cu]	-1,27E-01	-1,27E-01	-1,27E-01	-1,27E-01	-1,27E-01
Mercure [Hg]	-6,20E-02	-6,20E-02	-6,20E-02	-6,20E-02	-6,20E-02
Nickel [Ni]	-6,26E-04	-6,26E-04	-6,26E-04	-6,26E-04	-6,26E-04
Plomb [Pb]	-8,04E-01	-8,04E-01	-8,04E-01	-8,04E-01	-8,04E-01
Zinc [Zn]	-3,07E-01	-3,07E-01	-3,07E-01	-3,07E-01	-3,07E-01
Silice [SiO₂]	-156,68	-156,68	-156,68	-156,68	-156,68

7.2.2 Simulation numérique de la dispersion des rejets atmosphériques

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 diagnostic de champ de vents (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.

Définition des données météorologiques

Les données utilisées pour la simulation proviennent des données des services de Météo-France Réunion. La station considérée est celle de la « Plaine des Cafres ».

La rose des vents utilisée pour les simulations est schématisée ci-dessous.

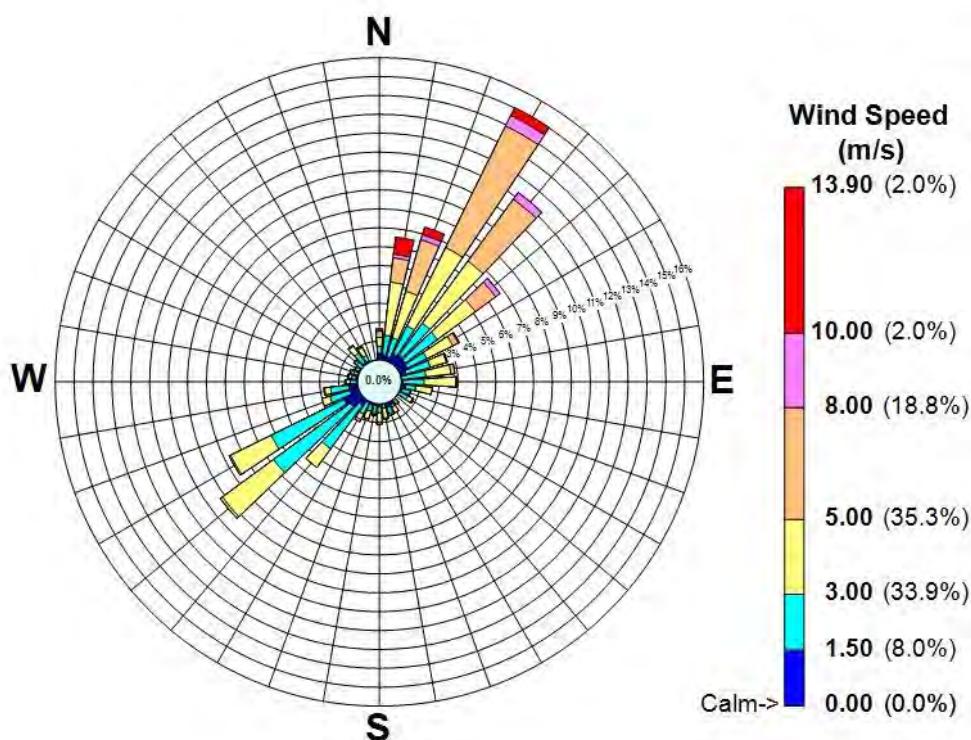


Figure 36 : Rose des vents utilisée pour les modélisations

Données topographiques

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

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

La planche immédiatement suivante illustre les terrains numériques utilisés pour les calculs.

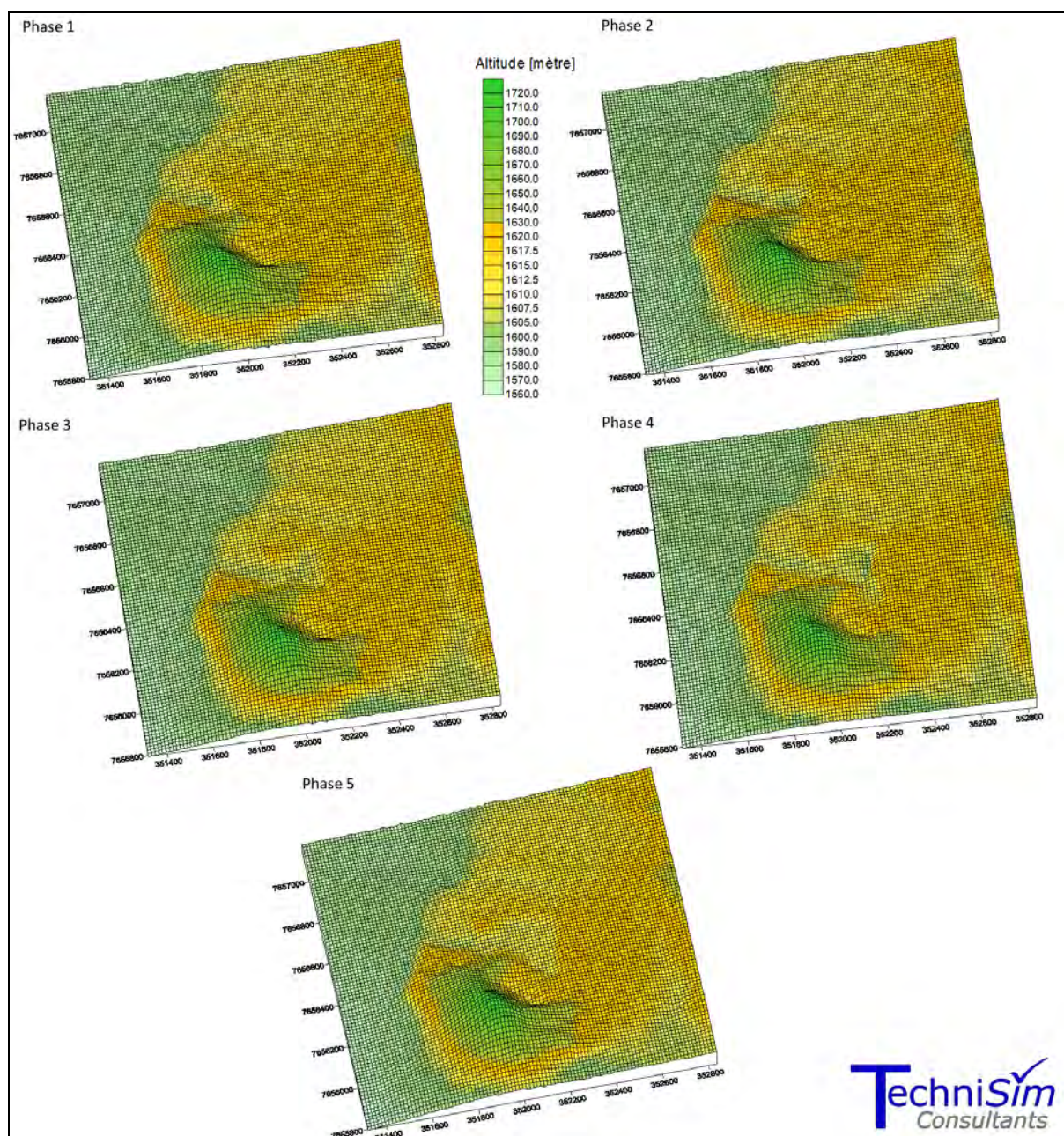


Figure 37 : Modèles Numériques de Terrain (MNT)

Résultats des modélisations

Les résultats des calculs pour les principaux polluants sont reportés dans les tableaux qui vont suivre. Tous les résultats sont disponibles en annexe.

Les cartographies des iso concentrations et des dépôts obtenus sur le domaine d'étude sont disponibles également ci-après.

Il s'agit des concentrations et des dépôts calculés à l'aide de la simulation numérique.

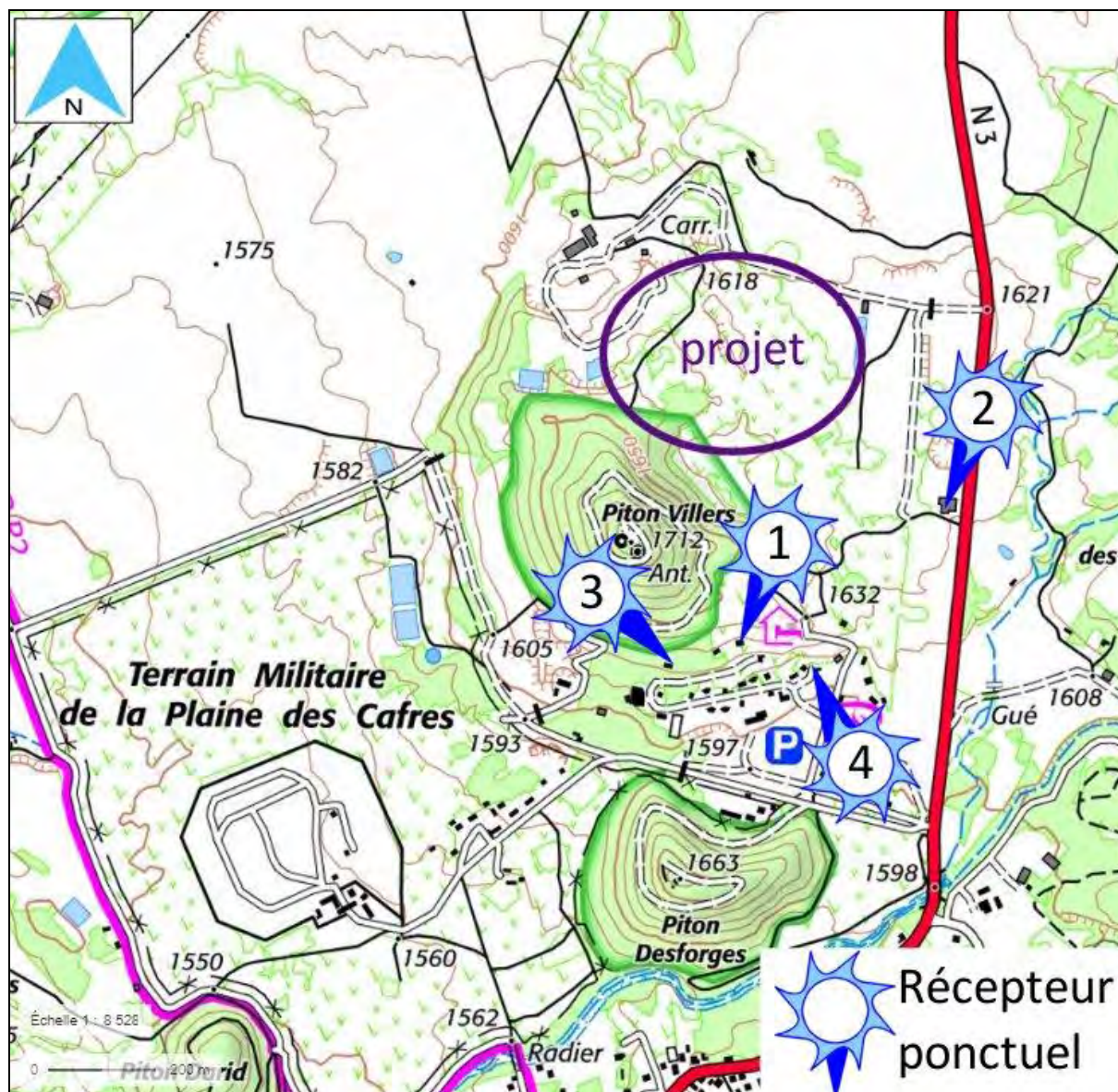


Figure 38: Emplacements des récepteurs

Tableau 30: Résultats des modélisations pour les particules

[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	TSP – Moyenne annuelle					PM ₁₀ – Moyenne annuelle					PM _{2,5} – Moyenne annuelle					Dépôts particuliers – Moyenne journalière				
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Maximum	7,68	8,64	8,40	7,94	7,54	2,41	2,57	2,48	2,21	2,21	0,220	0,280	0,261	0,226	0,200	1,88E-01	1,89E-01	1,89E-01	1,89E-01	1,88E-01
Centile 90	2,08	1,62	1,57	1,46	1,42	1,16	1,13	1,10	1,05	1,00	0,105	0,090	0,089	0,082	0,078	9,08E-02	9,07E-02	9,07E-02	9,07E-02	9,10E-02
Centile 80	0,94	0,72	0,69	0,64	0,63	0,62	0,51	0,49	0,46	0,45	0,058	0,040	0,042	0,038	0,037	4,66E-02	4,65E-02	4,65E-02	4,64E-02	4,58E-02
Centile 70	0,62	0,48	0,46	0,42	0,41	0,39	0,32	0,31	0,29	0,29	0,037	0,030	0,026	0,024	0,023	3,23E-02	3,22E-02	3,22E-02	3,22E-02	3,22E-02
Centile 60	0,46	0,34	0,32	0,30	0,29	0,30	0,23	0,23	0,21	0,20	0,028	0,020	0,020	0,018	0,017	2,23E-02	2,22E-02	2,22E-02	2,22E-02	2,22E-02
Centile 50	0,31	0,23	0,22	0,20	0,20	0,22	0,18	0,17	0,16	0,15	0,021	0,020	0,015	0,014	0,013	1,45E-02	1,45E-02	1,45E-02	1,45E-02	1,45E-02
Centile 40	0,21	0,16	0,15	0,14	0,14	0,16	0,12	0,12	0,11	0,11	0,015	0,010	0,010	0,009	0,009	9,23E-03	9,20E-03	9,20E-03	9,21E-03	9,20E-03
Centile 30	0,14	0,10	0,10	0,09	0,09	0,11	0,09	0,08	0,07	0,07	0,010	0,010	0,007	0,006	0,006	6,07E-03	6,03E-03	6,06E-03	6,10E-03	6,13E-03
Centile 20	0,09	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,006	0,000	0,004	0,004	0,004	3,94E-03	3,93E-03	3,93E-03	3,92E-03	3,92E-03
Centile 10	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,004	0,000	0,003	0,002	0,002	2,30E-03	2,28E-03	2,28E-03	2,28E-03	2,28E-03
Récepteur 1	1,34	1,31	1,32	1,35	1,35	0,55	0,53	0,53	0,54	0,53	0,047	0,040	0,045	0,046	0,045	4,27E-02	4,27E-02	4,27E-02	4,27E-02	4,32E-02
Récepteur 2	0,60	0,59	0,60	0,58	0,58	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,025	0,020	0,025	0,023	0,023	4,08E-02	4,08E-02	4,08E-02	4,08E-02	4,16E-02
Récepteur 3	2,34	2,31	2,38	2,41	2,45	0,93	0,92	0,95	0,95	0,96	0,076	0,070	0,078	0,078	0,079	5,81E-02	5,81E-02	5,82E-02	5,82E-02	5,71E-02
Récepteur 4	0,53	0,47	0,48	0,45	0,45	0,33	0,30	0,31	0,29	0,29	0,028	0,020	0,025	0,023	0,022	2,72E-02	2,71E-02	2,71E-02	2,71E-02	2,71E-02

Tableau 31: Résultats des modélisations pour le monoxyde de carbone, le dioxyde d'azote et les COVNM

[µg/m ³]	Monoxyde de carbone – Moyenne annuelle					Dioxyde d'azote – Moyenne annuelle					COVNM – Moyenne annuelle				
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Maximum	8,83	11,64	12,00	12,27	12,10	7,37	8,85	9,13	8,88	9,35	1,280	1,860	1,940	2,059	2,000
Centile 90	3,84	2,97	3,03	3,15	3,16	3,63	3,38	3,42	3,43	3,44	0,570	0,370	0,380	0,404	0,406
Centile 80	2,46	1,87	1,90	1,95	1,97	2,07	1,66	1,68	1,71	1,71	0,320	0,240	0,238	0,240	0,242
Centile 70	1,67	1,21	1,24	1,27	1,28	1,35	1,06	1,08	1,10	1,11	0,240	0,160	0,160	0,163	0,166
Centile 60	1,25	0,92	0,94	0,96	0,97	1,02	0,80	0,81	0,83	0,84	0,180	0,120	0,118	0,121	0,121
Centile 50	0,95	0,69	0,71	0,73	0,73	0,79	0,63	0,64	0,64	0,64	0,130	0,080	0,084	0,087	0,087
Centile 40	0,69	0,50	0,50	0,50	0,50	0,59	0,45	0,45	0,44	0,44	0,090	0,060	0,059	0,060	0,059
Centile 30	0,46	0,33	0,33	0,32	0,32	0,40	0,30	0,30	0,30	0,29	0,060	0,040	0,038	0,038	0,037
Centile 20	0,30	0,21	0,20	0,20	0,20	0,25	0,19	0,18	0,18	0,18	0,040	0,020	0,024	0,024	0,024
Centile 10	0,19	0,12	0,12	0,12	0,12	0,15	0,11	0,11	0,11	0,11	0,030	0,010	0,014	0,014	0,014
Récepteur 1	1,88	1,79	1,96	2,49	2,81	1,66	1,61	1,71	2,05	2,24	0,250	0,240	0,269	0,371	0,431
Récepteur 2	1,12	1,15	1,30	1,47	1,60	0,91	0,93	1,02	1,13	1,21	0,150	0,150	0,183	0,215	0,240
Récepteur 3	2,82	2,81	3,31	4,10	4,72	2,61	2,60	2,92	3,41	3,80	0,370	0,370	0,465	0,616	0,733
Récepteur 4	1,19	1,08	1,16	1,21	1,28	1,07	1,00	1,06	1,09	1,13	0,160	0,140	0,151	0,160	0,173

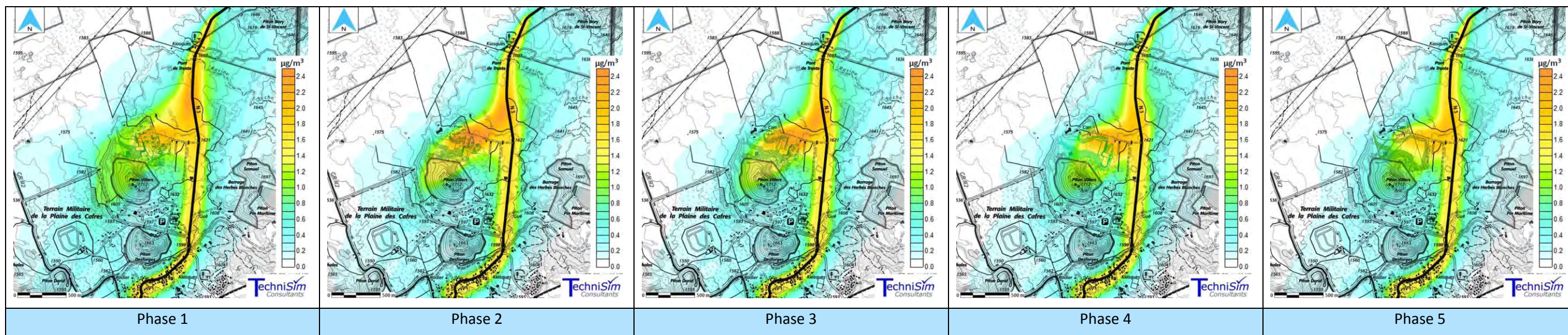


Figure 39: Résultats des modélisations – Particules PM10 – moyenne annuelle

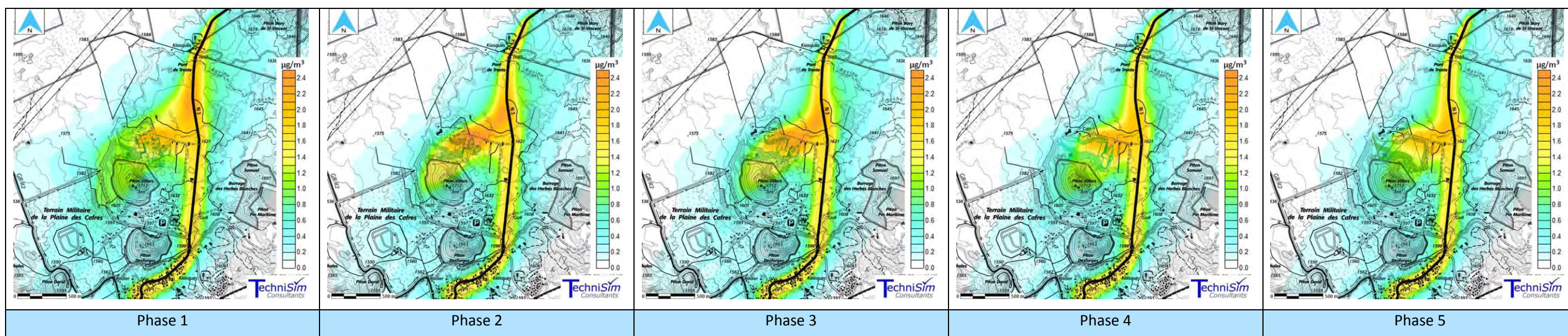


Figure 40: Résultats des modélisations – Particules PM2,5 – moyenne annuelle

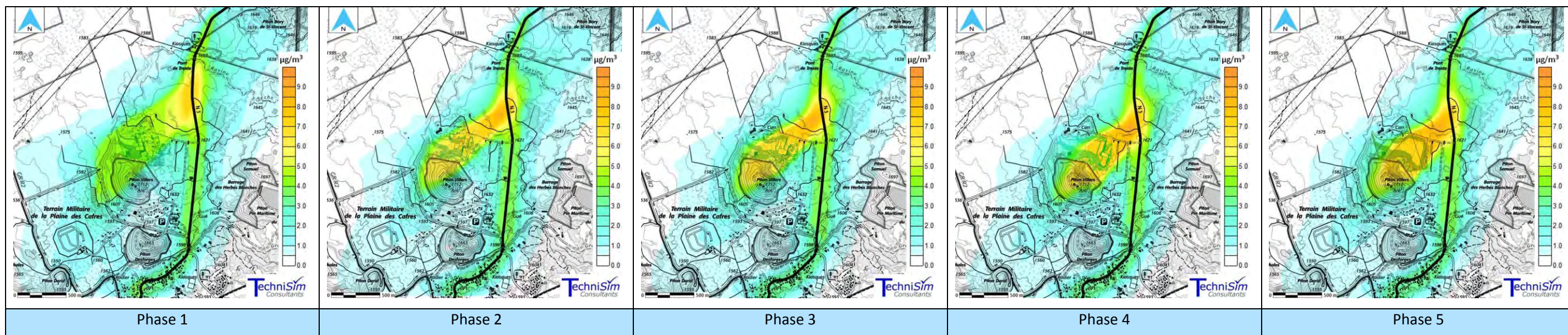


Figure 41: Résultats des modélisations – Dioxyde d’azote – moyenne annuelle

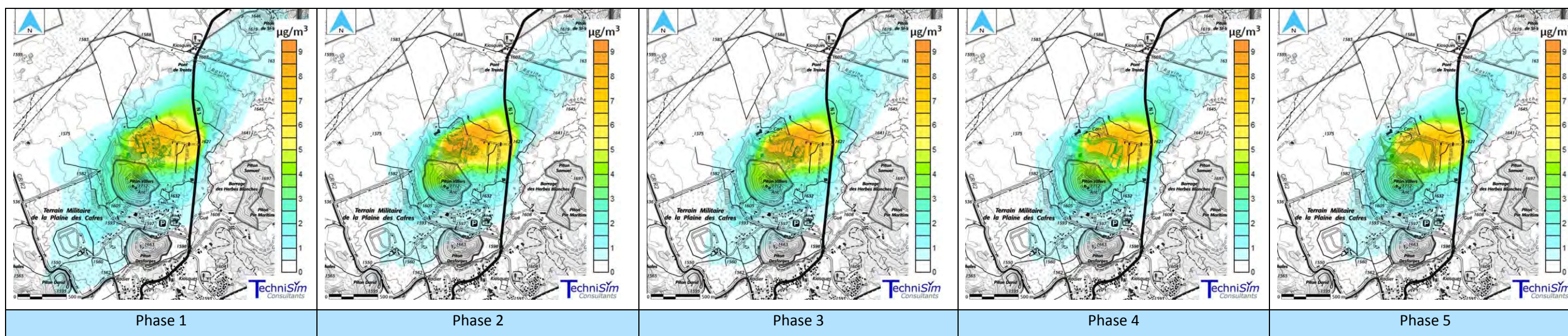


Figure 42: Résultats des modélisations – Particules TSP – moyenne annuelle

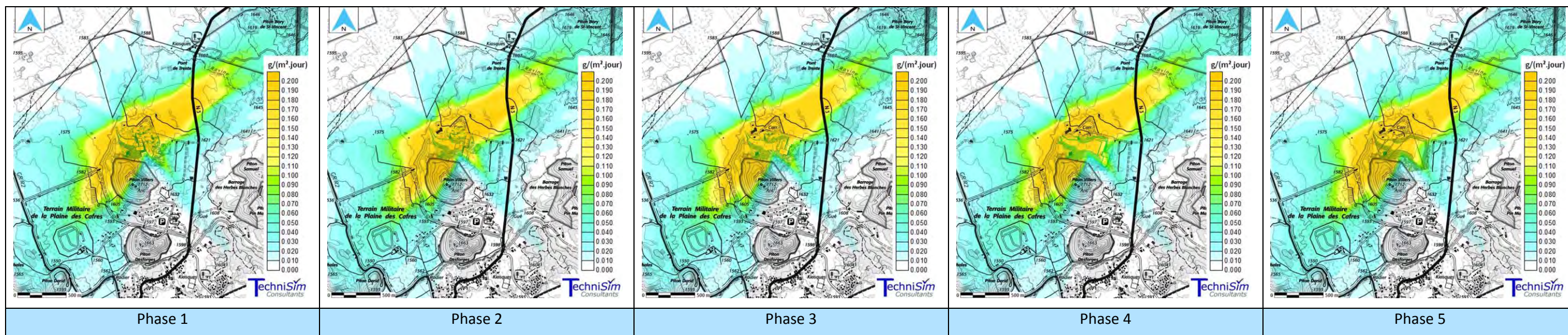


Figure 43: Résultats des modélisations –Dépôts particulaires TSP – moyenne journalière

7.2.3 Comparaison avec les normes de la qualité de l'air

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

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

Les polluants réglementés sont ainsi les suivants :

- Oxydes d'azote
- Monoxyde de carbone
- Particules PM10 et PM2,5
- Benzène
- Métaux : plomb, arsenic, cadmium, nickel
- Hydrocarbures polycycliques : benzo(a)pyrène
- Ozone

Regardant précisément l'ozone, celui-ci 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 anthropiques.

Les tableaux qui vont suivre indiquent les concentrations obtenues à l'aide des modélisations sur les différentes phases au niveau des récepteurs ainsi que les normes réglementaires.

Il est considéré que la teneur en benzène dans les COVNM est de 5%.

Tableau 32: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Dioxyde d'azote

	Moyenne annuelle [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					Maximale horaire annuelle [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					Percentile horaire 99,8 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Récepteur 1	1,66	1,61	1,71	2,05	2,24	86	100	101	81	88	54	57	56	49	54
Récepteur 2	0,91	0,93	1,02	1,13	1,21	52	46	53	43	51	30	29	30	29	30
Récepteur 3	2,61	2,60	2,92	3,41	3,80	107	112	114	105	113	74	77	70	65	75
Récepteur 4	1,07	1,00	1,06	1,09	1,13	80	78	73	68	69	47	45	47	40	40
Valeurs limites	40										200				
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														

Tableau 33: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Particules PM10

	Moyenne annuelle [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					Maximum journalier [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					Percentile journalier 90,2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Récepteur 1	0,55	0,53	0,53	0,54	0,53	2,46	2,40	2,20	1,97	1,97	1,01	0,93	0,92	0,89	0,89
Récepteur 2	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	1,24	1,21	1,13	1,02	1,01	0,50	0,48	0,48	0,44	0,43
Récepteur 3	0,93	0,92	0,95	0,95	0,96	3,70	3,48	3,31	3,13	3,27	1,57	1,51	1,51	1,48	1,52
Récepteur 4	0,33	0,30	0,31	0,29	0,29	1,86	1,64	1,61	1,26	1,25	0,67	0,57	0,57	0,51	0,50
Valeurs limites	40										50				
Seuil d'information et de recommandations						50									
Seuils d'alerte						80									
Objectif de qualité	30														

Tableau 34: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Particules PM2,5

	Moyenne annuelle [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Récepteur 1	0,047	0,040	0,045	0,046	0,045
Récepteur 2	0,025	0,020	0,025	0,023	0,023
Récepteur 3	0,076	0,070	0,078	0,078	0,079
Récepteur 4	0,028	0,020	0,025	0,023	0,022
Valeur limite	25				
Objectif de qualité	10				
Valeur cible	20				

Tableau 35: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Benzène

	Moyenne annuelle [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Récepteur 1	1,25E-02	1,19E-02	1,35E-02	1,86E-02	2,15E-02
Récepteur 2	7,50E-03	7,75E-03	9,13E-03	1,08E-02	1,20E-02
Récepteur 3	1,85E-02	1,85E-02	2,33E-02	3,08E-02	3,67E-02
Récepteur 4	8,00E-03	6,76E-03	7,57E-03	8,00E-03	8,67E-03
Valeur limite	5				
Objectif de qualité	2				

Tableau 36: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Plomb

	Moyenne annuelle [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Récepteur 1	4,710E-03	4,704E-03	4,700E-03	4,701E-03	4,565E-03
Récepteur 2	2,000E-03	1,996E-03	1,994E-03	1,994E-03	1,997E-03
Récepteur 3	8,500E-03	8,499E-03	8,494E-03	8,496E-03	8,452E-03
Récepteur 4	2,710E-03	2,710E-03	2,708E-03	2,707E-03	2,703E-03
Valeurs limites	5,0E-01				
Objectif de qualité	2,5E-01				

Tableau 37: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Arsenic

	Moyenne annuelle [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Récepteur 1	1,250E-04	1,249E-04	1,248E-04	1,248E-04	1,235E-04
Récepteur 2	5,090E-05	5,088E-05	5,086E-05	5,086E-05	5,095E-05
Récepteur 3	2,290E-04	2,287E-04	2,286E-04	2,286E-04	2,280E-04
Récepteur 4	7,730E-05	7,726E-05	7,724E-05	7,724E-05	7,748E-05
Valeur cible	6,0E-03				

Tableau 38: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Cadmium

	Moyenne annuelle [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Récepteur 1	9,62E-04	9,62E-04	9,62E-04	9,62E-04	9,63E-04
Récepteur 2	3,79E-04	3,79E-04	3,79E-04	3,79E-04	3,78E-04
Récepteur 3	1,78E-03	1,78E-03	1,78E-03	1,78E-03	1,77E-03
Récepteur 4	6,31E-04	6,31E-04	6,31E-04	6,31E-04	6,32E-04
Valeur cible	5,0E-03				

Tableau 39: Comparaison des résultats avec les seuils réglementaires – Nickel

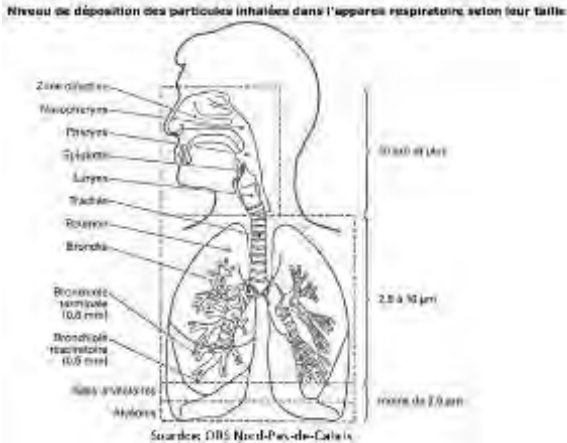
	Moyenne annuelle [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Récepteur 1	2,250E-03	2,200E-03	2,200E-03	2,215E-03	2,220E-03
Récepteur 2	9,250E-04	9,060E-04	9,090E-04	9,018E-04	8,970E-04
Récepteur 3	4,090E-03	4,020E-03	4,050E-03	4,063E-03	4,060E-03
Récepteur 4	1,460E-03	1,420E-03	1,420E-03	1,414E-03	1,420E-03
Valeur cible	2,0E-02				

Il est possible de constater que les concentrations calculées au niveau des récepteurs sont très inférieures aux normes définies dans la réglementation.

7.2.4 Analyse des résultats pour les polluants non réglementés

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

Tableau 40: Analyse des résultats pour les polluants non réglementés

POLLUANTS	ANALYSE
<p>Particules Totales en Suspension (TSP)</p>	<p>Il s'agit de toutes les particules sans distinction de leur diamètre aérodynamique. Les particules ayant un diamètre aérodynamique supérieur à 10 µm ne pénètrent pas dans les poumons et les bronches et donc celles-ci ne présentent pas de risques sanitaires.</p>  <p>Niveau de déposition des particules inhalées dans l'appareil respiratoire selon leur taille</p> <p>Source: IRS Nord-Pas-de-Calais</p>
<p>Particules diesel</p>	<p>Bien que leurs effets sanitaires soient connus, les teneurs dans l'air ambiant en particules diesel ne sont pas encore réglementées.</p> <p>Il est possible d'observer que la contribution de l'installation est très faible.</p>
<p>Composés Organiques Volatils</p>	<p>En fonction du composé, les effets sanitaires divergent.</p> <p>Seul le benzène fait l'objet d'une réglementation pour l'air ambiant.</p>

7.2.5 Effets des mesures d'abattement

Les calculs précédents ont pris en compte les mesures d'abattement des poussières/particules.

Les tableaux ci-dessous présentent les concentrations de particules ainsi que les dépôts calculés sans prise en compte de ces mesures.

Il est également présenté les différences entre les concentrations/dépôts calculés avec les mesures d'abattement et sans les mesures d'abattement.

Tableau 41: Concentrations de particules TSP calculées sans abattement

[µg/m ³]	TSP – Moyenne annuelle				
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Maximum	14,88	18,36	18,29	18,07	17,50
Centile 90	3,32	3,37	3,33	3,25	3,22
Récepteur 1	2,62	2,82	2,88	3,04	3,12
Récepteur 2	1,08	1,24	1,28	1,30	1,33
Récepteur 3	4,72	5,03	5,23	5,46	5,65
Récepteur 4	0,95	1,00	1,02	1,02	1,03
Impact des mesures d'abattement					
Maximum	-7,20	-9,72	-9,89	-10,13	-9,96
Centile 90	-1,24	-1,75	-1,76	-1,78	-1,79
Récepteur 1	-1,28	-1,51	-1,56	-1,69	-1,77
Récepteur 2	-0,48	-0,65	-0,68	-0,72	-0,75
Récepteur 3	-2,38	-2,72	-2,85	-3,05	-3,21
Récepteur 4	-0,42	-0,53	-0,55	-0,56	-0,58

Tableau 42: Concentrations de particules PM10 calculées sans abattement

[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	PM10 – Moyenne annuelle				
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Maximum	3,73	4,76	4,71	4,55	4,45
Centile 90	1,76	2,07	2,06	2,01	1,99
Récepteur 1	0,92	1,00	1,01	1,06	1,06
Récepteur 2	0,43	0,48	0,49	0,50	0,51
Récepteur 3	1,61	1,73	1,79	1,87	1,91
Récepteur 4	0,55	0,58	0,59	0,58	0,59
Impact des mesures d'abattement					
Maximum	-1,32	-2,19	-2,22	-2,34	-2,24
Centile 90	-0,60	-0,94	-0,95	-0,96	-0,99
Récepteur 1	-0,37	-0,47	-0,48	-0,52	-0,53
Récepteur 2	-0,16	-0,22	-0,23	-0,24	-0,25
Récepteur 3	-0,68	-0,82	-0,86	-0,92	-0,96
Récepteur 4	-0,22	-0,26	-0,27	-0,27	-0,28

Tableau 43: Concentrations de particules PM2,5 calculées sans abattement

[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	PM2,5 – Moyenne annuelle				
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Maximum	4,90E-01	5,60E-01	5,41E-01	5,06E-01	4,80E-01
Centile 90	2,25E-01	2,40E-01	2,29E-01	2,22E-01	2,08E-01
Récepteur 1	1,17E-01	1,20E-01	1,25E-01	1,26E-01	1,15E-01
Récepteur 2	5,53E-02	5,00E-02	5,50E-02	5,34E-02	5,29E-02
Récepteur 3	2,06E-01	2,10E-01	2,18E-01	2,18E-01	2,19E-01
Récepteur 4	6,80E-02	6,00E-02	6,45E-02	6,28E-02	6,23E-02
Impact des mesures d'abattement					
Maximum	-0,27	-0,28	-0,28	-0,28	-0,28
Centile 90	-0,12	-0,15	-0,14	-0,14	-0,13
Récepteur 1	-0,07	-0,08	-0,08	-0,08	-0,07
Récepteur 2	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03
Récepteur 3	-0,13	-0,14	-0,14	-0,14	-0,14
Récepteur 4	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04

Tableau 44: Dépôts particuliers calculés sans abattement

<i>[g/(m².s)]</i>	Dépôts particuliers – moyenne journalière				
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Maximum	2,65E-01	2,68E-01	2,68E-01	2,68E-01	2,66E-01
Centile 90	1,26E-01	1,27E-01	1,27E-01	1,27E-01	1,27E-01
Récepteur 1	5,99E-02	6,01E-02	6,01E-02	6,03E-02	6,10E-02
Récepteur 2	5,68E-02	5,69E-02	5,70E-02	5,70E-02	5,82E-02
Récepteur 3	8,18E-02	8,21E-02	8,24E-02	8,25E-02	8,11E-02
Récepteur 4	3,79E-02	3,79E-02	3,79E-02	3,79E-02	3,79E-02
Impact des mesures d'abattement					
Maximum	-7,68E-02	-7,87E-02	-7,88E-02	-7,90E-02	-7,86E-02
Centile 90	-3,56E-02	-3,62E-02	-3,62E-02	-3,63E-02	-3,58E-02
Récepteur 1	-1,72E-02	-1,74E-02	-1,74E-02	-1,75E-02	-1,78E-02
Récepteur 2	-1,60E-02	-1,62E-02	-1,62E-02	-1,62E-02	-1,66E-02
Récepteur 3	-2,37E-02	-2,40E-02	-2,41E-02	-2,43E-02	-2,40E-02
Récepteur 4	-1,07E-02	-1,08E-02	-1,08E-02	-1,08E-02	-1,08E-02

7.2.6 Conclusion

L'exploitation de la carrière va induire une hausse localisée des concentrations en poussières, composés gazeux (gaz d'échappement), et de manière marginale, des métaux (via les particules de matériaux et de terre émises).

Les planches suivantes représentent graphiquement les concentrations maximales calculées en moyenne annuelle sur les quatre phases pour les particules TSP (car il s'agit en effet d'un bon traceur de l'impact de l'exploitation du site).

Figure 44: Impacts de l'exploitation du site sur la qualité de l'air - concentrations maximales calculées en moyenne annuelle pour les différentes phases pour les particules TSP

Figure 45: Impacts de l'exploitation du site sur la qualité de l'air - concentrations maximales calculées en moyenne annuelle pour les différentes phases pour les particules PM10

Comme il est possible de le constater, les augmentations interviennent surtout au nord-est du site, là où il n'est pas retrouvé d'habitation.

En outre, il est intéressant de retenir que les concentrations calculées au niveau des récepteurs sont inférieures aux normes règlementaires.

Le tableau ci-dessous présente le croisement des concentrations moyennes calculées en moyenne annuelle pour les particules TSP et les particules PM10 et les données carroyées de l'INSEE.

Il s'agit du nombre de personnes exposées pour une gamme de concentrations donnée.

→ Il est possible de constater que la majorité des personnes n'est que faiblement impactée par l'exploitation du site.

Tableau 45: Nombre de personnes exposées pour une gamme de concentrations donnée - TSP

[µg/m ³]		[0,0 - 0,5[	[0,5 - 0,75[	[0,75 - 1,0[	[1,0 - 1,5[	[1,5 - 2,0[	≥ 2,0
Nombre de personnes exposées	Phase 1	1135,01	32,90	8,06	5,69	3,46	0,96
	Phase 2	1156,03	16,25	4,49	5,64	3,06	0,61
	Phase 3	1156,84	15,50	4,29	5,75	3,04	0,66
	Phase 4	1159,18	13,12	4,46	6,25	2,45	0,62
	Phase 5	1159,06	13,29	4,63	5,74	2,71	0,65
Part de la population exposée	Phase 1	95,7%	2,8%	0,7%	0,5%	0,3%	0,1%
	Phase 2	97,5%	1,4%	0,4%	0,5%	0,3%	0,1%
	Phase 3	97,5%	1,3%	0,4%	0,5%	0,3%	0,1%
	Phase 4	97,7%	1,1%	0,4%	0,5%	0,2%	0,1%
	Phase 5	97,7%	1,1%	0,4%	0,5%	0,2%	0,1%

Tableau 46: Nombre de personnes exposées pour une gamme de concentrations donnée – PM10

[µg/m ³]		[0,0 - 0,1[	[0,1 - 0,3[	[0,3 - 0,5[	[0,5 - 0,7[	[0,7 - 1,0[	≥ 1,0
Nombre de personnes exposées	Phase 1	499,79	394,47	100,22	54,11	39,39	98,11
	Phase 2	545,69	366,39	92,19	49,64	35,90	96,27
	Phase 3	554,78	357,84	91,40	50,21	35,59	96,26
	Phase 4	572,54	343,02	90,81	50,89	32,94	95,88
	Phase 5	576,02	339,15	90,43	51,60	31,96	96,93
Part de la population exposée	Phase 1	42,1%	33,3%	8,4%	4,6%	3,3%	8,3%
	Phase 2	46,0%	30,9%	7,8%	4,2%	3,0%	8,1%
	Phase 3	46,8%	30,2%	7,7%	4,2%	3,0%	8,1%
	Phase 4	48,3%	28,9%	7,7%	4,3%	2,8%	8,1%
	Phase 5	48,6%	28,6%	7,6%	4,4%	2,7%	8,2%

Il est observé que les impacts liés à l'exploitation du site sont limités et qu'ils ne sont pas de nature à dégrader significativement la qualité de l'air au niveau des habitations.

7.3 Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires – EQRS

L'étude de l'impact des rejets de l'installation sur la santé des populations est établie à l'aide d'une EQRS [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.

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 ».

7.3.1 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 fréquentant l'aménagement prévu sur l'ancien site.

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'EORS 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 dans la figure qui va suivre.

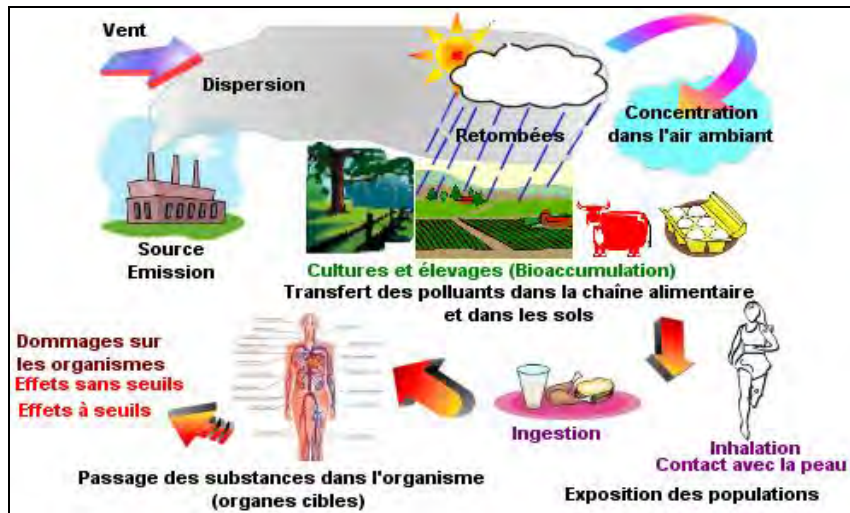


Figure 46: Schéma conceptuel de la démarche d'une ERS

➤ 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 cancérigènes 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.

➤ **Étape n° 2 : Estimation de la dose-réponse / Valeur toxicologique de référence**

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

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

Pour les effets « sans seuils » : la VTR est alors un Excès de Risque Unitaire [ERU] de cancer. L'ERU est calculé soit à partir d'expérimentations chez l'animal, soit d'études épidémiologiques chez l'homme. 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.

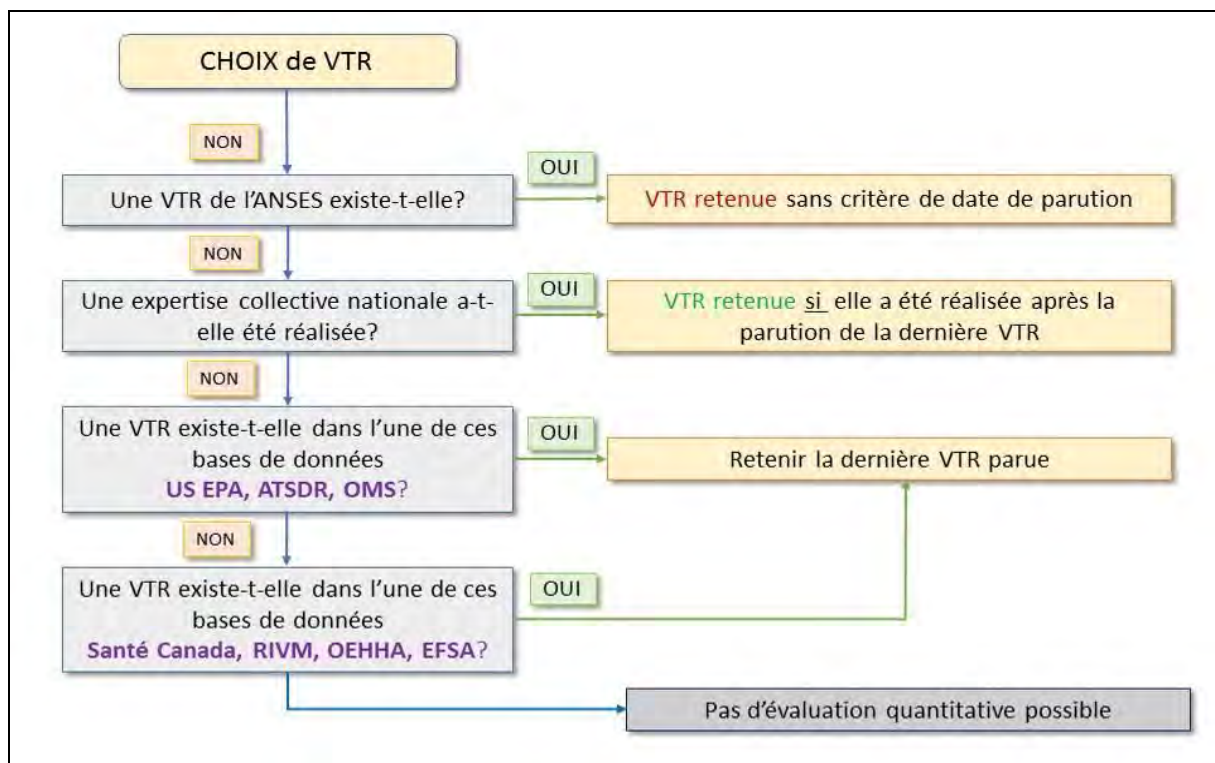


Figure 47: Logigramme – Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

Note : Les VTR retenues pour l'étude des risques sanitaires sont présentées en annexe N°3.

Évaluation des effets des poussières engendrées par l'installation

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

Dans le cas des poussières émises par le site, les risques sanitaires sont liés aux matières qui les composent.

Selon le document de l'ANSES - Avis de l'Anses - Dangers, expositions et risques relatifs à la silice cristalline (avril 2019), « *L'ensemble des carrières et mines est concerné par les expositions à la silice cristalline, mais à des échelles différentes selon la teneur en silice cristalline des matières extraites. Ainsi certaines d'entre elles, comme les sables extra-siliceux, le quartz et le silex, sont extraites pour leur teneur élevée en silice cristalline (> 90 %) ; alors que d'autres contiennent entre moins de 1% (calcaire) à environ 60 % (schistes) de silice cristalline. Les granulats peuvent quant à eux contenir jusqu'à 80 % de silice cristalline.* »

Les effets sanitaires de la silice (surtout la silice cristalline) sont connus et documentés.

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

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

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

Les mesures réalisées sur différents gisements de la Réunion, n'ont pas mis en évidence de présence de silice cristalline ou à des teneurs très faibles (<2%). **Aussi dans la présente étude, il est retenu un taux de silice de 2% contenu dans les particules PM10.** En effet les effets toxiques de la silice cristalline sur la santé sont causés uniquement par la fraction des particules qui peuvent atteindre la partie profonde des poumons donc celle dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10 µm et dont le diamètre aérodynamique médian est de l'ordre de 4-5 µm.

➤ Étape N°3 : Évaluation des expositions

Voies d'exposition en fonction du compartiment environnemental

Vecteurs de transfert

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

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

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

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

- **Sol** : Le sol constitue un milieu récepteur des particules émises à l'atmosphère et les populations environnantes sont directement exposées. Le sol peut donc devenir vecteur de transfert par mobilisation de particules par le vent, ou bien en tant que milieu de croissance de végétaux consommés (après dépôt au sol des particules, celles-ci sont susceptibles de se bioaccumuler au sein de végétaux), par les populations et animaux alentour.

Le sol sera pris en compte comme vecteur de transfert dans la présente étude.

- **Sous-sols et eaux souterraines** : Les eaux souterraines peuvent représenter un vecteur de transfert des composés issus de l'activité du site vers les populations. Cependant, le site n'est implanté dans aucun périmètre de protection associé à des captages d'alimentation en eau potable. Par ailleurs, toute pollution du sous-sol est prévenue compte-tenu du mode d'exploitation : collecte et traitement des eaux usées (sanitaires, etc.), mise sur rétention des produits liquides (fioul domestique, etc.) sur rétention, etc.

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

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

Compte tenu de la topographie du site, de la nature des rejets liquides générés par le site et de leur gestion, les eaux superficielles ne seront pas prises en compte comme vecteur de transfert dans la présente étude.

Voies d'exposition

- **Inhalation** : L'inhalation constitue la voie d'exposition privilégiée dans le cas présent. Les polluants émis sont, après dispersion, respirés directement par les populations.

- **Ingestion du sol** : Comme précisé auparavant, la prise en compte de la déposition particulaire et de la bioaccumulation de ces rejets dans les sols, bien qu'étant faible, est considérée comme étant une voie d'exposition.

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

- **Ingestion des végétaux autoproduits** : Les plantes peuvent être contaminées par l'absorption foliaire et/ou racinaire, et les dépôts gazeux et particulaires des polluants.

Par conséquent, cette voie d'exposition est retenue dans la présente étude.

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

Par conséquent, cette voie d'exposition est retenue dans la présente étude.

Schéma conceptuel

La figure suivante illustre le schéma conceptuel obtenu.

- ⇒ Ingestion de sol
- ⇒ Ingestion d'aliments autoproduits (végétaux et produits d'origine animale)
- ⇒ Inhalation de gaz et de particules

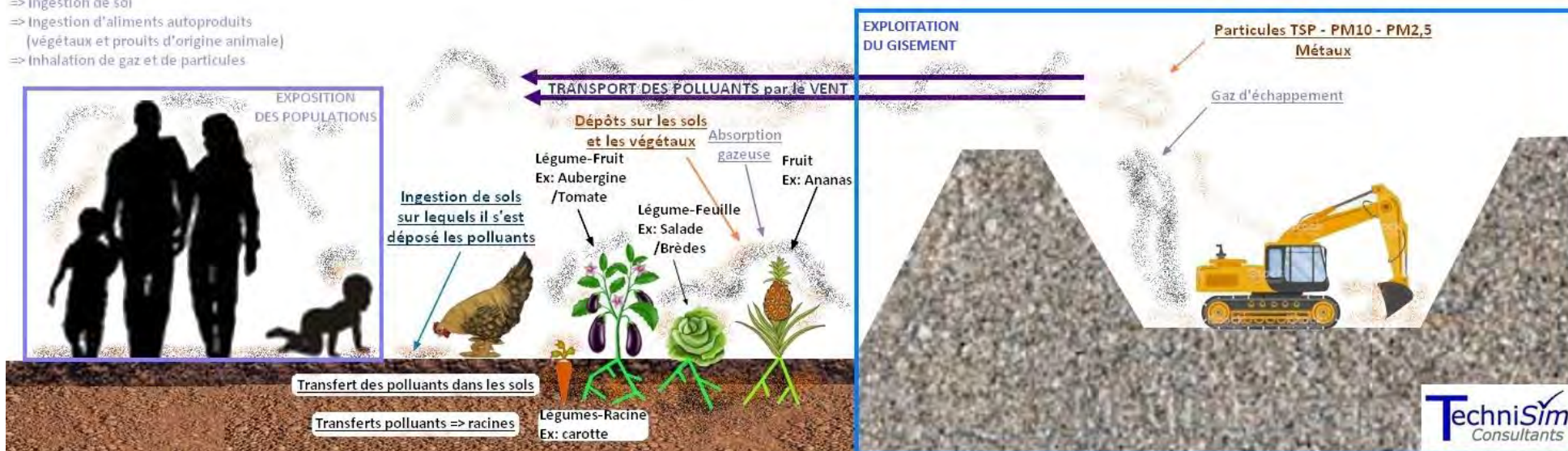


Figure 48: Schéma conceptuel des expositions

Définition des paramètres des scénarios d'exposition

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

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

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

Tableau 47: Paramètres retenus pour les scénarios d'exposition

	Hypothèses d'exposition considérée	Concentrations retenues
Inhalation	<p>Résident permanent : 24h/24 – 365 jours/an (Scénario majorant)</p> <p>Durée d'exposition pour les effets sans seuils : 25 ans (durée d'exploitation supposée)</p>	<p>Concentrations calculées à l'aide de la modélisation numérique au niveau des récepteurs les plus proches de l'installation.</p>
Ingestion	<p>Résident permanent : 24h/24 – 365 jours/an (Scénario majorant) qui consomme des aliments autoproduits (végétaux, chair de poule et œufs) et qui ingère des particules de terre</p> <p>Durée d'exposition pour les effets sans seuils : 25 ans (durée d'exploitation supposée)</p>	<p>Concentrations et dépôts calculés à l'aide de la modélisation numérique au niveau des récepteurs les plus proches de l'installation.</p>

➤ Étape N°4 : Caractérisation des risques

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

Effets à seuils – Quotient de dangers

Pour les effets toxiques « à seuils », l'expression déterministe de la survenue d'un effet toxique dépend du dépassement d'une valeur : la Valeur 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 :

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

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

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

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

Effets sans seuils – Excès de Risques Individuel

Pour les effets toxiques sans seuils, on calcule l'Excès de **Risque Individuel [ERI]**, en multipliant l'Excès de **Risque Unitaire [ERU]** à la **Dose Journalière d'Exposition [DJE]** pour la voie orale ou bien à la **Concentration Moyenne Inhalée [CMI]** pour la voie inhalation.

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

L'interprétation des résultats s'effectue ensuite par comparaison à des niveaux de risque jugés socialement acceptables.

En France, l'INVS utilise la valeur de 10^{-5} , cette valeur est reprise dans 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	
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	Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée	[année]

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

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

Avec	DJE _{TOTALE}	Dose journalière totale d'exposition	[mg/(kg.jour)]
	DJE _{sol}	Dose d'exposition par ingestion du sol	[mg/(kg.jour)]
		= (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 (i : légume, légumes-feuilles, etc.)	[mg/(kg.jour)]
		= (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]

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

Pour une classe d'âge donnée :

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

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

7.3.2 Concentrations d'exposition

Les concentrations d'exposition considérées sont les concentrations maximales calculées au niveau des récepteurs.

Ces dernières sont reportées dans le tableau ci-dessous.

Ces concentrations prennent en considération les émissions atmosphériques provenant de la route N3.

Tableau 48: Concentrations d'exposition retenues

[µg/m³]	Arsenic	Benzène	Cadmium	Chrome III	Chrome VI	Cuivre
Récepteur 1	1,25E-04	2,16E-02	9,63E-04	5,65E-03	1,50E-07	2,12E-03
Récepteur 2	5,09E-05	1,20E-02	3,79E-04	2,27E-03	6,01E-08	8,40E-04
Récepteur 3	2,29E-04	3,67E-02	1,78E-03	1,04E-02	2,75E-07	3,90E-03
Récepteur 4	7,75E-05	8,65E-03	6,32E-04	3,69E-03	9,77E-08	1,38E-03
Retenue	2,29E-04	3,67E-02	1,78E-03	1,04E-02	2,75E-07	3,90E-03
[µg/m³]	Mercuré	Nickel	Plomb	Zinc	PM Diesel	Silice
Récepteur 1	1,48E-07	2,25E-03	4,71E-03	1,55E-01	2,84E-02	4,03E-02
Récepteur 2	9,02E-08	9,25E-04	2,00E-03	6,07E-02	1,37E-02	2,39E-02
Récepteur 3	2,20E-07	4,09E-03	8,50E-03	2,86E-01	5,00E-02	6,08E-02
Récepteur 4	9,00E-08	1,46E-03	2,71E-03	1,01E-01	1,37E-02	2,44E-02
Retenue	2,20E-07	4,09E-03	8,50E-03	2,86E-01	5,00E-02	6,08E-02

7.3.3 Doses d'exposition par ingestion

Les doses et les concentrations d'exposition 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.

Paramètres d'entrée du modèle

Les paramètres utilisés dans les différents modules de MODUL'ERS sont présentés en détail à l'annexe N°4.

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

Schéma conceptuel de l'exposition pour l'ingestion

La figure qui suit présente le modèle d'exposition utilisé pour l'évaluation des risques sanitaires sous MODUL'ERS®.

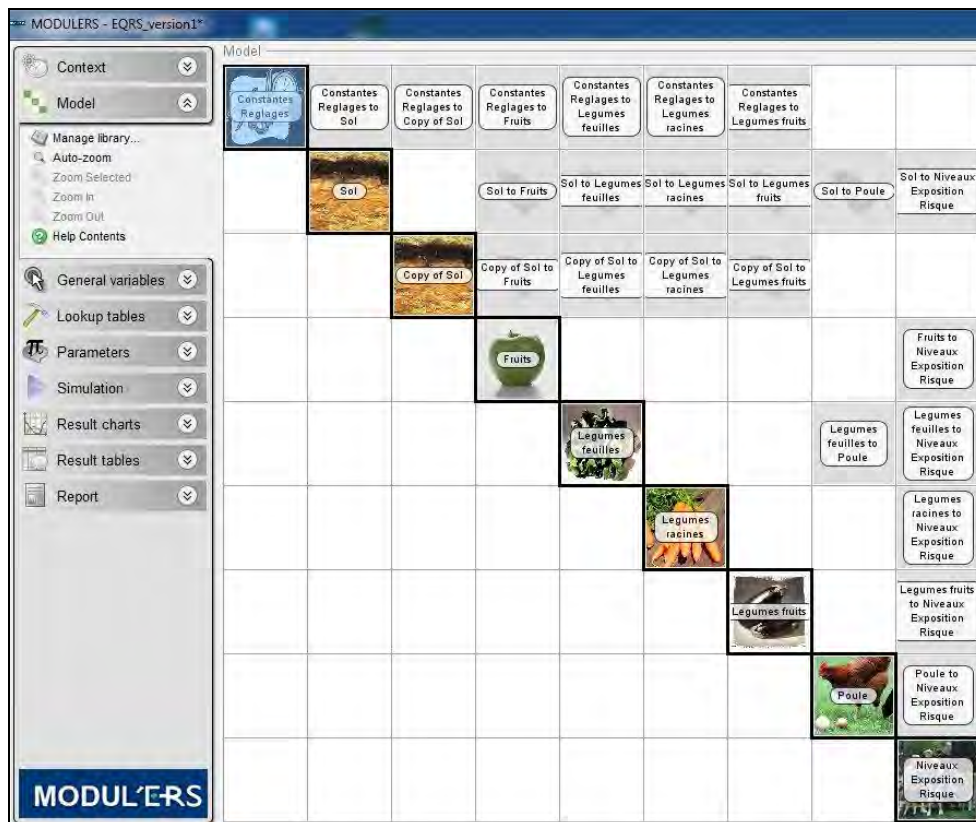


Figure 49: Schéma conceptuel sous MODUL'ERS®

Doses ingérées calculées

Les doses ingérées (maximales pour les effets à seuils et sur la période d'exploitation pour les effets sans seuils) sont indiquées dans les tableaux ci-après.

Remarque : Il est présenté uniquement les doses ingérées pour les composés où il existe une VTR par ingestion.

Tableau 49: Doses maximales ingérées par les populations – Effets à seuils

[mg/(jour.kg)]	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6	Classe 7
Âge de la personne exposée	< 1	1 à 2	3 à 5	6 à 10	11 à 14	15 à 17	18 et +
Arsenic	7,88E-07	1,33E-06	1,01E-06	6,33E-07	3,53E-07	2,90E-07	3,61E-07
Benzène	1,41E-11	3,07E-11	2,84E-11	1,76E-11	1,12E-11	9,03E-12	1,31E-11
Cadmium	9,34E-06	1,85E-05	1,38E-05	8,59E-06	4,89E-06	4,02E-06	5,02E-06
Chrome VI	1,42E-04	2,13E-04	1,56E-04	9,78E-05	4,94E-05	4,00E-05	5,19E-05
Chrome III	3,73E-09	5,54E-09	4,06E-09	2,55E-09	1,28E-09	1,04E-09	1,35E-09
Cuivre	2,91E-05	4,30E-05	3,12E-05	1,96E-05	9,74E-06	7,86E-06	1,03E-05
Mercure	8,14E-08	1,24E-07	9,13E-08	5,74E-08	2,94E-08	2,37E-08	3,16E-08
Nickel	1,43E-04	2,51E-04	2,15E-04	1,34E-04	8,59E-05	7,23E-05	8,51E-05
Plomb	7,29E-05	1,84E-04	1,57E-04	9,78E-05	6,77E-05	5,75E-05	6,57E-05
Zinc	1,59E-03	2,38E-03	1,74E-03	1,08E-03	5,91E-04	4,78E-04	6,32E-04

Tableau 50: Doses ingérées durant la période – Effets sans seuils

Produits ingérés [mg/(jour.kg)]	Produits d'origine animale		Végétaux	Sol	Ensemble
	Viande	Œufs			
Arsenic	6,37E-08	4,23E-08	3,68E-08	1,94E-07	3,37E-07
Benzène	2,07E-14	6,85E-15	0,00	1,61E-11	1,61E-11
Cadmium	6,19E-07	1,54E-06	3,54E-07	2,01E-06	4,52E-06
Chrome VI	6,83E-11	9,55E-12	1,98E-10	1,04E-09	1,32E-09
Chrome III	2,58E-06	1,41E-06	7,46E-06	3,92E-05	5,07E-05
Cuivre	2,81E-07	7,51E-08	1,55E-06	8,20E-06	1,01E-05
Mercure	1,08E-09	5,98E-10	4,01E-09	2,36E-08	2,93E-08
Nickel	3,60E-05	2,39E-07	5,90E-06	3,18E-05	7,39E-05
Plomb	2,99E-05	1,66E-05	1,44E-06	7,62E-06	5,55E-05
Zinc	5,37E-06	2,97E-06	5,83E-05	4,42E-04	5,08E-04

7.3.4 Calcul des indices sanitaires

Effets à seuils

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

Tableau 51: Quotients de dangers calculés par composés

Classe d'âge [année]	Inhalation	Ingestion							
	Toutes classes d'âge	< 1	1 à 2	3 à 5	6 à 10	11 à 14	15 à 17	18 et +	Maximum
Arsenic	1,53E-02	1,75E-06	2,96E-06	2,25E-06	1,41E-06	7,84E-07	6,45E-07	8,02E-07	2,96E-06
Benzène	3,67E-03	2,82E-08	6,14E-08	5,69E-08	3,52E-08	2,25E-08	1,81E-08	2,62E-08	6,14E-08
Cadmium	3,96E-03	2,59E-02	5,15E-02	3,82E-02	2,39E-02	1,36E-02	1,12E-02	1,40E-02	5,15E-02
Chrome III	5,20E-03	4,73E-07	7,11E-07	5,20E-07	3,26E-07	1,65E-07	1,33E-07	1,73E-07	7,11E-07
Chrome VI	9,18E-06	4,14E-06	6,15E-06	4,51E-06	2,83E-06	1,42E-06	1,15E-06	1,50E-06	6,15E-06
Cuivre	3,90E-03	3,20E-04	4,72E-04	3,43E-04	2,15E-04	1,07E-04	8,64E-05	1,13E-04	4,72E-04
Mercure	7,33E-06	1,23E-04	1,88E-04	1,38E-04	8,69E-05	4,45E-05	3,59E-05	4,78E-05	1,88E-04
Nickel	4,54E-02	5,11E-02	8,98E-02	7,68E-02	4,80E-02	3,07E-02	2,58E-02	3,04E-02	8,98E-02
Plomb	9,44E-03	1,16E-01	2,93E-01	2,50E-01	1,55E-01	1,08E-01	9,13E-02	1,04E-01	2,93E-01
Zinc	Pas de VTR	5,30E-03	7,95E-03	5,80E-03	3,59E-03	1,97E-03	1,59E-03	2,11E-03	7,95E-03
Diesel	1,00E-02	Pas de VTR	Pas de VTR	Pas de VTR	Pas de VTR	Pas de VTR	Pas de VTR	Pas de VTR	Pas de VTR
Silice	2,03E-02	Pas de VTR	Pas de VTR	Pas de VTR	Pas de VTR	Pas de VTR	Pas de VTR	Pas de VTR	Pas de VTR

Tableau 52: Quotients de danger par organe cible

Organes cibles	Inhalation	Ingestion	Somme
Foie	4,93E-02	9,03E-02	1,40E-01
Reins	6,28E-02	4,35E-01	4,98E-01
Système cardiovasculaire	7,02E-02	3,83E-01	4,53E-01
Système nerveux central	3,23E-02	2,93E-01	3,26E-01
Système immunitaire	1,83E-02	3,01E-01	3,19E-01
Sang	2,47E-02	3,01E-01	3,25E-01
Os	1,73E-02	3,45E-01	3,62E-01
Thyroïde	5,49E-02	2,93E-01	3,48E-01
Système gastro-intestinal	2,05E-02	8,15E-03	2,86E-02
Système respiratoire	1,52E-02	1,49E-01	1,64E-01

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 n'apparaîtront pas a priori au sein de la population exposée.

Effets sans seuils

Le tableau suivant présente les excès de risque individuel calculés.

Tableau 53: Excès de risque individuel

	Inhalation	Ingestion	Somme
Arsenic	3,52E-07	1,80E-07	5,32E-07
Benzène	3,40E-07	4,79E-13	3,40E-07
Cadmium	2,67E-06	Pas de VTR	2,67E-06
Chrome III	Pas de VTR	Pas de VTR	Pas de VTR
Chrome VI	3,93E-09	2,35E-10	4,17E-09
Cuivre	Pas de VTR	Pas de VTR	Pas de VTR
Mercure	Pas de VTR	Pas de VTR	Pas de VTR
Nickel	3,80E-07	Pas de VTR	3,80E-07
Plomb	3,64E-08	1,69E-07	2,05E-07
Zinc	Pas de VTR	Pas de VTR	Pas de VTR
Diesel	6,07E-07	Pas de VTR	6,07E-07
Silice	Pas de VTR	Pas de VTR	Pas de VTR
Cumulé	3,79E-06	3,49E-07	4,74E-06

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 est égal à $4,74E-06$. 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 4,74 cas de cancer (soit 5) supplémentaires.

On considère qu'un ERI au-dessous de 10^{-5} , ce qui correspond 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} , le risque sanitaire représenté par l'installation est jugé non significatif.

En analysant, composé par composé, les ERI maximaux sont obtenus pour le chrome VI et les particules diesel pour la voie inhalation. Ces composés sont émis par les engins de chantiers et le trafic automobile. Or, pour ces composés, le trafic de la route N3 est prépondérant par rapport à celui des engins de chantier et du trafic lié à l'exploitation de la carrière.

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

<p>Étape 1 : Identification du danger</p> <p><i>Quels sont les effets néfastes de l'agent et son mode de contact ?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Interaction de mélanges de polluants - Produits de dégradation des molécules mal connus - Données pas toujours disponibles pour l'homme ou même l'animal
<p>Étape 2 : Choix de la VTR</p> <p><i>Quelle est la relation entre la dose et la réponse de l'organisme ?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Extrapolation des observations lors d'expérimentation à dose moyenne vers les faibles doses d'exposition de populations - Transposition des données d'une population vers une autre (utilisation de données animales pour l'homme) - Analogie entre les effets de plusieurs facteurs de risques différents (analogie entre différents polluants)
<p>Étape 3 : Estimation de l'Exposition</p> <p><i>Qui, où, combien et combien de temps en contact avec l'agent dangereux ?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Difficulté à déterminer la contamination des différents médias d'exposition (manque ou erreur de mesure, variabilité des systèmes environnementaux, pertinence de la modélisation) - Mesure de la dose externe, interne et biologique efficace - Difficulté 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 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 complexe 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, il n'existe tout simplement 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. À noter que ces représentations mathématiques induisent des incertitudes difficilement quantifiables.

Caractérisation du risque

Dernière étape de l'EQRS : la caractérisation du risque, ce dernier étant défini ici comme une « éventualité » d'apparition d'effets indésirables. Pour les produits cancérigènes sans effet 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, outre les modèles conceptuels utilisés pour estimer les doses pour les voies d'exposition considérées, les valeurs numériques des facteurs d'exposition qui influencent les résultats des calculs de dose (facteur d'ingestion, fréquence et durée d'exposition, poids corporel, etc...).

Par ailleurs, il faut garder à l'esprit que les expositions moyennes calculées se basent sur des hypothèses très pénalisantes et très éloignées de la réalité pour le scénario « résident ». En effet, on considère que l'individu exposé est présent dans un même lieu, 24h/24, 7j/j et 365 jours par an, et ce, pendant **25 ans**.

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

7.3.6 Synthèse de l'EQR

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.

8 Environnement sonore

Les impacts de l'exploitation de la carrière sur l'environnement sonore sont examinés dans le volet acoustique (étude séparée).

D'une manière générale, le site sera exploité de manière à ne pas engendrer d'émergence supérieure aux valeurs admissibles fixées selon l'arrêté du 23/01/97 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement et de manière à ne pas entraîner une nuisance au niveau des ZER.

9 Effets cumulés

Aucun autre projet susceptible d'exercer des effets cumulés n'a été identifié.

Seule la carrière Piton Hyacinthe – PAYET pourrait avoir d'éventuels effets cumulés, mais compte tenu de sa distance par rapport au site étudié (cf. planche immédiatement suivante), les impacts de ces derniers sont négligeables.

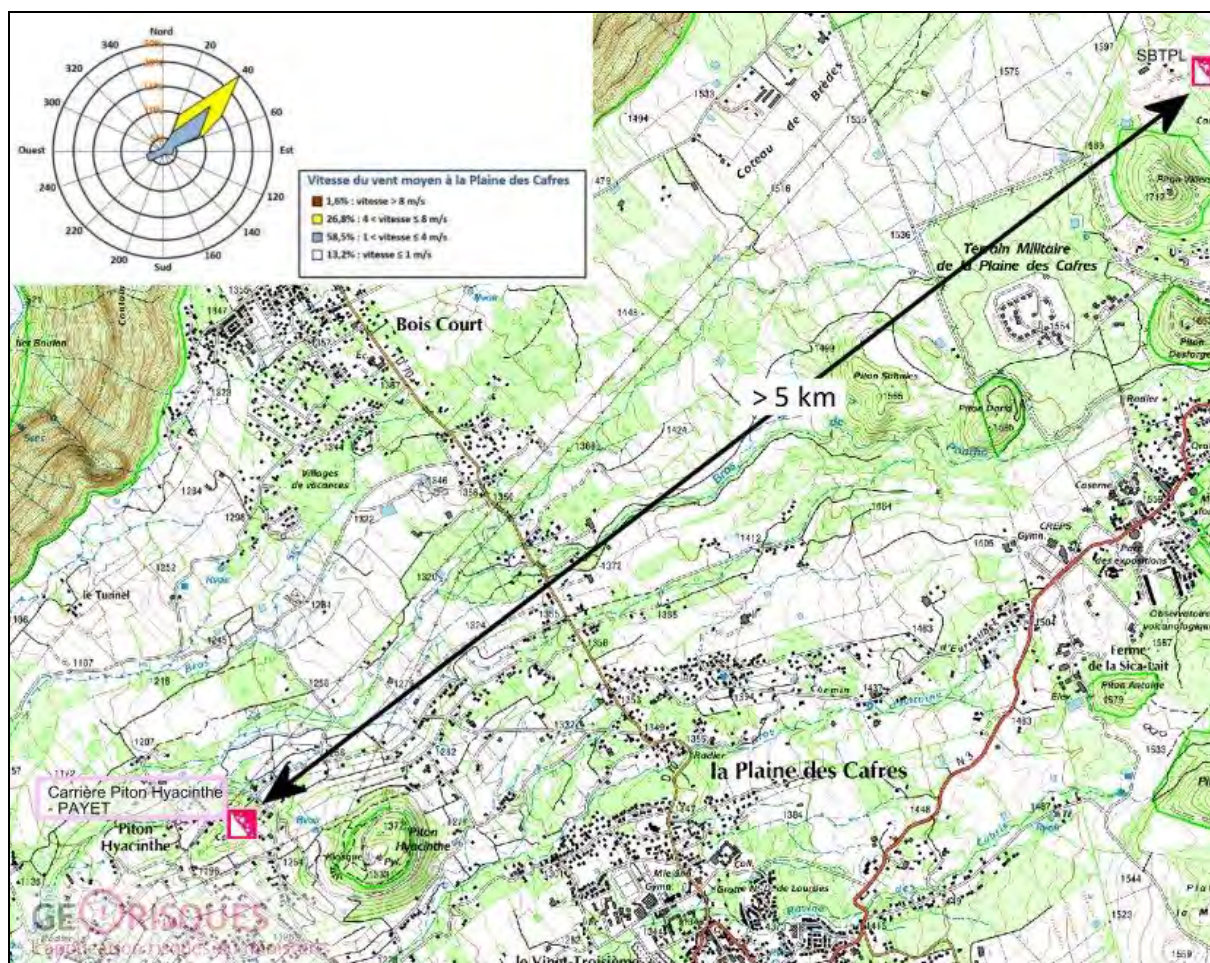


Figure 50: Emplacement de la carrière Piton Hyacinthe – PAYET par rapport au projet

En effet, selon le document de l'Ademe « *Emissions des poussières des carrières dans l'air - Etude des émissions de poussières autour de quatre carrières de granulats dans trois régions françaises (avril 2018)* » :

« Les carrières sont donc caractérisées par des points d'émissions multiples de poussières minérales, le plus souvent diffuses et comprenant des particules grossières dont la plus grande masse reste sur le périmètre de la carrière sous forme de dépôts et dont la fraction en suspension se retrouve majoritairement dans la fraction PM10. »

De même selon le document de l'UNICEM « *Carrières, poussières et environnement* » (février 2011) » :

« Le vent constitue le vecteur de la nuisance poussière dans l'environnement. Dans un air calme à 20° C, les vitesses de chute des particules de différents diamètres sont données par le tableau suivant :

Tableau 54: Vitesses de chute des particules de différents diamètres

Dimension des particules (diamètre aérodynamique)	Vitesse de chute en cm/seconde
1000 µm	400
100 µm	30
10 µm	0,3
1 µm	0,0035
0,1 µm	0,000035

(Source : Campanac et al., 1990)

Le tableau ci-dessous répertorie les distances parcourues par des particules minérales en fonction de la vitesse du vent, à partir d'un point d'envol pour un stock de granulats d'une hauteur de 15 m :

Tableau 55: Distances parcourues par des particules minérales en fonction de la vitesse du vent

Taille des particules	200 µm	100 µm	30 µm	10 µm	5 µm	1 µm
Vent à 10 km/h	0,03 km	0,15 km	0,6 km	14 km	42 km	140 km
Vent à 30 km/h	0,1 km	0,4 km	1,8 km	40 km	125 km	4165 km

(Piédoue 1996)

Ainsi, seules les particules les plus petites sont susceptibles d'impacter la zone, mais en l'occurrence ces dernières ne sont émises qu'en faible quantité.

10 Effets sur la végétation

La pollution atmosphérique gazeuse et particulaire affecte la végétation.

La pollution gazeuse pénètre dans les plantes par des orifices situés sur les feuilles, les stomates. Après l'absorption des polluants, la plante réagit en fermant ces stomates et en fabriquant des enzymes, ce qui entraîne des perturbations au niveau d'un grand nombre de processus physiologiques cellulaires. La plante, pour faire face à ce stress extérieur met alors en place des processus de rétablissement et s'ils s'avèrent insuffisants pour réparer ou compenser les dysfonctionnements cellulaires, des dommages apparaissent sur la plante. À fortes doses, ces

dommages peuvent être irréversibles et causer des mortalités cellulaires et l'apparition de nécroses foliaires.

La pollution particulaire se dépose sur les sols et est ensuite absorbée par les racines des plantes. Les polluants sous forme soluble sont les plus toxiques car ils sont assimilables par les plantes. Absorbés par les racines, ils peuvent ainsi s'accumuler dans la plante et contaminer la chaîne alimentaire.

Les polluants primaires sont peu phytotoxiques. Les effets sur les végétaux sont provoqués essentiellement par la transformation en polluants secondaires :

- Pluies acides ;
- Formation d'ozone beaucoup plus phytotoxique (périodes chaudes).

Les principaux polluants émis par une carrière sont les particules en suspension (principalement minérales) et le dioxyde d'azote (gaz d'échappement des engins).

Particules en suspension (PM)

Les effets des poussières sur les écosystèmes sont encore assez peu connus.

Cependant, il est possible de citer plusieurs effets directs des particules sur la végétation :

- Blocage des échanges gazeux
- Dégradation ou abrasion de la cuticule
- Diminution de la photosynthèse
- Développement d'organismes pathogènes, comme les champignons

Cela peut engendrer du stress pour les plantes, se traduisant par exemple par la multiplication des feuillaisons des arbres.

Les cultures maraîchères, fruitières et fourragères sont les plus exposées et présentent plus de risque de transfert vers l'animal et l'homme. Par ailleurs, les céréales sont relativement protégées par leur enveloppe.

La majorité des poussières n'induit qu'une contamination de surface, qui peut être diminuée par les précipitations, puis le lavage des aliments.

Néanmoins, les particules peuvent également avoir une action sur le milieu, notamment par l'eau et le sol. Ainsi, certains polluants peuvent être assimilés par les racines des plantes et transmis aux parties comestibles comme les métaux lourds.

Toutefois, les particules de métaux lourds proviennent principalement de la combustion de carburant et de l'usure mécanique, et non pas de la manipulation de roches. Ainsi, une carrière

émettant surtout des particules minérales, les actions sur les plantes se limiteront à des effets physiques qui seront atténués par les précipitations.

Dioxyde d'azote (NO₂)

Le dioxyde d'azote présente également des effets sur divers écosystèmes. Chaque écosystème possède des caractéristiques propres (notamment le type de sol) qui déterminent la vulnérabilité de ce dernier aux apports d'azote. Dans les écosystèmes pauvres en élément nutritifs, l'apport d'azote modifie la compétition entre les espèces, au détriment des espèces adaptées aux substrats pauvres. D'importants changements sont ainsi observés dans la composition des espèces lorsque le milieu se sature peu à peu d'azote.

On peut également noter la modification du rapport partie 'aérienne'/partie 'racinaire' des plantes. Les surfaces de captation des eaux (racines) diminuent par rapport aux surfaces de transpiration (feuilles). Cela entraîne une augmentation de la sensibilité à la sécheresse et au froid de la plante, par conséquent une réduction de la croissance de la plante (et par extension, une réduction de rendement s'il s'agit de plantes agricoles).

Les émissions en dioxyde d'azote de la carrière seront cependant assez limitées hors du site, ce qui devraient ne pas engendrer de perturbations importantes de la végétation alentour.

Poussières minérales

Lorsque les retombées de poussières sont très importantes, la pellicule de poussières qui se dépose sur les végétaux peut être suffisante pour altérer la synthèse chlorophyllienne et ralentir la croissance des plantes. Le dépôt des poussières peut se faire sentir de façon plus importante pour l'agriculture en provoquant la diminution de la qualité et/ou de la quantité de certaines récoltes.

L'aspect poussiéreux des fruits est une entrave à leur commercialisation souvent mise en avant par les producteurs, même si à l'heure actuelle, les pertes de qualité ne sont pas prouvées.

De façon indirecte, les fines, une fois déposées, peuvent être entraînées par les eaux de ruissellement. Elles contribuent alors à un excès de matières en suspension dans les rejets et peuvent altérer le milieu récepteur où vivent parfois des espèces protégées.

Toutefois, ces mêmes poussières peuvent avoir, dans certains cas, un impact positif, soit par ajout d'amendement calcaire, soit en bloquant le développement de certains organismes parasites ou en favorisant la pollinisation.

Aussi, en raison du manque de lien établi entre le taux de dépôts au sol et les effets sur la végétation, il s'avère extrêmement complexe de se prononcer sur les impacts des poussières minérales émises par l'exploitation de la carrière sur la végétation.

Seule la réglementation allemande propose une valeur limite de dépôts au sol. Cette limite est de **0,35 g/(m².jour)** et définit le seuil de nuisances ou de désagréments significatifs. Or, dans la situation étudiée ici, le dépôt maximal de poussières minérales s'élève à **1,89 mg/(m².j)**.

Cela se situe 50 fois en dessous du seuil de nuisance.

11 Effets des retombées de poussières sur le radar

La zone où le projet va s'implanter est proche d'un terrain militaire et d'un radar météorologique, ce dernier étant situé sur le Piton Villers surplombant la carrière (altitude 1713 m).

Le camp militaire est implanté à environ 1 km au Sud-Ouest de l'installation ; il est en contrebas de la carrière : à l'altitude 1558 m contre 1625 m pour le projet.

Ces configurations topographiques permettent de réduire les impacts liés à l'exploitation du site de la carrière :

- D'une part : les particules TSP qui constituent une très grande partie des particules émises par l'exploitation du projet, ne tendent pas à se disperser sur de longues distances et encore moins en altitude ;
- D'autre part : le Piton Villers tend à dévier les masses d'air et « à protéger » le terrain militaire.

Cela est mis en évidence sur les cartographies des dépôts journaliers maximaux calculés à chaque maille de la grille de calcul.

Il est constaté que les dépôts au niveau du radar et au niveau du terrain militaire de la Plaine des Cafres sont inférieurs à 0,1 g/(m².s)

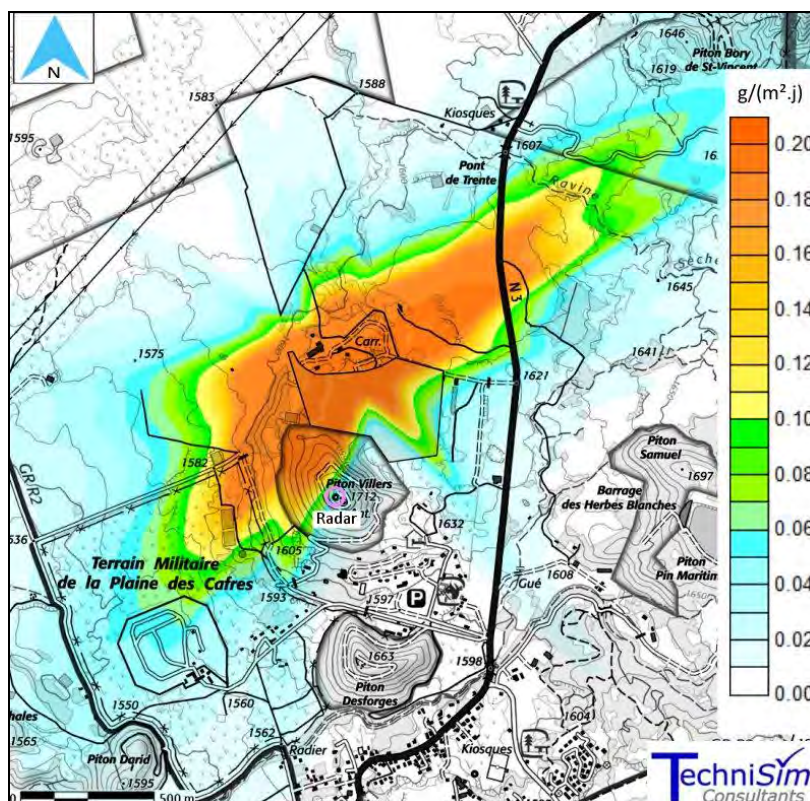


Figure 51: Cartographie des dépôts journaliers

De même les cartographies (figures ci-après) des concentrations des particules (TSP, PM10 et PM2,5) laissent observer que les concentrations calculées sont faibles à très faibles au niveau de ces installations.

→ Par conséquent l'exploitation de la carrière n'aura pas d'impact significatif, ni sur le terrain militaire, ni sur le radar météorologique.

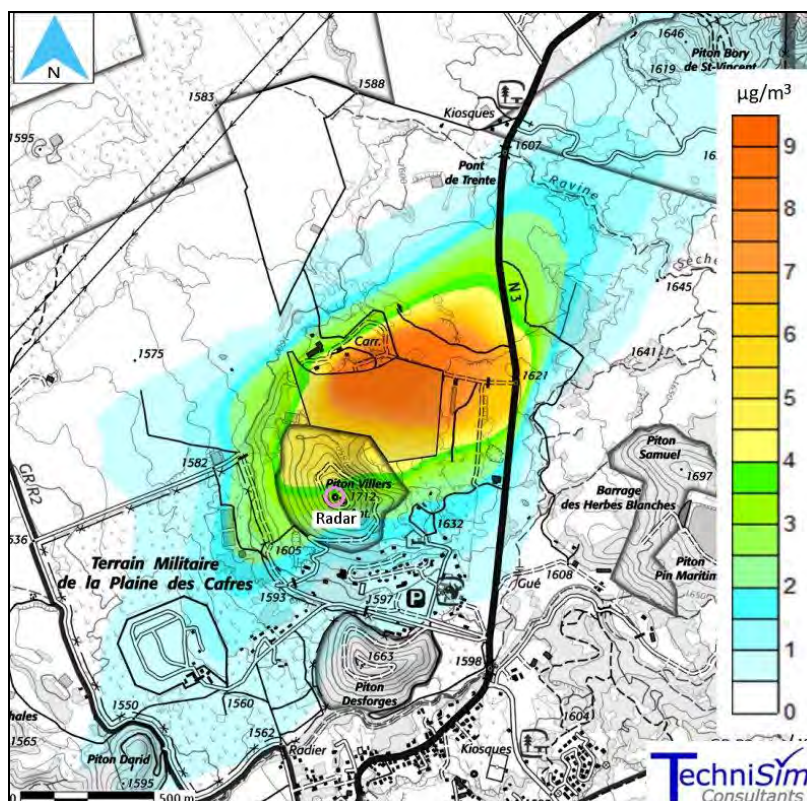


Figure 52: Cartographie des concentrations en particules TSP en moyenne annuelle

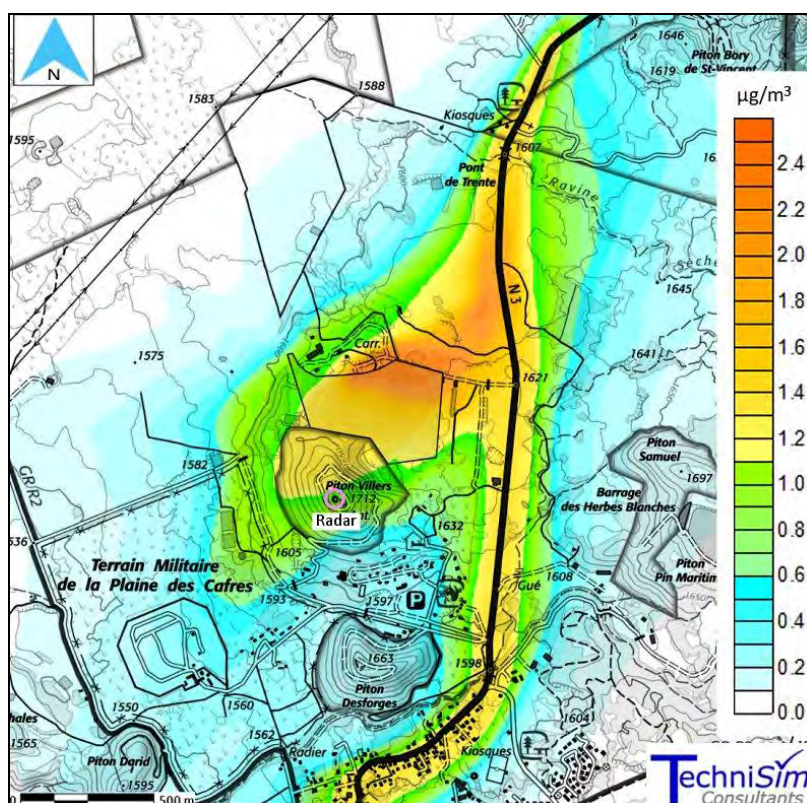


Figure 53: Cartographie des concentrations en particules PM10 en moyenne annuelle

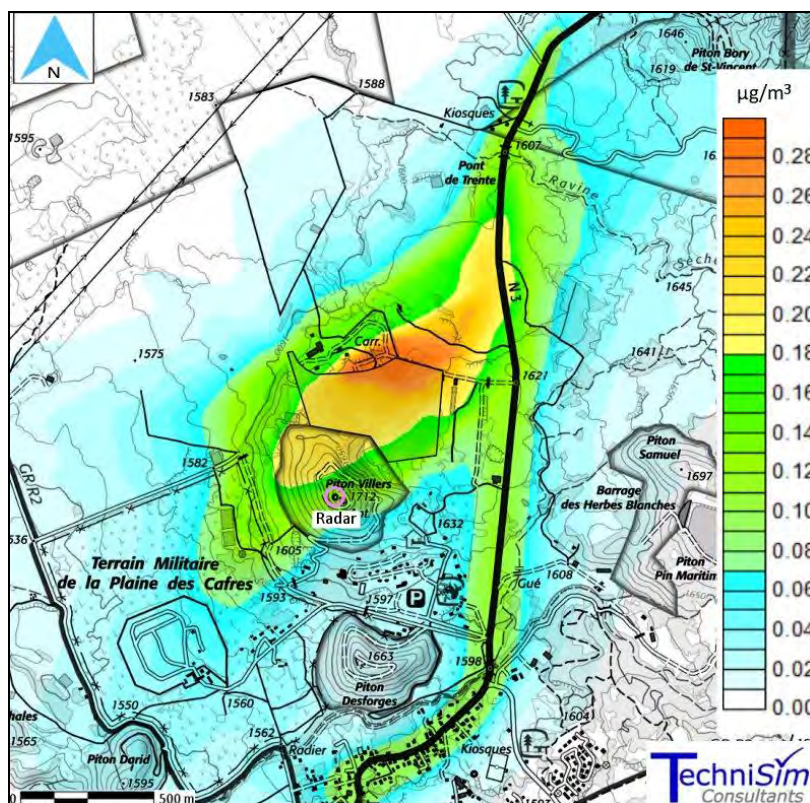


Figure 54: Cartographie des concentrations en particules PM_{2,5} en moyenne annuelle

12 Conclusion

Ce document présente l'évaluation de l'impact sur la santé des populations, relativement au projet concernant la carrière de la société SBTPL, celle-ci étant sise au niveau de la Plaine des Cafres, à proximité du Piton Villers, sur le territoire de la commune du Tampon (Île de La Réunion).

L'autorisation est sollicitée pour une durée de 25 années.

Au regard des moyens prévus pour le traitement des effluents aqueux, seuls les rejets atmosphériques ont été considérés pour l'étude des impacts.

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

L'impact des émissions sur la santé des populations a été réalisé selon la méthode suivante :

- Identification et caractérisation des sources d'émissions de l'installation
- Définition des données météorologiques de la zone
- Simulations de la dispersion des rejets dans l'environnement à l'aide d'un modèle numérique
- Exploitation des résultats

Ces simulations indiquent que l'exploitation de la carrière va entraîner une hausse **localisée** et **modérée** à **très modérée** des concentrations en poussières, composés gazeux (gaz d'échappement) et, en moindre mesure, de métaux dans l'air ambiant.

Les modélisations ont démontré que les concentrations calculées respectent les seuils réglementaires définis par le *Décret N°2010-1250 du 21 octobre 2010* et que la majorité des personnes ne sont que très faiblement impactées par l'exploitation.

Ensuite, afin de considérer tous les effets potentiels des rejets de l'installation, une **Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires [EQRS]** a été réalisée. Cette méthode utilisée par l'INERIS et l'InVS consiste à juger de l'impact sanitaire via le calcul d'indicateurs sanitaires (Quotient de Danger et Excès de Risque Individuel).

Ainsi, il a été successivement présenté :

- L'Identification des dangers liés aux substances « traceurs » retenues
- L'Identification et la sélection des VTR
- La caractérisation des risques sanitaires pour la voie inhalation pour différents scénarios d'exposition
- L'identification des facteurs d'incertitude liés à l'évaluation menée

En définitive et pour les scénarios d'expositions examinés, les risques sanitaires peuvent être jugés comme non significatifs.

En effet, les quotients de dangers (individuels et cumulés) sont tous inférieurs à 1 et l'ERI cumulé est égal à $4,74E-06$. 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 4,74 cas de cancer (soit 5) supplémentaires.

En somme, aucun effet significatif n'est ainsi à prévoir au cours de l'exploitation du site.

13 Références bibliographiques

[1]	CITEPA, 2019. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en Outre-mer – Format Outre-mer – Site internet : https://www.citepa.org/fr/telechargements/
[2]	Schéma Régional Climat Air Énergie de La Réunion, Novembre 2013 – Site internet : http://srcae.regionreunion.com
[3]	Programme de Surveillance de la Qualité de l’Air, Rapport définitif – Observatoire Réunionnais de l’Air - période 2011-2015
[4]	Rapport d'activité d'ATMO REUNION, La qualité de l'air à la Réunion en 2016, Juin 2017
[5]	Rapport d’ATMO REUNION, « Les Hauts de La Réunion sous l’influence de feux de biomasse en Afrique Note d’information sur les fortes concentrations d’ozone relevées à Bourg-Murat en début août 2019 », 09/08/2019
[6]	Projet de Santé Réunion-Mayotte 2018-2027 - CADRE D’ORIENTATIONS STRATEGIQUES, ARS Océan Indien
[7]	Situation sanitaire - Réunion et Mayotte, ARS Océan Indien, Janvier 2017
[8]	STATistiques et Indicateurs de la Santé et du Social à La Réunion – STATISS (2019)
[9]	Tableau de bord sur les maladies de l’appareil respiratoire à La Réunion Observatoire Régional de Santé de d’Océan Indien, Mars 2017
[10]	Tableau de bord sur le cancer à la Réunion, Observatoire Régional de Santé de d’Océan Indien, Novembre 2015
[11]	Tableau de bord sur l’asthme à La Réunion, Observatoire Régional de Santé de d’Océan Indien, Mai 2013
[12]	Le diabète et les personnes diabétiques à La Réunion Chiffres clés – Edition 2019
[13]	Observatoire Régional de Santé de d’Océan Indien, Profils de santé des territoires de santé - Territoire de santé : Sud, Juillet 2013
[14]	US EPA -AP42 - 13.0 Introduction to Miscellaneous Sources - 13.2.3 Heavy Construction Operations (janvier 1995)
[15]	US EPA -AP42 - 13.0 Introduction to Miscellaneous Sources - 13.2.4 Aggregate Handling and Storage Piles (novembre 2006)
[16]	Guide méthodologique d’aide à la déclaration annuelle des émissions polluantes des émissions polluantes et des déchets à l’attention des exploitants de carrières et d’installations des premiers traitements des matériaux – Version 9 – Décembre 2017
[17]	Doelsch E., Van de Kerchove V. et Saint Macary H. (2006) Heavy metal content in soils of Réunion (Indian Ocean). <i>Geoderma</i> , 134, 119-134.
[18]	INRS, ND 2323-21-10 « Émission diesel - performances des filtres à particules pour engins non routiers

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, c'est-à-dire 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 résumées dans les tableaux qui vont suivre.

Tableau 56 : Valeurs limites réglementaires pour la qualité de l'air

POLLUANTS	Valeur(s) limites(s)	Objectif(s) de qualité	Seuil(s) de recommandation et d'information	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 – Effets sanitaires des 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.
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 effets sur la fonction de reproduction sont rapportés ; les effets sur la grossesse mal caractérisés en dehors d'une fréquence accrue d'avortements.

<p>Arsenic</p>	<p>7440-38-2</p> <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 via l'eau de consommation et une augmentation de l'incidence de maladies cérébrovasculaires et des troubles de circulation cardiaque.</p>
<p>Chrome</p>	<p>7440-47-3</p> <p>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).</p> <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</p>	<p>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.</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</p>

	<p>sévère ou une hémolyse intravasculaire peuvent également survenir</p>	<p>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>
<p>Cuivre</p>	<p>7440-50-8</p> <p>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).</p>	<p>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).</p>

Mercure	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.

		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.
Zinc	7440-66-6	L'ingestion de composés de zinc provoque des troubles du système digestif, des modifications hématologiques ainsi que des lésions du foie, du pancréas et des reins. L'inhalation de composés de zinc (environ 1 mg/m ³), en particulier les fumées d'oxyde de zinc, engendre une irritation et une inflammation pulmonaire. De fortes concentrations induisent une pneumonie chronique et la mort probable par détresse respiratoire, insuffisance rénale et acidose respiratoire et métabolique.	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 <i>in vitro</i> et fonction de la dose <i>in vivo</i> . Les composés du zinc, en exposition prolongée, induisent par voie orale, une irritation gastro-intestinale et une anémie, et par inhalation, une irritation pulmonaire.
Particules diesel	-	-	Le dépôt des particules en suspension dans le système respiratoire dépend des propriétés physico-chimiques de l'aérosol (la taille, la forme, la surface, le caractère, ...). Après leur dépôt, les particules et particulièrement les particules inférieures à 0,1 µm semblent transloquer facilement vers des sites extrapulmonaires et atteignent alors différents organes cibles. Les effets des particules sont dus à la fois par leurs dépôts dans le système respiratoire, mais aussi par les polluants qu'elles transportent (imbrûlés,

		<p>HAP, etc.). Elles peuvent en effet véhiculer sur leur surface des substances toxiques capables de passer la barrière air/sang au niveau des alvéoles pulmonaires.</p> <p>Les principaux effets toxicologiques des polluants, en particulier sur les mécanismes de stress oxydatif ainsi que sur l'appareil cardio-vasculaire, sont mis en évidence par plusieurs études biologiques. D'autres études ont aussi montré que la fonction respiratoire diminuait lors d'une exposition chronique à long-terme aux particules. En augmentant le stress oxydatif, elles aggravent l'inflammation des BPCO (Broncho-Pneumopathies Chroniques Obstructives) et conduisent à leur exacerbation. De même, l'inflammation alvéolaire serait à l'origine d'une inflammation systémique contribuant à augmenter la coagulabilité sanguine elle-même responsable de l'initialisation et la progression de l'athérosclérose à l'origine de maladies cardiaques ischémiques aiguës et d'accidents vasculaires cérébraux. De plus, des lésions anatomo-pathologiques des bronches et des bronchioles, ainsi qu'un épaissement de la paroi artérielle, ont été aussi associés à une exposition chronique aux particules. Les effets de la pollution aérienne sur la variabilité de la fréquence cardiaque ont été mis en évidence pour la pollution particulaire.</p>
--	--	--

ANNEXE N°3 – Valeurs toxicologiques de référence

Composé	Type d'effet	Voie d'exposition	Facteur d'incertitude		VTR		Source	Année	Effet(s)
Arsenic 7440-38-2	A seuils	Inhalation	Extrapolation	REL	1,50E-02	[$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	OEHHA	2008	Diminution des capacités intellectuelles et des effets néfastes sur le comportement
		Ingestion	5	TDI	4,50E-01	[mg/(kg.j)]	Fobig	2009	Lésions cutanées
	Sans seuils	Inhalation		ERUi	4,30E-03	[$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] ⁻¹	US EPA	1998	Cancers pulmonaires
		Ingestion		ERUo	1,5	[mg/(kg.j)] ⁻¹	US EPA	2009	Cancers cutanés
Benzène 71-43-2	A seuils	Inhalation	Non précisé	VTR	10	[$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	ANSES	2008	Effets hématologiques non cancérogènes
		Ingestion	Non précisé	MRL	5,00E-04	[mg/(kg.j)]	ATSDR	2007	Effets hématologiques non cancérogènes
	Sans seuils	Inhalation		VTR cancérogène	2,60E-05	[$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] ⁻¹	ANSES	2013	Leucémies aiguës
		Ingestion		CC oral	8,34E-02	[mg/(kg.j)] ⁻¹	Santé Canada	2010	Cancérogène : lymphome malin (rat femelle), l'hyperplasie de la moelle hématopoïétique (rat mâle)
Cadmium 7440-43-9	A seuils	Inhalation	Non précisé	VTR	0,45	[$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	ANSES	2012	Effets non cancérogènes
		Ingestion	Non précisé	TDI	3,60E-04	[mg/(kg.j)]	EFSA	2011	Dose hebdomadaire tolérable pour les effets non cancérogènes
	Sans seuils	Inhalation		ERUi	4,20E-03	[$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] ⁻¹	OEHHA	2002	Effets cancérogènes
		Ingestion				[mg/(kg.j)] ⁻¹			

Composé	Type d'effet	Voie d'exposition	Facteur d'incertitude	VTR		Source	Année	Effet(s)	
Chrome III 7440-47-3	A seuils	Inhalation	Non précisé	MRL	2,0	$[\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}]$	ATSDR	2012	Inflammation chronique des poumons et hyperplasie des cellules septales chez les rats mâles
		Ingestion	Non précisé	VTR	300	$[\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{j})]$	EFSA	2014	Chrome III sels insolubles - Absence d'effet
	Sans seuils	Inhalation				$[\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}]^{-1}$			
		Ingestion				$[\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{j})]^{-1}$			
Chrome VI 7440-47-3	A seuils	Inhalation	Non précisé	TCA	3,00E-02	$[\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}]$	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	$[\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{j})]$	ATSDR	2012	Hyperplasie au niveau du duodénum
	Sans seuils	Inhalation		ERUi	4,00E-02	$[\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}]^{-1}$	OMS CICAD	2013	Augmentation du risque de cancer pulmonaire
		Ingestion		ERUo	0,6	$[\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{j})]^{-1}$	OEHHA	2011	Adénomes et carcinomes de l'intestin grêle chez les mâles et les femelles rats et souris

Composé	Type d'effet	Voie d'exposition	Facteur d'incertitude	VTR		Source	Année	Effet(s)	
Cuivre 7440-50-8	A seuils	Inhalation	100	TCA	1,00	[$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	RIVM	2001	Absence d'effet adverse
		Ingestion	Non précisé	DJT	9,10E-02	[mg/(kg.j)]	Santé Canada	2010	Hépatotoxiques et effets gastro-intestinaux (VTR la plus faible pour les enfants < 4ans)
	Sans seuils	Inhalation				[$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] ⁻¹			
		Ingestion				[mg/(kg.j)] ⁻¹			
Mercure 7439-97-6	A seuils	Inhalation	300	REL	3,00E-02	[$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	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	[mg/(kg.j)]	INERIS	2013	Mercure inorganique - Effets rénaux
	Sans seuils	Inhalation				[$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] ⁻¹			
		Ingestion				[mg/(kg.j)] ⁻¹			

Composé	Type d'effet	Voie d'exposition	Facteur d'incertitude		VTR		Source	Année	Effet(s)
Nickel 7440-02-0	A seuils	Inhalation	30	MRL	9,00E-02	$[\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}]$	ATSDR	2005	Lésions nasales et pulmonaires
		Ingestion	100	REL	2,80E-03	$[\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{j})]$	EFSA	2015	Effets reprotoxiques
	Sans seuils	Inhalation	NC	ERUi	2,60E-04	$[\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}]^{-1}$	OEHHA	2002	Cancers du poumon
		Ingestion				$[\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{j})]^{-1}$			
Plomb 7439-92-1	A seuils	Inhalation	Non précisé	VTR	0,9	$[\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}]$	ANSES	2013	Toxicité rénale
		Ingestion	Non précisé	VTR	6,30E-04	$[\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{j})]$	ANSES	2013	Toxicité rénale
	Sans seuils	Inhalation		ERUi	1,20E-05	$[\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}]^{-1}$	OEHHA	2011	Tumeurs rénales
		Ingestion		ERUo	8,50E-03	$[\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{j})]^{-1}$	OEHHA	2011	Tumeurs rénales
Zinc 7440-66-6	A seuils	Inhalation				$[\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}]$			
		Ingestion	3	MRL	3,00E-01	$[\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{j})]$	ATSDR	1994	Effets sanguins (diminution de l'hématocrite, de la ferritine sanguine et de l'activité de la superoxyde dismutase)
	Sans seuils	Inhalation				$[\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}]^{-1}$			
		Ingestion				$[\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{j})]^{-1}$			

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	[$\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$]	US EPA	2003	Effets respiratoires
		Ingestion				[$\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{j})$]			
	Sans seuils	Inhalation		ERUi	3,40E-05	[$\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$] ⁻¹	OMS	1996	Cancer du poumon
		Ingestion				[$\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{j})$] ⁻¹			
Silice cristalline 108-88-3	A seuils	Inhalation		VTR	3	[$\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$]	OEHHA	1995	Effets respiratoires - Silicose
		Ingestion				[$\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{j})$]			
	Sans seuils	Inhalation				[$\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$] ⁻¹			
		Ingestion				[$\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{j})$] ⁻¹			

ANNEXE N°4 – Paramètres considérés dans MODUL'ERS

Facteurs de bioconcentration AIR-PLANTES

Composés	BV [m ³ /kg frais]		Source
Benzène	Fruits	Calculés par MODUL'ERS	-
	Légumes feuilles		-
	Légumes fruits		-
Mercure	Fruits	1800	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes feuilles	1800	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes fruits	1800	US EPA HHRAP, 2005

Facteurs de bioconcentration SOL-PLANTES

Composé	Br [(mg/kg frais)/(mg/kg sol)]		Source
Arsenic	Légumes feuilles / Herbe	6,33E-03	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes fruits / Fruits	4,00E-03	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes racines	3,60E-02	US EPA HHRAP, 2005
Benzène	Légumes feuilles / Herbe	2,37	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes fruits / Fruits	2,37	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes racines	2,37	US EPA HHRAP, 2005
Cadmium	Légumes feuilles / Herbe	1,25E-01	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes fruits / Fruits	6,20E-02	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes racines	6,40E-02	US EPA HHRAP, 2005
Chrome III	Légumes feuilles / Herbe	5,25E-03	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes fruits / Fruits	4,50E-03	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes racines	4,50E-03	US EPA HHRAP, 2005
Chrome VI	Légumes feuilles / Herbe	8,65E-03	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes fruits / Fruits	7,00E-03	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes racines	7,00E-03	US EPA HHRAP, 2005

Composé	Br [(mg/kg frais)/(mg/kg sol)]		Source
Cuivre	Légumes-feuilles / Herbe	8,65E-03	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes-fruits / Fruits	7,00E-03	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes-racines	7,00E-03	US EPA HHRAP, 2005
Mercure	Légumes-feuilles / Herbe	7,54E-02	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes-fruits / Fruits	5,00E-02	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes-racines	5,00E-02	US EPA HHRAP, 2005
Manganèse	Légumes-feuilles / Herbe	1,50E-01	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes-fruits / Fruits	2,00E-01	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes-racines	3,60E-02	US EPA HHRAP, 2005
Nickel	Légumes-feuilles / Herbe	5,30E-02	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes-fruits / Fruits	6,00E-02	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes-racines	8,00E-03	US EPA HHRAP, 2005
Plomb	Légumes-feuilles / Herbe	1,40E-02	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes-fruits / Fruits	1,40E-02	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes-racines	9,00E-03	US EPA HHRAP, 2005
Zinc	Légumes-feuilles / Herbe	9,70E-02	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes-fruits / Fruits	9,70E-02	US EPA HHRAP, 2005
	Légumes-racines	9,00E-01	US EPA HHRAP, 2005

Facteurs de bio transfert

Composés	BT [jour/kg]		Source
Arsenic	Poule		Utilisation du BCF de Modul'ERS
	Œuf	7E-02	US EPA HHRAP, 2005
Benzène	Poule	2,49E-03	US EPA HHRAP, 2005
	Œuf	1,42E-03	US EPA HHRAP, 2005
Cadmium	Poule		Utilisation du BCF de Modul'ERS
	Œuf		Utilisation du BCF de Modul'ERS
Chrome [III/VI]	Poule		Utilisation du BCF de Modul'ERS
	Œuf		Utilisation du BCF de Modul'ERS
Cuivre	Poule	1,74E-02	US EPA HHRAP, 2005
	Œuf	8,42E-03	
Mercure	Poule		Utilisation du BCF de Modul'ERS
	Œuf		Utilisation du BCF de Modul'ERS
Manganèse	Poule	2,95E-02	US EPA HHRAP 2005. Eqn A-2-21, A-2-23 / Extrapolés depuis le bio facteur des bovidés
	Œuf	1,68E-04	
Nickel	Poule		Utilisation du BCF de Modul'ERS
	Œuf	7,0E-3	Modul'ERS
Plomb	Poule	2,0	Modul'ERS (valeur maximale)
	Œuf	2,0	
Zinc	Poule	8,80E-03	US EPA HHRAP, 2005
	Œuf	8,80E-03	

Caractéristiques des sols

Paramètres	Sol superficiel	Sol racinaire
Profondeur [m]	0,01	0,45
Porosité	0,5	0,5

Organes cibles des effets sanitaires des composés

Toutes voies confondues	Foie	Reins	Système cardio-vasculaire	Système nerveux central	Système immunitaire	Sang	Os	Thyroïde	Système gastro-intestinal	Système respiratoire
Arsenic			X	X		X			X	
Benzène				X	X					
Cadmium		X					X			X
Chrome III					X				X	X
Chrome VI					X				X	X
Cuivre	X	X		X			X			
Manganèse	X	X		X						
Mercure		X	X	X					X	
Nickel	X	X	X					X		X
Plomb		X	X	X	X	X	X	X		
Zinc					X	X			X	X
Silice										X
Particules diesel										X

Contact

Technisim Consultants

316 rue Paul Bert

69003 Lyon

Fixe : + 33 (0) 4 37 69 92 80

Courriel : technisim@wanadoo.fr

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 compris dans la prestation.

→ FIN de DOCUMENT ←

ANNEXE 4 - Pièce 7

Etude hydrogéologique du projet d'extension de la
carrière SBTPL (MASCAREIGNES GEOLGIE, 2020)

**Société BEGE Travaux Publics Location
(SBTPL)**

Siret 378 697 130 00011
229 Rue Jean de Fos du Rau
La plaine des Cafres
97418 Le Tampon

Commune du Tampon

Carrière de scories de Piton Villers à la Plaine des Cafres

Etude hydrogéologique du projet d'extension de la carrière

Rapport 19 MG 13

Octobre 2020



SARL MASCAREIGNES GEOLOGIE au capital de 10 000 €
13, rue des Bantous 97419 La Possession - Tél : 0692 88 69 18
- Email : cruchet.marc@orange.fr

SOMMAIRE

1	Introduction.....	4
2	Localisation du projet.....	4
3	Contexte géomorphologique	6
3.1	Morphologie du site	6
3.2	Contexte géologique	8
3.3	Sondages	10
4	Contexte hydrogéologique.....	12
4.1	Contexte général	12
4.1.1	Les écoulements superficiels.....	12
4.1.2	Points d'eau proches de la carrière.....	13
4.2	Conditions hydrogéologiques au droit du site	15
4.3	Conditions hydrogéologiques profondes	15
4.4	Périmètres de protection des captages d'eau potable	15
5	Impact du projet d'exploitation de la carrière sur les eaux souterraines	18
5.1	Le projet d'extraction	18
5.2	Vulnérabilité du site	18
5.3	Pollutions potentielles.....	19
5.4	Recommandations pour limiter les pollutions	19
5.5	Surveillance de la qualité des eaux	20
6	Conclusions.....	20

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du projet d'extension de la carrière (fond IGN 25000)	5
Figure 2 : Vue aérienne (cliché IGN Géoportail).....	6
Figure 3 : Profil altimétrique (source IGN GÉOPORTAIL)	7
Figure 4 : Localisation du projet sur la carte géologique de La Réunion 1/100 000 - 2006 - Brgm & Université	9
Figure 5 : Localisation des sondages de reconnaissance SC1 et SC2	10
Figure 6 : Profils géophysiques réalisés sur la zone d'extension de la carrière en mars 2019	11
Figure 7 : Bassins versants de la Plaine des Cafres.....	12
Figure 8 : Carte des points d'eau de la Plaine des Cafres.....	14
Figure 9 : Localisation des zones de protection des captages AEP dans le secteur la Plaine des Cafres (données ARS)	17

Liste des tableaux

Tableau 1 : Points d'eau les plus proches du projet de carrière	14
Tableau 2 : Situation administrative des captages AEP les plus proches de la carrière	16

Liste des photographies

Photographie 1 : Vue de la zone de carrière depuis le Nord-Ouest.....	7
Photographie 2 : Lit du Bras de Pontho au Sud du Piton Villers	13

1 Introduction

La société SBTPL projette d'étendre sa carrière de scories à la Plaine des Cafres.

Le projet de carrière est situé au pied et au Nord du Piton Villers, cône strombolien constitué de projections (scories, lapilli, cendres, ..) et de coulées de lave basaltique. Les matériaux sont actuellement exploités à « ciel ouvert » au moyen de pelles et chargeurs. Les dalles basaltiques sont fragmentées sur place au moyen de brise roche hydraulique.

Le projet d'extension prévoit d'étendre la carrière vers l'Est, sur les parcelles 422AH0344 et 422AH0317, sur un terrain dont la superficie est de 10 ha.

La carrière et ses installations sont accessibles par une piste depuis la Route Nationale 3. Elle est bordée :

- au Nord et à l'Ouest par les prairies de la Plaine des Cafres, zone agricole ;
- Au Sud par le Piton Villers, espace naturel classé EBC ;
- Au Sud-Est par des installations touristiques (espaces UC tom/to).

Au PLU de la commune du Tampon, le secteur est protégé en raison de la richesse du sol ou du sous-sol. L'exploitation de carrières, les installations de concassage et le transit de matériaux sont autorisés sous réserve que la remise en état du site après extraction permette soit la continuité de l'activité agricole préexistante, soit la mise en valeur touristique, sportive ou de loisirs comprenant des aménagements paysagers. L'ouverture à l'urbanisation sur ces secteurs ne pourra être réalisée qu'après l'exploitation du site, voire préalablement ou concomitamment pour permettre celle-ci.

La présente étude comprend :

- Une présentation du contexte hydrogéologique de la Plaine des Cafres ;
- Une analyse du fonctionnement des eaux souterraines au droit du projet ;
- des recommandations sur la protection des eaux souterraines.

2 Localisation du projet

La carrière est située à 1 km au Nord du village de Bourg Murat, sur la commune du Tampon.

Elle est accessible par une route depuis la RN3.

L'extension concerne les parcelles situées à l'Est de la carrière, au Nord du Piton Villers.

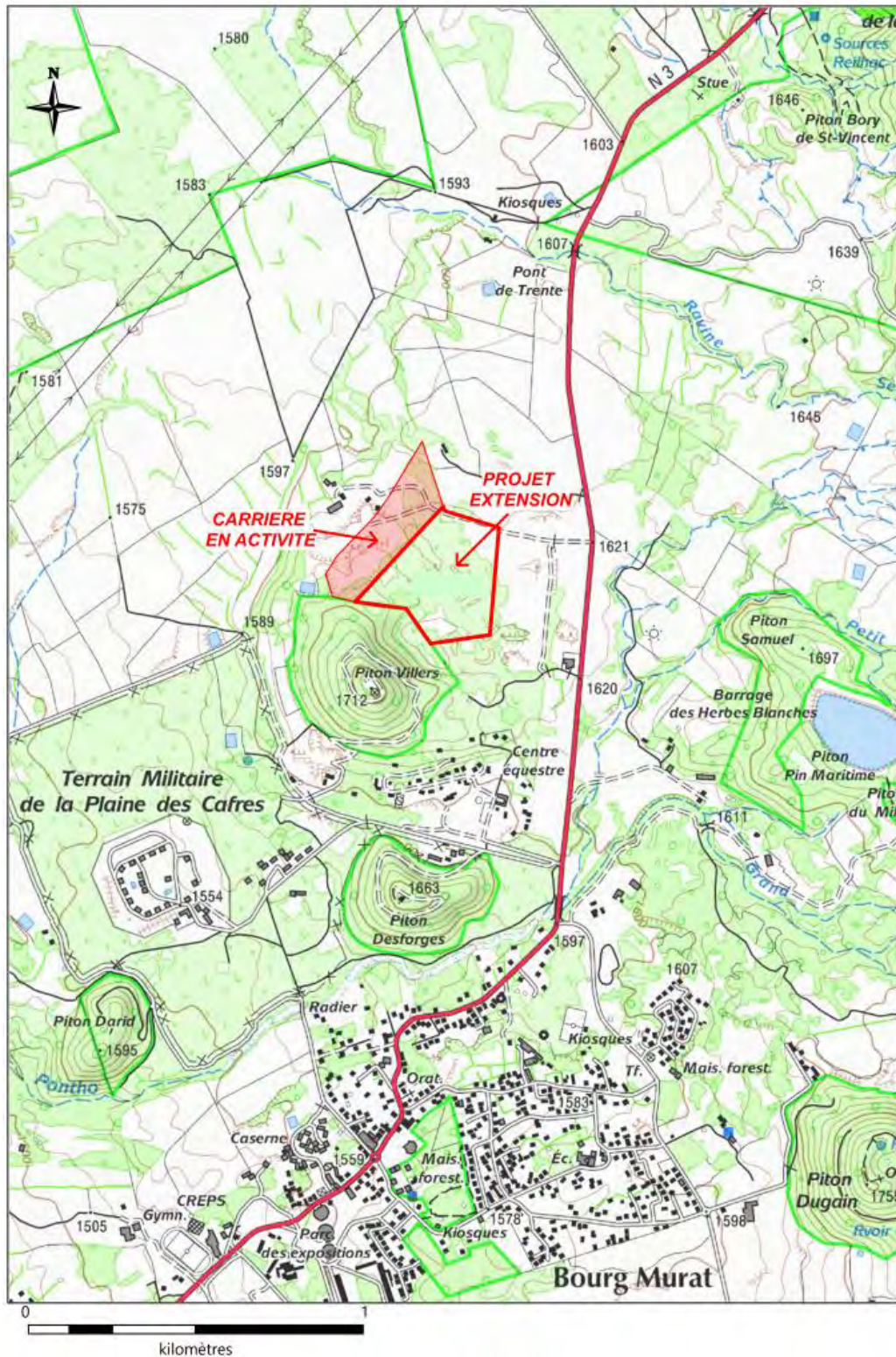


Figure 1 : Localisation du projet d'extension de la carrière (fond IGN 25000)

3 Contexte géomorphologique

3.1 Morphologie du site

La zone d'extension forme un plateau dominant la carrière actuelle.

Cet espace est une zone de transition entre les prairies de la Plaine des Cafres (secteur de Coteau de Brède) et le Piton Villers, espace boisé protégé.

Le site présente un caractère aride, avec une végétation en bosquet. Les sols constitués de gratons avec des poches de sols cendreux (andosols), sont peu fertiles. De fait, les parcelles n'ont jamais été mises en culture (cf. figure 2).

Des opérations d'épierrage récentes ont permis d'améliorer la qualité de sols sur la zone d'extension projetée.



Figure 2 : Vue aérienne (cliché IGN Géoportail)

La carrière et les installations de traitement actuelles sont en bordure et en contrebas d'un plateau basaltique qui se prolonge vers l'Est, vers la RN3, et qui se raccorde au pied du Piton Villers au Sud. Le dénivelé entre les prairies et le plateau est de 20 m environ (cf. figure 3). La surface du plateau est bosselée. L'altimétrie varie entre +1620 et +1630 NGR.

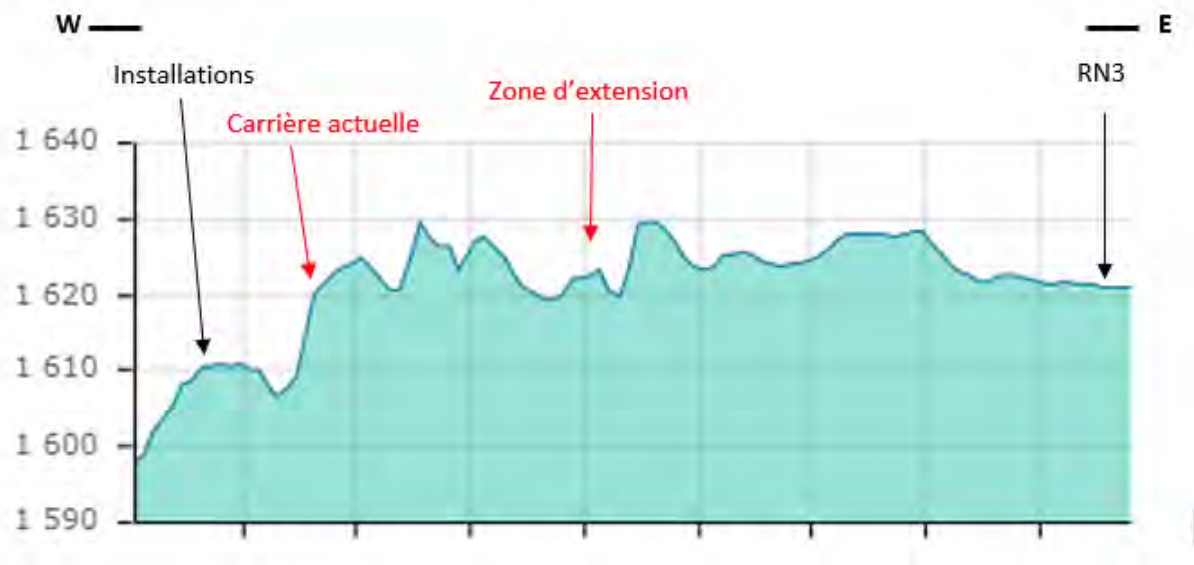


Figure 3 : Profil altimétrique (source IGN GEOPORTAIL)



Photographie 1 : Vue de la zone de carrière depuis le Nord-Ouest

3.2 Contexte géologique

La Plaine des Cafres est un plateau volcanique d'altitude (+ 1500 m), séparant les massifs du Piton des Neiges, à l'Ouest, et du Piton de la Fournaise, à l'Est.

La plaine est inclinée vers le Sud-Ouest. Elle recèle de nombreux pitons qui se sont mis en place au cours des dernières dizaines de milliers d'années, entre 65000 ans et 5000 ans. Une datation effectuée sur une lave du Piton Dugain, situé à l'Est du Piton Villers, a donné un âge de 30 000 ans (Mc Dougall, 1971).

Les travaux de recherche anciens (Bachèlery et al, 1981) rattachaient le volcanisme de La Plaine des Cafres à une « rift-zone » orientée SW-NE alors que les travaux récents (Michon et al, 2015) montrent que le volcanisme de la Plaine des Cafres se développe plutôt sur une « rift-zone » orientée NW-SE, passant à l'aplomb du système magmatique profond du Piton de la Fournaise. Les rift-zones correspondent à des zones faillées, distensives, permettant la remontée du magma depuis la profondeur. Elles se matérialisent en surface par une forte concentration de pitons.

Les pitons notés **tfp** sur la carte géologique à l'échelle 1/10000 (figure 4) sont constitués de scories résultant de l'activité explosive dite strombolienne, et de coulées de lave liées à l'activité effusive dite hawaïenne. Les scories s'accumulent autour des bouches éruptives formant des cônes inclinés à 30 ° alors que les laves s'écoulent dans le sens de la pente. Chaque piton présente une morphologie propre en lien avec la géométrie des fissures émissives et avec la morphologie du terrain aux abords du cratère avant l'éruption.

Les projections émises par ces cratères sont grossières près des points d'émission, fines et cendreuse sur les pourtours des cônes (aire de saupoudrage).

Quant aux coulées de lave, elles se sont épanchées plus ou moins loin des cratères selon le volume de lave émise lors de l'éruption, sur plusieurs km voire dizaines des kilomètres. Certaines coulées émises depuis La Plaine des Cafres ont atteint la côte vers Saint-Pierre ou la vallée du Bras de la Plaine au Sud-Ouest, démontrant ainsi l'importance des volumes de laves émises. La plaine des Cafres s'est édifiée par empilement de ces coulées de lave qui forment des entablements en périphérie des cônes.

Le rattachement des coulées de lave à tel ou tel piton est souvent délicat et nécessite des observations géologiques et pétrographiques précises, voire des datations. Les coulées de la Série de la Plaine des Cafres **B7** (carte en figure 4) sont datées entre 65 000 ans et 5000 ans.

Bien que récente, l'histoire géologique de la Plaine des Cafres est longue (plus de 60 000 ans). Sa complexité géologique est liée à l'imbrication des cônes et des coulées. Certains cônes sont enracinés alors que d'autres sont superficiels, édifiés (posés) sur des coulées anciennes. Les dernières coulées de lave ont contourné, parfois recouvert, les cônes de scories anciens érodés.

Les coulées de la Plaine des Cafres sont pétrographiquement variées : basalte à olivine, basalte aphyrique, basalte vacuolaire. Certaines coulées renferment des tunnels de lave de section métrique et dont la longueur peut atteindre plusieurs centaines de mètres.

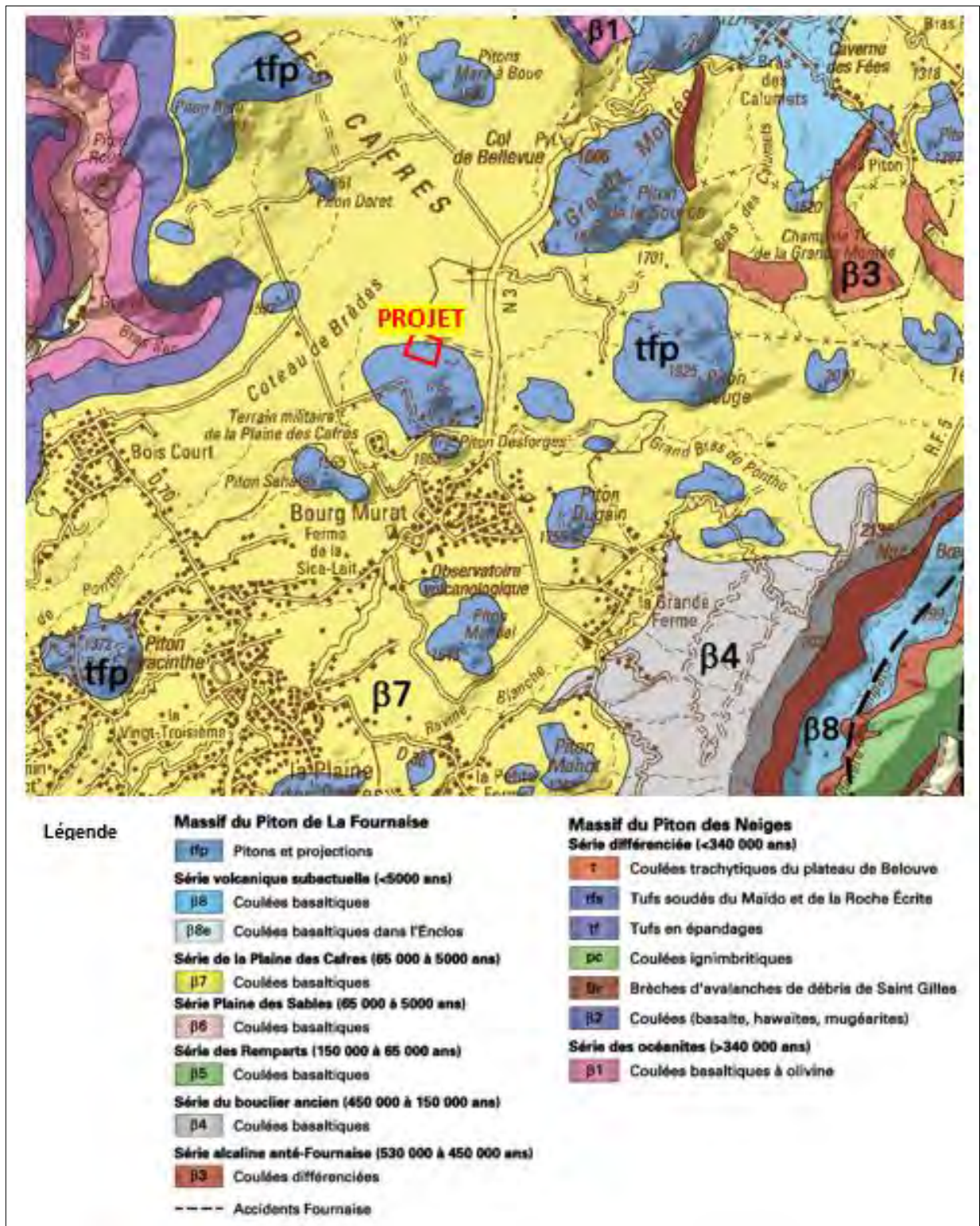


Figure 4 : Localisation du projet sur la carte géologique de La Réunion 1/100 000 - 2006 - Brgm & Université

3.3 Sondages

Deux sondages de reconnaissance géologique, conduits jusqu'à 25 m de profondeur, ont été réalisés sur l'emprise du projet d'extension de la carrière, en janvier 2019 (cf. implantation en figure 5).

Le sondage SC1 a rencontré la succession lithologique suivante :

- de 0 et 7,30 m : alternances de scories rougeâtres et fines coulées de basalte ;
- de 7,30 m à 24,30 m : coulée de basalte massive, saine, fissurée (17 m d'épaisseur) ;
- de 24,3 à 25,0 m : fine coulée de basalte vacuolaire de 0,7 m d'épaisseur.

Le sondage SC2 a recoupé :

- une coulée de basalte de 0,20 m à 20,6 m (soit une épaisseur de 20,4 m). La coulée est vacuolaire et fracturée jusqu'à 7 m et compacte au-delà ;
- des scories rougeâtres entre 20,6 m et 25,0 m, sur une épaisseur de 4,4 m.

Le programme de reconnaissance par sondage carotté a été complété par des investigations géophysiques (2 panneaux électriques P1 et P 2). Le profil P1 orienté NW-SE passe par SC1 ; le profil P2 orienté N-S passe par SC2 (cf. figure 6).

Les 2 panneaux ont mis en évidence deux types de terrain :

- des terrains très résistants jusqu'à 25 m de profondeur (résistivité > 3500 ohm.m), soit vers la côte + 1595 NGR ;
- des terrains moyennement résistants (résistivité de 1000 à 3500 ohm.m), en surface et en profondeur.

Les terrains très résistants forment une couche continue, à l'échelle du plateau, avec des variations de résistivité allant de 3500 à 10 000 ohm.m. Cet horizon correspond à la coulée de basalte fracturée recoupée par les 2 sondages carottés.

Quant aux terrains moins résistants, ils se corrént avec les terrains scoriacés cendreux formant des poches en surface et atteints par SC 2 en fin de sondage.

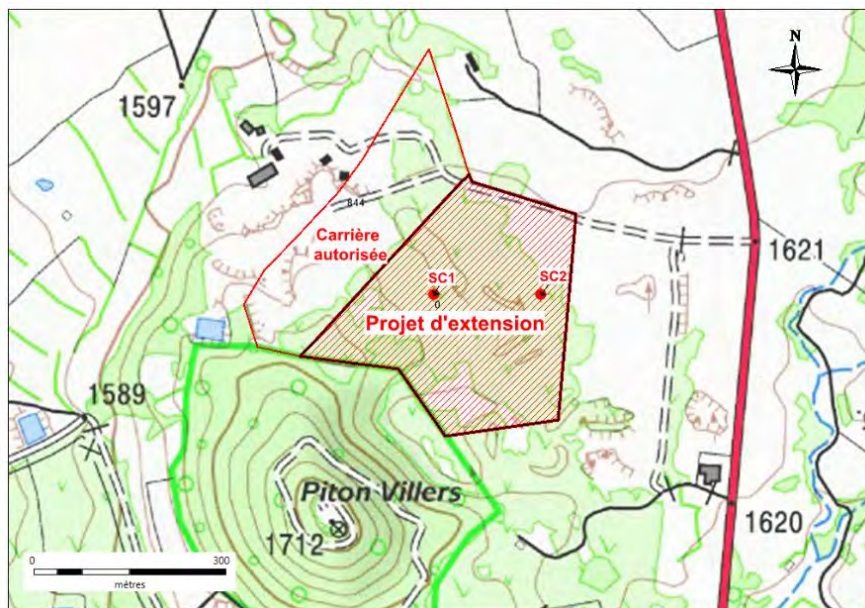


Figure 5 : Localisation des sondages de reconnaissance SC1 et SC2

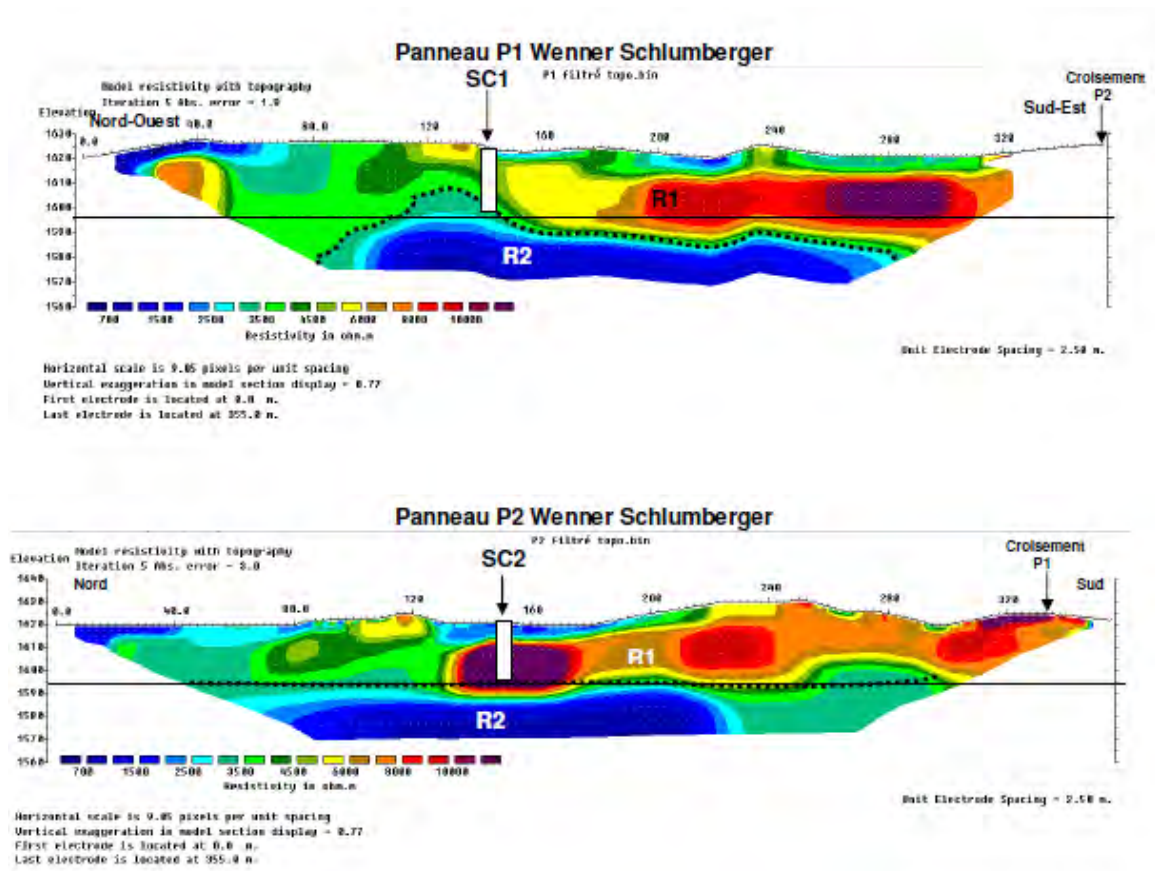


Figure 6 : Profils géophysiques réalisés sur la zone d'extension de la carrière en mars 2019

4 Contexte hydrogéologique

4.1 Contexte général

4.1.1 Les écoulements superficiels

La plaine des Cafres est caractérisée par l'absence de cours d'eau pérenne. Les ravines ne coulent qu'en période de très fortes pluies.

Les cours d'eau les plus proches de la carrière sont :

- le Bras de Pontho qui coule à l'Est de la RN 3, à 350 m du projet de carrière. Il rejoint le Bras de La Plaine 12 km plus en aval, vers le Sud-Ouest ;
- la ravine Sèche qui passe à 800 m au Nord. Cette ravine qui coule vers l'Ouest n'a pas d'exutoire ;
- un affluent du Bras de Pontho à l'Ouest, vers la plaine du Coteau de Brède.

La carrière et le projet d'extension sont en limite Est du bassin versant de la plaine de Coteau de Brède qui ne présente pas d'axe de drainage marqué. Les eaux de ce bassin versant rejoignent un affluent rive droite du Bras de Pontho qui rejoint ce dernier en aval de la route du village de Bois Court.

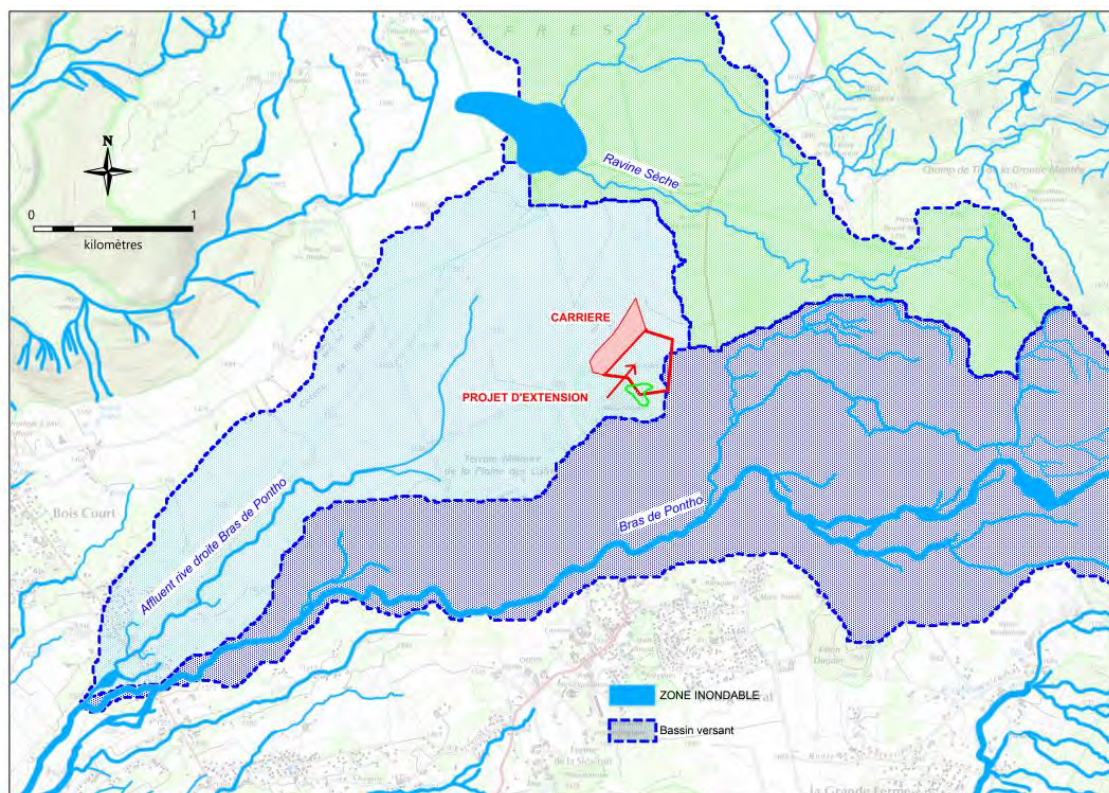


Figure 7 : Bassins versants de la Plaine des Cafres



Photographie 2 : Lit du Bras de Pontho au Sud du Piton Villers

4.1.2 Points d'eau proches de la carrière

Les points d'eau sont quasi-inexistants à la Plaine des Cafres.

Les sources Reilhac sont les seuls points d'eau répertoriés à La Plaine des Cafres. Elles sont situées à 1,7 km au Nord-Est de la carrière, au pied du Piton de La Source (figure 8).

Le captage comprend 3 ouvrages ; deux galeries de 30 m de longueur creusées dans le cône de scories du Piton de La Source et un troisième petit captage d'eau superficielle. Les galeries récupèrent des suintements dans les scories au toit d'un horizon argilisé compact. Le débit moyen est 1,8 l/s.

Les autres points d'eau les plus proches sont localisés dans les remparts bordant la plaine des Cafres. Ce sont :

- Les sources du Bras de La Plaine, à l'Ouest ;
- Les sources dans le rempart de la Plaine des Palmistes au Nord et au Nord-Est ;
- Les sources de la rivière des Remparts à l'Est.

Les sources sont ou étaient captées ; leur débit est de l'ordre de 1 à 2 l/s. Les eaux sourdent au contact entre les coulées récentes de la Plaine des Cafres et les coulées anciennes altérées.

	Sources	Numéro BSS	Distance en km	Usage
Plaine des Cafres	Reilhac 1	/1229-2X-0002_1	1,75	AEP
	Reilhac 2	/1229-2X-0002_2	1,7	AEP
Bras de La Plaine	Samary	/1229-1X-0010	2,4	AEP
	Payet	/1229-1X-0011	2,3	-
Plaine des Palmistes	Bayonne	/1229-2X-0004	3,8	AEP
	Bras Noir	/1229-2X-0003	4,5	AEP
	Argamasse	/1229-2X-0005	4,7	AEP
	Geneviève	/1229-2X-0030	4,7	AEP
	Gilbert	/1229-2X-0025	4,7	AEP
Rivière des Remparts	Nez de Bœuf	/1229-2X-0001	5,45	-

Tableau 1 : Points d'eau les plus proches du projet de carrière

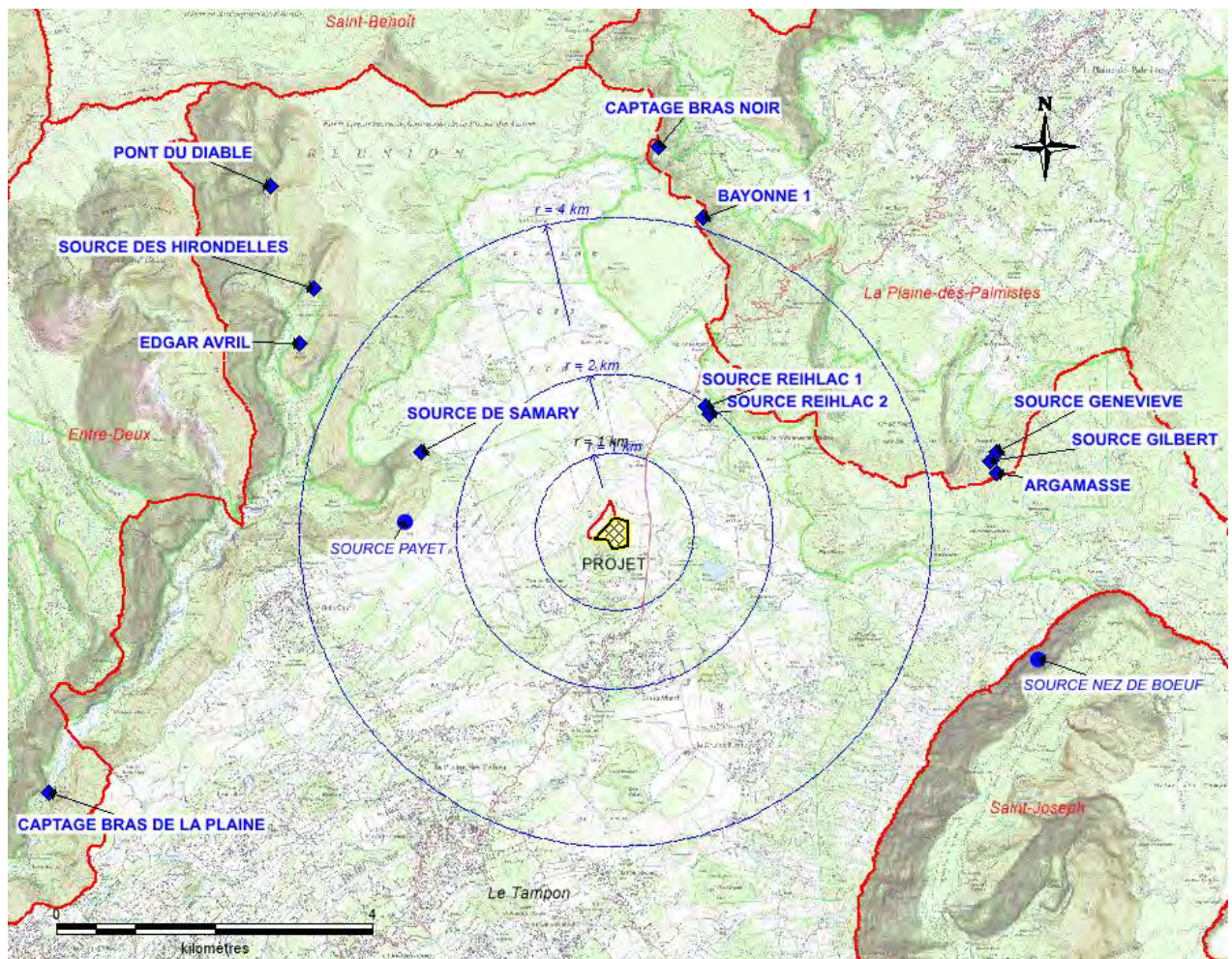


Figure 8 : Carte des points d'eau de la Plaine des Cafres

4.2 Conditions hydrogéologiques au droit du site

Aucun écoulement n'est observable au droit de la carrière et de la zone d'extension.

Les deux sondages de 25 m de profondeur réalisés sur le site en 2019 n'ont pas signalé de nappe d'eau.

Au Sud du site, les eaux convergent vers une dépression fermée, « mare sèche ». Sa superficie est de 1,4 ha. Elle est parallèle au pied du cône du Piton Villers. Le fond de la dépression est irrégulier.

Un plan d'eau (« petite mare ») apparaît lors des événements pluvieux exceptionnels, lorsque l'intensité des pluies est très élevée. Les particules argilo-limoneuses entraînées par les eaux de ruissellement se déposent dans la mare. Ce colmatage explique que le fond de la dépression se soit transformé en zone humide (joncs).

L'origine de cette dépression naturelle est à rattacher à la très forte perméabilité des terrains (coulées de lave fissurées, scories grossières). Les fractures (fissures émissives des cratères), verticales, favorisent également le drainage des eaux vers la profondeur.

Ces dépressions se forment :

- soit **par suffosion**, c'est-à-dire par entrainement des sols fins cendreaux vers la profondeur au droit de fissures ou au-dessus de terrains de très forte perméabilité (scories grossières) ;
- soit **par effondrement de cavités volcaniques** (tunnels de lave). Ces tunnels sont fréquents à la Plaine des Cafres.

Les phénomènes de suffosion et d'effondrement peuvent se combiner. L'eau est le facteur aggravant. Dans la cuvette où les eaux se concentrent, le phénomène de suffosion est amplifié. Le bassin versant de la zone drainée par la mare sèche est de 1 ha environ.

4.3 Conditions hydrogéologiques profondes

Les ressources en eaux souterraines profondes de la Plaine des Cafres sont méconnues. Aucun forage profond n'a été réalisé sur ce secteur. Une prospection géophysique¹, conduite en 1983 par le Département de La Réunion sur le secteur Ouest de la Plaine des Cafres, avait mis en évidence la présence d'horizons très résistants, vraisemblablement très perméables, en surface sur 50 à 100 m d'épaisseur, au-dessus d'horizons moins résistants puis à nouveau un substratum très résistant, au-delà de 150 m de profondeur. Les horizons moins résistants pourraient correspondre à des niveaux saturés alimentant les sources des remparts à la périphérie de la Plaine des Cafres.

La perméabilité en grand du substratum géologique de la Plaine des Cafres est élevée du fait de la présence de coulées de lave fissurées, de gratons et de scories grossières. Les fractures et les fissures émissives des cratères, verticales, favorisent le drainage de la plaine.

4.4 Périmètres de protection des captages d'eau potable

Aucun captage n'existe à proximité de la carrière ou en aval hydraulique. Le projet d'extension de la carrière est très éloigné et en dehors des zones de protection des captages.

¹ Programme Départemental de Recherche d'Eau souterraine – Etude géophysique par sondages électriques dans la Plaine des Cafres – G. DUBREUIL - mars 1983 – Rapport BRGM 83 SGN 225 GPH.

Les captages les plus proches sont à 1,8 km en amont de la carrière (sources Reilhac). Ils sont exploités par la commune du Tampon. Leur périmètre de protection rapprochée s'étend vers le Nord, sur le cône du Piton de la Source (cf. figure 9).

La commune du Tampon exploite deux autres sources situées au sommet des remparts périphériques (cf. figure 9) ; ce sont :

- La source Argamasse à l'Est/Nord-Est, au sommet du rempart de la Plaine des Palmistes ;
- La source Samary à l'Ouest, vers le Bras de La Plaine.

La commune de la Plaine des Palmistes exploite également plusieurs sources dans le rempart en bordure Nord et amont de la Plaine des Cafres, à l'Ouest et à l'Est du Col de Bellevue. La procédure de mise en place des périmètres de protection est en cours. Les zones de protection des captages sont éloignées de la carrière.

La zone de surveillance renforcée de la prise d'eau superficielle du Bras de La Plaine est la zone de protection la plus proche du projet, à 1,3 km à l'Ouest. Elle englobe tout le rempart en bordure Ouest de la Plaine des Cafres.

On retiendra que le projet d'extension n'est concerné par aucune prescription en relation avec la protection de captages d'eau potable.

Captage	Exploitant	Arrêté d'autorisation
SOURCE DE SAMARY	LE TAMPON	2017-2057/SG/DRECV
SOURCE REIHLAC 1	LE TAMPON	0924/SG/DAI/3
SOURCE REIHLAC 1	LE TAMPON	0924/SG/DAI/3
SOURCE ARGAMASSE	LE TAMPON	0923/SG/DAI/3
SOURCE BAYONNE	PLAINE DES PALMISTES	En cours
SOURCE BRAS NOIR	PLAINE DES PALMISTES	En cours
SOURCE GILBERT	PLAINE DES PALMISTES	En cours
SOURCE GENEVIEVE	PLAINE DES PALMISTES	En cours
PRISE BRAS DE LA PLAINE	LE TAMPON	2014-4099/SG/DRCTCV

Tableau 2 : Situation administrative des captages AEP les plus proches de la carrière

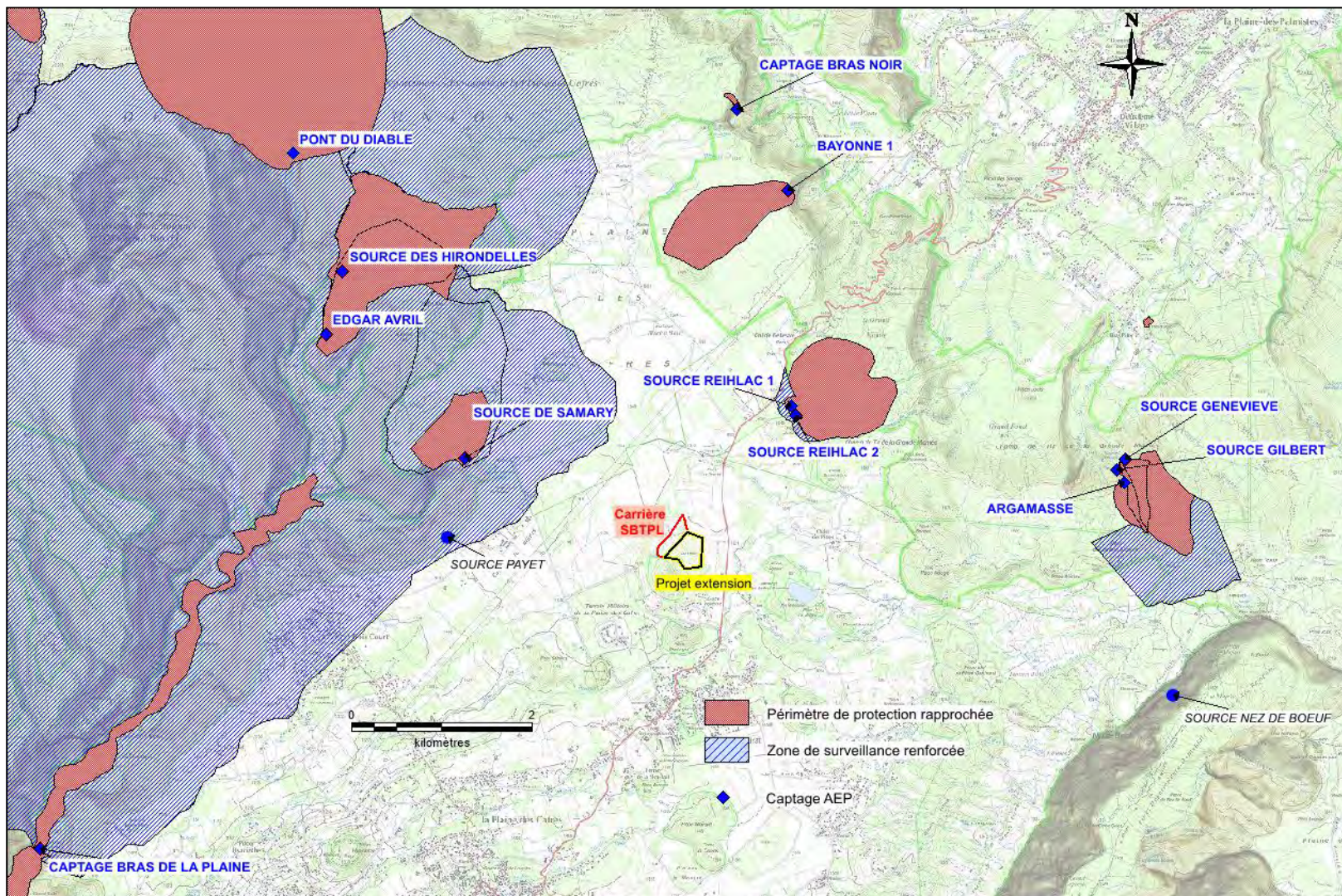


Figure 9 : Localisation des zones de protection des captages AEP dans le secteur la Plaine des Cafres (données ARS)

5 Impact du projet d'exploitation de la carrière sur les eaux souterraines

5.1 Le projet d'extraction

Les matériaux seront extraits sur une épaisseur de 25 m maximum. Ils seront dirigés vers les installations existantes pour être triés et stockés.

Le mode d'exploitation « en carreau glissant » c'est-à-dire avec une remise en état au fur et à mesure de l'avancement permettra de limiter la superficie décapée.

L'extraction se fera au moyen de pelles mécaniques et de BRH (brise roche hydraulique) pour l'extraction des laves massives. Il n'est pas prévu de réaliser d'abattage à l'explosif.

La remise en état se fera d'Ouest en Est, en suivant le plan d'exploitation avec une cote commençant à 1606 m NGR (à l'Ouest) pour terminer à 1612 m NGR (à l'Est), avec une pente de 1 %. Les eaux de ruissellement de la carrière seront dirigées vers un exutoire situé au Nord-Ouest, à la cote 1605 m NGR.

Ce mode d'extraction permet de maîtriser les eaux sur la totalité de l'emprise de la carrière. Toutes les eaux potentiellement polluées s'écouleront vers l'exutoire Nord-ouest. Aucune eau ne rejoindra la « mare sèche » située au Sud du projet d'extension.

La remise en état se fera grâce à des remblais terreux provenant des terrassements. La base du remblai sera constituée d'une couche de matériau à faible perméabilité de type grave limoneuse pour éviter une migration de fines dans les fissures et cavités des basaltes et scories sous-jacents, et l'apparition de « fontis ».

Une couche de terre végétale sera disposée sur les remblais pour une réutilisation des parcelles en prairie.

5.2 Vulnérabilité du site

Le site ne présente pas de nappe d'eau souterraine superficielle ou semi-profonde susceptible d'être en contact avec les extractions. L'extraction se fera à sec.

La très grande perméabilité des terrains de surface (gratons, scories, basaltes fissurés) facilite l'infiltration des eaux à grande profondeur. Ces eaux vont rejoindre les aquifères profonds, qui alimentent le Bras de la Plaine et les aquifères littoraux.

En conséquence, toute pollution de surface non maîtrisée rejoindra les nappes profondes. Il n'existe pas de couche naturelle susceptible de stopper la migration d'une pollution de surface vers la profondeur.

Les eaux issues des bassins versants extérieurs à la carrière devront être maîtrisées, détournées par des fossés implantés en périphérie de la carrière pour limiter les flux dans les zones d'extraction.

5.3 Pollutions potentielles

Les risques sont liés à l'utilisation de produits polluants sur le site de carrière et au niveau des installations de traitement des matériaux (concassage, criblage, lavage).

Ces polluants sont les produits hydrocarbonés utilisés sur les engins d'extraction et de transports (essence, gazole, huiles de moteur, huile de vérins, lubrifiants, ...).

Les risques d'écoulement accidentel d'hydrocarbures peuvent survenir lors ;

- de collisions entre engins sur les pistes de transport des matériaux vers les installations ou sur la route d'accès ;
- des opérations d'extraction par renversement d'un engin ;
- du chargement des engins ;
- des ravitaillements ;
- ...

5.4 Recommandations pour limiter les pollutions

L'objectif est de limiter le trafic dans la carrière. Seuls seront autorisés les engins et camions nécessaires à la réalisation des travaux d'extraction (chargeurs, pelles mécaniques, véhicules de transport et de ravitaillement).

Les surfaces de contaminations potentielles seront limitées :

- en réduisant l'emprise des extractions ;
- en réduisant le linéaire de piste ;
- en évitant la création de points bas et la formation de zones de rétention d'eau (flaques) sur le site d'extraction et les pistes.

Les pistes devront être réalisées avec des matériaux fins sablo-limoneux compactés, capables de piéger d'éventuels polluants (fuites d'huile, fuites de gazole,..). Les engins circulant dans la carrière seront pourvus de kit d'absorption antipollution. En cas d'accident, les matériaux pollués ou souillés seront évacués vers des sites de traitement agréés en dehors de la carrière.

Les zones de circulation des véhicules (pistes, zones de retournement des véhicules et de manœuvre) seront balisées pour éviter toute divagation des véhicules sur la carrière.

Les eaux de ruissellement des aires de forte fréquentation, des aires de contournement, des pistes de convoi, seront évacuées vers des bassins de décantation.

Aucun stockage d'hydrocarbure ne doit être fait sur la zone d'extraction. Le ravitaillement des engins devra se faire sur des aires étanches disposant d'un système de collecte des eaux relié à un séparateur d'hydrocarbures.

5.5 Surveillance de la qualité des eaux

Le contexte hydrogéologique particulier de la Plaine des Cafres ne permet pas d'implanter des piézomètres de contrôle des eaux souterraines.

De même, il n'existe pas de points d'eau en aval hydraulique de la carrière susceptibles d'être contrôlés pour détecter une éventuelle pollution sur le site de la carrière.

En conséquence, une attention particulière devra être portée à la surveillance des eaux superficielles de la carrière, au niveau des bassins de décantation.

Des kits anti-pollution devront être disponibles sur la carrière, dans les engins et dans les installations, pour intervenir le plus rapidement possible en cas de pollution accidentelle.

6 Conclusions

Le projet d'extension de la carrière SBTPL à la Plaine des Cafres sur la commune Tampon vise à exploiter des scories et des roches basaltiques.

Les sondages de reconnaissance réalisés sur le site ont confirmé l'absence de nappe d'eau à faible profondeur sur la zone d'extension. L'extraction se fera à sec (hors d'eau).

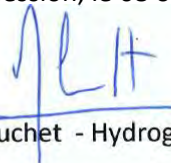
La carrière est située en dehors de tout périmètre de protection de captage d'eau destinée à l'alimentation en eau potable.

Les scories et laves basaltiques sont des matériaux très perméables qui facilitent l'infiltration rapide des eaux en profondeur.

La principale vulnérabilité du site est liée à cette très forte perméabilité des terrains qui ne peuvent contenir une pollution accidentelle. De fait, des précautions devront être prises sur la zone d'extraction pour limiter les risques de pollution accidentelle.

Les eaux de ruissellement de la carrière seront dirigées vers un exutoire situé au Nord-Ouest du site.

A La Possession, le 08 octobre 2020



Marc Cruchet - Hydrogéologue

ANNEXE 4 - Pièce 8

Campagnes de mesures de retombées de poussières sur
le site de la carrière SBTPL (SOCOTEC, 2020)



SOCOTEC REUNION
Agence Santé, Sécurité & Environnement
33 rue André LARDY
La Mare
97438 Sainte-Marie
Tél : +33 (0)262 94 48 48
Mél : agence.stdenis@socotec.com

Société BEGE Travaux Publics Location (SBTPL)

229 Rue Jean de Fos du Rau
97418 Le Tampon
A l'attention de Mme Tifenn LE GOFFIC,
Représentante de l'entreprise SBTPL

► **Mesures de concentrations en polluants dans les rejets atmosphériques**

► **Rapport d'essai : Retombées de poussières sur jauges de collecte**

- Lieu d'intervention : Carrière « Piton Villers »
97418 La Plaine des Cafres
- Date d'intervention : Du 27 août au 28 septembre 2020
- Date d'édition du rapport : 30 octobre 2020
- Numéro de commande : 2008REUY3000033
- Numéro chrono : REUY3/20/1052
- Intervenants : Dominique DRASIN et Mallorie TURPIN
- Rédacteur du rapport : Mallorie TURPIN
- Relecteur du rapport : Jean-Charles JOURDAIN

*Vous avez fait appel à nos services et nous vous en remercions
Pour tout complément d'information, votre interlocuteur Socotec est à votre disposition*

Version o du
15/04/10

- Votre interlocuteur : Jean-Charles JOURDAIN

Ce rapport comporte 33 pages (annexes comprises) et une pièce jointe (résultats d'analyse du laboratoire).

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

SOCOTEC REUNION - S.A.S. AU CAPITAL DE 220 000 € - 321 936 197 RCS SAINT DENIS - APE 7120B
33 Rue André Lardy – La Mare – 97438 SAINTE MARIE
Tél. 02 62 94 48 48 - Fax 02 62 94 48 50
www.socotec.com

Assurances Responsabilités Civile et Professionnelle - Portées et limites communiquées sur demande.

SOMMAIRE

1. PRESENTATION DE LA MISSION	3
2. RESULTATS DES ESSAIS	7
2.1 GENERALITES	7
2.2 RESULTATS DES MESURES (PERIODE DU 27 AOUT AU 28 SEPTEMBRE 2020)	8
2.3 CONDITIONS METEOROLOGIQUES SUR LA PERIODE DE MESURE.....	9
3. INTERPRETATION DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE DU 27 AOUT 2020	10
4. INTERPRETATION DES RESULTATS DU SUIVI TEMPOREL	10
5. CONCLUSIONS	11
6. ANNEXES	12
6.1 ANNEXE 1 : METHODES DE REFERENCE	12
6.2 ANNEXE 2 : LOCALISATION DES POINTS DE MESURE IN SITU	14
6.3 ANNEXE 3 : DONNEES QUOTIDIENNE METEO-FRANCE DU 27 AOUT AU 28 SEPTEMBRE 2020 (STATION LA PLAINE DES CAFRES)	15
6.4 ANNEXE 4 : BULLETIN CLIMATOLOGIQUE DEPARTEMENTAL DE AOUT ET SEPTEMBRE 2020 (METEO- FRANCE)	31
7. PIECES JOINTES	33
7.1 PIECE JOINTE 1 : RAPPORT D'ANALYSE (DOSSIER N° : 20E174202 VERSION DU : 14/10/2019).....	33

1. PRESENTATION DE LA MISSION

Contexte

La société SBTPL exploite une carrière située à la Plaines des Cafres (97 418) au lieu-dit « Piton Villers ».

Compte tenu de l'évolution de la réglementation et la parution de l'Arrêté du 30 septembre 2016 « *modifiant l'arrêté du 22 septembre 1994 relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières* », les exploitants de carrière ont l'obligation d'établir un **plan de surveillance des émissions de poussières** pour les exploitations en fouille sèche et dont la production annuelle est supérieure à 150 000 tonnes. Ce plan à établir en 2017 doit être mis en œuvre au 1^{er} janvier 2018 avec la mise en place d'un suivi des retombées atmosphériques totales conformément à la **norme NF X43-014**. TERALTA a été assisté par EMC2 pour l'élaboration de ce plan qui a été transmis à la DEAL.

Les mesures de retombées atmosphériques totales portent sur la somme des fractions solubles et insolubles et sont exprimées en mg/m²/jour.

L'objectif à atteindre est de **500 mg/m²/jour en moyenne annuelle glissante** pour chacune des jauges installées en point de type « b » du plan de surveillance.

En cas de dépassement, et sauf situation exceptionnelle qui sera alors expliquée dans le bilan annuel prévu au paragraphe 19.9 de l'arrêté du 22 septembre 1994 modifié, l'exploitant informe l'inspection des installations classées et met en œuvre rapidement des mesures correctives.

Une campagne initiale (avant extension de l'exploitation de la carrière) des retombées de poussières a été réalisée à l'aide de collecteurs du 03 avril 2019 au 03 mai 2019 (période de 30 jours), conformément au plan de surveillance établi par SOCOTEC de septembre 2018 et à la norme NF X43-014. Les résultats sont présentés dans le rapport précédent (REUY319582 du 21 juin 2019);

Une campagne de mesures des retombées de poussières ont été réalisées à l'aide de collecteurs :

- du 27 août au 28 septembre 2020 (période de 32 jours), conformément au plan de surveillance établi par SOCOTEC de septembre 2018 et à la norme NF X43-014. Les résultats sont présentés dans le présent rapport.

CF. ANNEXE 1 : METHODE DE REFERENCE

Demandeur : Société BEGE Travaux Publics Location (SBTPL)
229 Rue Jean de Fos du Rau
97418 Le Tampon
Mme Tifenn LE GOFFIC, Représentante de l'entreprise SBTPL

Site d'intervention : Carrière Piton Villers
97418 La Plaine des Cafres

Intervenants : Mallorie TURPIN, chargée d'affaires HSE et Dominique DRASIN, technicien HSE à SOCOTEC REUNION

Période d'intervention : du 27 août au 28 septembre 2020, soit 32 jours

Environnement du site :

Le site d'étude est implanté au Sud de l'île de la Réunion (974), sur le territoire de la commune du Tampon, au lieu-dit «Piton Villers» à la Plaine des Cafres, dans un environnement à caractère agricole.

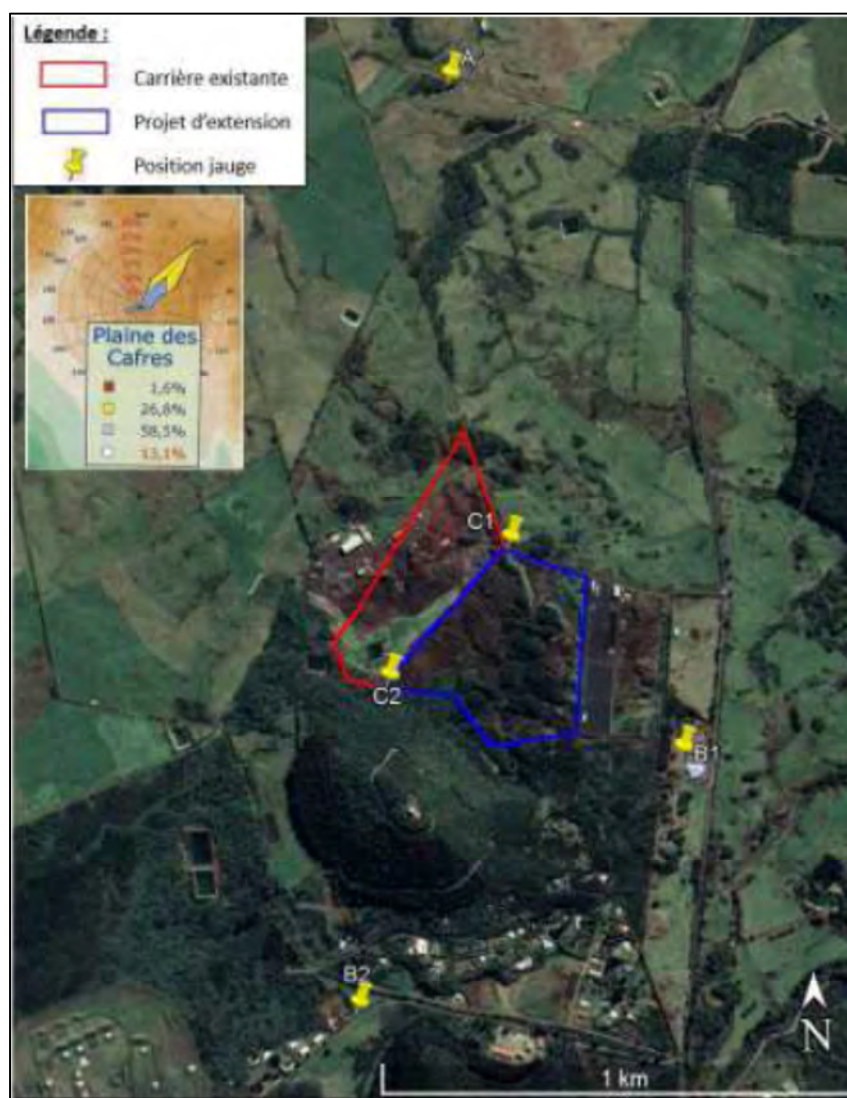


Figure 1 : Environnement de la carrière Piton Villers (Source : Plan de surveillance EMC2)

Zones d'émission de poussières au droit du site

Selon le plan de surveillance établi par EMC2 :

- « Les émissions de poussières potentiellement existantes sur la zone sont celles causées par :
- La zone d'extraction (lors des phases de décapage, manipulation de matériaux et de remise en état),
 - Les engins (pelles, chargeuse) et les camions,
 - Les installations de traitement (concasseurs et zones de transit des matériaux).

Les deux premières sources sont amenées à se déplacer sur l'ensemble du périmètre classé du projet. Le site sera donc considéré dans sa globalité concernant les sources d'émission de poussières.»

Paramètres contrôlés et référentiel

- Retombées atmosphériques solubles et insolubles sur jauges de collecte, conformément à la norme NFX 43-014 (mars 2017)

Points de mesure

L'analyse de l'environnement du site et des conditions météorologiques présentée dans le plan de surveillance établi par EMC2, a conduit à proposer les points de mesure suivants, conformément à l'arrêté du 22 septembre 1994 modifié :

		Coordonnées GPS	Distance par rapport au projet	Remarque
a) Jauge témoin		21°10'37.68"S 55°34'28.82"E	730 mètres	- Point hors influence du site au nord - A l'opposé des vents dominants
b) Jauges à proximité d'habitations ou de lieux accueillant des personnes sensibles	1	21°11'22.99"S 55°34'44.22"E	223 mètres	- Zone sensible au sens de l'arrêté du 22 septembre 1994 (Restaurant accueillant du public) - Sous les vents dominants de sud-ouest
	2	21°11'39.89"S 55°34'20.96"E	600 mètres	- Zone sensible au sens de l'arrêté du 22 septembre 1994 (Riverains) - Sous les vents dominants de nord-est
c) Jauge en limite de propriété	1	21°11'8.85"S 55°34'32.23"E	0 mètre	- En limite nord-est, sous les vents dominants de sud-ouest
	2	21°11'17.81"S 55°34'23.21"E	0 mètre	- En limite sud-ouest, sous les vents dominants de nord-est

CF. ANNEXE 2 : LOCALISATION DES POINTS DE MESURE

Une photographie des points de mesure, ainsi que leurs coordonnées géographiques sont présentées sur la figure 3 ci-dessous.






		
<p>Point A1 <i>(Station témoin)</i></p>	<p>Point B1 <i>(Station au niveau de l'habitation)</i></p>	<p>Point B2 <i>(Station au niveau de l'habitation)</i></p>
<p>21°10'8.598"S 55°34'32.89"E</p>	<p>21°11'24.36"S 55°34'46.253"E</p>	<p>21°11'38.359"S 55°34'24.451"E</p>
		
<p>Point C1 <i>(Station en limite de propriété Nord-Est)</i></p>	<p>Point C2 <i>(Station en limite de propriété Sud-Ouest)</i></p>	
<p>21°11'8.787"S 55°34'32.236"E</p>	<p>21°19'8.959"S 55°34'23.58"E</p>	

Figure 3 : Photographies et coordonnées géographiques des points de mesure

2. RESULTATS DES ESSAIS

2.1 Généralités

Calcul de la teneur en poussières :

Le calcul de la teneur majeure des poussières d'après la relation donnée par la norme AFNOR est la suivante :

Avec :

$$R_{x,y} = \frac{M_{x,y}}{(S \times N)}$$

Les résultats finaux des dépôts « $R_{x,y}$ » exprimés en quantité du paramètre « x » dans la phase « y » par mètre carré et calculés à partir des résultats d'analyse « $M_{x,y}$ » en quantité, sont représentatifs des retombées pendant la période « N » d'échantillonnage.

Les dépôts doivent être exprimés en quantité par m² et par jour.

Matériel de prélèvement :

- **Jauge** : volume utile égale à 2 L
- **Entonnoir** :
 - diamètre de 135 mm et d'une surface utile de 0,014 m² (143,14 cm²).
- **Piquet support** : hauteur de 1,5 mètre



Valeurs limites :

L'Arrêté du 22 septembre 1994 relatif « aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières » définit un objectif à atteindre de **500 mg/m²/jour en moyenne annuelle**.

⇒ Article 19.7 : « [...] Les mesures des retombées atmosphériques totales portent sur la somme des fractions solubles et insolubles. Elles sont exprimées en mg/m²/jour. L'objectif à atteindre est de **500 mg/m²/jour en moyenne annuelle glissante pour chacune des jauges installées en point de type (b) du plan de surveillance**. En cas de dépassement, sauf situation exceptionnelle qui sera alors expliquée dans le bilan annuel prévu au paragraphe 19.9 du présent arrêté, l'exploitant informe l'inspection des installations classées et met en œuvre rapidement des mesures correctives ».

La carrière de Piton Villers étant concernée par l'arrêté du 22 septembre 1994, nous retiendrons la valeur seuil de **500 mg/m²/jour**.

Commentaires

Il n'a été constaté aucun débordement ayant nécessité le remplacement des collecteurs.

2.2 Résultats des mesures (période du 27 août au 28 septembre 2020)

Durée d'exposition :

Station	Date et heure de pose des jauges	Date et heure de retrait des jauges	Durée d'exposition des jauges	Nombre de jours d'activité sur le site (sur la période)
Station A (station témoin)	27 août 2020 – 08h20	28 septembre 2020 – 13h40	32 jours	22 jours
Station B1 (station au niveau des habitations)	27 août 2020 – 09h00	28 septembre 2020 – 14h00	32 jours	22 jours
Station B2 (station au niveau des habitations)	27 août 2020 – 09h10	28 septembre 2020 – 13h55	32 jours	22 jours
Station C1 (station en limite de propriété Nord-Est)	27 août 2020 – 08h30	28 septembre 2020 – 13h45	32 jours	22 jours
Station C2 (station en limite de propriété Sud-Ouest)	27 août 2020 – 08h50	28 septembre 2020 – 13h50	32 jours	22 jours

Concentrations mesurées :

Station	Nombre de jours N (jours)	Surface S de l'entonnoir (m ²)	Masse de poussières solubles (mg)	Masse de poussières insolubles (mg)	Teneur en poussières (mg/m ² /jour)
Station A (station témoin)	32	0,0143	27,5	15,82	94,58
Station B1 (station au niveau des habitations)	32	0,0143	35,95	18,05	117,89
Station B2 (station au niveau des habitations)	32	0,0143	117,94	69,16	408,48
Station C1 (station en limite de propriété Nord-Est)	32	0,0143	64,44	87,91	340,07
Station C2 (station en limite de propriété Sud-Ouest)	32	0,0143	14,82	7,68	50,22

Les résultats détaillés sont présentés dans le bordereau d'analyse du laboratoire en **Pièce jointe** au présent rapport.

Suivi temporel des concentrations mesurées :

Station	Teneur en poussières (mg/m ² /jour)				Moyenne glissante
	Campagne 1 27/08/2020	Campagne 2 Xx/xx/xxxx	Campagne 3 Xx/xx/xxxx	Campagne 4 Xx/xx/xxxxx	
Station A (station témoin)	94,58	-	-	-	94,58
Station B1 (station au niveau des habitations)	117,89	-	-	-	117,89
Station B2 (station au niveau des habitations)	408,48	-	-	-	408,48
Station C1 (station en limite de propriété Nord-Est)	340,07	-	-	-	340,07
Station C2 (station en limite de propriété Sud-Ouest)	50,22	-	-	-	50,22

N.A : Non Analysé

2.3 Conditions météorologiques sur la période de mesure

Plusieurs paramètres météorologiques jouent un rôle essentiel sur l'échantillonnage des retombées atmosphériques : le vent, la pluviométrie, la température, l'intensité lumineuse,...

- **Les retombées sèches** (en absence de pluie) présentent un caractère aléatoire, essentiellement dû à la vitesse et à la direction du vent. De ce fait, l'incertitude sur l'échantillonnage peut être assez importante. Le vent peut entraîner des ré-envols de particules collectées auparavant en absence de pluie depuis le collecteur ou son entonnoir ;
- **La pluie**, en fréquence et en quantité, influe d'abord sur le transport des particules, depuis les sources d'émissions vers les collecteurs. Une pluie de courte durée peut permettre par entraînement une collecte plus importante de particules ; une pluie de longue durée peut modifier, voire empêcher le transport des particules vers le collecteur ;
- **La température et l'intensité lumineuse** peuvent influencer sur la forme physico-chimique des échantillons et sur la dissolution dans l'eau collectée d'une partie des retombées sèches.

Le suivi des paramètres météorologiques (température, humidité relative, vitesse et direction du vent, hauteur de précipitation,...) est donc recommandé pour une bonne interprétation des résultats de dépôts atmosphériques.

Les fichiers présentés en Annexe indiquent les événements pluvieux en *mm*, la température en °C, la vitesse du vent en *m/s* et la direction du vent en *degrés (rose des vents)* durant la période d'exposition des jauges (données horaires).

CF. ANNEXE 3 : DONNEES METEOROLOGIQUES HORAIRES DE METEO FRANCE

Données horaires :

Il n'existe pas de station météorologique en place sur le site. Ainsi, comme prévu dans le plan de surveillance, les données horaires utilisées pour déterminer les précipitations, la direction et la vitesse du vent sont issues de la station Météo-France de Bourg-Murat (code 97422440) située à environ 1,3 km au Sud-Est de la carrière. On précisera qu'en raison de la faible distance entre la station choisie et le site du projet, il n'apparaît pas nécessaire d'appliquer une correction des données météorologiques.

Les données horaires indiquées par Météo-France sur la période de mesure (27 août au 28 septembre 2020) sont les suivantes :

- Précipitations :
 - o Moyenne quotidienne des précipitations : 0,025 mm ;
 - o Somme des précipitations : 19,5 mm (soit 279 millilitres pour la surface de l'entonnoir de diamètre 135 mm) ;
- Direction de la provenance du vent :
 - o majoritairement de provenance Nord-est (70° à 90°) soit 57% et Sud-Est (100° à 140°) soit 39% ;
 - o en moindre proportion de provenance Sud-ouest (5 %).
- Vitesse du vent :
 - o 7,59 m/s en moyenne ;
 - o 13,9 m/s pour les maximales et 0,2 m/s pour les minimales.

Ainsi :

- La station de mesure en limite de propriété sud-ouest C2 est située sous des vents dominants de provenance Nord-est durant la période observée ;
- Les stations de type A, B et la station en limite de propriété C1 sont situées en dehors des vents dominants en provenance du Nord-Est ;
- Le nombre de jours de pluie (hauteur de précipitations supérieures à 1 mm) est de 4 jours sur la période observée (32 jours).

3. INTERPRETATION DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE DU 27 AOUT 2020

Les teneurs en poussières mises en évidence dans l'environnement de la carrière Piton Villers exploitée par SBTPL sont toutes inférieures à la valeur limite **de 500 mg/m²/jour** définie comme objectif à atteindre par l'Arrêté du 22 septembre 1994 relatif « *aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières* » pour chacune des jauges installées en point de type « b » du plan de surveillance.

On observe que :

- La station au niveau de l'habitation B2 présente le taux d'empoussièrement le plus élevé de 408,48 mg/m²/jour ;
- La station au niveau de la limite propriété Sud-Ouest C2 possède le taux d'empoussièrement le plus faible de 50,22 mg/m²/jour ;

4. INTERPRETATION DES RESULTATS DU SUIVI TEMPOREL

La présente campagne réalisée du 03 avril 2019 au 03 mai 2019 constitue la première campagne de mesures de retombées de poussières de la Carrière « Piton Villers » à La Plaine des Cafres.

La campagne précédente était un état initial dans le cadre d'un projet d'extension de l'exploitation de la carrière.

Les résultats permettent de constater :

- Un empoussièrement très faible (< 150 mg/m² /jour) pour les stations :
 - Témoin A ;
 - En limite de propriété C2 ;
- Un empoussièrement faible (de 150 à 350 mg/m² /jour) pour les stations :
 - En limite de de propriété C1 ;
 - Au niveau de l'habitation B1
- Un empoussièrement important (de 350 à 500 mg/m² /jour) pour la station :
 - Au niveau de l'habitation B2;

5. CONCLUSIONS

La société SBTPL exploite une carrière située sur la commune de la Plaine des Cafres (97 418) au lieu-dit Piton Villers.

Conformément au plan de surveillance établi par EMC2 et à la norme NF X43-014, une première campagne de mesures des retombées de poussières a été réalisée à l'aide de collecteurs du 27 août au 28 septembre 2020 (période de 32 jours).

Les mesures ont porté sur les retombées atmosphériques totales, c'est-à-dire la somme des fractions solubles et insolubles.

Pour rappel, l'arrêté du 22 septembre 1994 « *relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières* », fixe comme objectif à atteindre une concentration de **500 mg/m²/jour en moyenne annuelle glissante** pour chacune des jauges installées en point de type « b » du plan de surveillance.

Il précise par ailleurs, qu'en cas de dépassement, et sauf situation exceptionnelle qui sera alors expliquée dans le bilan annuel prévu au paragraphe 19.9 de l'arrêté du 22 septembre 1994 modifié, l'exploitant informe l'inspection des installations classées et met en œuvre rapidement des mesures correctives.

Les concentrations mesurées au droit des habitations les plus proches (station B1 et B2) situées sous les vents dominants respectent l'objectif de 500 mg/m²/jour (valeurs respectives de 117,89 et 408,48mg/m²/jour).

Le chargé d'affaires
Jean-Charles JOURDAIN



6. ANNEXES

6.1 Annexe 1 : Méthodes de référence

Les méthodes de référence utilisées pour les mesures sont mentionnées dans le tableau ci-dessous.

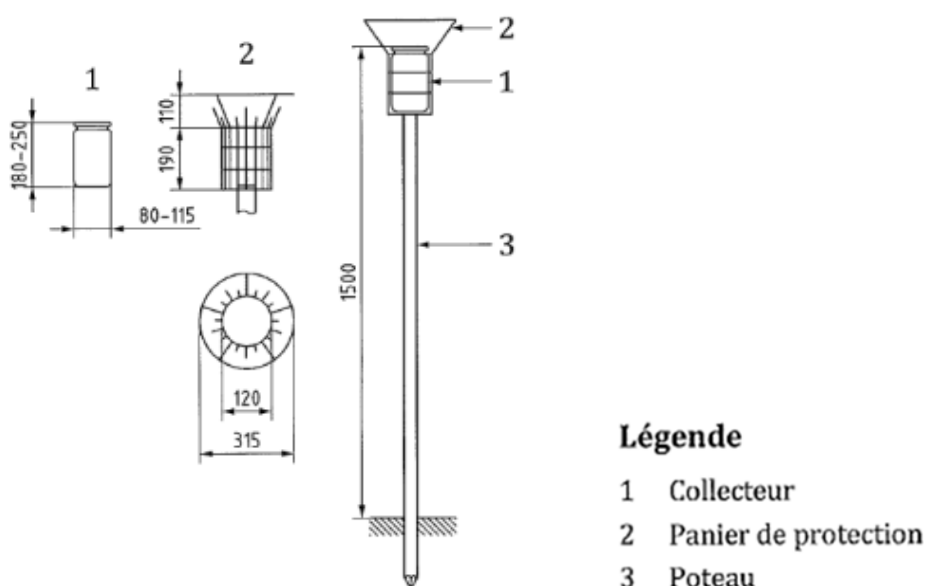
Paramètre	Méthode de référence	
Poussières	Détermination de la masse des retombées atmosphériques à l'aide de collecteurs conçus pour le dépôt total et le dépôt humide, Prélèvement sur jauges	NF X 43-014 de mars 2017

PRINCIPE DES MESURES

Les dépôts atmosphériques sont définis comme la somme des dépôts de particules sédimentables, de particules non sédimentables et de gaz. Les dépôts atmosphériques totaux correspondent à la somme des dépôts secs et des dépôts humides.

La détermination des dépôts secs exige des mesures micro-météorologiques tenant compte des processus turbulents de transports atmosphériques. Les dépôts humides et les dépôts totaux peuvent cependant être estimés au moyen de collecteurs appropriés.

Le collecteur de dépôts humides est conçu pour recueillir uniquement les particules humides sédimentables, alors que le collecteur de dépôts totaux est conçu pour recueillir toutes les particules sèches et humides sédimentables. Toutefois, puisque le processus de déposition est affecté par divers facteurs, comme la vitesse du vent, la température, la végétation et le type de surface, le collecteur de dépôts humides ne recevra pas toutes les particules humides sédimentables. En revanche, des particules sèches sédimentables, des particules non sédimentables et des gaz non recueillis. De même, le collecteur de dépôts totaux ne recevra pas toutes les particules sédimentables alors que certaines particules non sédimentables et des gaz seront recueillis.



Ecart par rapport aux normes :

Les conditions de l'annexe A de la norme NFX 43-014 « Critères d'implantation de sites d'échantillonnage » sont respectées :

- « Selon la situation faisant l'objet de la surveillance, il convient de tenir compte des obstacles naturels et artificiels et de la direction des vents lors du choix du site de mesure ».
- « Il convient, dans la mesure du possible, que le collecteur ne soit pas exposé dans les zones où soufflent des vents violents non représentatifs comme des côtes, des falaises et le sommet des collines, mais il convient également qu'il ne soit abrité par des arbres hauts ou des bâtiments. Une distance minimale de 1 m de toute structure porteuse est recommandée avec un dégagement libre de tout obstacle d'au moins 180° pour un mur et de 270° sur un toit. Il convient que l'écoulement autour du collecteur soit sans restriction, sans aucune obstruction affectant le débit d'air dans le voisinage de l'échantillonneur. ».
- « Les critères dépendent des caractéristiques du site :
 - a) sites ruraux : il convient qu'il n'y ait pas d'obstacles, tels que des arbres de hauteur dépassant un angle de 30° par rapport au bord du collecteur de précipitations, ni de bâtiments, haies ou caractéristiques topographiques qui puissent donner lieu à des courants ascendants ou descendants [...]
 - b) sites urbains : il convient de chercher à répondre aux mêmes exigences, mais en s'éloignant de quelques mètres de bâtiments, arbres et autres obstacles».
- « Le sol environnant le point de prélèvement doit être de préférence recouvert d'herbes ou de plantes afin de ne pas être à l'origine de ré-envols de constituants susceptibles d'être captés (poussières, pollens, spores...) ».
- « La hauteur recommandée doit être comprise entre 1,5 m et 2 m au minimum entre le sol et le bord du collecteur, surtout si le sol présente un risque de contamination de l'échantillon. ».

6.2 Annexe 2 : Localisation des points de mesure In Situ



6.3 Annexe 3 : Données quotidienne Météo-France du 27 août au 28 septembre 2020 (Station La Plaine des Cafres)

DATE	TEMPERATURE (°C)	PLUIE (mm)	FORCE DU VENT (m/s)	DIRECTION DU VENT (DEGRE)
27/08/2020 00:00	11,3	0	7,1	67
27/08/2020 01:00		0	7,2	63
27/08/2020 02:00		0	7,1	62
27/08/2020 03:00		0	7,0	63
27/08/2020 04:00		0	7,0	65
27/08/2020 05:00		0	7,0	66
27/08/2020 06:00		0	7,1	66
27/08/2020 07:00		0	7,1	66
27/08/2020 08:00		0	7,1	65
27/08/2020 09:00		0	7,1	65
27/08/2020 10:00		0	7,1	66
27/08/2020 11:00		0	7,0	66
27/08/2020 12:00		0	6,8	65
27/08/2020 13:00		0	6,5	65
27/08/2020 14:00		0	6,0	63
27/08/2020 15:00		0	5,5	64
27/08/2020 16:00		0	3,1	57
27/08/2020 17:00		0	2,5	67
27/08/2020 18:00		0	2,2	82
27/08/2020 19:00		0	2,3	95
27/08/2020 20:00		0	2,7	103
27/08/2020 21:00		0	3,1	111
27/08/2020 22:00		0	3,5	112
27/08/2020 23:00	0	3,9	111	
28/08/2020 00:00	11,3	0	4,2	111
28/08/2020 01:00		0	4,4	113
28/08/2020 02:00		0	4,7	115
28/08/2020 03:00		0	5,1	117
28/08/2020 04:00		0	5,8	116
28/08/2020 05:00		0	6,3	112
28/08/2020 06:00		0	6,7	111
28/08/2020 07:00		0	7,1	109
28/08/2020 08:00		0	7,4	107
28/08/2020 09:00		0	7,5	106
28/08/2020 10:00		0	7,4	104
28/08/2020 11:00		0	7,4	103
28/08/2020 12:00		0	7,1	101
28/08/2020 13:00		0	6,9	99
28/08/2020 14:00		0	6,7	99
28/08/2020 15:00		0	6,6	100
28/08/2020 16:00		0	7,1	93
28/08/2020 17:00		0	7,1	91
28/08/2020 18:00		0	7,1	90
28/08/2020 19:00		0	7,1	89
28/08/2020 20:00		0	7,0	90
28/08/2020 21:00		0	7,1	90
28/08/2020 22:00		0	7,3	92
28/08/2020 23:00	0	7,5	92	

29/08/2020 00:00	12,1	0	7,7	91
29/08/2020 01:00		0	7,6	91
29/08/2020 02:00		0	7,7	92
29/08/2020 03:00		0,1	7,8	94
29/08/2020 04:00		0,5	8,2	93
29/08/2020 05:00		0,4	8,5	92
29/08/2020 06:00		0,2	8,8	91
29/08/2020 07:00		0,2	8,8	92
29/08/2020 08:00		0,1	8,6	93
29/08/2020 09:00		0,1	8,3	96
29/08/2020 10:00		0	8,2	98
29/08/2020 11:00		0	7,9	100
29/08/2020 12:00		0	7,6	100
29/08/2020 13:00		0	7,3	101
29/08/2020 14:00		0	7,2	101
29/08/2020 15:00		0	7,1	101
29/08/2020 16:00		0	8,7	88
29/08/2020 17:00		0	9,2	88
29/08/2020 18:00		0	9,5	88
29/08/2020 19:00		0	9,8	88
29/08/2020 20:00		0	10,1	90
29/08/2020 21:00		0	10,6	93
29/08/2020 22:00		0	10,9	95
29/08/2020 23:00		0	11,3	97
30/08/2020 00:00	11,3	0	11,2	98
30/08/2020 01:00		0	11,1	99
30/08/2020 02:00		0	10,8	99
30/08/2020 03:00		0	10,7	100
30/08/2020 04:00		0	10,4	99
30/08/2020 05:00		0	10,5	99
30/08/2020 06:00		0	10,9	100
30/08/2020 07:00		0	11,0	99
30/08/2020 08:00		0	11,4	98
30/08/2020 09:00		0	11,7	97
30/08/2020 10:00		0	12,0	96
30/08/2020 11:00		0	12,1	95
30/08/2020 12:00		0	12,1	95
30/08/2020 13:00		0	12,1	96
30/08/2020 14:00		0	12,1	97
30/08/2020 15:00		0	12,0	98
30/08/2020 16:00		0	12,6	95
30/08/2020 17:00		0	13,2	93
30/08/2020 18:00		0	13,7	92
30/08/2020 19:00		0	13,9	90
30/08/2020 20:00		0	13,8	88
30/08/2020 21:00		0	13,5	86
30/08/2020 22:00		0	13,2	84
30/08/2020 23:00		0	12,9	82
31/08/2020 00:00	11,1	0	12,6	80
31/08/2020 01:00		0	12,4	80
31/08/2020 02:00		0	11,9	81
31/08/2020 03:00		0	11,5	84
31/08/2020 04:00		0	11,2	88

31/08/2020 05:00		0	11,4	89
31/08/2020 06:00		0	11,7	89
31/08/2020 07:00		0	11,9	87
31/08/2020 08:00		0	11,9	87
31/08/2020 09:00		0	11,9	89
31/08/2020 10:00		0	12,0	92
31/08/2020 11:00		0	12,3	96
31/08/2020 12:00		0	12,3	97
31/08/2020 13:00		0	12,0	96
31/08/2020 14:00		0	11,5	96
31/08/2020 15:00		0	11,0	94
31/08/2020 16:00		0	12,5	92
31/08/2020 17:00		0	12,5	92
31/08/2020 18:00		0	12,2	90
31/08/2020 19:00		0	11,5	88
31/08/2020 20:00		0	10,7	85
31/08/2020 21:00		0	10,3	81
31/08/2020 22:00		0	10,3	77
31/08/2020 23:00		0	10,3	75
01/09/2020 00:00		0	10,1	74
01/09/2020 01:00		0	10,1	77
01/09/2020 02:00		0,1	10,2	82
01/09/2020 03:00		0,1	10,4	87
01/09/2020 04:00		0,1	10,5	91
01/09/2020 05:00		0,0	10,7	95
01/09/2020 06:00		0,0	10,9	97
01/09/2020 07:00		0,0	10,8	97
01/09/2020 08:00		0,0	10,6	96
01/09/2020 09:00		0,0	10,2	95
01/09/2020 10:00		0,0	10,0	93
01/09/2020 11:00	10,6	0,0	9,7	93
01/09/2020 12:00		0,0	9,4	93
01/09/2020 13:00		0,0	9,0	93
01/09/2020 14:00		0,0	8,6	95
01/09/2020 15:00		0,0	8,4	98
01/09/2020 16:00		0,0	6,7	114
01/09/2020 17:00		0,0	6,8	112
01/09/2020 18:00		0,0	6,9	109
01/09/2020 19:00		0,0	7,0	107
01/09/2020 20:00		0	7,0	104
01/09/2020 21:00		0	7,1	101
01/09/2020 22:00		0	7,1	98
01/09/2020 23:00		0	6,9	96
02/09/2020 00:00		0	6,6	93
02/09/2020 01:00		0	6,0	92
02/09/2020 02:00		0	5,5	93
02/09/2020 03:00		0	5,3	94
02/09/2020 04:00	10,9	0	5,1	93
02/09/2020 05:00		0	5,0	91
02/09/2020 06:00		0	4,9	91
02/09/2020 07:00		0	4,7	92
02/09/2020 08:00		0	4,5	93
02/09/2020 09:00		0	4,3	95

02/09/2020 10:00		0	4,3	95
02/09/2020 11:00		0	4,1	97
02/09/2020 12:00		0	4,0	100
02/09/2020 13:00		0	3,8	102
02/09/2020 14:00		0	3,5	105
02/09/2020 15:00		0	3,3	110
02/09/2020 16:00		0	2,5	72
02/09/2020 17:00		0	2,4	73
02/09/2020 18:00		0	2,3	75
02/09/2020 19:00		0	2,1	73
02/09/2020 20:00		0	1,7	73
02/09/2020 21:00		0	1,3	77
02/09/2020 22:00		0	1,1	75
02/09/2020 23:00		0	0,9	77
03/09/2020 00:00		0	0,7	63
03/09/2020 01:00		0	0,2	27
03/09/2020 02:00		0	0,3	270
03/09/2020 03:00		0	0,7	270
03/09/2020 04:00		0	1,1	270
03/09/2020 05:00		0	1,7	267
03/09/2020 06:00		0	2,4	258
03/09/2020 07:00		0	3,1	251
03/09/2020 08:00		0	3,8	250
03/09/2020 09:00		0	4,2	251
03/09/2020 10:00		0	4,6	252
03/09/2020 11:00		0	5,3	251
03/09/2020 12:00	10,3	0	6,1	249
03/09/2020 13:00		0	6,8	246
03/09/2020 14:00		0	7,6	243
03/09/2020 15:00		0	8,5	240
03/09/2020 16:00		0	8,9	229
03/09/2020 17:00		0	9,4	224
03/09/2020 18:00		0	9,6	222
03/09/2020 19:00		0	9,7	220
03/09/2020 20:00		0	9,5	218
03/09/2020 21:00		0	9,2	216
03/09/2020 22:00		0	8,7	213
03/09/2020 23:00		0	8,5	209
04/09/2020 00:00		0	8,6	205
04/09/2020 01:00		0	8,9	205
04/09/2020 02:00		0	9,3	206
04/09/2020 03:00		0	9,5	207
04/09/2020 04:00		0	9,4	207
04/09/2020 05:00		0	9,0	206
04/09/2020 06:00		0	8,8	201
04/09/2020 07:00	9,0	0	8,7	196
04/09/2020 08:00		0	9,0	192
04/09/2020 09:00		0	9,3	190
04/09/2020 10:00		0	9,5	187
04/09/2020 11:00		0	9,4	187
04/09/2020 12:00		0	9,2	185
04/09/2020 13:00		0	9,1	184
04/09/2020 14:00		0	9,3	182

04/09/2020 15:00		0	9,6	180
04/09/2020 16:00		0	9,6	194
04/09/2020 17:00		0	9,7	193
04/09/2020 18:00		0	10,2	190
04/09/2020 19:00		0	10,8	185
04/09/2020 20:00		0	11,5	182
04/09/2020 21:00		0	11,9	182
04/09/2020 22:00		0	12,2	182
04/09/2020 23:00		0	12,0	181
05/09/2020 00:00	10,3	0	11,6	180
05/09/2020 01:00		0	11,4	179
05/09/2020 02:00		0	11,4	179
05/09/2020 03:00		0	11,3	179
05/09/2020 04:00		0	11,2	178
05/09/2020 05:00		0	11,0	175
05/09/2020 06:00		0	11,0	171
05/09/2020 07:00		0	11,1	166
05/09/2020 08:00		0	10,9	162
05/09/2020 09:00		0	10,7	159
05/09/2020 10:00		0	10,5	155
05/09/2020 11:00		0	10,3	152
05/09/2020 12:00		0	10,0	151
05/09/2020 13:00		0	9,6	151
05/09/2020 14:00		0	9,3	150
05/09/2020 15:00		0	9,1	150
05/09/2020 16:00		0	10,6	149
05/09/2020 17:00		0	10,3	149
05/09/2020 18:00		0	10,0	148
05/09/2020 19:00		0	9,7	146
05/09/2020 20:00		0	9,6	143
05/09/2020 21:00		0	9,6	143
05/09/2020 22:00		0	9,6	143
05/09/2020 23:00	0	9,3	142	
06/09/2020 00:00	11,9	0	8,9	142
06/09/2020 01:00		0,6	8,5	140
06/09/2020 02:00		0,5	8,4	138
06/09/2020 03:00		0,4	8,3	135
06/09/2020 04:00		0,4	8,2	131
06/09/2020 05:00		0,4	8,0	128
06/09/2020 06:00		0,3	7,8	125
06/09/2020 07:00		0,3	7,7	121
06/09/2020 08:00		0,3	7,4	116
06/09/2020 09:00		0,4	7,2	109
06/09/2020 10:00		0,3	7,2	102
06/09/2020 11:00		0,3	6,9	94
06/09/2020 12:00		0,3	6,7	88
06/09/2020 13:00		0,3	6,6	82
06/09/2020 14:00		0,3	6,4	78
06/09/2020 15:00		0,4	6,4	75
06/09/2020 16:00		0	5,4	68
06/09/2020 17:00		0	5,8	64
06/09/2020 18:00		0	6,1	63
06/09/2020 19:00	0	6,4	63	

06/09/2020 20:00		0	6,7	64
06/09/2020 21:00		0	6,9	64
06/09/2020 22:00		0	7,2	65
06/09/2020 23:00		0	7,2	65
07/09/2020 00:00	12,4	0	7,1	66
07/09/2020 01:00		0	7,0	66
07/09/2020 02:00		0	7,0	68
07/09/2020 03:00		0	7,1	70
07/09/2020 04:00		0	7,3	70
07/09/2020 05:00		0	7,8	67
07/09/2020 06:00		0	7,5	63
07/09/2020 07:00		0,4	6,8	63
07/09/2020 08:00		0,8	6,6	65
07/09/2020 09:00		0,3	6,3	65
07/09/2020 10:00		0	6,5	65
07/09/2020 11:00		0	6,7	66
07/09/2020 12:00		0,5	6,4	69
07/09/2020 13:00		1,4	6,1	80
07/09/2020 14:00		1,6	6,0	91
07/09/2020 15:00		1,6	6,2	100
07/09/2020 16:00		2,3	10,9	58
07/09/2020 17:00		1,6	10,6	38
07/09/2020 18:00		0,4	11,5	20
07/09/2020 19:00		0	11,7	13
07/09/2020 20:00		0	10,7	21
07/09/2020 21:00		0	9,7	40
07/09/2020 22:00		0	9,3	57
07/09/2020 23:00	0	9,1	67	
08/09/2020 00:00	14,1	0	8,3	67
08/09/2020 01:00		0	7,6	60
08/09/2020 02:00		0	7,6	49
08/09/2020 03:00		0	8,0	44
08/09/2020 04:00		0	8,7	48
08/09/2020 05:00		0	9,6	55
08/09/2020 06:00		0	10,2	61
08/09/2020 07:00		0	10,4	66
08/09/2020 08:00		0	10,0	68
08/09/2020 09:00		0	9,4	69
08/09/2020 10:00		0	8,7	69
08/09/2020 11:00		0	8,5	69
08/09/2020 12:00		0	8,7	69
08/09/2020 13:00		0	9,1	73
08/09/2020 14:00		0	9,6	77
08/09/2020 15:00		0	10,3	81
08/09/2020 16:00		0	11,0	87
08/09/2020 17:00		0	11,3	89
08/09/2020 18:00		0	11,5	92
08/09/2020 19:00		0	11,6	94
08/09/2020 20:00		0	11,7	95
08/09/2020 21:00		0	11,9	94
08/09/2020 22:00		0	11,9	93
08/09/2020 23:00	0	12,2	91	
09/09/2020 00:00	12,5	0	12,3	90

09/09/2020 01:00		0	12,5	89
09/09/2020 02:00		0	12,5	88
09/09/2020 03:00		0	12,4	89
09/09/2020 04:00		0	12,4	90
09/09/2020 05:00		0	12,4	91
09/09/2020 06:00		0	12,4	93
09/09/2020 07:00		0	12,5	94
09/09/2020 08:00		0	12,4	94
09/09/2020 09:00		0	12,5	93
09/09/2020 10:00		0	12,4	91
09/09/2020 11:00		0	12,3	90
09/09/2020 12:00		0	12,0	90
09/09/2020 13:00		0	11,8	91
09/09/2020 14:00		0	11,4	94
09/09/2020 15:00		0	11,1	98
09/09/2020 16:00		0	10,7	110
09/09/2020 17:00		0	10,6	113
09/09/2020 18:00		0	10,5	115
09/09/2020 19:00		0	10,6	113
09/09/2020 20:00		0	10,6	109
09/09/2020 21:00		0	10,7	104
09/09/2020 22:00		0	10,8	100
09/09/2020 23:00		0	10,7	98
10/09/2020 00:00		0	10,7	98
10/09/2020 01:00		0	10,7	99
10/09/2020 02:00		0	10,8	97
10/09/2020 03:00		0	10,7	95
10/09/2020 04:00		0	10,9	91
10/09/2020 05:00		0	11,1	87
10/09/2020 06:00		0	11,4	84
10/09/2020 07:00		0	11,4	82
10/09/2020 08:00		0	11,3	82
10/09/2020 09:00		0	11,1	82
10/09/2020 10:00		0	10,9	84
10/09/2020 11:00		0	10,5	86
10/09/2020 12:00	11,4	0	9,9	88
10/09/2020 13:00		0	9,2	89
10/09/2020 14:00		0	8,6	91
10/09/2020 15:00		0	8,2	94
10/09/2020 16:00		0	12,4	81
10/09/2020 17:00		0	12,3	80
10/09/2020 18:00		0	12,1	80
10/09/2020 19:00		0	12,0	81
10/09/2020 20:00		0	11,7	81
10/09/2020 21:00		0	11,7	80
10/09/2020 22:00		0	11,4	78
10/09/2020 23:00		0	10,9	75
11/09/2020 00:00		0	10,5	71
11/09/2020 01:00		0	10,1	68
11/09/2020 02:00	12,2	0	9,8	66
11/09/2020 03:00		0	9,5	65
11/09/2020 04:00		0	9,1	65
11/09/2020 05:00		0	8,4	66

11/09/2020 06:00		0	7,9	69
11/09/2020 07:00		0	7,4	74
11/09/2020 08:00		0	7,0	79
11/09/2020 09:00		0	6,6	85
11/09/2020 10:00		0	6,1	92
11/09/2020 11:00		0	5,7	99
11/09/2020 12:00		0	5,4	106
11/09/2020 13:00		0	5,4	114
11/09/2020 14:00		0	5,3	119
11/09/2020 15:00		0	5,2	124
11/09/2020 16:00		0	8,1	62
11/09/2020 17:00		0	7,8	64
11/09/2020 18:00		0	7,4	66
11/09/2020 19:00		0	7,2	69
11/09/2020 20:00		0	7,0	72
11/09/2020 21:00		0	6,9	73
11/09/2020 22:00		0	6,7	75
11/09/2020 23:00		0	6,4	76
12/09/2020 00:00		0	5,9	76
12/09/2020 01:00		0	5,3	78
12/09/2020 02:00		0	4,9	82
12/09/2020 03:00		0	4,6	85
12/09/2020 04:00		0	4,8	89
12/09/2020 05:00		0	4,9	92
12/09/2020 06:00		0	5,0	96
12/09/2020 07:00		0	5,2	99
12/09/2020 08:00		0	5,2	101
12/09/2020 09:00		0	5,3	103
12/09/2020 10:00		0	5,4	105
12/09/2020 11:00	11,4	0	5,3	105
12/09/2020 12:00		0	5,2	106
12/09/2020 13:00		0	4,9	108
12/09/2020 14:00		0	4,9	109
12/09/2020 15:00		0	4,8	111
12/09/2020 16:00		0	4,4	86
12/09/2020 17:00		0	4,3	90
12/09/2020 18:00		0	4,2	91
12/09/2020 19:00		0	4,0	97
12/09/2020 20:00		0	4,1	103
12/09/2020 21:00		0	4,3	108
12/09/2020 22:00		0	4,6	109
12/09/2020 23:00		0	4,6	109
13/09/2020 00:00		0	4,7	111
13/09/2020 01:00		0	4,7	115
13/09/2020 02:00		0	4,9	121
13/09/2020 03:00		0	5,0	125
13/09/2020 04:00		0	5,3	129
13/09/2020 05:00	10,9	0	5,5	130
13/09/2020 06:00		0	5,7	131
13/09/2020 07:00		0	5,8	134
13/09/2020 08:00		0	5,9	136
13/09/2020 09:00		0	6,4	138
13/09/2020 10:00		0	6,7	137

13/09/2020 11:00		0	7,1	136	
13/09/2020 12:00		0	7,4	134	
13/09/2020 13:00		0	7,6	132	
13/09/2020 14:00		0	8,0	130	
13/09/2020 15:00		0	8,2	129	
13/09/2020 16:00		0	6,6	132	
13/09/2020 17:00		0	6,5	134	
13/09/2020 18:00		0	6,7	136	
13/09/2020 19:00		0	7,2	139	
13/09/2020 20:00		0	7,5	139	
13/09/2020 21:00		0	7,7	139	
13/09/2020 22:00		0	8,1	139	
13/09/2020 23:00		0	8,2	138	
14/09/2020 00:00	11,0	0	8,4	138	
14/09/2020 01:00		0	8,5	138	
14/09/2020 02:00		0	8,8	138	
14/09/2020 03:00		0	8,9	136	
14/09/2020 04:00		0	9,2	135	
14/09/2020 05:00		0,5	9,5	133	
14/09/2020 06:00		0,4	9,8	132	
14/09/2020 07:00		0,2	10,3	132	
14/09/2020 08:00		0	10,8	130	
14/09/2020 09:00		0	11,2	126	
14/09/2020 10:00		0	11,8	120	
14/09/2020 11:00		0	12,4	113	
14/09/2020 12:00		0	12,7	108	
14/09/2020 13:00		0	12,5	107	
14/09/2020 14:00		0	11,9	108	
14/09/2020 15:00		0	11,3	112	
14/09/2020 16:00		0	11,0	135	
14/09/2020 17:00		0	10,8	134	
14/09/2020 18:00		0	10,5	132	
14/09/2020 19:00		0	10,2	130	
14/09/2020 20:00		0	10,1	126	
14/09/2020 21:00		0	10,4	119	
14/09/2020 22:00		0	10,7	110	
14/09/2020 23:00		0	11,3	105	
15/09/2020 00:00		8,6	0	11,5	102
15/09/2020 01:00			0	11,4	100
15/09/2020 02:00			0	11,3	98
15/09/2020 03:00			0	11,2	96
15/09/2020 04:00	0		10,9	95	
15/09/2020 05:00	0		10,6	95	
15/09/2020 06:00	0		10,4	98	
15/09/2020 07:00	0		10,2	99	
15/09/2020 08:00	0		10,1	99	
15/09/2020 09:00	0		10,0	98	
15/09/2020 10:00	0		10,0	96	
15/09/2020 11:00	0		9,7	94	
15/09/2020 12:00	0		9,5	92	
15/09/2020 13:00	0		9,1	93	
15/09/2020 14:00	0		8,8	93	
15/09/2020 15:00	0	8,6	94		

15/09/2020 16:00		0	8,4	94	
15/09/2020 17:00		0	8,3	94	
15/09/2020 18:00		0	8,2	93	
15/09/2020 19:00		0	8,3	93	
15/09/2020 20:00		0	8,4	91	
15/09/2020 21:00		0	8,4	89	
15/09/2020 22:00		0	8,4	86	
15/09/2020 23:00		0	8,3	82	
16/09/2020 00:00	9,4	0	8,3	81	
16/09/2020 01:00		0	8,0	79	
16/09/2020 02:00		0	7,7	78	
16/09/2020 03:00		0	7,2	78	
16/09/2020 04:00		0	6,9	78	
16/09/2020 05:00		0	6,7	80	
16/09/2020 06:00		0	6,6	81	
16/09/2020 07:00		0	6,6	82	
16/09/2020 08:00		0	6,7	83	
16/09/2020 09:00		0	6,6	85	
16/09/2020 10:00		0	6,7	86	
16/09/2020 11:00		0	6,8	84	
16/09/2020 12:00		0	6,8	83	
16/09/2020 13:00		0	6,7	81	
16/09/2020 14:00		0	6,6	81	
16/09/2020 15:00		0	6,4	80	
16/09/2020 16:00		0	5,4	55	
16/09/2020 17:00		0	5,4	53	
16/09/2020 18:00		0	5,2	54	
16/09/2020 19:00		0	4,9	58	
16/09/2020 20:00		0	5,1	67	
16/09/2020 21:00		0	5,6	75	
16/09/2020 22:00		0	5,4	79	
16/09/2020 23:00		0	5,4	81	
17/09/2020 00:00		10,2	0	5,3	84
17/09/2020 01:00			0	5,7	86
17/09/2020 02:00			0	6,3	84
17/09/2020 03:00			0	6,7	84
17/09/2020 04:00	0		7,5	82	
17/09/2020 05:00	0		7,9	81	
17/09/2020 06:00	0		8,0	79	
17/09/2020 07:00	0		8,2	80	
17/09/2020 08:00	0		8,4	80	
17/09/2020 09:00	0		8,5	81	
17/09/2020 10:00	0		8,2	81	
17/09/2020 11:00	0		7,8	81	
17/09/2020 12:00	0		7,5	82	
17/09/2020 13:00	0		7,1	85	
17/09/2020 14:00	0		6,9	89	
17/09/2020 15:00	0		6,7	92	
17/09/2020 16:00	0		4,5	82	
17/09/2020 17:00	0		4,4	86	
17/09/2020 18:00	0		4,4	90	
17/09/2020 19:00	0		4,5	95	
17/09/2020 20:00	0	4,8	102		

17/09/2020 21:00		0	5,2	106
17/09/2020 22:00		0	5,6	106
17/09/2020 23:00		0	5,8	106
18/09/2020 00:00	9,9	0	6,0	105
18/09/2020 01:00		0	6,3	106
18/09/2020 02:00		0	6,7	105
18/09/2020 03:00		0	7,2	104
18/09/2020 04:00		0	7,6	99
18/09/2020 05:00		0	7,9	94
18/09/2020 06:00		0	8,0	91
18/09/2020 07:00		0	8,0	89
18/09/2020 08:00		0	8,0	90
18/09/2020 09:00		0	8,0	90
18/09/2020 10:00		0	7,7	91
18/09/2020 11:00		0	7,5	94
18/09/2020 12:00		0	7,4	97
18/09/2020 13:00		0	7,1	101
18/09/2020 14:00		0	7,2	105
18/09/2020 15:00		0	7,2	109
18/09/2020 16:00		0	5,7	106
18/09/2020 17:00		0	6,5	109
18/09/2020 18:00		0	7,1	108
18/09/2020 19:00		0	7,6	108
18/09/2020 20:00		0	8,0	108
18/09/2020 21:00		0	8,4	105
18/09/2020 22:00		0	8,3	103
18/09/2020 23:00	0	8,4	102	
19/09/2020 00:00	10,2	0	8,3	100
19/09/2020 01:00		0	8,1	99
19/09/2020 02:00		0	7,9	99
19/09/2020 03:00		0	7,7	100
19/09/2020 04:00		0	7,5	100
19/09/2020 05:00		0	7,6	99
19/09/2020 06:00		0	7,6	98
19/09/2020 07:00		0	7,5	95
19/09/2020 08:00		0	7,5	92
19/09/2020 09:00		0	7,4	91
19/09/2020 10:00		0	7,2	90
19/09/2020 11:00		0	6,9	90
19/09/2020 12:00		0	6,4	90
19/09/2020 13:00		0	5,6	91
19/09/2020 14:00		0	5,0	93
19/09/2020 15:00		0	4,4	96
19/09/2020 16:00		0	6,7	81
19/09/2020 17:00		0	6,4	83
19/09/2020 18:00		0	6,3	86
19/09/2020 19:00		0	6,3	88
19/09/2020 20:00		0	6,5	90
19/09/2020 21:00		0	6,7	89
19/09/2020 22:00		0	6,9	88
19/09/2020 23:00	0	7,0	89	
20/09/2020 00:00	10,5	0	6,7	88
20/09/2020 01:00		0	6,7	87

20/09/2020 02:00		0	6,9	86
20/09/2020 03:00		0	7,3	87
20/09/2020 04:00		0	7,6	89
20/09/2020 05:00		0	7,9	90
20/09/2020 06:00		0	8,0	90
20/09/2020 07:00		0	8,1	90
20/09/2020 08:00		0	8,0	90
20/09/2020 09:00		0	8,1	90
20/09/2020 10:00		0	8,2	90
20/09/2020 11:00		0	8,1	90
20/09/2020 12:00		0	8,0	91
20/09/2020 13:00		0	7,5	93
20/09/2020 14:00		0	7,3	97
20/09/2020 15:00		0	7,0	101
20/09/2020 16:00		0	5,6	92
20/09/2020 17:00		0	5,7	94
20/09/2020 18:00		0	5,9	96
20/09/2020 19:00		0	6,2	96
20/09/2020 20:00		0	6,6	96
20/09/2020 21:00		0	7,1	95
20/09/2020 22:00		0	7,4	95
20/09/2020 23:00		0	7,7	94
21/09/2020 00:00	11,5	0	8,0	95
21/09/2020 01:00		0	8,1	96
21/09/2020 02:00		0	8,4	95
21/09/2020 03:00		0	8,6	96
21/09/2020 04:00		0	9,0	96
21/09/2020 05:00		0	9,3	97
21/09/2020 06:00		0	9,7	95
21/09/2020 07:00		0	10,4	93
21/09/2020 08:00		0	11,3	90
21/09/2020 09:00		0	12,0	88
21/09/2020 10:00		0	12,3	84
21/09/2020 11:00		0	12,2	82
21/09/2020 12:00		0	12,1	80
21/09/2020 13:00		0	11,8	80
21/09/2020 14:00		0	11,4	80
21/09/2020 15:00		0	11,5	82
21/09/2020 16:00		0	10,4	66
21/09/2020 17:00		0	10,0	67
21/09/2020 18:00		0	9,7	69
21/09/2020 19:00		0	9,6	70
21/09/2020 20:00		0	9,2	71
21/09/2020 21:00		0	9,1	71
21/09/2020 22:00		0	8,9	70
21/09/2020 23:00		0	8,7	68
22/09/2020 00:00	10,8	0	8,4	68
22/09/2020 01:00		0	8,2	70
22/09/2020 02:00		0	8,0	71
22/09/2020 03:00		0	8,2	73
22/09/2020 04:00		0	8,1	74
22/09/2020 05:00		0	8,2	74
22/09/2020 06:00	0	8,2	74	

22/09/2020 07:00		0	8,2	73
22/09/2020 08:00		0	8,2	72
22/09/2020 09:00		0	8,3	71
22/09/2020 10:00		0	8,1	70
22/09/2020 11:00		0	7,9	68
22/09/2020 12:00		0	7,4	65
22/09/2020 13:00		0	6,6	63
22/09/2020 14:00		0	6,0	62
22/09/2020 15:00		0	5,1	63
22/09/2020 16:00		0	5,0	64
22/09/2020 17:00		0	4,2	66
22/09/2020 18:00		0	3,4	71
22/09/2020 19:00		0	2,9	80
22/09/2020 20:00		0	2,5	90
22/09/2020 21:00		0	2,4	107
22/09/2020 22:00		0	2,5	119
22/09/2020 23:00		0	2,7	124
23/09/2020 00:00	9,0	0	2,7	129
23/09/2020 01:00		0	2,8	135
23/09/2020 02:00		0	3,0	135
23/09/2020 03:00		0	3,2	134
23/09/2020 04:00		0	3,5	134
23/09/2020 05:00		0	3,8	133
23/09/2020 06:00		0	4,1	133
23/09/2020 07:00		0	4,3	134
23/09/2020 08:00		0	4,5	133
23/09/2020 09:00		0	4,6	132
23/09/2020 10:00		0	4,7	130
23/09/2020 11:00		0	4,6	126
23/09/2020 12:00		0	4,4	125
23/09/2020 13:00		0	4,3	126
23/09/2020 14:00		0	4,0	127
23/09/2020 15:00		0	4,0	127
23/09/2020 16:00		0	3,8	125
23/09/2020 17:00		0	3,8	127
23/09/2020 18:00		0	3,8	132
23/09/2020 19:00		0	4,0	136
23/09/2020 20:00		0	4,2	137
23/09/2020 21:00		0	4,6	136
23/09/2020 22:00		0	4,6	134
23/09/2020 23:00		0	4,8	131
24/09/2020 00:00	10,4	0	4,5	130
24/09/2020 01:00		0	4,1	129
24/09/2020 02:00		0	3,9	130
24/09/2020 03:00		0	3,8	132
24/09/2020 04:00		0	4,0	132
24/09/2020 05:00		0	4,2	130
24/09/2020 06:00		0	4,4	129
24/09/2020 07:00		0	4,6	128
24/09/2020 08:00		0	4,6	126
24/09/2020 09:00		0	4,5	125
24/09/2020 10:00		0	4,6	124
24/09/2020 11:00	0	4,7	124	

24/09/2020 12:00		0	4,6	122
24/09/2020 13:00		0	4,4	123
24/09/2020 14:00		0	4,2	121
24/09/2020 15:00		0	4,1	124
24/09/2020 16:00		0	3,3	104
24/09/2020 17:00		0	3,5	105
24/09/2020 18:00		0	3,6	106
24/09/2020 19:00		0	3,7	106
24/09/2020 20:00		0	3,7	106
24/09/2020 21:00		0	3,9	107
24/09/2020 22:00		0	3,8	110
24/09/2020 23:00		0	3,9	111
25/09/2020 00:00	10,7	0	3,7	112
25/09/2020 01:00		0	3,6	117
25/09/2020 02:00		0	3,6	122
25/09/2020 03:00		0	3,9	125
25/09/2020 04:00		0	4,1	124
25/09/2020 05:00		0	4,4	121
25/09/2020 06:00		0	4,7	119
25/09/2020 07:00		0	4,9	118
25/09/2020 08:00		0	5,1	117
25/09/2020 09:00		0	5,3	113
25/09/2020 10:00		0	5,4	110
25/09/2020 11:00		0	5,6	108
25/09/2020 12:00		0	5,5	105
25/09/2020 13:00		0	5,3	103
25/09/2020 14:00		0	5,0	104
25/09/2020 15:00		0	5,0	106
25/09/2020 16:00		0	5,4	94
25/09/2020 17:00		0	5,4	96
25/09/2020 18:00		0	5,5	99
25/09/2020 19:00		0	5,6	100
25/09/2020 20:00		0	5,8	100
25/09/2020 21:00		0	6,0	100
25/09/2020 22:00		0	6,1	98
25/09/2020 23:00		0	5,9	95
26/09/2020 00:00	11,1	0	5,8	94
26/09/2020 01:00		0	5,6	94
26/09/2020 02:00		0	5,4	96
26/09/2020 03:00		0	5,3	99
26/09/2020 04:00		0	5,3	102
26/09/2020 05:00		0	5,4	104
26/09/2020 06:00		0	5,5	105
26/09/2020 07:00		0	5,6	105
26/09/2020 08:00		0	5,8	104
26/09/2020 09:00		0	5,9	100
26/09/2020 10:00		0	5,9	95
26/09/2020 11:00		0	5,7	90
26/09/2020 12:00		0	5,4	85
26/09/2020 13:00		0	5,2	79
26/09/2020 14:00		0	5,0	75
26/09/2020 15:00		0	4,9	71
26/09/2020 16:00	0	6,9	64	

26/09/2020 17:00		0	6,8	65
26/09/2020 18:00		0	6,5	65
26/09/2020 19:00		0	6,5	65
26/09/2020 20:00		0	6,5	67
26/09/2020 21:00		0	6,9	68
26/09/2020 22:00		0	7,2	69
26/09/2020 23:00		0	7,1	68
27/09/2020 00:00	12,1	0	7,3	67
27/09/2020 01:00		0	7,0	67
27/09/2020 02:00		0	7,0	71
27/09/2020 03:00		0	7,1	72
27/09/2020 04:00		0	7,2	72
27/09/2020 05:00		0	7,4	71
27/09/2020 06:00		0	7,4	69
27/09/2020 07:00		0	7,2	71
27/09/2020 08:00		0	7,0	70
27/09/2020 09:00		0	7,1	70
27/09/2020 10:00		0	7,2	66
27/09/2020 11:00		0	7,2	62
27/09/2020 12:00		0	7,0	56
27/09/2020 13:00		0	6,5	51
27/09/2020 14:00		0	5,9	46
27/09/2020 15:00		0	5,2	43
27/09/2020 16:00		0	4,7	29
27/09/2020 17:00		0	4,7	32
27/09/2020 18:00		0	4,7	34
27/09/2020 19:00		0	4,6	37
27/09/2020 20:00		0	4,7	42
27/09/2020 21:00		0	4,9	44
27/09/2020 22:00		0	5,2	45
27/09/2020 23:00		0	5,6	47
28/09/2020 00:00	13,2	0	5,7	49
28/09/2020 01:00		0	5,8	49
28/09/2020 02:00		0	5,6	51
28/09/2020 03:00		0	5,3	52
28/09/2020 04:00		0	5,1	54
28/09/2020 05:00		0	5,0	56
28/09/2020 06:00		0	4,8	56
28/09/2020 07:00		0	4,7	56
28/09/2020 08:00		0	4,6	57
28/09/2020 09:00		0	4,5	59
28/09/2020 10:00		0	4,4	59
28/09/2020 11:00		0	4,4	60
28/09/2020 12:00		0,1	4,2	62
28/09/2020 13:00		0	3,8	63
28/09/2020 14:00		0	3,5	68
28/09/2020 15:00		0	3,2	72
28/09/2020 16:00		0	5,0	81
28/09/2020 17:00		0	4,9	82
28/09/2020 18:00		0	5,1	82
28/09/2020 19:00		0	5,2	82
28/09/2020 20:00		0	5,3	85
28/09/2020 21:00	0	5,4	85	

28/09/2020 22:00		0	5,5	84
28/09/2020 23:00		0	5,4	83

6.4 Annexe 4 : Bulletin climatologique départemental de août et septembre 2020 (Météo-France)

7. PIÈCES JOINTES

7.1 Pièce jointe 1 : Rapport d'analyse (Dossier N° : 20E174202 Version du : 14/10/2019)

ANNEXE 4 - Pièce 9

Mesure de bruit périodique sur la carrière de Piton Villers
et état initial pour l'extension projetée (EMC2
Environnement, 2019)

Objet :	Mesures de bruit périodiques sur la carrière du Piton Villers et état initial pour l'extension projetée
Client :	Société BEGE Travaux Publics Location (SBTPL) 229 Rue Jean de Fos du Rau La plaine des Cafres 97418 Le Tampon
Localisation :	SBTPL – Carrière Piton Villers Plaine des Cafres 97418 Le Tampon
Référence :	Dossier EMC2 n°303 – Mesures bruit
Référence devis :	Devis n°471-2018 V2
Date :	Mars 2019

SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
SOMMAIRE DES PLANCHES	3
SOMMAIRE DES TABLEAUX	3
1. PRÉAMBULE	4
2. OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES	4
2.1 ARRÊTÉ DU 23/01/1997 (RÉGLEMENTATION BRUIT)	4
2.2 ARRÊTÉ N° 00-2474/SG/DAI/3 (ARRÊTÉ D'AUTORISATION).....	4
3. MÉTHODE DE MESURES	5
3.1 APPAREILLAGE DE MESURE	5
3.2 POINTS DE MESURE	5
3.3 CONDITIONS DE MESURAGES.....	10
3.4 INDICATEURS.....	12
3.4.1 <i>Contrôle des niveaux de bruit admissibles en limites de propriété</i>	12
3.4.2 <i>Contrôle de l'émergence</i>	12
4. RÉSULTATS	12
5. CONFORMITÉ DE L'INSTALLATION AUX POINTS DE MESURES	22
5.1 CONTRÔLE EN LIMITE DE PROPRIÉTÉ.....	22
5.2 CONTRÔLE DE L'ÉMERGENCE DE L'INSTALLATION ACTUELLE.....	23
5.3 CONFORMITÉ DU SITE VIS-À-VIS DES TONALITÉS MARQUÉES.....	24
5.4 ÉTAT INITIAL DANS LE CADRE DU PROJET D'EXTENSION	24
6. CONCLUSION	26
7. ANNEXE	26

SOMMAIRE DES PLANCHES

Planche 1 : Positions des points de mesure de bruit dans le cadre du contrôle de l'installation existante, sur carte issue du DDAE de décembre 1997.....	6
Planche 2 : Position des points de mesure par rapport au zonage du PLU actuel dans le cadre du projet d'extension (état initial)	7
Planche 3 : Vue des pitons rocheux entre le Tourne Broche et la carrière SBTPL, jouant le rôle d'écrans acoustiques.....	8
Planche 4 : Synthèse de la localisation des points de mesure 2019.....	9
Planche 5 : Courbes, histogramme et photo du point de mesure de bruit LP 1 – Nocturne	14
Planche 6 : Courbes, histogramme et photo du point de mesure de bruit LP 1 – Diurne.....	15
Planche 7 : Courbes, histogramme et photo du point de mesure de bruit LP 2 – Diurne.....	16
Planche 8 : Courbes, histogramme et photo du point de mesure de bruit ZER 1 – Nocturne, état initial..	17
Planche 9 : Courbes, histogramme et photo du point de mesure de bruit ZER 1 –Diurne, en fonctionnement	18
Planche 10 : Courbes, histogramme et photo du point de mesure de bruit PC – Nocturne, état initial	19
Planche 11 : Courbes, histogramme et photo du point de mesure de bruit PC – Diurne en fonctionnement	20
Planche 12 : Courbes, histogramme et photo du point de mesure de bruit PC – Diurne état initial.....	21
Planche 13 : Position du point ZER 1 par rapport à la carrière existante et au projet d'extension	25

SOMMAIRE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Émergence admissible selon le niveau sonore ambiant – Arrêté du 23/01/1997	4
Tableau 2 : Valeur limite d'émergence dans les zones réglementées – Article 10 de l'Arrêté d'autorisation n°00-2474/SG/DAI/3.....	5
Tableau 3 : Valeur maximale de bruit en limite de propriété – Article 10 de l'Arrêté d'autorisation n°00-2474/SG/DAI/3.....	5
Tableau 4 : Calibrage du sonomètre.....	5
Tableau 5 : Type des points de mesure et localisation	9
Tableau 6 : Conditions de mesurage à chaque point de mesure	11
Tableau 7 : Résultats des mesures de bruit du 12/03/2019.....	13
Tableau 8 : Conformité en limite de propriété – Installations en fonctionnement.....	22
Tableau 9 : Émergence admissible selon l'Arrêté du 23/01/1997 et l'Arrêté d'autorisation.....	23
Tableau 10 : Émergence calculée en PC.....	23
Tableau 11 : Conformité en ZER selon l'Arrêté du 23/01/1997 et l'Arrêté d'autorisation	24
Tableau 12 : Résultats au niveau des autres points de mesure (état initial pour l'extension).....	24

1. PRÉAMBULE

La société SBTPL est autorisée à exploiter une carrière et une installation de concassage-criblage sur la commune du Tampon (974), au lieu-dit « Piton Villers » à la Plaine des Cafres (Arrêté n° 00-2474/SG/DAI/3 du 10 octobre 2000 et Arrêté n°04-853/SG/DRCTCV du 20 avril 2004).

Conformément à l'Arrêté du 23/01/1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement, une mesure de bruit et de l'émergence doit être réalisée régulièrement pour vérifier l'impact sonore de l'installation.

Un projet d'extension étant actuellement en cours, des mesures doivent également être réalisées en complément afin d'établir l'état initial de la demande d'autorisation environnementale.

La société SBTPL a mandaté EMC2 Environnement pour la réalisation de mesures de bruit, conformément à l'Arrêté du 23/01/1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement et à l'Arrêté d'autorisation.

2. OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES

2.1 ARRETE DU 23/01/1997 (REGLEMENTATION BRUIT)

Conformément à l'Arrêté du 23/01/1997, les émissions sonores de l'installation ne doivent pas engendrer une émergence supérieure aux valeurs admissibles fixées dans le tableau ci-après, dans les zones où celle-ci est réglementée :

Niveau de bruit ambiant existant dans les zones à émergence réglementée incluant le bruit de l'établissement	Émergence admissible pour la période allant de 7h à 22h sauf dimanches et jours fériés	Émergence admissible pour la période allant de 22h à 7h ainsi que les dimanches et jours fériés
35 dB(A) < Niveau ≤ 45 dB(A)	6 dB(A)	4 dB(A)
Niveau > 45 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)

Tableau 1 : Émergence admissible selon le niveau sonore ambiant – Arrêté du 23/01/1997

Cet Arrêté fixe également les niveaux de bruit à ne pas dépasser en limite de propriété de l'établissement, à savoir 70 dB(A) pour la période de jour et 60 dB(A) pour la période de nuit.

Finalement, la tonalité marquée est détectée dans un spectre non pondéré de tiers d'octave quand la différence de niveau entre la bande de tiers d'octave et les quatre bandes de tiers d'octave les plus proches (les deux bandes immédiatement inférieures et les deux bandes immédiatement supérieures) atteint ou dépasse les niveaux indiqués dans le tableau ci-après pour la bande considérée :

0 Hz à 315 Hz	400 Hz à 1250 Hz	1600 Hz à 8000 Hz
10 dB	5 dB	5 dB

Dans le cas où le bruit particulier de l'établissement est à tonalité marquée, de manière établie ou cyclique, sa durée d'apparition ne peut excéder 30 % de la durée de fonctionnement de l'établissement dans chacune des périodes diurne ou nocturne définies dans le Tableau 1.

2.2 ARRETE N° 00-2474/SG/DAI/3 (ARRETE D'AUTORISATION)

L'article 10 de l'arrêté préfectoral d'autorisation n° 00-2474/SG/DAI/3 a fixé les valeurs limites d'émergence et les niveaux limite de bruit suivants :

Émergence admissible pour la période allant de 6h30 à 21h30 sauf dimanches et jours fériés	Émergence admissible pour la période allant de 21h30 à 6h30, dimanches et jours fériés
5 dB(A)	3 dB(A)

Tableau 2 : Valeur limite d'émergence dans les zones réglementées – Article 10 de l'Arrêté d'autorisation n°00-2474/SG/DAI/3

Valeur maximale en limite de propriété sur la période allant de 6h30 à 21h30 sauf dimanches et jours fériés	Valeur maximale en limite de propriété sur la période allant de 21h30 à 6h30, dimanches et jours fériés
70 dB(A)	60 dB(A)

Tableau 3 : Valeur maximale de bruit en limite de propriété – Article 10 de l'Arrêté d'autorisation n°00-2474/SG/DAI/3

3. MÉTHODE DE MESURES

Les mesurages ont été effectués conformément à l'Arrêté du 23/01/1997.

La méthode dite « d'expertise » a été utilisée.

3.1 APPAREILLAGE DE MESURE

La chaîne de mesure utilisée est la suivante (cf. annexe 1) :

- Un sonomètre / analyseur de spectre, intégrateur de classe 1, modèle SC310 de Cesva, n° de série : T-226281 ;
- Un calibre acoustique modèle CB-5 de Cesva, n° de série : 043477.

Un calibrage du sonomètre a été réalisé avant et après la série de mesurages :

Calibreur	Valeur lue sur le sonomètre*	
	Avant la série de mesurage	Après la série de mesurage
94 dBA	93,6	93,5
104 dBA	103,6	103,5
Date et heure	12/03/2019 – 5h04	12/03/2019 – 10h30

* L'écart doit être inférieur à 0,5 dBA.

Tableau 4 : Calibrage du sonomètre

Chaque enregistrement est caractérisé par un **LAeq**, ou niveau **sonore continu équivalent**, qui correspond au niveau sonore d'un son continu stable égal à la moyenne quadratique des différents niveaux sonores enregistrés pendant la période de mesure.

Afin d'apprécier le niveau sonore initial et le niveau sonore lié au fonctionnement de l'activité, **8 mesures de 30 minutes** chacune ont été réalisées, conformément à la norme NFS 31-010 de décembre 1996 et à l'Arrêté 23 janvier 1997.

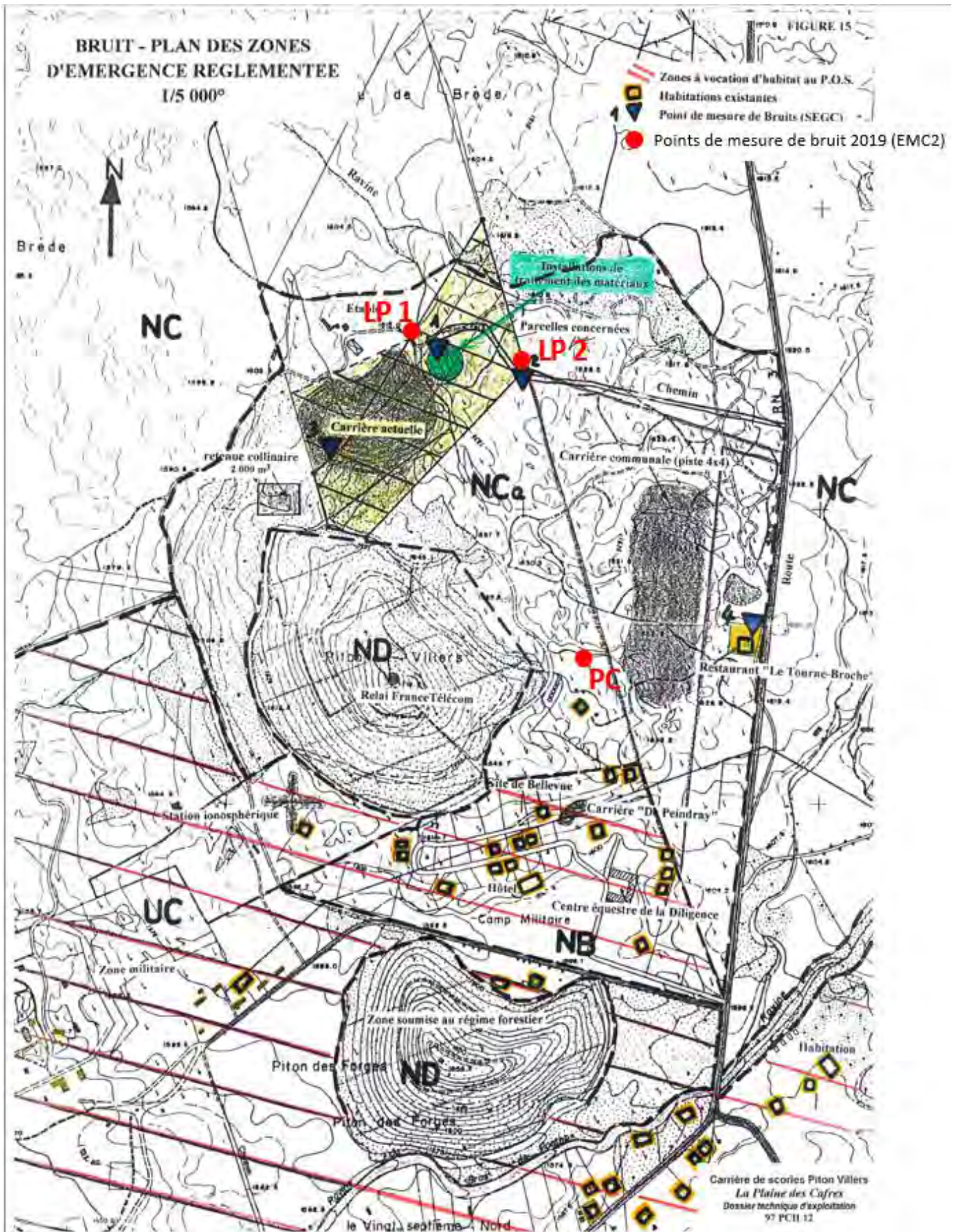
3.2 POINTS DE MESURE

Contrôle de l'installation existante

Les emplacements de mesure ont été déterminés selon le Dossier de Demande d'Autorisation d'exploiter (Décembre 1997) et en fonction des positions respectives de l'installation et des zones à émergence réglementée. Ces mesures permettent ainsi d'avoir une représentativité satisfaisante de l'effet potentiel des émissions sonores de l'installation sur les zones habitées.

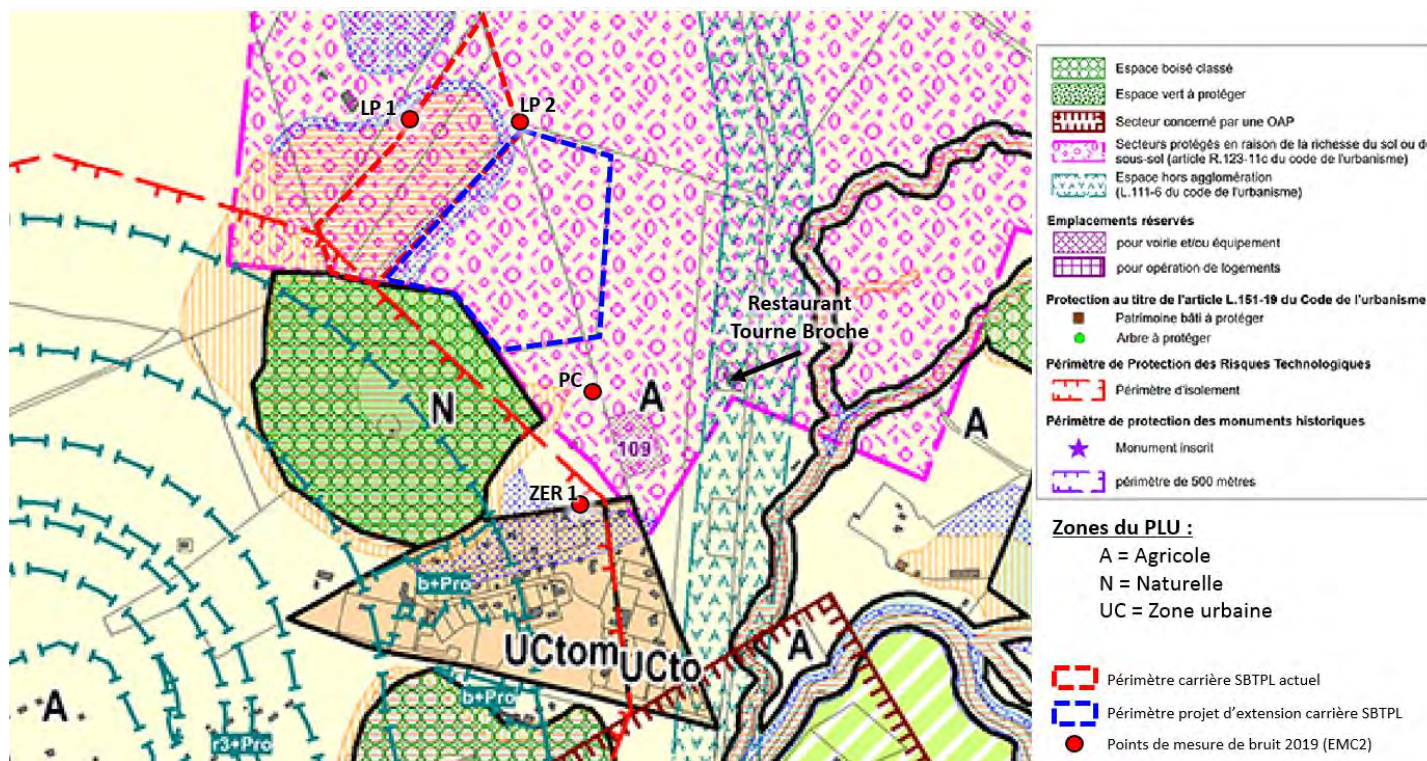
Les mesures de bruit ont donc été effectuées en 3 points (cf. planche ci-après) :

- deux en limite de propriété : Point LP 1 et Point LP 2.
- un au niveau des Zones à Emergence Réglementées les plus proches (habitations) identifiées dans le DDAE initial : PC (pour Point de Contrôle)



État initial dans le cadre de l'extension

Dans le cadre de l'état initial du projet d'extension, la carte de zonage du PLU approuvé en décembre 2018 a été utilisée pour définir les zones à émergence réglementée à proximité du projet. Un point complémentaire à ceux définis précédemment a été ajouté : le point ZER 1.



Remarques :

- Au nord du projet de carrière, la zone est classée en Agricole dans le PLU approuvé en décembre 2018 ; aucune ZER n'est localisée dans cette zone.
- Le point PC, considéré comme ZER dans l'état initial du DDAE de 1997 ne l'est plus, car il est situé dans une zone agricole non constructible, et les anciens bâtiments ne sont pas représentés dans la cartographie du PLU.

Cas du Tourne Broche

Dans le cadre du DDAE de 1997, un point de mesure avait été positionné au niveau du restaurant « Tourne Broche », situé le long de la RN3 (identifié sur les deux planches précédentes, point n°4 de la Planche 1). Cette mesure avait été jugée « non significative », car le trafic routier y est très important.

Ce point n'a pas été retenu dans le cadre des mesures réalisées en 2019, aussi bien pour le contrôle de l'installation existante que pour le projet d'extension, pour les raisons suivantes :

- l'effet de la RN 3 à ce niveau est très important, le restaurant étant situé en bordure directe de cet axe routier au trafic important ;
- l'effet de l'installation de compostage de déchets verts située entre la carrière et le restaurant est plus important que l'effet de la carrière existante au niveau du restaurant ;
- le restaurant est situé en contrebas de ces installations (compostage et carrière) derrière des pitons rocheux surmontés d'un écran végétal, comme le montrent la planche suivante. Ces deux pitons permettent de ne pas ressentir les émissions sonores liées à l'exploitation de la carrière (actuelle et projet) au niveau du restaurant.

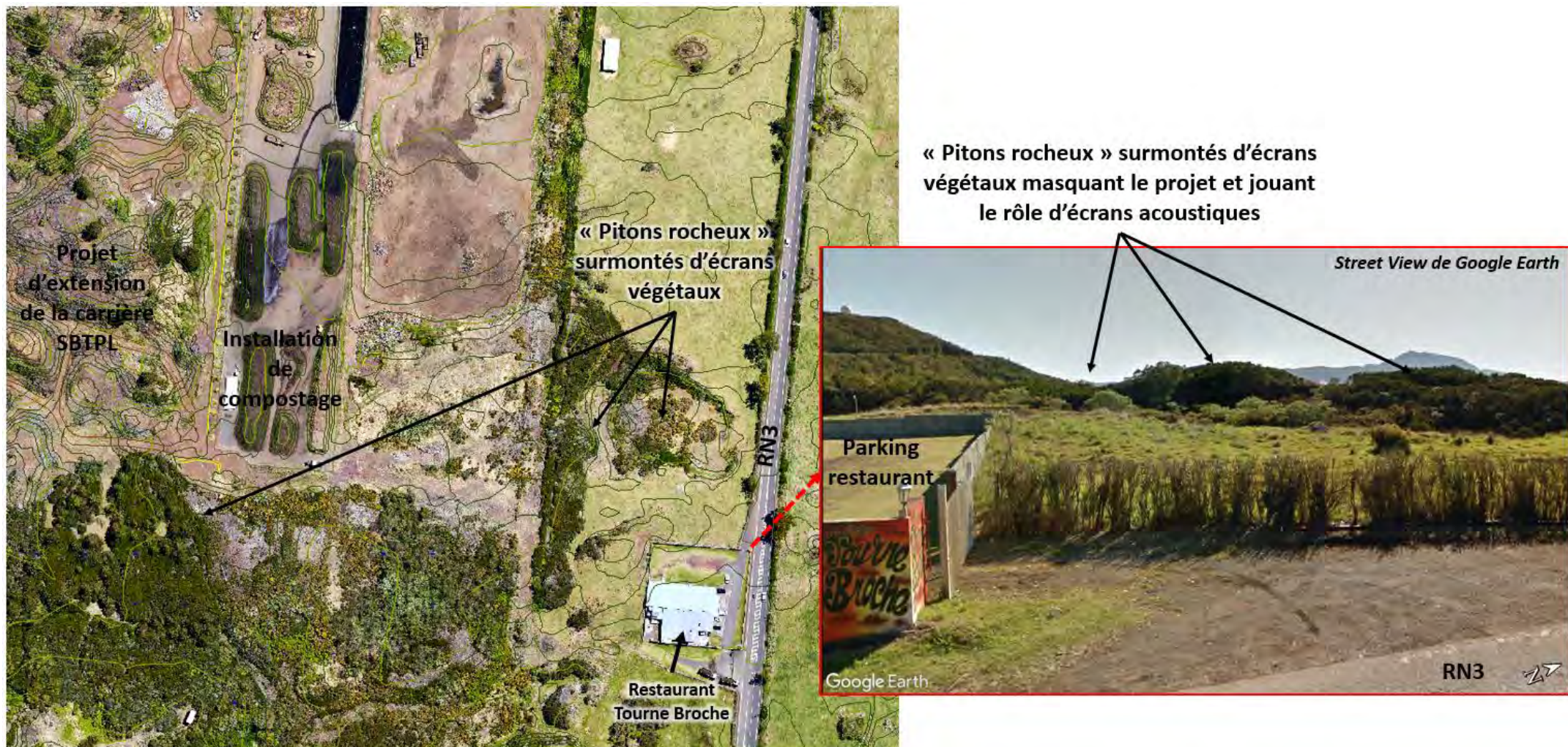


Planche 3 : Vue des pitons rocheux entre le Tourne Broche et la carrière SBTPL, jouant le rôle d'écrans acoustiques

Synthèse des points de mesure réalisés en 2019

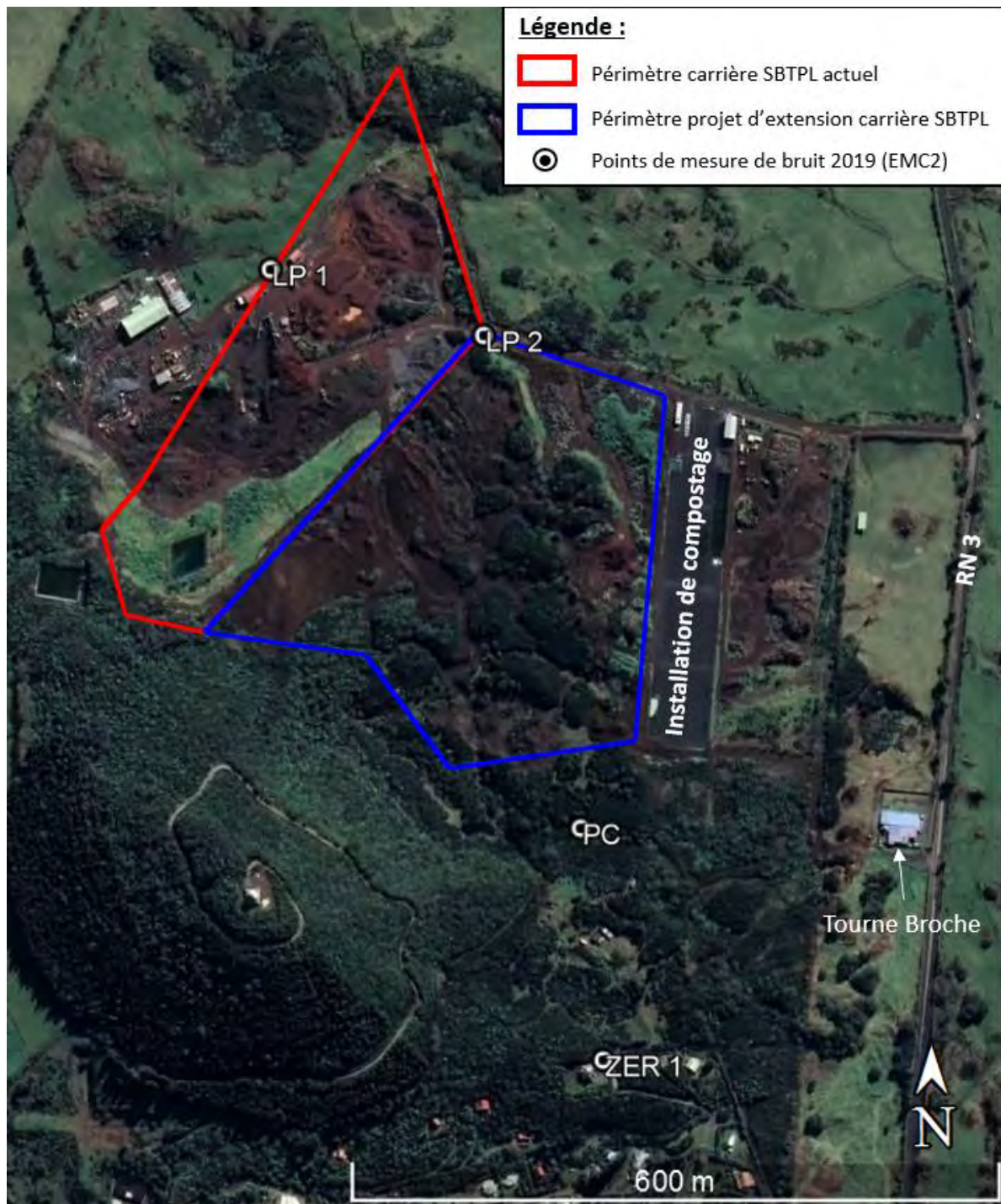


Planche 4 : Synthèse de la localisation des points de mesure 2019

Point de mesure	Situation	Localisation GPS
LP1	Limite ouest de la carrière actuellement autorisée	21°11'6.85"S 55°34'25.33"E
LP2	Entrée actuelle sur la carrière	21°11'8.88"S 55°34'32.15"E
ZER 1	A proximité des habitations les plus proches au sud du projet d'extension	21°11'30.57"S 55°34'35.82"E
PC	A proximité de bâtiments (élevage, , containers, ...), au droit du restaurant le Tourne Broche, au sud du projet d'extension	21°11'23.65"S 55°34'35.12"E

Tableau 5 : Type des points de mesure et localisation

Les mesures ont été réalisées le 12 mars 2019 entre 5h13 et 10h30.

L'installation n'a pas fonctionné entre 5h13 et 6h30 puis entre 9h10 et 9h50 afin d'effectuer des mesures de l'état initial, nécessaires au contrôle de l'urgence.

3.3 CONDITIONS DE MESURAGES

Les conditions météorologiques peuvent conduire à une atténuation ou un renforcement du niveau sonore (cf. norme NFS 31-010).

Description du temps selon la norme NFS 31-010 :

U1: vent fort (3 à 5 m/s) contraire au sens source-récepteur	T1: jour et fort ensoleillement et surface sèche et peu de vent
U2: vent moyen à faible (1 à 3 m/s) contraire ou vent fort, peu contraire	T2: mêmes conditions que T1 mais au moins une est non vérifiée
U3: vent nul ou vent quelconque de travers	T3: lever de soleil ou coucher de soleil ou temps couvert et venteux et surface pas trop humide
U4: vent moyen à faible portant ou vent fort peu portant (=45°)	T4: nuit et nuageux ou vent
U5: vent fort portant	T5: nuit et ciel dégagé et vent faible

L'estimation quantitative de l'influence des conditions météorologiques se fait par l'intermédiaire de la grille ci-dessous :

	U1	U2	U3	U4	U5
T1		--	-	-	
T2	--	-	-	Z	+
T3	-	-	Z	+	+
T4	-	Z	+	+	++
T5		+	+	++	

- État météorologique conduisant à une atténuation très forte du niveau sonore
- État météorologique conduisant à une atténuation forte du niveau sonore
- Z Effets météorologiques nuls ou négligeables
- + État météorologique conduisant à un renforcement faible du niveau sonore
- ++ État météorologique conduisant à un renforcement fort du niveau sonore

Le tableau suivant reprend pour chaque mesure les conditions de mesurages (conditions météorologiques et bruits perceptibles lors des mesures).

Point	État	Conditions météorologiques	Bruits perceptibles
LP 1	Jour – En fonctionnement	U3-T2 → État météorologique conduisant à une atténuation forte du niveau sonore	<ul style="list-style-type: none"> - Bruits liés à la carrière : circulation dumper, bip de recul, mouvement de la chargeuse et de la pelle, concasseurs (régulièrement alimentés), circulation d'un dumper - Passage d'hélicoptères
	Nuit – En fonctionnement	U3-T3 → Effets météorologiques nuls ou négligeables	<ul style="list-style-type: none"> - Bruits liés à la carrière : circulation camions, bip de recul, mouvement de la chargeuse et de la pelle, maintenance concasseurs, démarrage des installations de traitement à 7h03 - Circulation sur la RN3 - Oiseaux - Passage de la voiture de l'exploitant agricole voisin à proximité du sonomètre
LP 2	Jour – En fonctionnement	U3-T1 → État météorologique conduisant à une atténuation forte du niveau sonore	<ul style="list-style-type: none"> - Bruits liés à la carrière : chocs benne, concasseurs, bip de recul, mouvement de la chargeuse et de la pelle, circulation de camion - Circulation sur la RN3 (dont klaxon) - Passage d'hélicoptères
ZER 1	Jour – En fonctionnement	U3-T1 → État météorologique conduisant à une atténuation forte du niveau sonore	<ul style="list-style-type: none"> - Circulation sur la RN3 (dont camions) - Oiseaux, aboiements, coqs - Débroussailleuse, tondeuse - Passage d'hélico - Bruits type détonation <p>Remarque : la carrière était en fonctionnement, mais pas du tout perceptible</p>
	Nuit – État initial	U3-T5 → État météorologique conduisant à un renforcement faible du niveau sonore	<ul style="list-style-type: none"> - Circulation sur la RN3 (dont motos et camions très bruyants) - Aboiements, coq, vaches, grillons, oiseaux (à partir de 5h35)
PC	Jour – État initial	U3-T2 → État météorologique conduisant à une atténuation forte du niveau sonore	<ul style="list-style-type: none"> - Bruits liés à la plateforme déchets verts : camions, bip de recul, pelle - Circulation sur la RN3 (dont klaxon) - Passage d'avions et d'hélicoptères - Oiseaux et bourdonnement
	Jour – En fonctionnement	U3-T2 → État météorologique conduisant à une atténuation forte du niveau sonore	<ul style="list-style-type: none"> - Bruits liés à la carrière : chocs benne, bip de recul - Circulation sur la RN3 (dont klaxon) - Passage d'avions et d'hélicoptères - Oiseaux et bourdonnement
	Nuit – État initial	U3-T5 → État météorologique conduisant à un renforcement faible du niveau sonore	<ul style="list-style-type: none"> - Circulation sur la RN3 (dont klaxon) - Oiseaux, vaches - Bruits d'activités sur la plateforme déchets verts

Tableau 6 : Conditions de mesurage à chaque point de mesure

3.4 INDICATEURS

Les indicateurs acoustiques sont destinés à fournir une description synthétique d'une situation sonore complexe.

3.4.1 *Contrôle des niveaux de bruit admissibles en limites de propriété*

En limite de propriété, le niveau de bruit équivalent global **LAeq** (calculé sur la durée totale du mesurage) est utilisé pour le contrôle.

3.4.2 *Contrôle de l'émergence*

Pour chaque mesure en ZER (état initial et installation en fonctionnement), le niveau de bruit équivalent global **LAeq** et l'indice fractile **L50** sont calculés.

En effet, comme le précise l'Arrêté du 23/01/1997, dans certaines situations, le LAeq n'est pas suffisamment adapté (présence de bruits intermittents tels qu'un trafic discontinu, survol d'hélicoptère, bip de recul, ...). C'est la situation dans laquelle se sont déroulées les mesures.

Dans le cas où la différence LAeq – L50 est supérieure à 5 dB(A), on utilise comme indicateur d'émergence la différence entre les indices fractiles L50 calculés sur le bruit ambiant et le bruit résiduel.

4. RÉSULTATS

Les résultats obtenus pour les 8 mesurages sont donnés dans le tableau ci-après :

	LP 1		LP 2	ZER 1		PC		
État	Nuit – En fonctionnement	Jour – En fonctionnement	Jour – En fonctionnement	Nuit – État initial	Jour – En fonctionnement	Nuit – État initial	Jour – En fonctionnement	Jour – État initial
Date	12/03/2019	12/03/2019	12/03/2019	12/03/2019	12/03/2019	12/03/2019	12/03/2019	12/03/2019
Heure de début	6h37	7h07	7h45	5h13	9h58	6h00	8h23	9h12
Heure de fin	7h07	7h37	8h15	5h43	10h28	6h30	8h53	9h42
Durée exacte de mesurage	30'04"	30'10"	30'11"	30'10"	30'10"	30'08"	30'16"	30'13"
Durée prise en compte pour les niveaux de bruit	25'43" (jusqu'à 7h04, correspondant au démarrage des concasseurs)	30'10"	30'11"	30'10"	30'10"	30'08"	30'16"	30'13"
LAeq	60,6 dB(A)	71,8 dB(A)	55,2 dB(A)	40 dB(A)	38 dB(A)	39,9 dB(A)	43,2 dB(A)	39,1 dB(A)
L50	58,9 dB(A)	71,7 dB(A)	41,5 dB(A)	35 dB(A)	32,6 dB(A)	35,4 dB(A)	29,3 dB(A)	27,8 dB(A)

Tableau 7 : Résultats des mesures de bruit du 12/03/2019

Les photos, courbes et histogrammes illustrant les évolutions des niveaux sonores des enregistrements effectués sont présentés en planches suivantes.

• **Point LP 1 – Nocturne en fonctionnement**

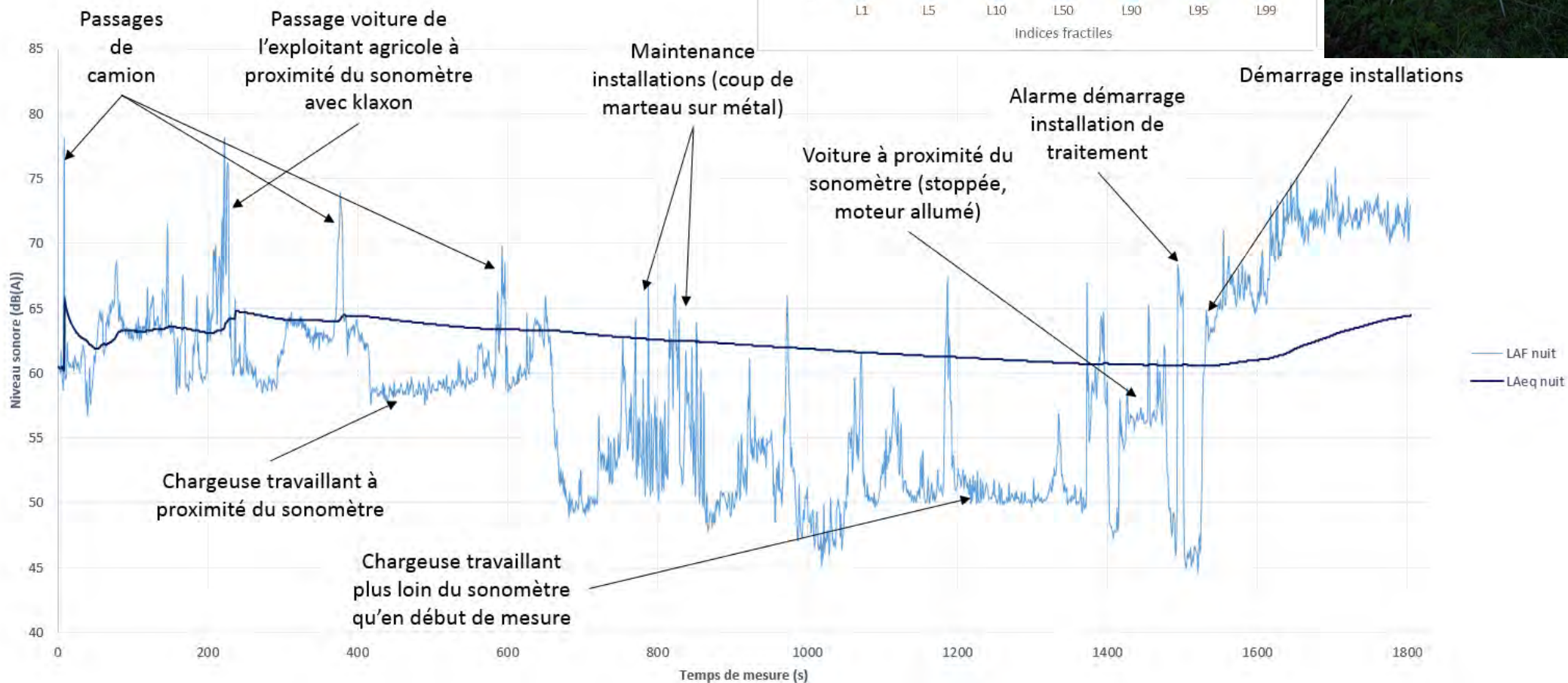
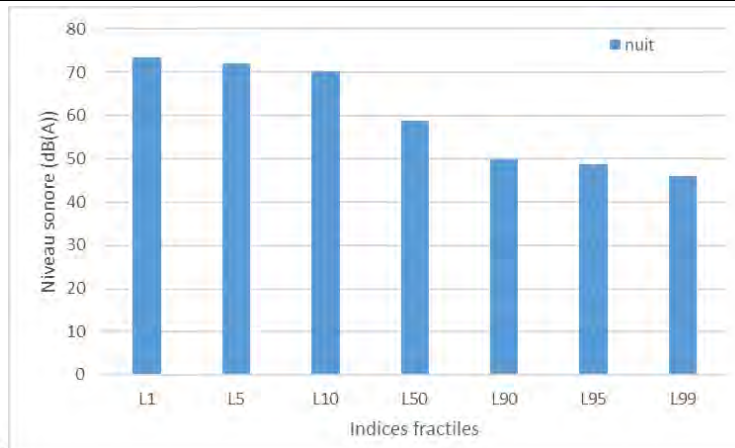


Planche 5 : Courbes, histogramme et photo du point de mesure de bruit LP 1 – Nocturne

• **Point LP 1 – Diurne en fonctionnement**

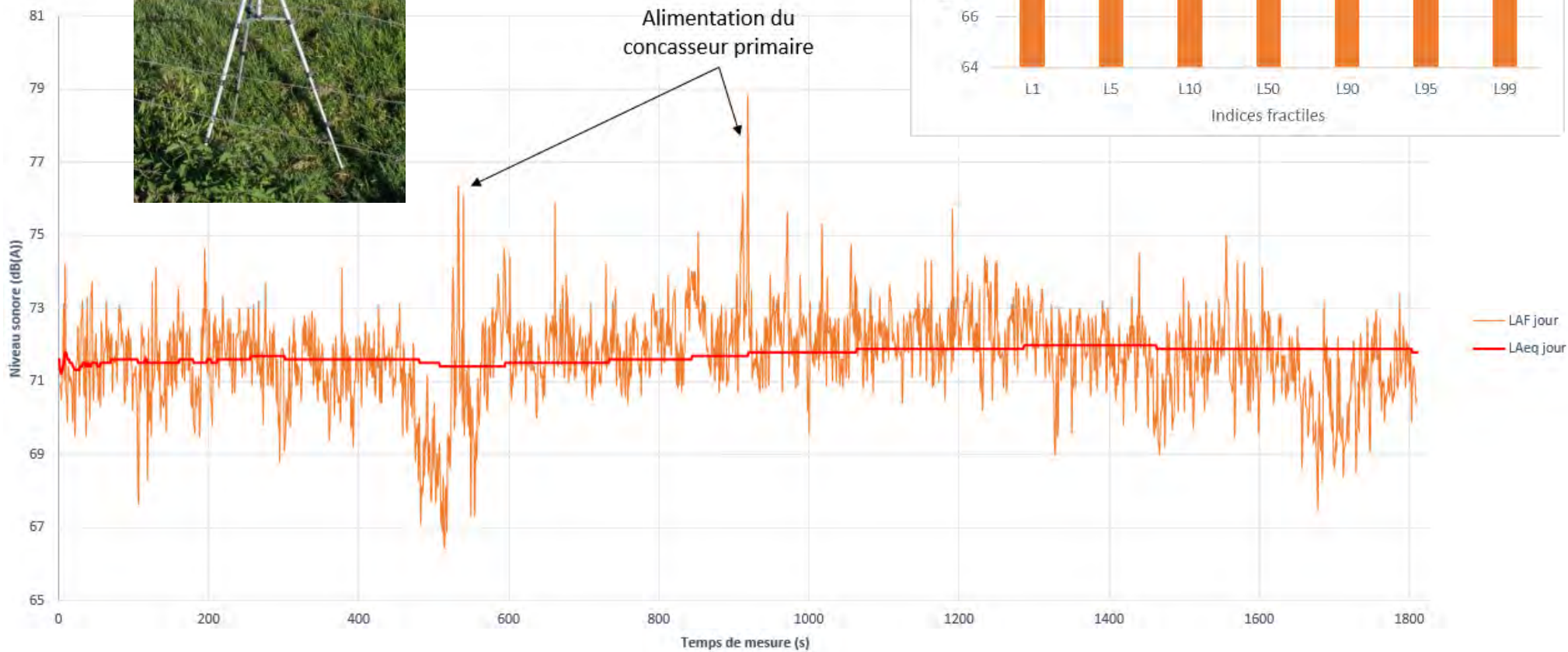
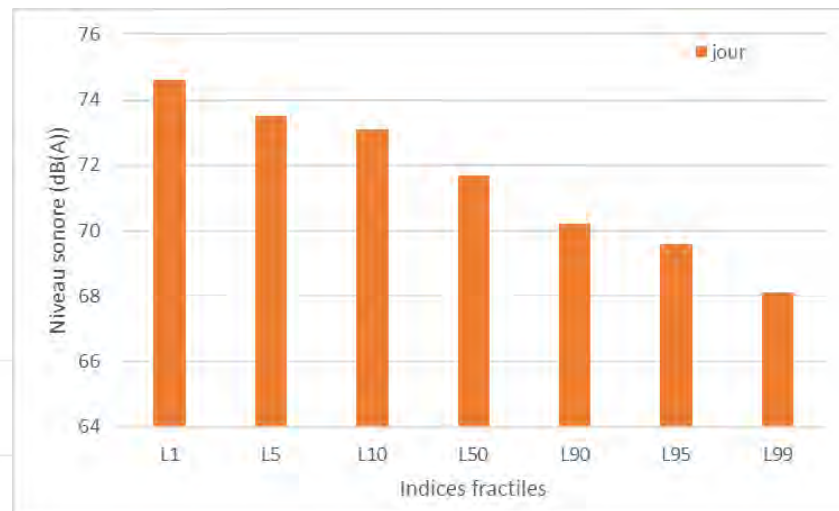


Planche 6 : Courbes, histogramme et photo du point de mesure de bruit LP 1 – Diurne

• **Point LP 2 – Diurne en fonctionnement**

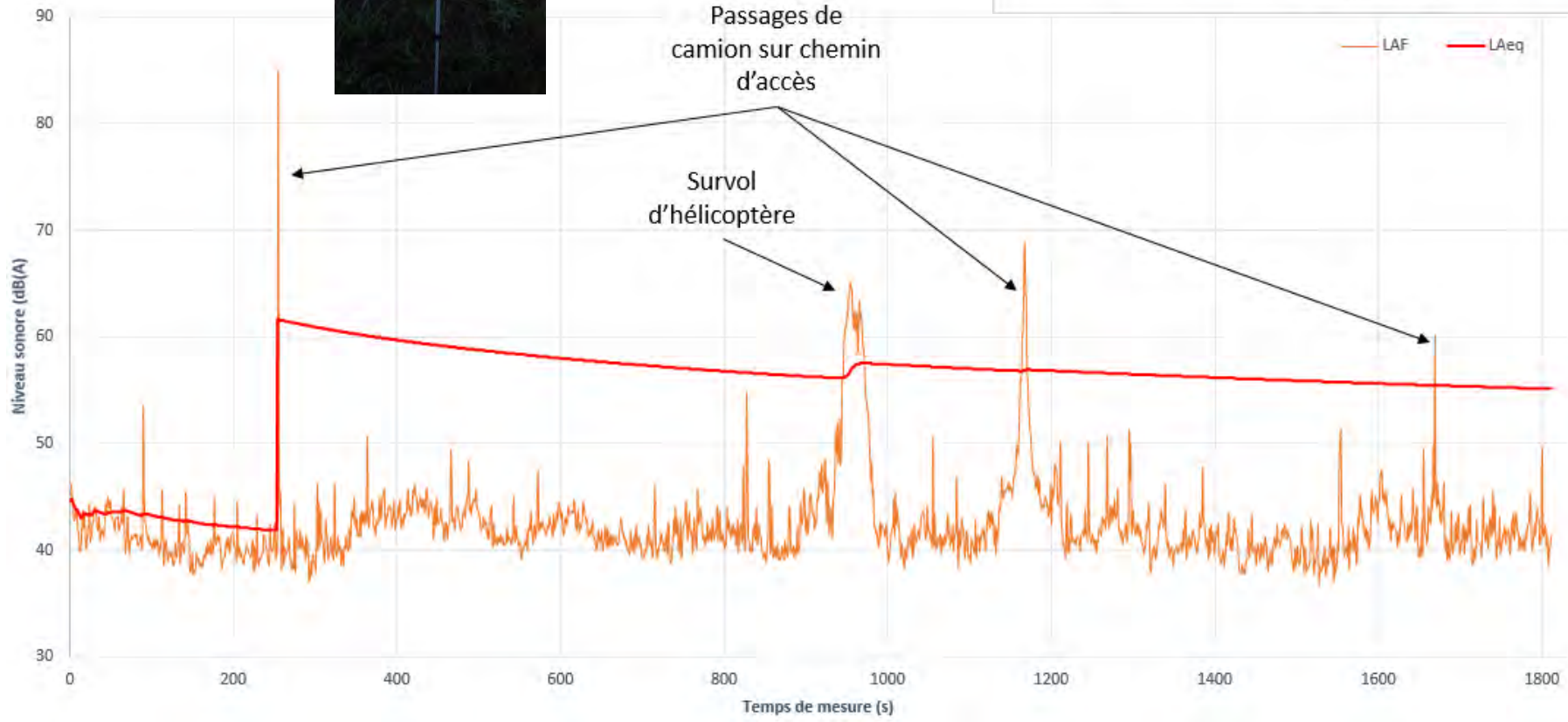
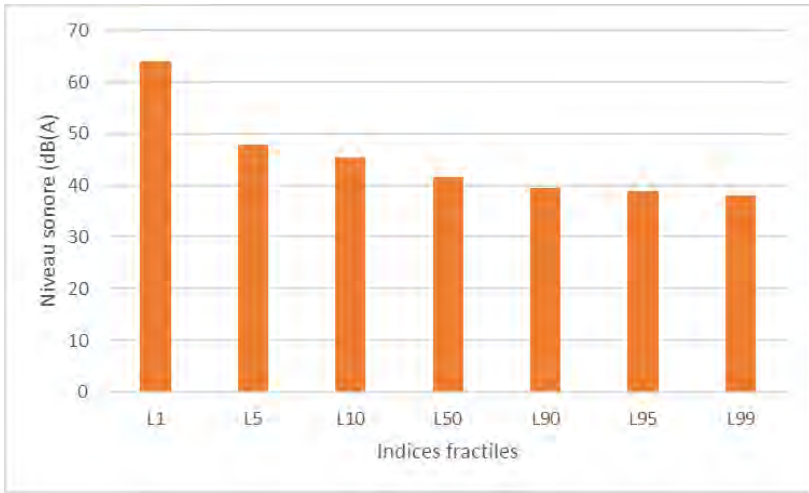


Planche 7 : Courbes, histogramme et photo du point de mesure de bruit LP 2 – Diurne

• **Point ZER 1 – Nocturne, état initial**

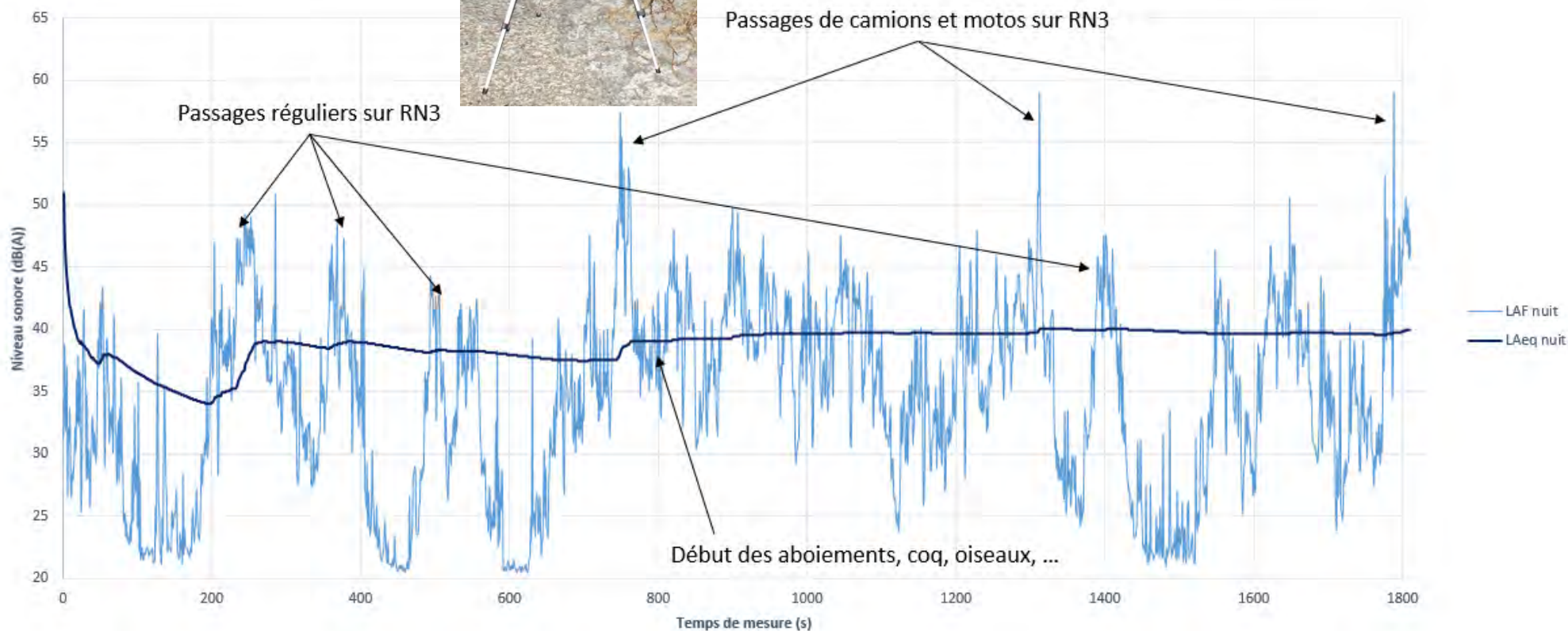
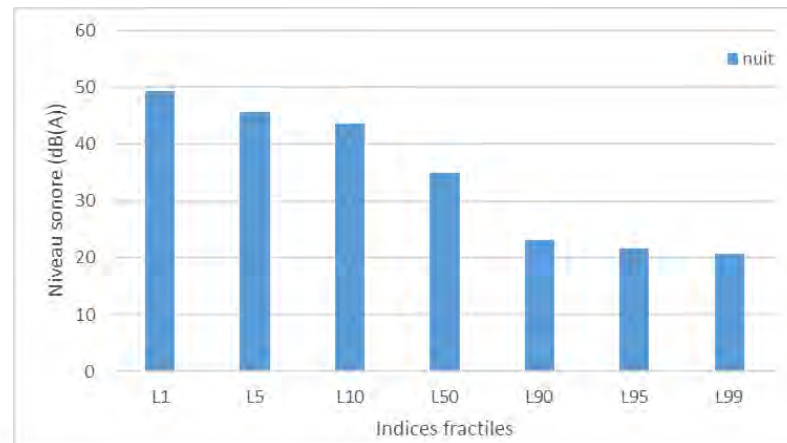


Planche 8 : Courbes, histogramme et photo du point de mesure de bruit ZER 1 – Nocturne, état initial

- **Point ZER 1 – Diurne, en fonctionnement**

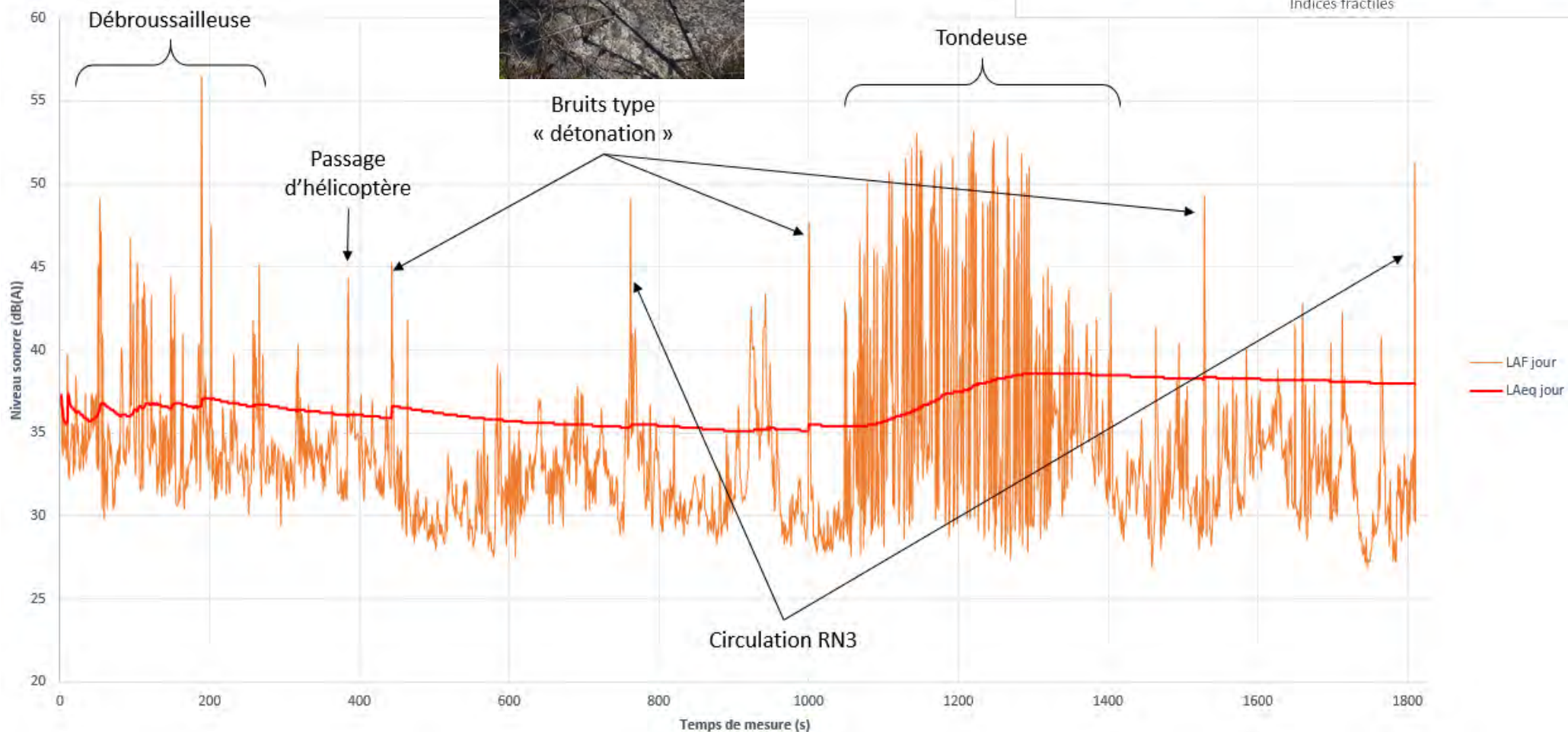
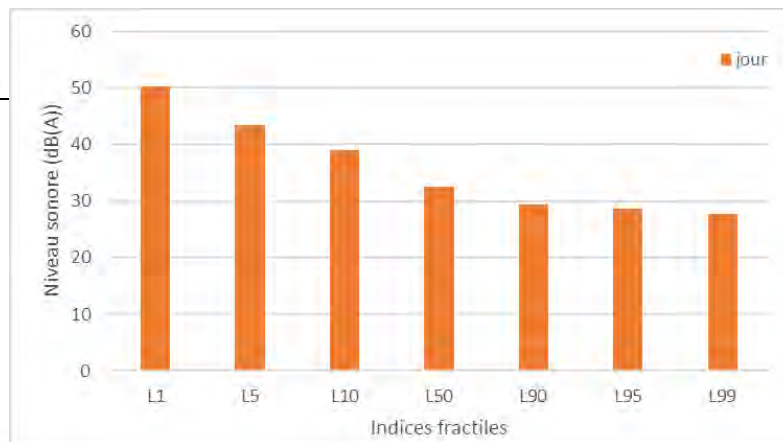


Planche 9 : Courbes, histogramme et photo du point de mesure de bruit ZER 1 –Diurne, en fonctionnement

• **Point PC – Nocturne, état initial**

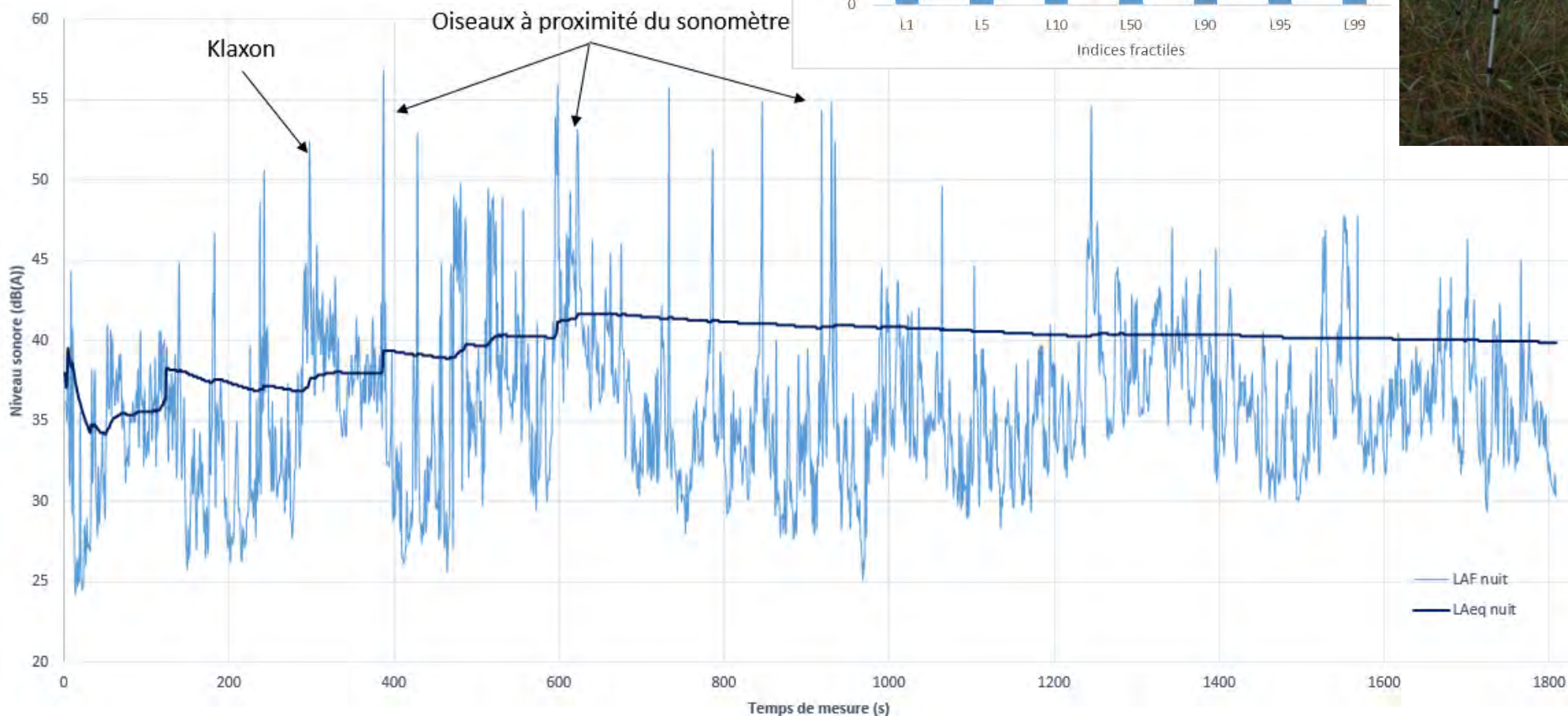
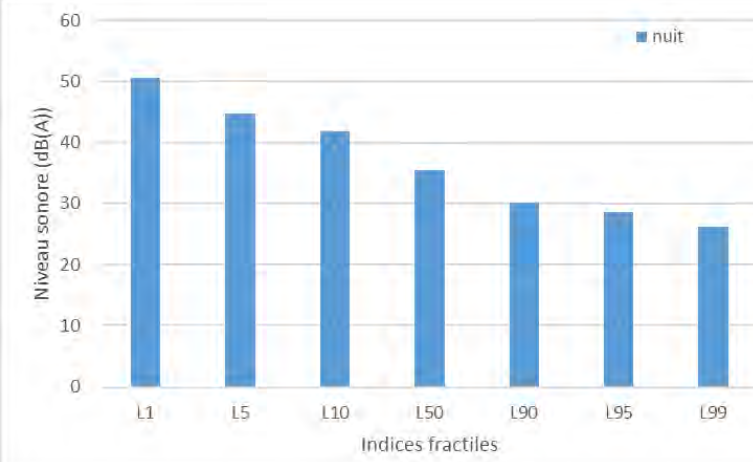


Planche 10 : Courbes, histogramme et photo du point de mesure de bruit PC – Nocturne, état initial

- **Point PC – Diurne en fonctionnement**

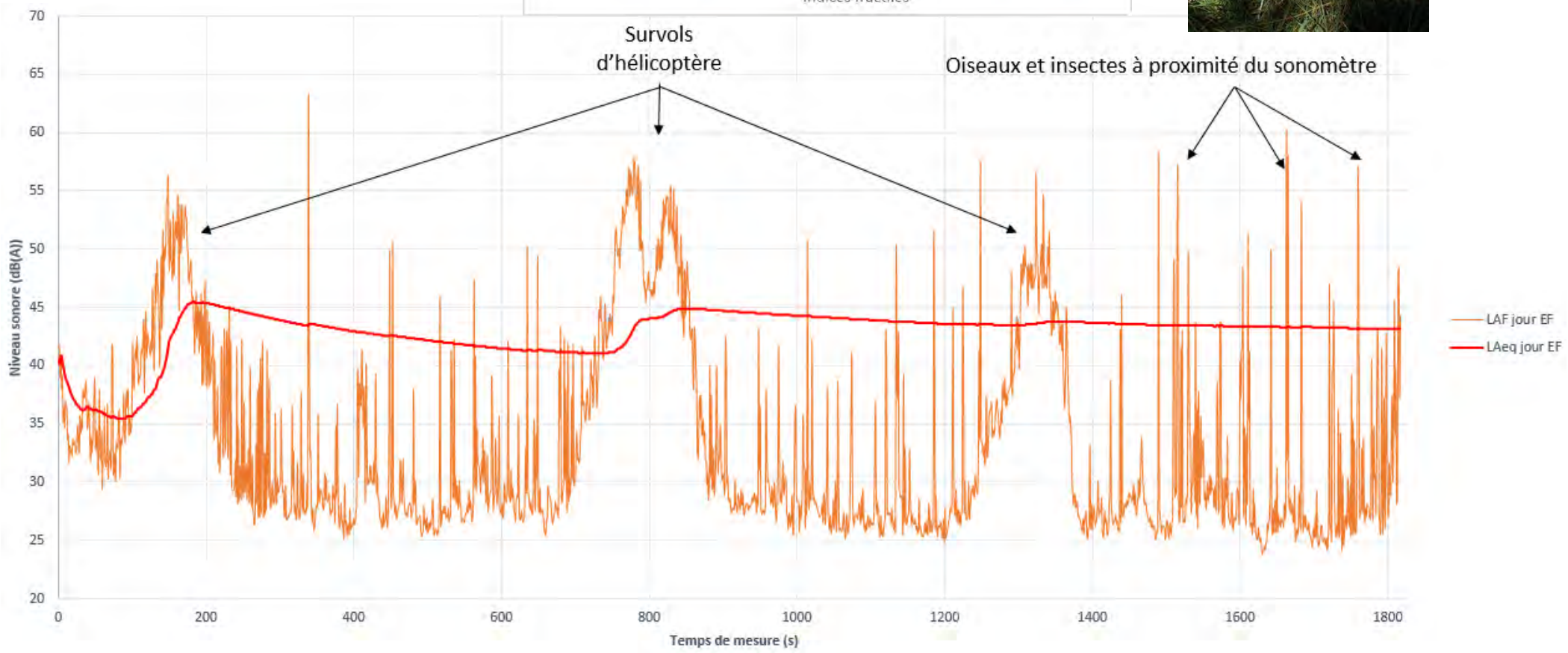
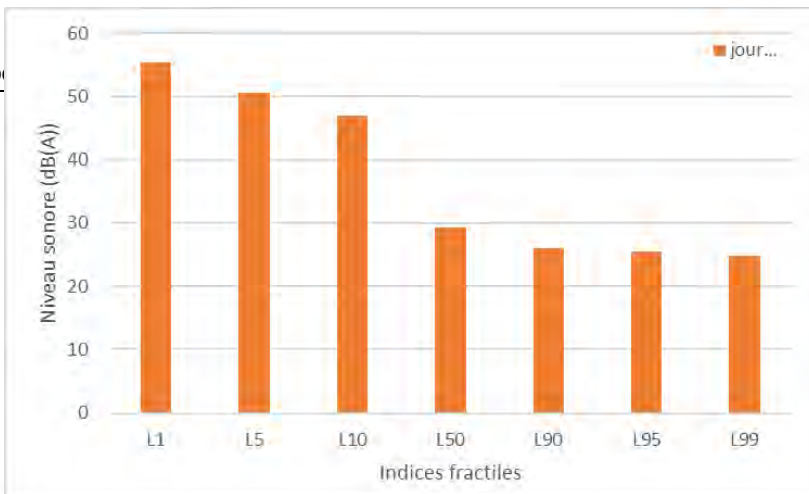


Planche 11 : Courbes, histogramme et photo du point de mesure de bruit PC – Diurne en fonctionnement

• **Point PC – Diurne état initial**

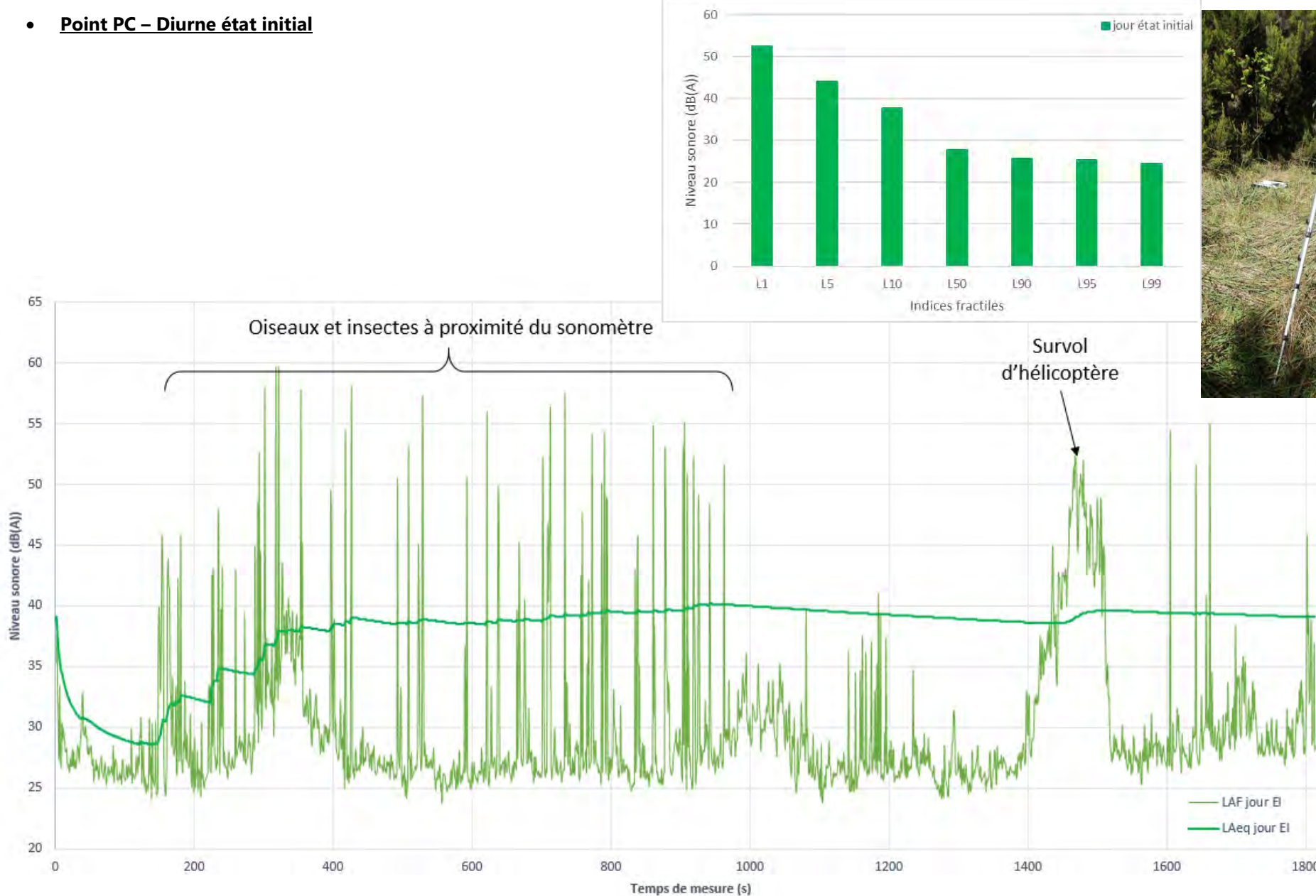


Planche 12 : Courbes, histogramme et photo du point de mesure de bruit PC – Diurne état initial

5. CONFORMITÉ DE L'INSTALLATION AUX POINTS DE MESURES

5.1 CONTROLE EN LIMITE DE PROPRIETE

Les points LP1 et LP2 ont été réalisés en limite de propriété, dont les limites admissibles définies dans l'Arrêté du 23/01/1997 et dans l'Arrêté d'autorisation sont rappelées ci-après :

Mesure	LAeq mesuré	L50 mesuré	Limite imposée par l'Arrêté du 23/01/1997	Conformité à l'Arrêté du 23/01/1997	Limite imposée par l'Arrêté d'autorisation	Conformité à l'Arrêté d'autorisation
LP 1 nocturne en fonctionnement (6h37 à 7h00)	60,6 dB(A)	58,9 dB(A)	60 dB(A)	Non conforme : +0,6 dB(A) par rapport à la limite autorisée	70 dB(A)	Conforme
LP 1 diurne en fonctionnement	71,8 dB(A)	71,7 dB(A)	70 dB(A)	Non conforme : +1,8 dB(A) par rapport à la limite autorisée	70 dB(A)	Non conforme : +1,8 dB(A) par rapport à la limite autorisée
LP2 diurne en fonctionnement	55,2 dB(A)	41,5 dB(A)	70 dB(A)	Conforme	70 dB(A)	Conforme

Tableau 8 : Conformité en limite de propriété – Installations en fonctionnement

Analyse des résultats au point LP 1

Le niveau de bruit équivalent global **LAeq** mesuré au niveau du point LP 1 sur une période de 30 minutes est :

- Supérieur aux limites imposées par l'Arrêté du 23/01/1997 aussi bien en période nocturne que diurne.
- Inférieur à la limite imposée par l'Arrêté d'autorisation avant le démarrage des installations de traitement (concasseurs) et supérieur à la limite imposée par l'Arrêté d'autorisation après leur démarrage.

A noter que :

- Les écarts par rapport aux limites de l'Arrêté du 23/01/1997 restent néanmoins faibles (inférieurs à 2 dB(A)). Les enjeux restent faibles de ce côté de l'installation (zone de pâturage, aucune habitation) : une protection acoustique de type merlon ou mur anti-bruit permettrait de réduire les émissions sonores et de respecter les limites imposées par la réglementation.
- Le démarrage des installations (concasseurs) après 7h permet de limiter les nuisances sonores en période nocturne (entre 6h30 et 7h). Cet horaire de démarrage devra être conservé dans le cadre de l'extension.
- Entre 6h30 et 7h, les émissions sonores sont notamment liées au passage de camions venant chercher des matériaux sur la carrière, mais également de véhicules extérieurs à la carrière (exploitant agricole, société Volcaroc). Les émissions ne sont donc pas uniquement liées au fonctionnement de la carrière. On constate d'ailleurs que le L50 mesuré en période nocturne est inférieur à 60 dB(A), car il ne prend pas en compte les bruits intermittents tels que le trafic discontinu.

Analyse des résultats au point LP 2

Le niveau de bruit équivalent global **LAeq** mesuré au niveau du point LP 2 sur une période de 30 minutes est inférieur aux limites imposées par l'Arrêté du 23/01/1997 et par l'Arrêté d'autorisation.

La différence entre le LAeq et le L50, supérieure à 10 dB(A), montre que le niveau LAeq mesuré est perturbé par des bruits intermittents (trafic discontinu, hélicoptères). Les émissions sonores liées à la carrière (émissions continues des concasseurs et des engins) s'élèvent en réalité à 41,5 dB(A) en ce point de mesure, restant largement inférieures à la limite imposée par la réglementation.

5.2 CONTROLE DE L'ÉMERGENCE DE L'INSTALLATION ACTUELLE

Le point PC a été réalisé en Zone à émergence réglementée selon le DDAE initial, dont les limites admissibles définies dans l'Arrêté du 23/01/1997 et l'Arrêté d'autorisation sont rappelées ci-après :

	Niveau de bruit ambiant existant dans les zones à émergence réglementée incluant le bruit de l'établissement	35 dB(A) < Niveau ≤ 45 dB(A)	Niveau > 45 dB(A)
Arrêté du 23/01/1997	Émergence admissible pour la période allant de 7h à 22h sauf dimanches et jours fériés	6 dB(A)	5 dB(A)
	Émergence admissible pour la période allant de 22h à 7h ainsi que les dimanches et jours fériés	4 dB(A)	3 dB(A)
Arrêté d'autorisation	Émergence admissible pour la période allant de 6h30 à 21h30 sauf dimanches et jours fériés	5 dB(A)	5 dB(A)
	Émergence admissible pour la période allant de 21h30 à 6h30 ainsi que les dimanches et jours fériés	3 dB(A)	3 dB(A)

Tableau 9 : Émergence admissible selon l'Arrêté du 23/01/1997 et l'Arrêté d'autorisation

Le tableau ci-après compare les niveaux mesurés à l'état initial avec ceux mesurés lorsque les installations étaient en fonctionnement (uniquement pour PC diurne).

Mesure	LAeq mesuré	L50 calculé	LAeq – L50	Émergence calculée avec	
				LAeq	L50
PC – Diurne, État initial	39,1 dB(A)	27,8 dB(A)	11,3 dB(A)	4,1 dB(A)	1,5 dB(A)
PC – Diurne, En fonctionnement	43,2 dB(A)	29,3 dB(A)	13,9 dB(A)		

Tableau 10 : Émergence calculée en PC

Application de l'Arrêté du 23/01/1997 :

- La différence entre le LAeq et le L50 est supérieure à 5 dB(A) pour le point PC
→ Le L50 est donc l'indicateur utilisé pour contrôler l'émergence au niveau de ce point.
- Le bruit ambiant existant est inférieur à 45 dB(A).
→ L'émergence admissible est donc de 6 dB(A) en période diurne selon l'Arrêté du 23/01/1997 et 5 dB(A) d'après l'Arrêté d'autorisation.

Point	Indicateur de contrôle retenu	Émergence retenue	Émergence admissible d'après l'Arrêté du 23/01/1997	Conformité à l'Arrêté du 23/01/1997	Émergence admissible d'après l'Arrêté d'autorisation	Conformité à l'Arrêté d'autorisation
PC	L50	1,5 dB(A)	6 dB(A)	Conforme	5 dB(A)	Conforme

Tableau 11 : Conformité en ZER selon l'Arrêté du 23/01/1997 et l'Arrêté d'autorisation

5.3 CONFORMITE DU SITE VIS-A-VIS DES TONALITES MARQUEES

Aucun calcul de tonalité marquée n'a été effectué, le bruit particulier de l'établissement n'étant pas à priori à tonalité marquée.

Une mesure complémentaire pourra être effectuée si besoin.

5.4 ETAT INITIAL DANS LE CADRE DU PROJET D'EXTENSION

Dans le cadre de l'extension envisagée, d'autres mesures ont été réalisées en ZER 1 et au niveau de PC, dont les résultats sont résumés ci-dessous. Ces mesures permettront d'établir l'état initial dans le cadre de la demande d'autorisation d'étendre la carrière de Piton Villers.

Mesure	LAeq mesuré	L50 calculé	LAeq – L50	Indice retenu	Niveau retenu	Émergence admissible selon Arrêté du 23/01/1997
ZER 1 – Diurne, En fonctionnement	38 dB(A)	32,6 dB(A)	5,4 dB(A)	L50	32,6 dB(A)	+6 dB(A)
ZER 1 – Nocturne, État initial	40 dB(A)	35 dB(A)	5 dB(A)	L50	35 dB(A)	+4 dB(A)
PC – Nocturne, État initial	39,9 dB(A)	35,4 dB(A)	4,5 dB(A)	LAeq	39,9 dB(A)	S.O., il ne s'agit pas d'une ZER d'après le PLU (zone agricole)

Tableau 12 : Résultats au niveau des autres points de mesure (état initial pour l'extension)

Analyse des résultats au point ZER 1

Les installations de la carrière étaient en fonctionnement lors de la mesure de bruit réalisée en période diurne au point ZER 1. Néanmoins, elles n'étaient pas du tout perceptibles à l'oreille, étant donné l'éloignement du point par rapport à la carrière existante (environ 600 mètres à vol d'oiseau), et le relief marqué entre les deux, jouant le rôle d'écran sonore (aucun vis-à-vis, carrière en contrebas, séparée du point ZER 1 par le Piton Villers, cf. planche ci-après).

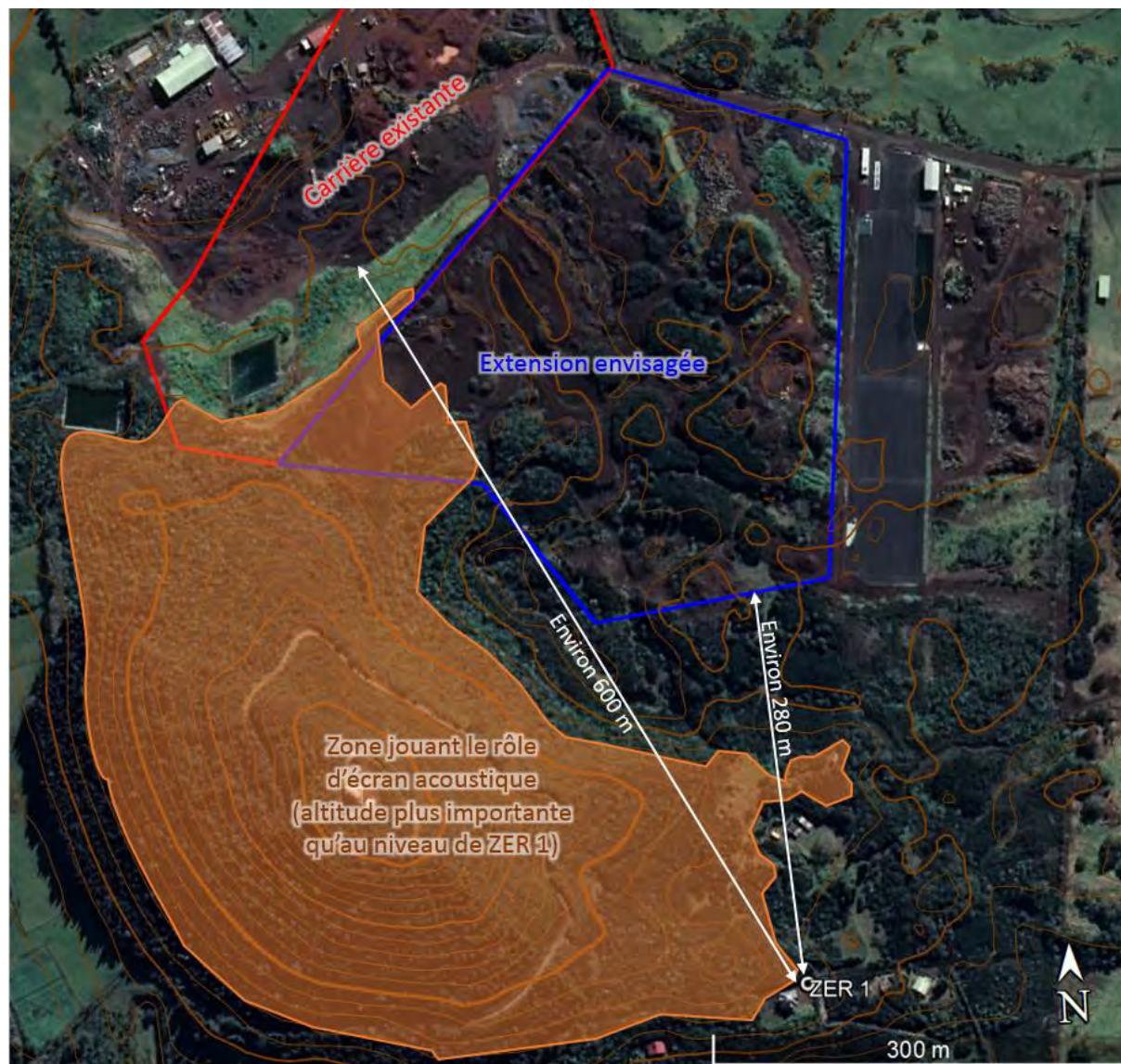


Planche 13 : Position du point ZER 1 par rapport à la carrière existante et au projet d'extension

Cette mesure peut donc être prise en compte dans l'état initial, bien que les installations étaient en fonctionnement.

Dans le cadre de l'extension envisagée, ce point sera beaucoup plus proche de la carrière (environ 280 mètres à vol d'oiseau), d'où sa prise en compte dans l'état initial.

Analyse des résultats en période nocturne

En période nocturne, les niveaux sonores mesurés aux points ZER 1 et PC sont similaires et plus forts qu'en période diurne. L'état météorologique en période nocturne sur ces deux points conduisait à un renforcement faible du niveau sonore, alors qu'il conduisait à une atténuation forte du niveau sonore en période diurne. Il est vrai que les bruits liés à la circulation sur la RN 3 étaient bien plus perceptibles en période nocturne qu'en période diurne.

Néanmoins, l'ambiance sonore de la zone à l'état initial reste faible aussi bien en période diurne qu'en période nocturne (inférieure à 40 dB(A)).

6. CONCLUSION

La société SBTPL est autorisée à exploiter une carrière et une installation de concassage-criblage sur la commune du Tampon (974), au lieu-dit « Piton Villers » à la Plaine des Cafres (Arrêté n° 00-2474/SG/DAI/3 du 10 octobre 2000 et Arrêté n°04-853/SG/DRCTCV du 20 avril 2004).

Conformément à l'Arrêté du 23/01/1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement, une mesure de bruit et de l'émergence doit être réalisée régulièrement pour vérifier l'impact sonore de l'installation.

La société SBTPL a mandaté EMC2 Environnement pour la réalisation de ces mesures.

Les mesurages ont été effectués le 12 mars 2019, conformément à l'Arrêté du 23/01/1997. La méthode dite d'expertise a été utilisée. Un état initial (installations à l'arrêt) a été établi et comparé à la situation lorsque les installations sont en fonctionnement au niveau des points situés en ZER concernés par l'installation existante.

Des mesures complémentaires ont été réalisées dans le cadre de l'état initial relatif à l'extension de la carrière envisagée par SBTPL.

Les résultats obtenus aux points de mesures sont quasiment tous conformes aux prescriptions de l'Arrêté du 23/01/1997, à savoir :

- Niveau sonore inférieur à 70 dB(A) en limite de propriété pour la période de jour au point LP2,
- Émergence inférieure à 5 dB(A) au point PC pour la période de jour.
- Aucun calcul de tonalité marquée n'a été effectué, le bruit particulier de l'établissement n'étant pas à priori à tonalité marquée. Une mesure complémentaire pourra être effectuée si besoin

Une non-conformité a été relevée au niveau du point LP1, où le niveau sonore mesuré dépasse les limites définies dans l'Arrêté du 23/01/1997 aussi bien en période nocturne qu'en période diurne. Le dépassement étant faible (inférieur à 2 dB(A)), les enjeux étant faibles au niveau de ce point (zone de pâturage sans habitation), une mesure de réduction des émissions sonores tel qu'un merlon ou un mur anti-bruit peut être envisagée dans le cadre de l'extension de la carrière afin de respecter la réglementation.

Actuellement, les installations de traitement (concasseurs) sont démarrées vers 7h00, permettant de limiter les nuisances sonores en période nocturne (entre 6h30 et 7h). Cet horaire de démarrage devra être conservé dans le cadre de l'extension.

La société SBTPL doit conserver ce rapport au moins 2 ans, conformément à l'Arrêté du 23/01/1997.

7. ANNEXE

Annexe 1 : Chaîne de mesure du bruit

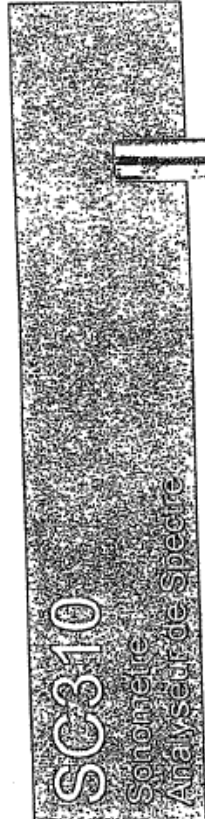
ANNEXE 1

Chaîne de mesure du bruit

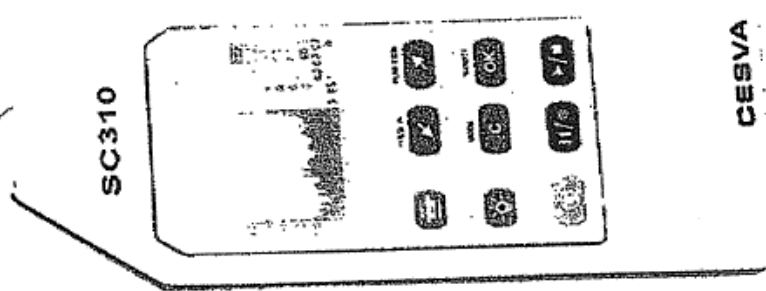
5. FICHE TECHNIQUE

5.1 Gamme de mesure

Fonctions L_p , L_{sp} , L_{i1} , L_{i2} , L_{i3} , L_{i4} et L_{i5}		0,0 dB	157,0 dB
Limite inférieure de l'indicateur :			
Limite supérieure de l'indicateur :			
Les limites utilisables sont modifiées en fonction de la sensibilité du microphone.			
Point de départ des tests de linéarité			
94 dB			
POUR UN C-130 + PA-13 :			
Gamme de référence :			
Limite supérieure :	120,0	120,0	120,0
Limite inférieure :	30,0	32,0	38,0
Gamme de mesurage (avec la sensibilité nominale du microphone) à 1kHz :			
Limite supérieure :	137,0	137,0	137,0
Limite inférieure pour facteur de crête 3 :	130,0	130,0	130,0
Limite inférieure pour facteur de crête 5 :	126,0	126,0	126,0
Limite inférieure pour facteur de crête 10 :	120,0	120,0	120,0
Limite inférieure :	24,5	26,0	31,0
Gamme de mesurage linéaire à 31,5 Hz			
Limite supérieure	97,6	134,0	137,0
Limite inférieure	24,5	26,0	31,0
Gamme de mesurage linéaire à 4 kHz			
Limite supérieure	138,0	136,2	137,0
Limite inférieure	24,5	26,0	31,0
Gamme de mesurage linéaire à 8 kHz			
Limite supérieure	135,9	134,0	137,0
Limite inférieure	24,5	26,0	31,0
Gamme de mesurage linéaire à 12,5 kHz			
Limite supérieure	132,7	130,8	137,0
Limite inférieure	24,5	24,5	31,0
Bruit électrique (en remplaçant le microphone par son impédance équivalente nominale en court-circuitant à la masse)			
Maximale	14,4	16,8	21,9
Typique	13,4	15,8	20,0
Bruit total à 20 °C (électrique + thermique du microphone)			
Maximale	19,6	21,1	25,9
Typique	17,6	19,0	22,0



Manuel d'instructions



ATC

37, rue des Peupliers
92752 NANTERRE CEDEX
Tél. : 01 47 86 96 00/Fax : 01 46 49 07 33
RCS Nanterre B 310 531 175

Version 0.0 - 3.2

CESVA

Pour un C-250 + PA-14 :

Gamme de référence :

Limite supérieure :

Limite inférieure :

Range de mesurage (avec la sensibilité nominale du microphone) à 1kHz :

Limite supérieure :

Limite inférieure pour facteur de crête 3 :

Limite supérieure pour facteur de crête 5 :

Limite inférieure pour facteur de crête 10 :

Limite inférieure :

Range de mesurage linéaire à 31,5 Hz

Limite supérieure

Limite inférieure

Range de mesurage linéaire à 4 kHz

Limite supérieure

Limite inférieure

Range de mesurage linéaire à 8 kHz

Limite supérieure

Limite inférieure

Range de mesurage linéaire à 12,5 kHz

Limite supérieure

Limite inférieure

Bruit électrique (on remplace le microphone par son impédance équivalente nominale en court-circuitant à la masse)

Typique

Maximale

Bruit total à 20 °C (électrique + thermique du microphone)

Maximale

Typique

120,0
28,2

120,0
28,6

120,0
34,0

137,0

137,0

130,0

126,0

120,0

22,0

22,0

97,6

24,5

134,0

26,0

137,0

31,0

136,2

26,0

137,0

31,0

134,0

26,0

137,0

27,0

9,4

8,6

10,5

8,8

16,6

15,1

18,5

16,3

22,0

18,8

Fonction L_{peak}

Limite inférieure de l'indicateur :

Limite supérieure de l'indicateur :

Les limites utilisables sont modifiées en fonction de la sensibilité du microphone.

Gamme linéaire de mesure avec un C-130 et un C-250

Minimum de la limite supérieure :

Limite supérieure avec la sensibilité nominale du microphone :

Limite inférieure avec la sensibilité nominale du microphone :

0 dB

160,0 dB

140,5 dB

141,0 dB

55,0 dB

5.2 Détecteur - Fonctions L_F , L_S et L_I

Pour le calibrage électrique, il est indispensable d'utiliser un adaptateur ADMOC130.

Vpp électrique maximale applicable avec un adaptateur ADMOC130	26 Vpp
--	--------

Erreur maximale de la réponse maximale à une salve de signaux sinusoïdaux

L_F	200	$\pm 1,0$
L_S	500	$\pm 1,0$
L_I	20	$\pm 1,5$
	5	$\pm 2,0$
	2	$\pm 2,0$

Erreur maximale pour signaux avec facteur de crête ≤ 3 :

Erreur maximale pour signaux avec facteur de crête ≤ 5 :

Erreur maximale pour signaux avec facteur de crête ≤ 10 :

Excès de lecture maximal :

L_F :

L_S :

Erreur maximale de linéarité de niveau (31,5 à 12 500 Hz) :

Erreur maximale de linéarité différentielle de niveau (31,5 à 12 500 Hz) :

Détecteur de crête - Fonction L_I

Vitesse de chute :

Constante de temps d'élévation :

2,9 dB/s \pm 0,5 dB/s

< 3,5 ms

$\pm 0,5$ dB

$\pm 1,0$ dB

$\pm 1,5$ dB

1,1 dB

1,6 dB

$\pm 0,7$ dB

$\pm 0,2$ dB

< 75 μ s

110 dB

65 dB

2 s

5.3 Moyenneur - Fonction L_T , L_I et L_F

Range de linéarité :

Range d'impulsions :

Temps de réponse pour un signal d'entrée constant :

5.5 Durée d'actualisation de l'affichage

Durée d'actualisation de l'affichage écran	1 s
Durée d'actualisation de l'affichage écran	
Lorsqu'on commence un mesurage, la valeur des fonctions dépendant de la durée d'intégration T mettra un temps T à s'afficher sur l'écran. Cette valeur sera mise à jour toutes les secondes, bien que le changement ne soit visible qu'après une durée T.	

5.6 Pondération fréquentielle

Pondérations fréquentielles disponibles	
	A, C ou Z
L _{peak}	A, C ou Z
L _F	A, C ou Z
L _S	A, C ou Z
L _I	A, C ou Z
L _E	A, C ou Z
L _T	A, C ou Z
L ₁ (percentiles)	A, C ou Z
L ₄ (percentiles)	A

Le tableau suivant montre les pondérations fréquentielles A et C ainsi que la tolérance pour classe 1.

Fréquence (Hz)	Pondération (dB)		Tolérance pour classe 1 (dB)
	Pondération A	Pondération C	
16	-56,7	-8,5	+3, -∞
31,5	-39,4	-3,0	±1,5
63	-26,2	-0,8	±1,5
125	-16,1	-0,2	±1
250	-8,6	-0,0	±1
500	-3,2	-0,0	±1
1000	0	0	±1
2000	+1,2	-0,2	±1
4000	+1,0	-0,8	±1
8000	-1,1	-3,0	+1,5, -3
16 000	-6,6	-8,5	+3, -∞

La pondération fréquentielle Z (zéro) est égale à 0 dB à 10 Hz à 20 kHz. La tolérance pour classe 1 est celle définie pour les pondérations fréquentielles A et C.



CB-5

CALIBREUR ACOUSTIQUE

CESVA

MT CALIBREUR CB-5/Version A/12 pages

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION

2. FONCTIONNEMENT

- 2.1 Généralités
- 2.2 Utilisation de l'Appareil d'Étalonnage
 - 2.2.1 Étalonnage d'un Sonomètre
 - 2.2.2 Remplacement de la pile
 - 2.2.4 Type de pile

3. DESCRIPTION DU CIRCUIT

4. PERFORMANCES

- 4.1 Variations en fonction de la température (Figure 4)
- 4.2 Variations en fonction de la Pression Établie (Figure 5)

5. CARACTERISTIQUES

6. AUTRES INFORMATIONS ET SERVICE APRES-VENTE

2. FONCTIONNEMENT

2.1 Généralités

Cet appareil d'étalonnage est prévu pour différents microphones. Un adaptateur est situé dans l'ouverture avant pour l'utilisation avec des microphones de 1/2 pouce ou un pouce, et il est enlevé pour l'étalonnage de microphones de 1-1/8 pouce. Les niveaux de pression sonore de l'appareil d'étalonnage sont de 94 dB et 104 dB. Celles-ci sont des pressions de 1 Pascal et de 3,16 Pascal et constituent les valeurs recommandées.

Toutefois, pour étalonner un microphone destiné à être utilisé pour des mesures en champ libre, une légère correction est nécessaire pour compenser la différence entre la réponse du microphone en champ libre avec une incidence de 0° et le signal de pression généré par l'appareil d'étalonnage. La correction est typiquement de -0,4 dB pour des microphones de 1 pouce (ce qui donne une valeur d'étalonnage effective de 93,6 dB), et de -0,2 dB pour des microphones de 1/2 pouce (ce qui donne une valeur d'étalonnage effective de 93,8 dB). Aucune correction n'est nécessaire pour l'étalonnage de la réponse en pression. Une seconde correction est nécessaire si la pression établie n'est pas de 10 10 mBar, du fait de l'altitude au-dessus du niveau de la mer, ou pour des conditions barométriques inhabituelles. Les tableaux ci-après, donnent les différentes corrections d'étalonnage.

2.2 Utilisation de l'Appareil d'Étalonnage

Le CB-5 est un coupleur à cavité fermée, le microphone constituant une extrémité de la cavité. Le signal est généré par un oscillateur électronique de technologie nouvelle qui alimente un transducteur spécifique. Le transducteur est situé entre deux cavités fermées avec prises d'air pour équilibrer la pression statique. La seconde cavité assure que le volume équivalent demeure constant, même si l'on utilise des microphones mal adaptés et des microphones avec des volumes avant différents.

Le commutateur on/off/level (marche/arrêt/niveau) est encastré dans le couvercle d'extrémité, ceci empêche toute mise sous tension accidentelle lorsque l'appareil n'est pas utilisé. On accède à la pile en tirant sur le couvercle d'extrémité qui est "encliqueté" à l'extrémité du corps.

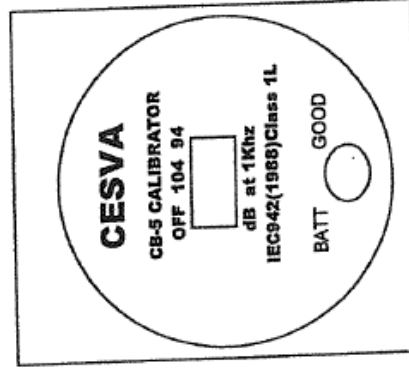


Figure 1 Commandes de l'Appareil d'Étalonnage

Vérifier que vous possédez l'adaptateur qui convient au microphone utilisé. NE JAMAIS essayer d'utiliser le CB-5 avec un adaptateur qui ne convient pas, car la fuite d'air et la modification de volume qui en résulteraient rendraient vos résultats erronés.

2.3 Remplacement de la Pile

Introduire une tige de 4 mm (habituellement un tournevis) dans les deux trous situés dans le couvercle à l'extrémité, et enlever doucement le couvercle à l'aide de ce levier, (Voir Figure 2). Ceci est très dur sur certains appareils.

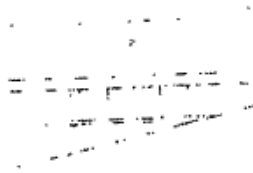


Figure 2 Dépose de l'Extrémité

Tirer la plaque d'extrémité sur laquelle sont fixés le commutateur et une petite carte de circuit imprimé. Le commutateur constitue un point de prise commode.

La pile de type 6F22 peut alors être retirée, en prenant soin de ne pas briser le fil de connexion à la pile. Un 'extracteur' en matière plastique noire est prévu à cet effet. Celui-ci a un diamètre de 1 mm environ et ressemble exactement à un fil noir. Il ne se rompra pas si l'on y exerce une forte traction. Prendre garde à ne pas vous couper les mains car celui-ci est très mince, utiliser un tissu si la pile est bloquée.

Le remplacement est l'opération inverse. La pile doit être adaptée au connecteur vers l'INTÉRIEUR, et le cordon noir d'extraction placé autour de l'ensemble vers l'extérieur. Vérifier que la pile double est suffisamment poussée vers l'intérieur pour permettre la fixation de la plaque d'extrémité à son emplacement convenable.

3. DESCRIPTION DU CIRCUIT

Le CB-5 est constitué d'un oscillateur dont la sortie est redressée et comparée à une tension de référence continue par un comparateur analogique. La tension d'erreur du comparateur est utilisée pour contrôler la tension de sortie de l'oscillateur en commandant le gain d'un pont de Wien.

La sortie sinusoïdale stabilisée de l'oscillateur est atténuée et amplifiée afin de délivrer les deux niveaux. Un amplificateur de liaison de sortie isole et commande le transducteur. Une correction en température est prévue au moyen d'un ensemble de correction placé en série avec le transducteur et monté à l'intérieur de la cavité arrière. La référence est également corrigée en température afin d'assurer la stabilité. Voir le schéma synoptique sur la Figure 3.

Il n'existe pas de manuel d'entretien pour le CB-5 car cet ensemble est très simple, mais un schéma du circuit peut être obtenu auprès de CESVA, par les dépanneurs agréés, si une intervention est nécessaire.

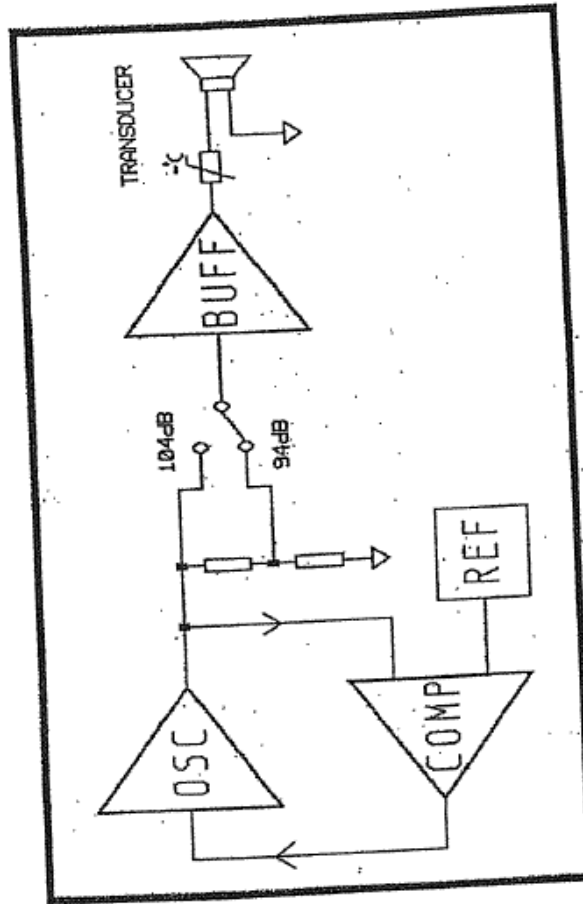


Figure 3 Schéma Synoptique du CB-5

4.2 Variations en fonction de la Pression Etalée (Figure 5)

Les variations dues à la pression statique peuvent atteindre 0,7 dB par rapport à la valeur minimale, et la pression statique doit donc être connue afin d'effectuer cette correction. Celle-ci peut normalement être obtenue auprès de votre aéroport local, celui-ci détenant les valeurs de pression disponibles pour permettre aux avions de corriger leurs altimètres.

Par ailleurs, si des mesures sont requises avec la meilleure précision possible, il faut acquérir un altimètre.

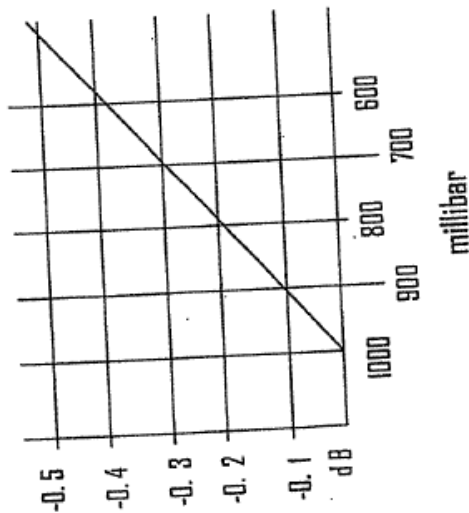


Figure 5 Variations en fonction de la Pression Etalée

CESVA instruments, s.l.
Calibration laboratory

CERTIFICATE OF VERIFICATION

NUMBER: 07/00393

CESVA instruments s.l.
Calibration laboratory

Villar, 20
08041 BARCELONA
SPAIN
Phone number 934 335 240 / Fax 933 478 310

The verification has been performed following procedure P015 (Revision 05) for acoustic tests and P016 (Revision 05) for electrical tests, based on standards IEC60651:1979/A1:1993 and IEC60804:1985/A1:1989/A2:1993.

INSTRUMENT: Integrating-averaging sound level meter
MANUFACTURER: CESVA
MODEL: SC310
SERIAL NUMBER: T226281
MICROPHONE: C-130, serial number 8913
TYPE: 1

DATE OF VERIFICATION: 2007-03-20

DATE OF ISSUE: 2007-03-20

VERIFICATION RESULT: Within the specifications in the values measured

LABORATORY ASSISTANT MANAGER

Rubén Gutiérrez Bajo

CERTIFICATE OF VERIFICATION

NUMBER: 07/00394

CESVA instruments s.l.

Calibration laboratory

Villar, 20
08041 BARCELONA
SPAIN
Phone number 934 335 240 / Fax 933 479 310

The verification has been performed following procedure P017 (Revision 07), based on standard IEC942:1988.

INSTRUMENT: Sound calibrator
MANUFACTURER: CESVA
MODEL: CB-5
SERIAL NUMBER: 0043477
TYPE: 1L

DATE OF VERIFICATION: 2007-03-13
DATE OF ISSUE: 2007-03-20

VERIFICATION RESULT: Within the specifications in the values measured

LABORATORY ASSISTANT MANAGER

CESVA Instrument



Rubén Gutiérrez Bajo

2007-03-20 08:52:02

	L AF	L At	L Creak
00:00:01	70.6	66.0	91.8
00:00:02	68.8	66.9	92.1
00:00:03	69.4	68.6	93.0
00:00:04	71.0	68.8	93.0
00:00:05	69.5	70.5	94.3
00:00:06	67.7	70.1	94.9
00:00:07	64.6	69.9	94.9
00:00:08	70.4	69.5	94.9
00:00:09	67.7	69.8	94.9
00:00:10	70.4	69.6	98.0
00:00:11	66.4	70.9	93.9
00:00:12	76.5	70.1	93.9
00:00:13	69.5	70.2	93.9
00:00:14	69.5	70.1	93.9
00:00:15	62.3	69.9	93.9
00:00:16	73.1	70.3	93.9
00:00:17	92.7	70.4	93.9
00:00:18	71.0	70.3	93.9
00:00:19	71.0	70.3	93.9
00:00:20	67.9	70.2	93.9
00:00:21	72.9	70.3	93.9
00:00:22	69.9	70.3	93.9
00:00:23	72.5	70.3	93.9
00:00:24	69.8	70.3	93.9
00:00:25	73.5	70.4	93.9
00:00:26	75.2	70.6	93.9
00:00:27	69.5	70.7	93.9
00:00:28	68.1	70.8	93.9
00:00:29	73.8	70.8	93.9
00:00:30	70.7	71.0	93.9
00:00:31	73.8	71.1	93.9
00:00:32	74.2	71.3	93.9
00:00:33	68.9	71.3	93.9
00:00:34	72.0	71.4	93.9
00:00:35	67.6	71.4	93.9
00:00:36	71.2	71.5	93.9
00:00:37	53.6	71.5	93.9
00:00:38	53.2	71.2	93.9
00:00:39	52.1	71.0	93.9
00:00:40	53.2	70.9	93.9
00:00:41	53.2	70.8	93.9
00:00:42	52.5	70.7	93.9
00:00:43	52.5	70.7	93.9
00:00:44	52.8	70.5	93.9
00:00:45	52.4	70.6	93.9
00:00:46	52.2	70.4	93.9
00:00:47	52.2	70.3	93.9
00:00:48	52.4	70.2	93.9
00:00:49	53.0	70.2	93.9
00:00:50	53.9	70.0	93.9
00:00:51	52.7	70.0	93.9
00:00:52	52.6	69.9	93.9
00:00:53	52.8	69.9	93.9
00:00:54	52.9	69.7	93.9
00:00:55	52.9	69.6	93.9
00:00:56	52.7	69.6	93.9
00:00:57	53.5	69.5	93.9
00:00:58	52.1	69.3	93.9
00:00:59	52.3	69.3	93.9
00:01:00	56.2	69.2	93.9
00:01:01	55.1	69.1	93.9
00:01:02	55.1	69.1	93.9
00:01:03	53.2	69.0	93.9
00:01:04	53.2	68.9	93.9
00:01:05	52.6	68.9	93.9
00:01:06	52.7	68.8	93.9
00:01:07	52.7	68.8	93.9
00:01:08	53.6	68.7	93.9
00:01:09	53.2	68.6	93.9
00:01:10	53.2	68.6	93.9

ANNEXE 4 - Pièce 10

Étude géotechnique et tests de perméabilité (SOILPIX,
2021)

PROJET D'EXTENSION DE LA CARRIÈRE SBPTL
À PITON VILLERS, PLAINE DES CAFRES

CALCULS DE STABILITÉ DES TALUS EN PHASE
EXPLOITATION ET EN PHASE REMISE EN ÉTAT



SOILPIX
189 ROUTE NATIONALE 2
97470 SAINT BENOIT
LA REUNION

Gsm : (0692) 61 49 30
E-mail : soilpix@yahoo.fr

Siret 49382872700047
APE 7112B

Dossier n° :

RE21C43G0

Client :

Société BEGE Travaux Publics
Location (SBTPL)
229 Rue Jean Defos du Rau
97418 Le Tampon

Date :

Version 1 du 14 Juin 2021

Rapport d'étude établi
par :

Jani GJOKA

SOILPIX
Ingénierie Géologique
et Géotechnique à la Réunion
Tél. : 0692 61 49 30
soilpix@yahoo.fr
SIRET . 493 828 727 00039

Table des matières

<i>I- INTRODUCTION</i>	3
I-1 Objet de cette note de calcul	3
I-2 Lithologie	4
I-3 Reconnaissance de terrain	5
I-4 Essais de perméabilité	6
I-5 Sondages existants	7
I-6 Caractéristiques intrinsèques pour les calculs	10
<i>II- ÉLÉMENTS AYANT UN IMPACT SUR LES PENTES D'EXCAVATION</i>	14
II-1 Structure géologique générale	14
II-2 Discontinuités lithologiques (fracturations et tunnels de lave)	14
II-3 Hydrologie et fonctionnement hydraulique	16
II-4 Circulations d'eau	16
II-5 Conditions externes	17
<i>III – JUSTIFICATION DES PENTES D'EXCAVATION</i>	18
III-1 Stabilité d'un front de taille (pente de 3V/1H sur 4 m de haut)	18
III-2 Stabilité des talus latéraux	19
III-3 Stabilité des talus dans le gisement	21
<i>IV – JUSTIFICATION DES PENTES PHASE REMISE EN ÉTAT</i>	28
<i>V CONCLUSIONS</i>	31

I- INTRODUCTION

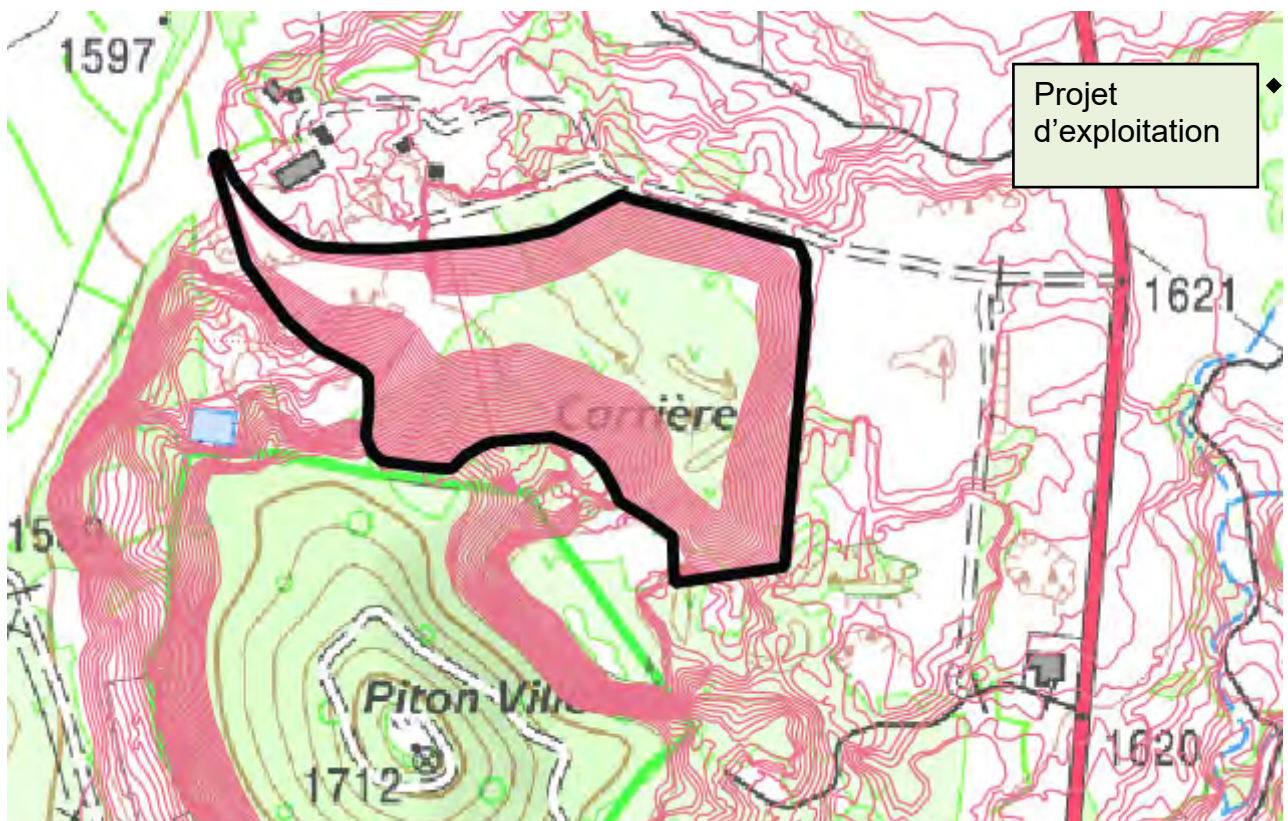
I-1 Objet de cette note de calcul

La présente note de calcul géotechnique traite de la justification des pentes créées lors de la phase exploitation et de la phase remise en état de la carrière SBTPL à Piton Villiers, Plaine des Cafres.

La stabilité des pentes sera évaluée en se basant sur des données géotechniques, par analyse à postériori et par le calcul du facteur de sécurité au glissement établi à l'aide de modèles 2D.

Le modèle lithologique sera basé sur les investigations existantes (forages, fouilles à la pelle), sur des données géophysiques et sur des observations de pentes existantes sur le site ou au voisinage de celui-ci.

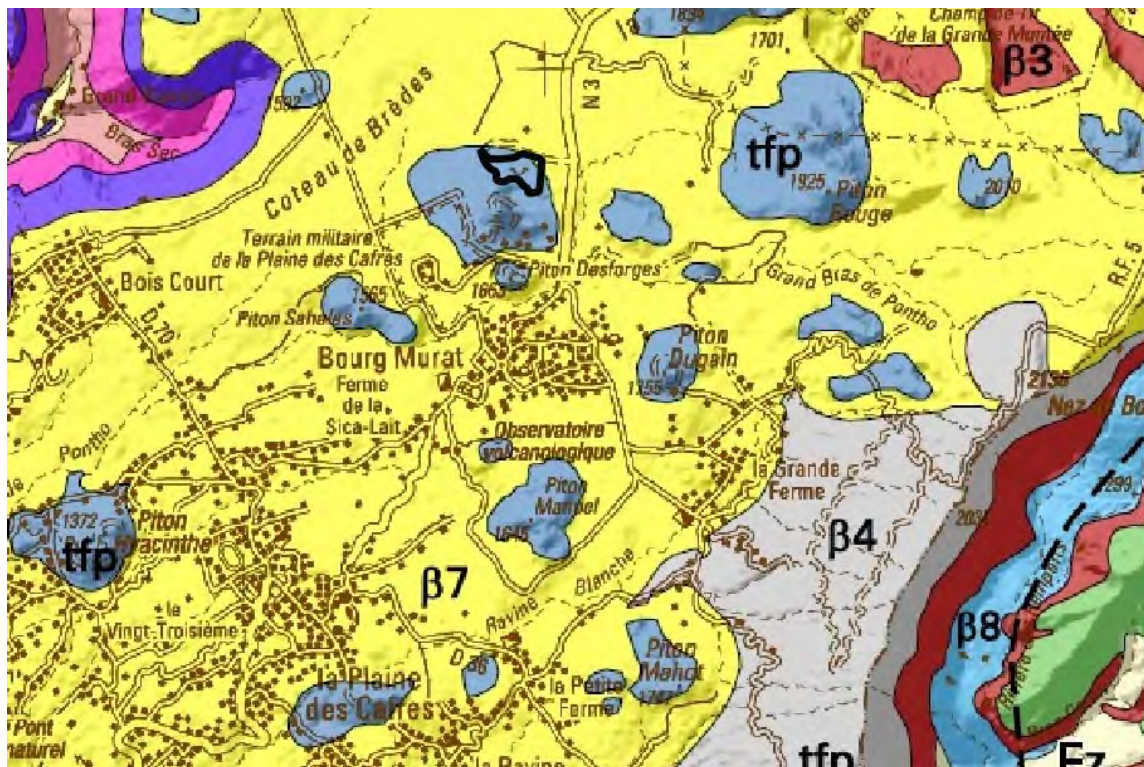
Les pentes seront considérées stables pour un coefficient de sécurité $F_s \geq 1$.



Vue en plan de la future carrière

I-2 Lithologie

D'un point de vue géologique, le site se trouve au pied d'un piton adventif (Piton Villiers) lié à la fracturation du cône du volcan de la Fournaise. Il est concerné par les produits de ce piton et des pitons aux alentours, mais également par les coulées basaltiques classiques du massif du Piton de la Fournaise.



Formations superficielles

Dépôts alluviaux

- Fz** Alluvions récentes
- Fy** Alluvions anciennes

Dépôts littoraux et marins

- D** Sables et galets de plage
- Fm** Alluvions fluvio-marines
- Db** Sables dunaires basaltiques

- R** Récifs coralliens

Dépôts gravitaires

- E** Dépôts de glissements en masse, de coulées de débris, éboulis

I-3 Reconnaissance de terrain

Nous avons effectué un diagnostic visuel du site qui a comporté un relevé géologique des terrains affleurants au sein de la carrière actuelle.



Ancien front de taille de quelques mètres de hauteur permettant par analyse à posteriori de cerner les caractéristiques intrinsèques du massif pour les calculs de stabilité



Cônes d'éboulis pour déterminer l'angle de frottement interne des sols non rocheux du secteur.

Sur des pentes connues stables, la détermination de la valeur minimale de cohésion à retenir pour les calculs devient possible.

I-4 Essais de perméabilité

Trois essais de perméabilités ont été réalisés au sein des formations lithologiques du site (scories et fines de lapillis).



Les essais, de type Porchet à charge constante, ont été réalisés à l'aide du perméamètre de Guelph.

Les débits étant importants, un moyen extérieur contrôlé a permis d'alimenter en eau claire la cavité cylindrique pour que la charge reste constante.



Moyen d'alimentation en eau de la cavité de l'essai

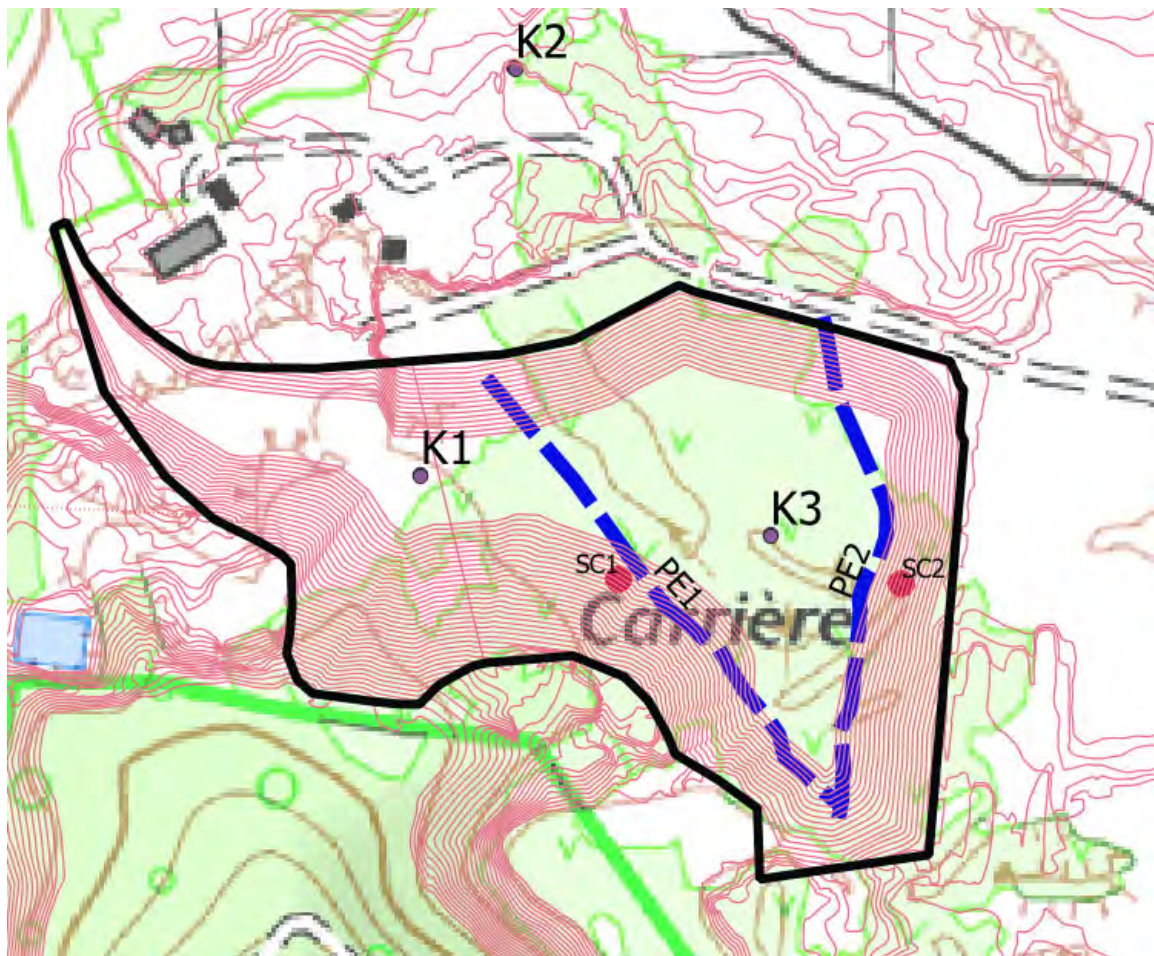
Les formations scoriacées du site sont très perméables (2 à 4E-03 m/s).
Les fines cendreuses sont de perméabilité médiocre (9E-06 m/s).

I-5 Sondages existants

Nous avons analysé des sondages de reconnaissance par sondages carottés et géophysiques réalisés dans le cadre des reconnaissances géologiques précédentes du site.

1. IDDOI - ÉTUDE DE LA CARRIÈRE À LA PLAINE DES CAFRES PAR PANNEAUX ÉLECTRIQUES du 08 Avril 2019
2. RAPPORT D'INTERVENTION FORINTECH du 25 Janvier 2019.

Soit 2 sondages profonds carottés et 2 profils géophysiques de type panneaux électriques.

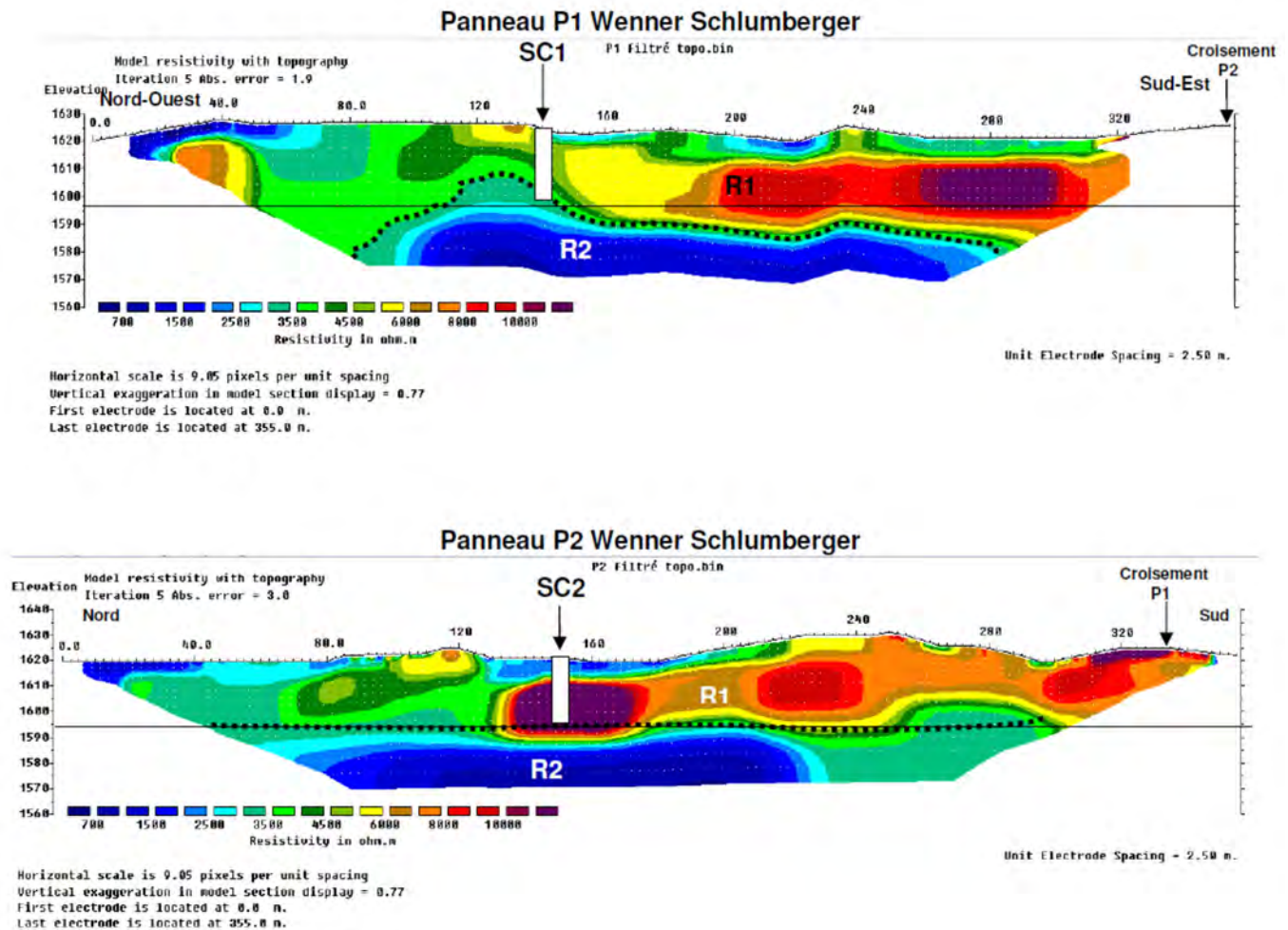


Carte des sondages et essais

LÉGENDE

- SC : Sondage carotté
PE : Profil électrique
K : Essais de perméabilité

Les panneaux électriques donnent en pseudo-profondeur la structure géologique du site. Ces sondages ont été passés par-dessus les sondages carottés pour les besoins de modélisation.



L'échelle des couleurs varie du bleu au rouge bordeaux.

Le bleu représente des massifs basaltiques denses à faible résistivité alors que le rouge représente des niveaux très résistants dûs en partie à un ensemble très aéré vacuolaire, mais pouvant aussi être dû à une forte fracturation ouverte ou peu remplie à travers les coulées basaltiques.

La discontinuité latérale dans les formations denses peut représenter des paléoreliefs en creux remplis par les produits scoriacés du volcanisme des pitons adventifs comme celui du Piton Villiers.

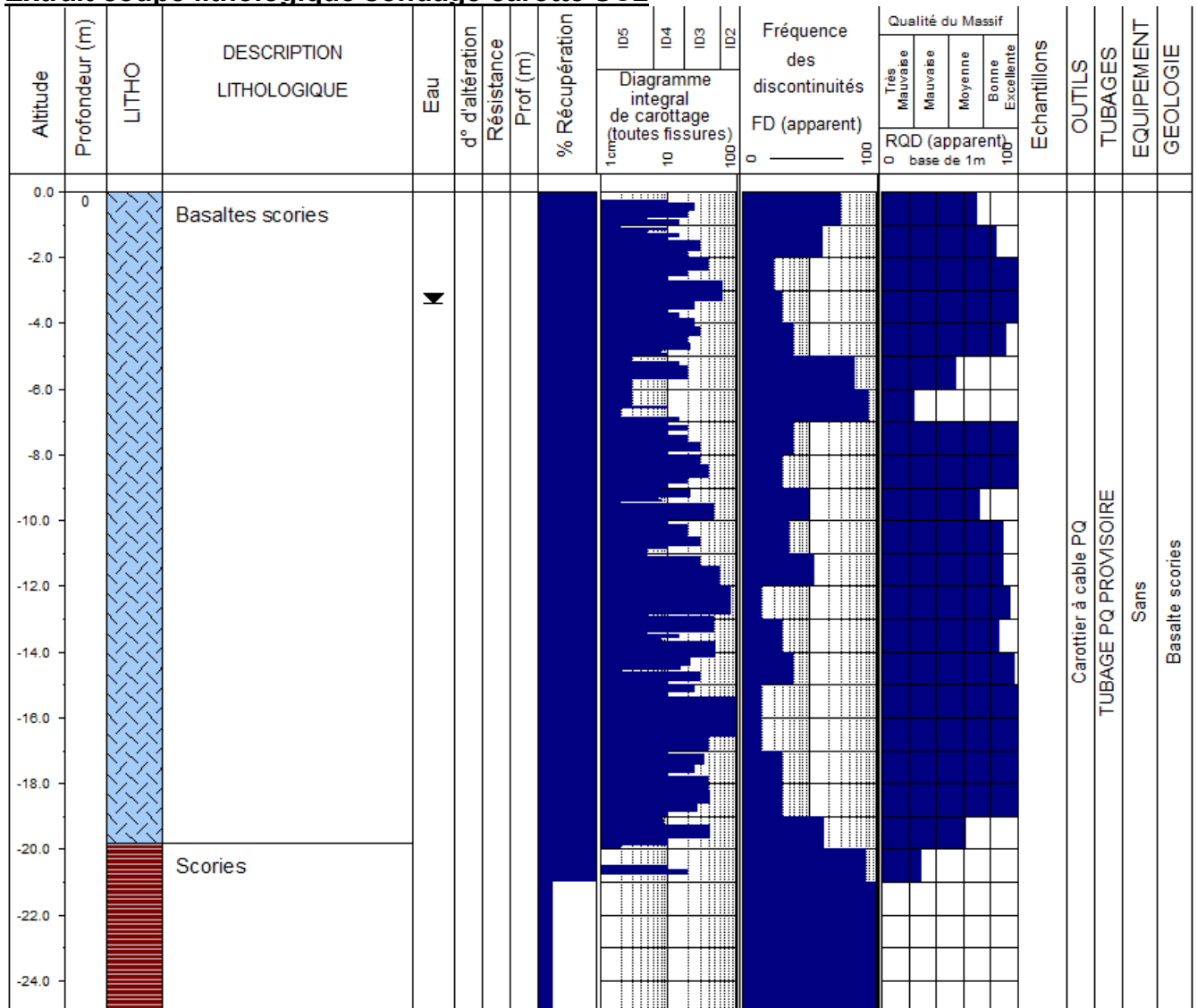
Les sondages carottés qui sont de très bonne qualité permettent une visualisation directe des formations en profondeur.

Un rendu basé sur la longueur des morceaux carottés permet le calcul du RQD et une identification de la fissuration par mètre linéaire, des paramètres très importants pour cerner la valeur RMR (**Rock Mass Rating** – Bieniawski 1973) du massif rocheux.

Cette valeur comprend une note qui va de 0 à 100.

Cette valeur permet d'identifier les valeurs minimales des angles de frottement et des cohésions des massifs rocheux dans les cas où, pour les calculs de stabilité aux grands glissements des pentes, on assimile les massifs rocheux à une formation lithologique de type sol.

Extrait coupe lithologique sondage carotté SC2



I-6 Caractéristiques intrinsèques pour les calculs

Les calculs seront réalisés à l'aide du logiciel STABLE (*Slope Stability Analysis*) de MZ Associates Ltd.

La Réunion étant en zone sismique n°2 (faible sismicité), nous avons introduit symboliquement un coefficient d'accélération sismique de 0,07 (accélération de 0,7 m/s²) lors de nos calculs de stabilité des pentes.

L'ensemble rocheux a été considéré équivalent à un sol homogène de caractéristiques intrinsèques suivantes :

- Cohésion effective : $c' = 80$ kPa
- Angle de frottement : $\varphi' = 42^\circ$
- Poids volumique : $\gamma = 20$ kN/m³

Le RMR pour le choix de ces valeurs a été retenu moyen à 58 (voir justification ci-dessous).

1. La résistance à la compression uniaxiale de la roche,

UCS [MPa]	Rating
<1	0
1 to 5	1
5 to 25	2
25 to 50	4
50 to 100	7
100 to 250	12
>250	15

Note

2. La valeur de l'indice RQD pour la masse rocheuse,

RQD [%]	Rating
<25	3
25 to 50	8
50 to 75	13
75 to 90	17
90 to 100	20

3. L'espacement des discontinuités,

Average joint spacing [m]	Rating
<0.06	5
0.06 to 0.2	8
0.2 to 0.6	10
0.6 to 2	15
>2	20

4. L'état des discontinuités,

Discontinuity condition	Rating
Soil filling > 5 mm Or aperture > 5 mm Continuous	0
Slickenside surfaces or filling < 1mm Slightly weathered rock walls	10
Slightly rough Surface aperture < 1 mm Highly weathered rock walls	20
Slightly rough Surface aperture < 1 mm Slightly weathered rock walls	25
Very rough surfaces, Not continuous,	30

5. Les conditions hydrauliques,

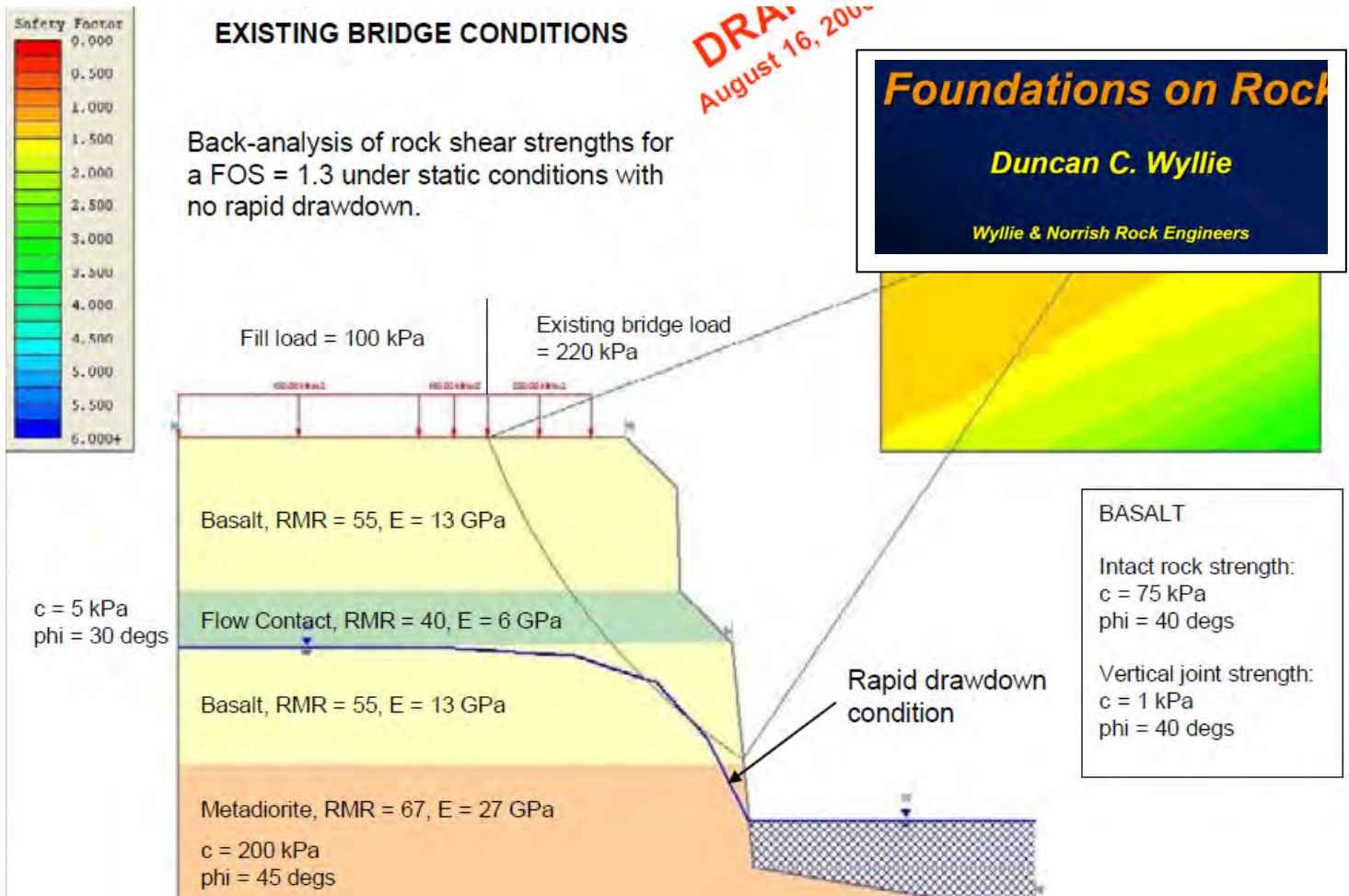
General condition	Flow [l/min]	Rating
Flowing	>125	0
Dripping	25 to 125	4
Wet	10 to 25	7
Damp	<10	10
Dry	0	15

6. L'orientation des discontinuités.

On retient ici un impact nul des discontinuités.

Les talus subverticaux de près de 10 m (parfois même avec surplomb) avec une très bonne tenue plaident en faveur de cet ordre de grandeur pour le c' et f' .

Dans la littérature, on trouve des ordres de grandeurs en cohérence avec les valeurs retenues dans le cas de cette étude.



Calcul de stabilité extrait de l'ouvrage « Foundation on rock » de Duncan C. Wyllie

Caractéristiques	Gabbros	Diorites	Talc-carbonates	Péridotites	Serpentinites (avec l'amiante)	Serpentinites schisteuses
Masse volumique, g/cm ³	2,86-3,13 3,02 (34)	2,74-2,94 2,83 (13)	2,35-2,99 2,88 (32)	2,64-3,03 2,82 (92)	2,47-3,0 2,67 (88)	2,59-2,90 2,68 (35)
Porosité total, %	0,32-6,48 1,93 (29)	0,36-6,44 1,42 (9)	0,34-7,87 2,36 (22)	0,34-6,5 1,59 (52)	0,38-5,40 1,75 (70)	pas de données
Coefficient de saturation à l'eau, %	0,07-0,3 0,21 (16)	0,04-0,25 0,12 (4)	0,03-3,84 0,64 (14)	0,02-0,29 0,10 (44)	0,03-0,78 0,23 (41)	0,10-0,42 0,22 (12)
Coefficient de résistance dynamique	7,9-28,6 15,2 (35)	6,6-30,0 17,3 (20)	2,0-10,0 4,3 (29)	7,0-25,0 13,7 (68)	3,3-21,5 9,3 (108)	5,0-18,5 9,1 (26)
Résistance à la traction, MPa	12,6-32,9 31,3 (23)	12,5-29,4 21,6 (9)	1,8-19,1 6,9 (24)	8,7-42,8 24,0 (57)	5,5-26,3 13,4 (73)	pas de données
Résistance à la compression, MPa	55,1-216,5 144,7 (23)	71,8-209,5 135,0 (9)	15,0-78,6 29,4 (24)	94,5-235,5 201,8 (57)	32,4-188,0 94,5 (72)	32,4-179,0 97,6 (28)
Cohésion, MPa	15,5-43,0 31,9 (23)	16,0-44,0 30,1 (9)	4,1-21,0 7,9 (24)	14,0-48,0 29,5 (57)	7,7-39,4 20,2 (72)	10,0-39,4 19,9 (28)
Angle de frottement, degrés	30-54 42 (23)	32-48 42 (9)	17-56 32 (24)	31-55 44 (57)	29-53 42 (72)	29-51 43 (28)
Coefficient de ramollissement	0,61-1,0 0,80 (13)	0,76-0,86 0,81 (2)	0,33-0,68 0,49 (8)	0,40-0,99 0,81 (23)	0,35-0,94 0,67 (24)	0,55-0,93 0,75 (7)
Vitesse de propagation des ondes longitudinales, m/s	5368-6900 6864 (21)	4890-6288 5824 (7)	3420-5660 4662 (16)	4997-7562 6367 (73)	4280-6690 5644 (46)	pas de données
Vitesse de propagation des ondes transversales, m/s	3166-4300 3915 (19)	3106-3589 3412 (5)	2743-2989 2866 (2)	2445-3753 3257 (29)	2546-3731 2997 (24)	pas de données
Module de Young (dynamique), MPa*10 ²	777,9-1240,3 1137 (19)	696-937 823 (5)	541,5-633,2 587,4 (2)	446,8-1113 782,1 (28)	451,6-872,5 627,1 (24)	512,8-872,5 690,7 (10)
Coefficient de Poisson	0,19-0,32 0,25 (19)	0,18-0,29 0,25 (5)	0,25 0,25 (2)	0,18-0,38 0,28 (23)	0,19-0,37 0,29 (24)	0,19-0,35 0,27 (10)

Tableau 5 : Propriétés physico-mécaniques des principales roches du massif de Bagenovskoe (d'après Zoloev, [86])

Première ligne: valeurs extrêmes - Deuxième ligne: valeurs moyennes - Entre parenthèses: nombre d'essais.

II- ÉLÉMENTS AYANT UN IMPACT SUR LES PENTES D'EXCAVATION

II-1 Structure géologique générale

Il s'agit des coulées basaltiques du massif du Piton de la Fournaise. Ces coulées sont constituées d'un empilement de coulées de laves métriques, avec à la base et au sommet des brèches de progression.

L'activité récente des pitons adventifs, comme celui du Piton Villiers, a causé des dépôts de scories et de lapillis plurimétriques, mais aussi de nombreuses coulées basaltiques scoriacées décimétriques.

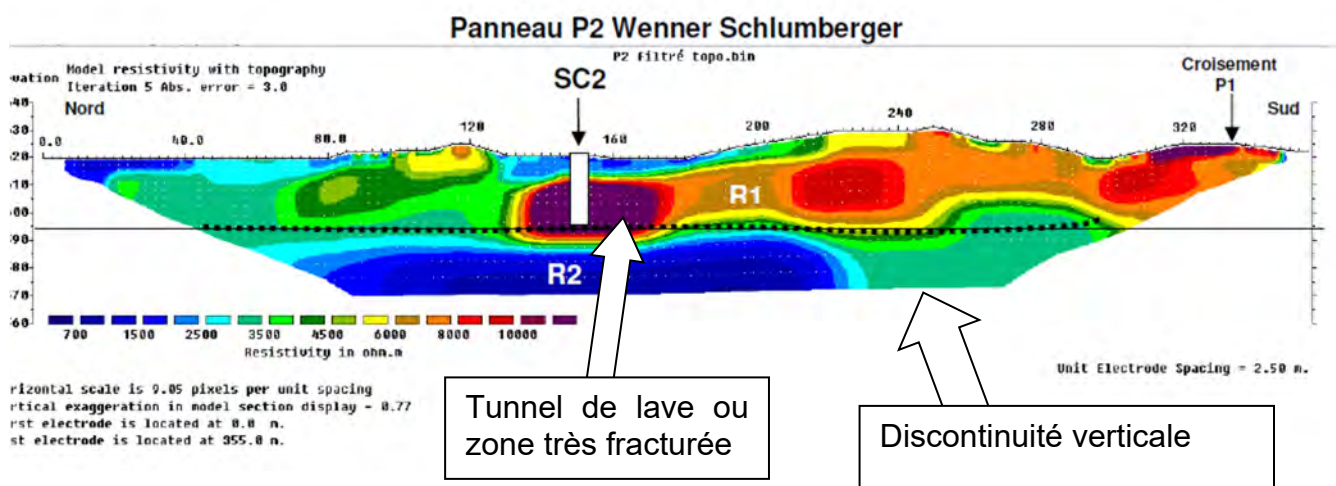
Des lacs volcaniques ou mares ont pu se former dans les dépressions laissées par les cratères avortés ou les effondrements localisés.

II-2 Discontinuités lithologiques (fracturations et tunnels de lave)

Les pitons adventifs ont été formés au droit de fracturations soit radiales liées au dôme du Piton de la Fournaise soit circulaires liées aux rifts volcaniques

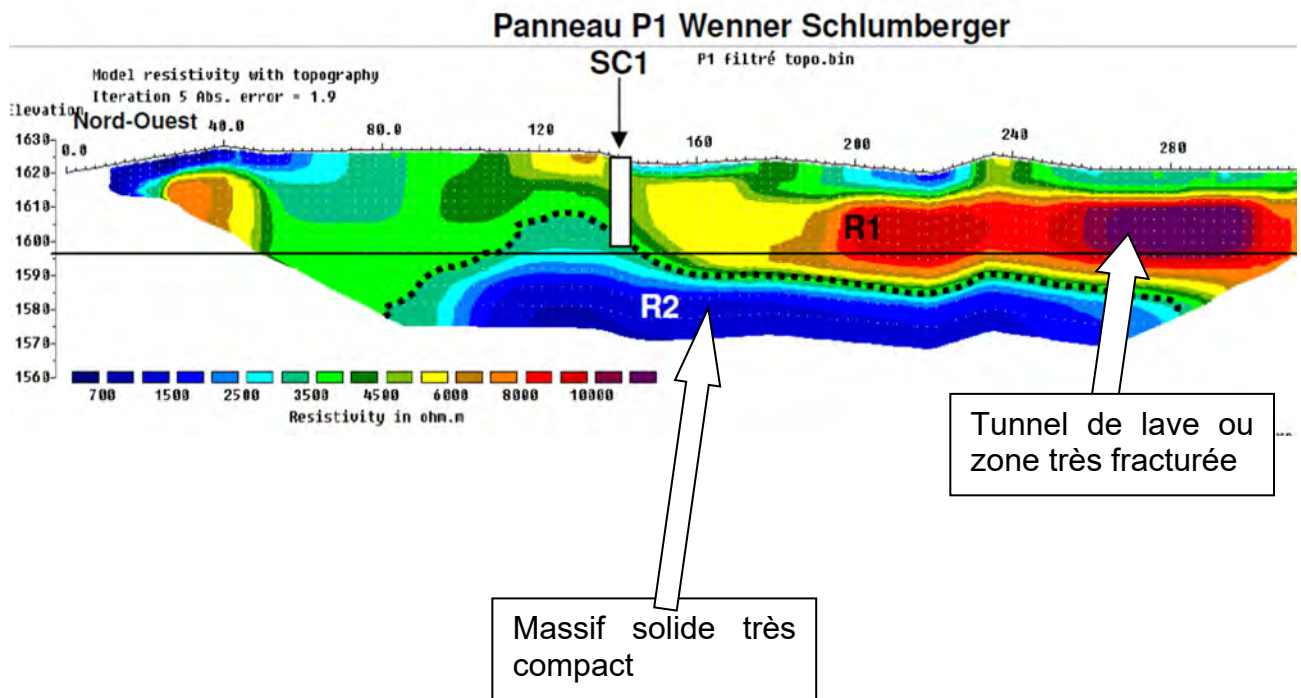
L'impact de ces fractures dépendra de l'orientation de la fracture au niveau du front d'excavation.

Vu la forme circulaire de l'exploitation, il est prudent de retenir comme très probable la rencontre dans une position défavorable de ces fractures. Ainsi on pourrait supposer que l'extraction supprime des coulées basaltiques massives faisant butée sur les produits de scories et de lapillis des pitons adventifs.



Aussi, la présence de tunnels de lave n'est pas à exclure avec un risque de chute pour les engins de terrassement travaillant par-dessus la voûte pas encore visible de ces anomalies.

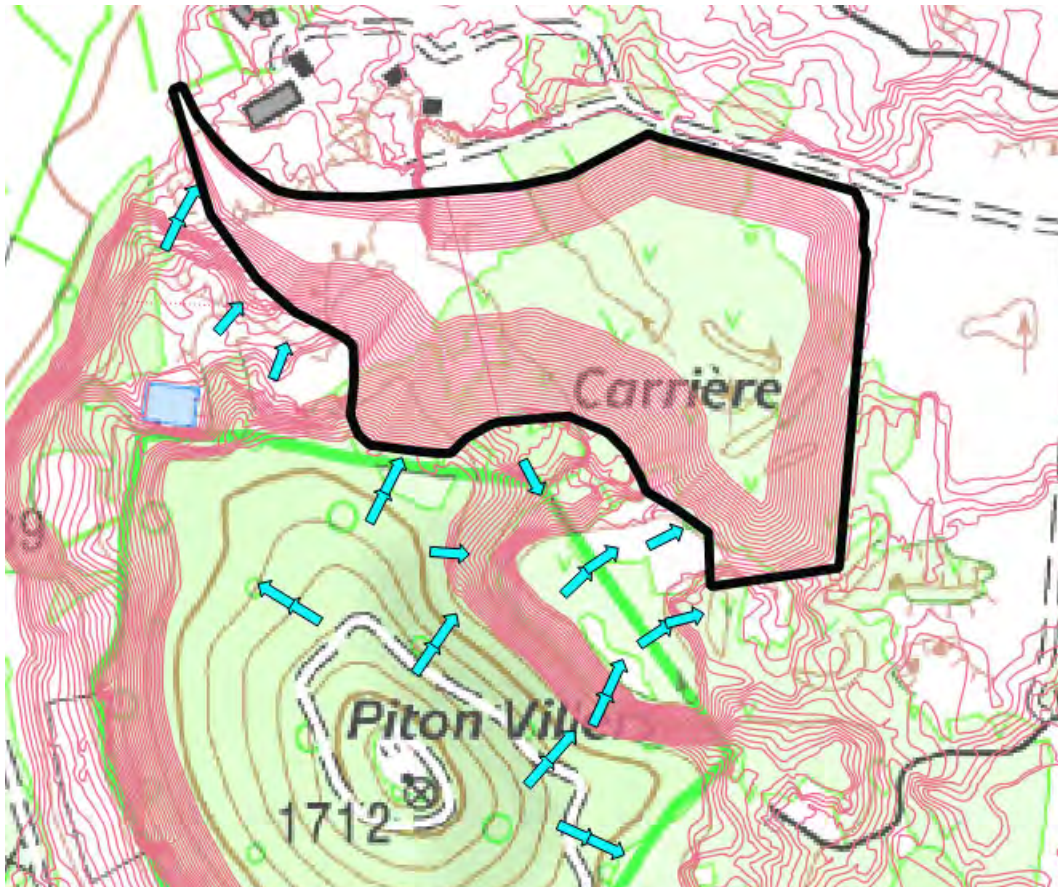
Ainsi, au niveau de SC2 et au sud du profil P1, une cavité basaltique n'est pas à exclure.



II-3 Hydrologie et fonctionnement hydraulique

La face sud de la carrière sera exposée à des venues d'eau importantes d'un impact réduit en phase exploitation grâce aux bonnes perméabilité des terrains, mais dangereuses pour le remblai de la phase remise en état.

Un système de drainage sur le corps de remblai est nécessaire pour éviter la dégradation de celui-ci.



II-4 Circulations d'eau

Les sols sont très perméables (voir essais de perméabilités). Le massif est très fracturé et très poreux.

Dans les zones situées sous le volcanisme récent lié aux pitons adventifs, des mares souterraines peuvent emprisonner de grosses quantités d'eau qui peuvent s'échapper au moment des terrassements.

Ces mares peuvent exister grâce à une couche de fines cendreuses ayant été déposées au niveau de ces dépressions et assurant ainsi le rôle d'une couche imperméable. Les sondages carotté n'ont cependant pas détecté la présence d'une telle couche.

On restera attentif face à toute venue d'eau, même insignifiante, un tel phénomène pouvant annoncer la proximité d'une mare souterraine à grosses quantités d'eau.

Il n'est pas attendu de nappe perchée au niveau des excavations.

II-5 Conditions externes

II-5.1 Sismicité

La nouvelle réglementation sismique nationale (entrée en vigueur à compter du 1^{er} mai 2011) classe l'île de la Réunion en zone 2 dite de faible sismicité alors qu'elle était jusqu'à présent considérée comme de sismicité nulle.

L'accélération sismique sera prise en compte dans les calculs (coefficient d'accélération 0.05).

III – JUSTIFICATION DES PENTES D’EXCAVATION

III-1 Stabilité d’un front de taille (pente de 3V/1H sur 4 m de haut)

Des fronts de taille identiques existent dans des parties déjà exploitées sur la même unité géologique.

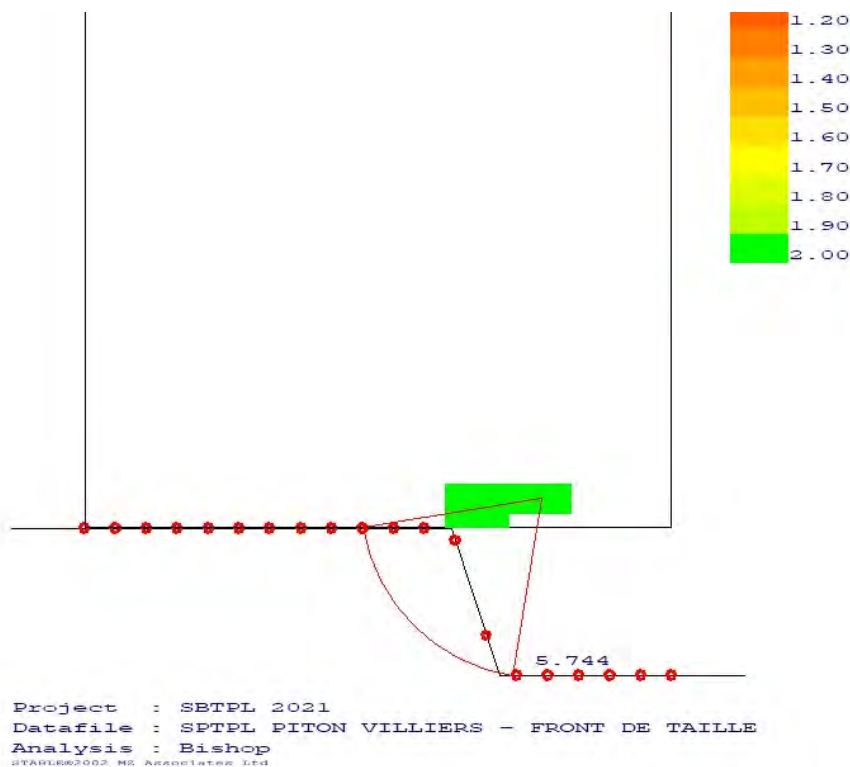


La tenue de ces talus est très bonne grâce à un ensemble scoriacé induré.

Absence d’instabilité rocheuse.

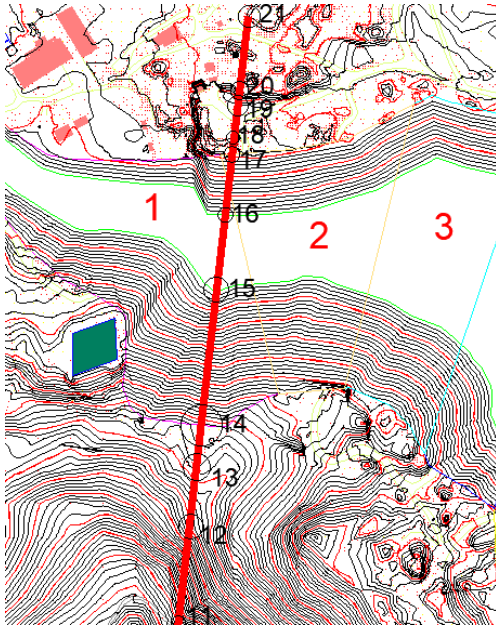
Très bonne tenue même pour des pentes verticales à parties sous-cavées.

Avec les paramètres intrinsèques retenus pour cette étude, la stabilité ressort très satisfaisante avec un coefficient de sécurité de 5,7.



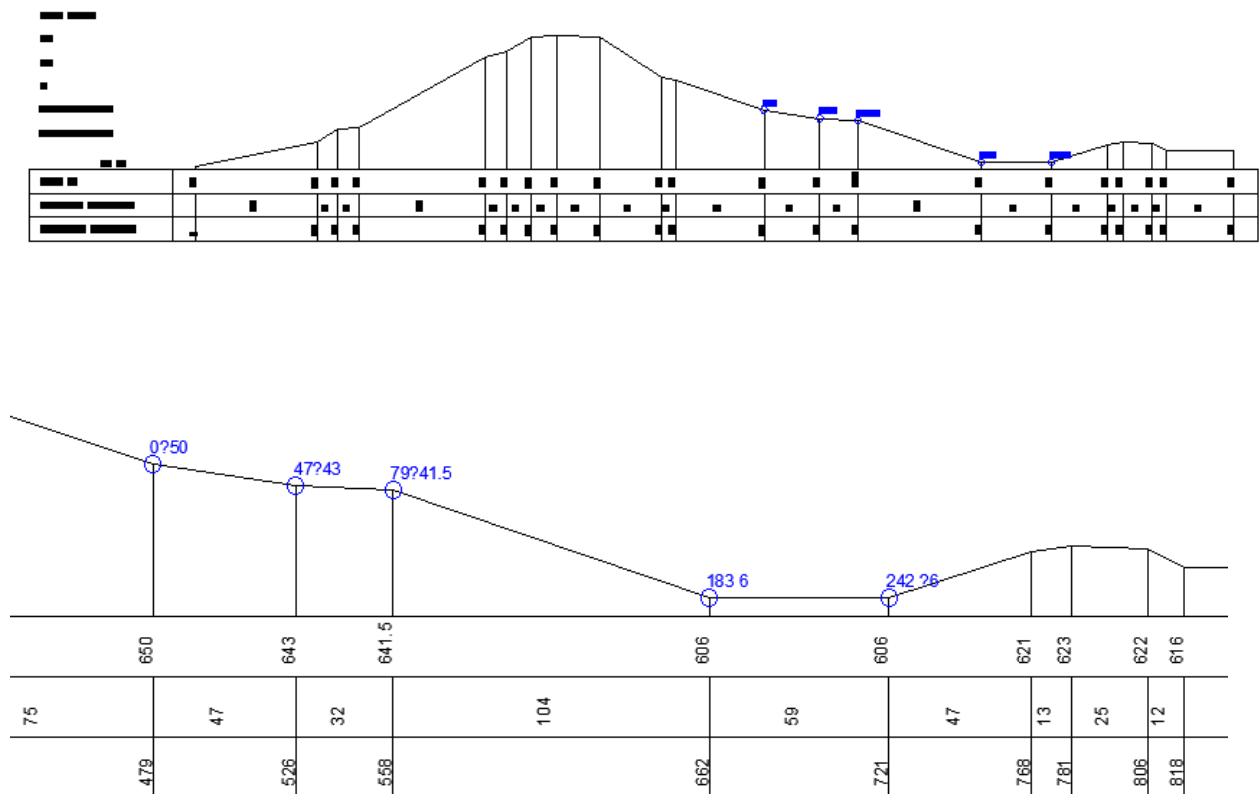
III-2 Stabilité des talus latéraux

Ces talus latéraux par rapport au sens de progression de l'exploitation de la carrière sont d'une pente générale de 1V/3H (hauteur maximale de 37 m).



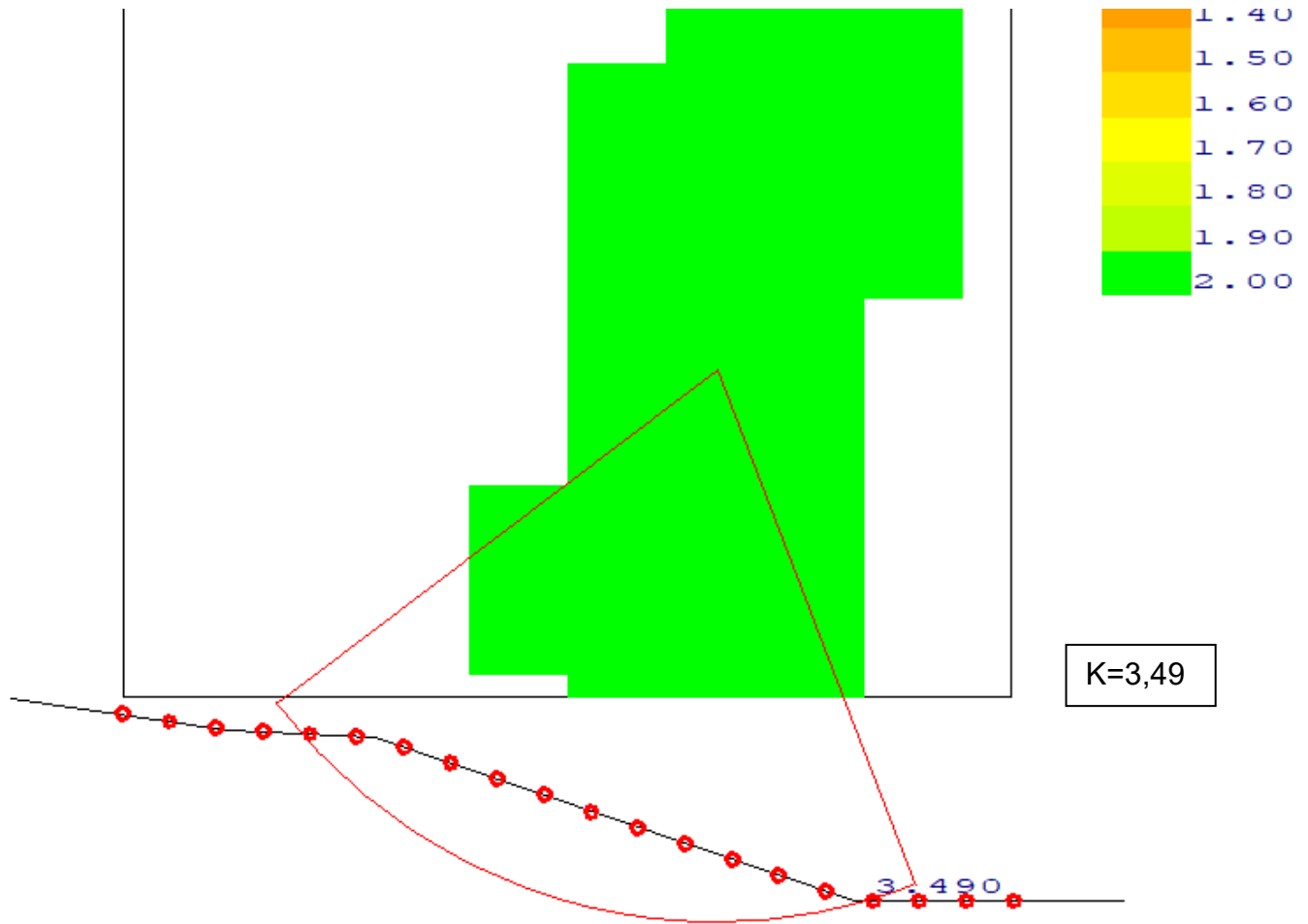
Situation du profil à vérifier

CALCUL 2 TALUS LATERAL 1V 3H





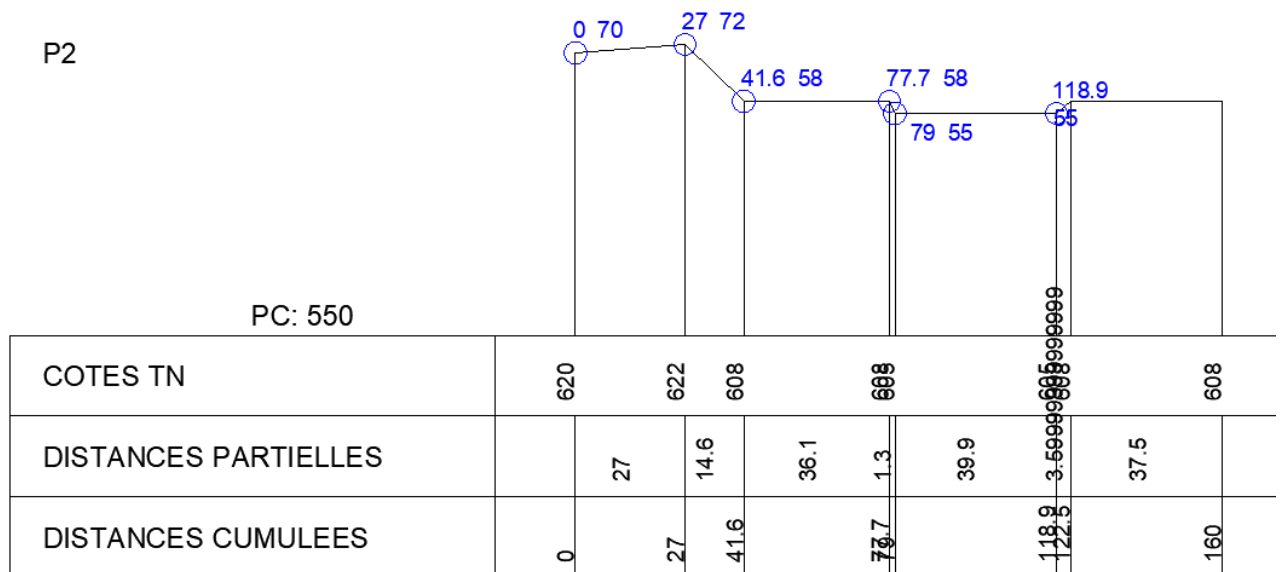
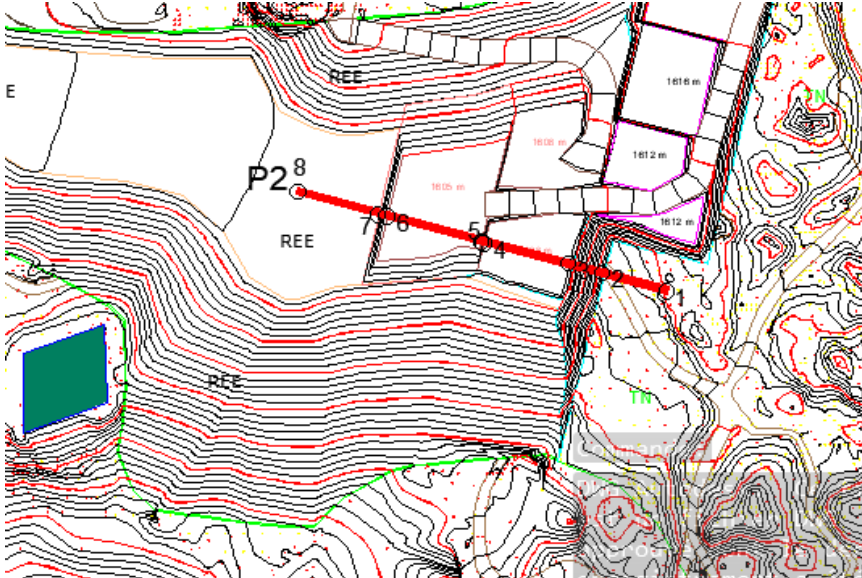
La stabilité des pentes latérales en 1/1 est très satisfaisante à 3,49



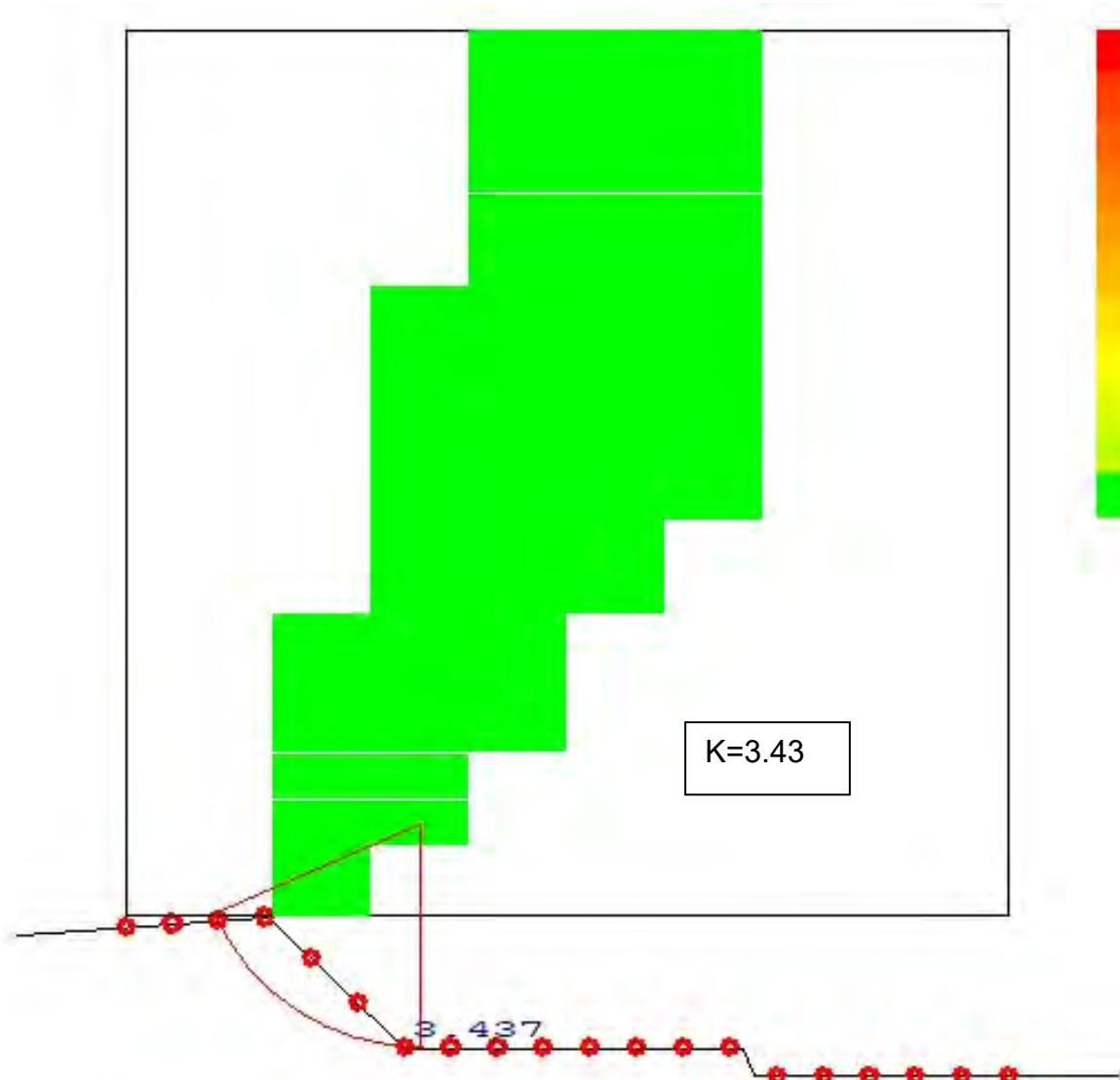
Project : SBTPL 2021
Datafile : P1 TALUS LATERAL
Analysis : Bishop
STABLE002002 MZ Associates Ltd

III-3 Stabilité des talus dans le gisement

Ce chapitre traite des talus de la carrière réalisés dans le gisement (hauteurs supérieures à 4 m), des talus des gradins en remblais et de la partie inférieure des rampes.

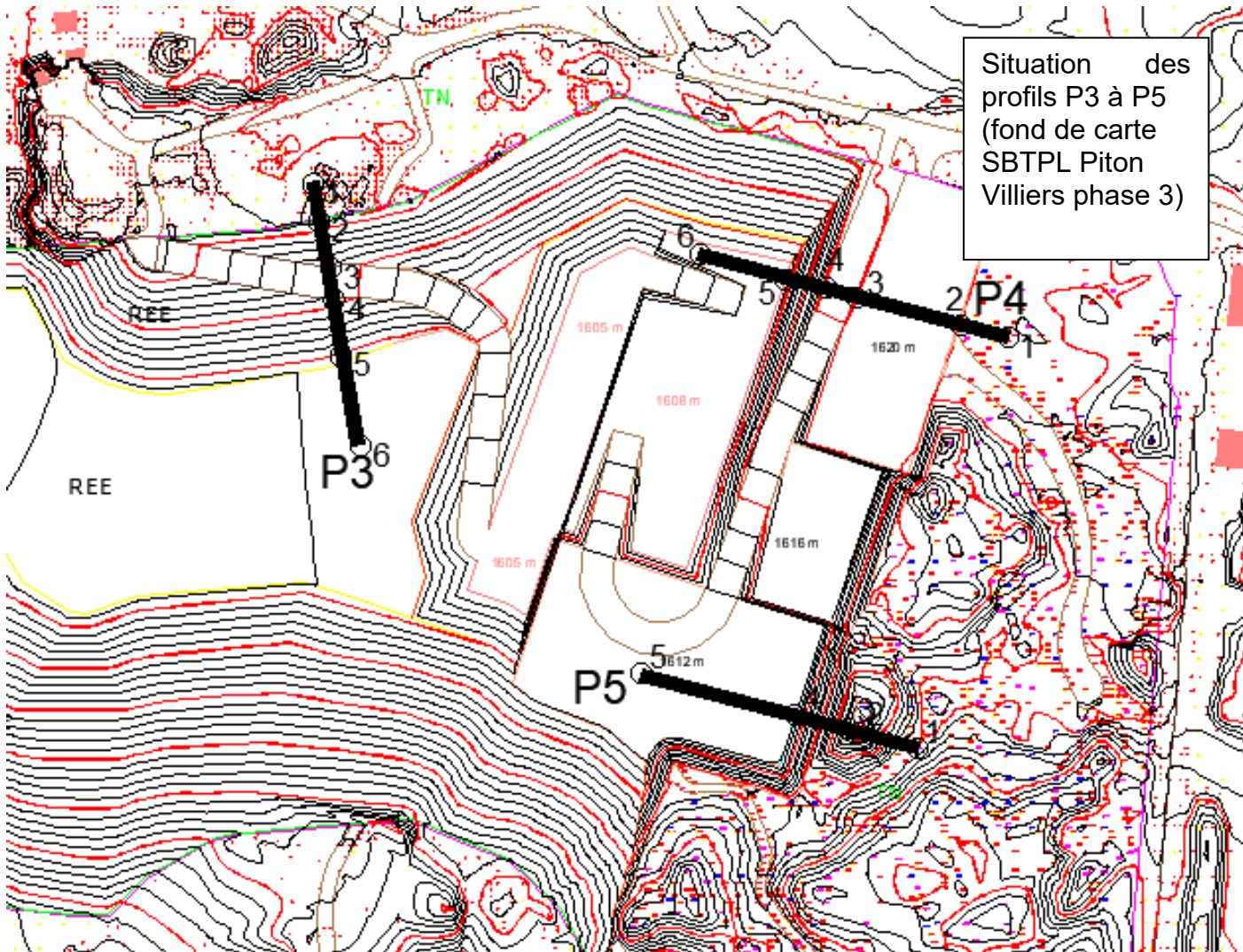


La stabilité dans la partie la plus défavorable des pentes est très bonne à 3,43.



Project : SBTPL 2021
Datafile : P2 GISEMENT
Analysis : Bishop
STABLE62002 M2 Associates Ltd

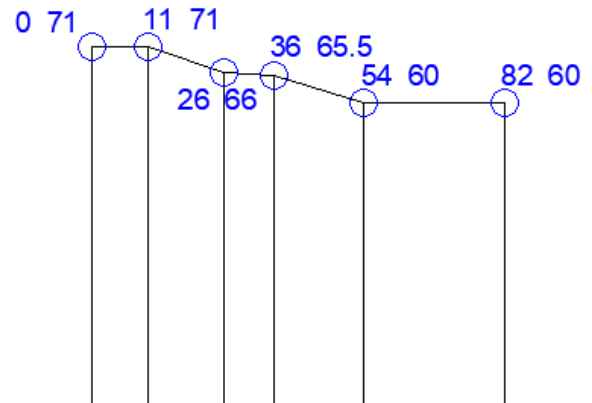
PLAN DES PROFILS SUIVANTS



P3

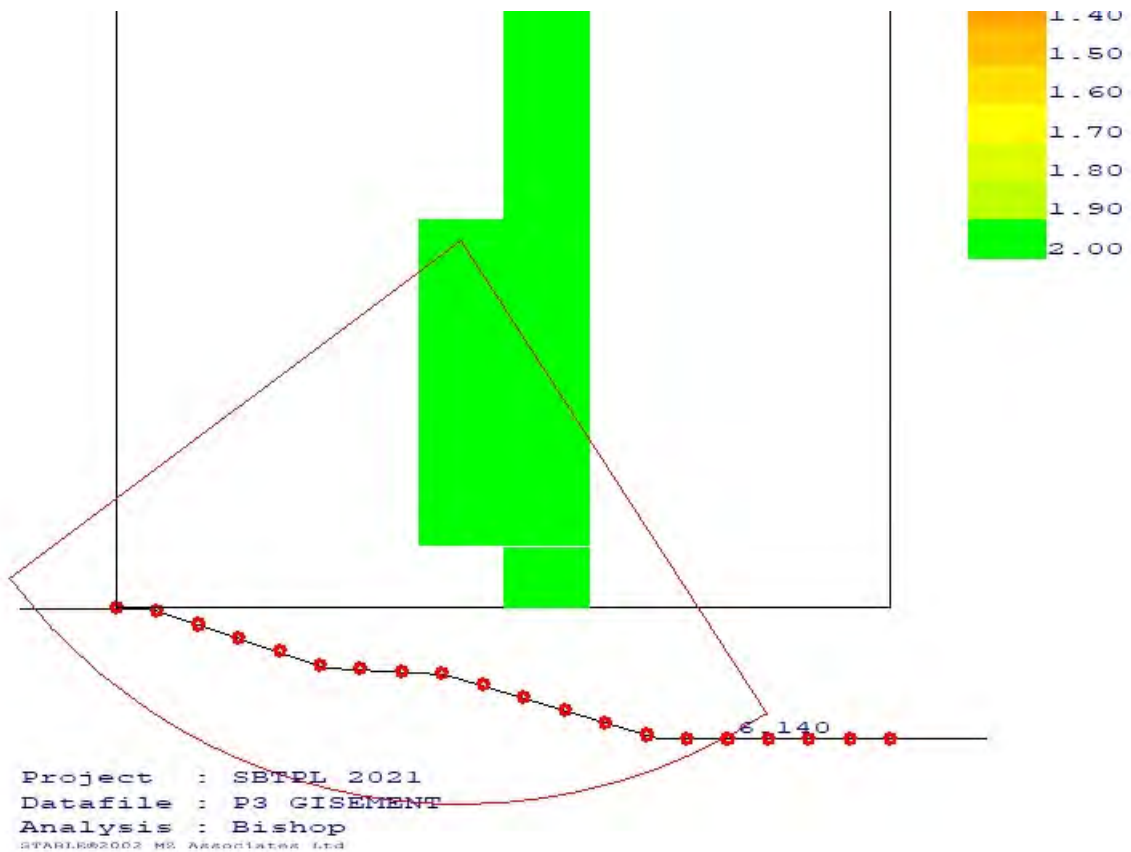
ECHELLE En X: 1/2000

ECHELLE EN Z: 1/2000



PC: 550

COTES TN	621	621	616	615.5	610	610
DISTANCES PARTIELLES		11	15	10	18	28
DISTANCES CUMULEES	0	11	26	36	54	82



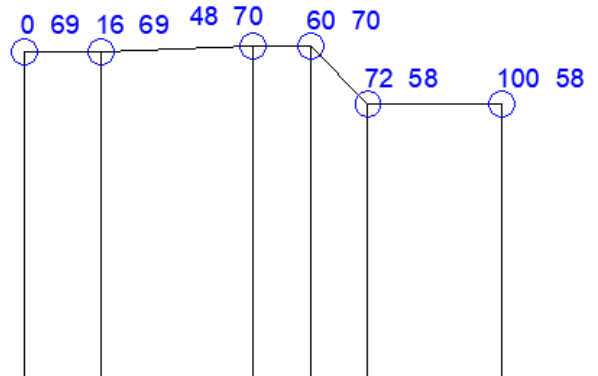
Très bonne tenue sur cette configuration d'excavation.

P4

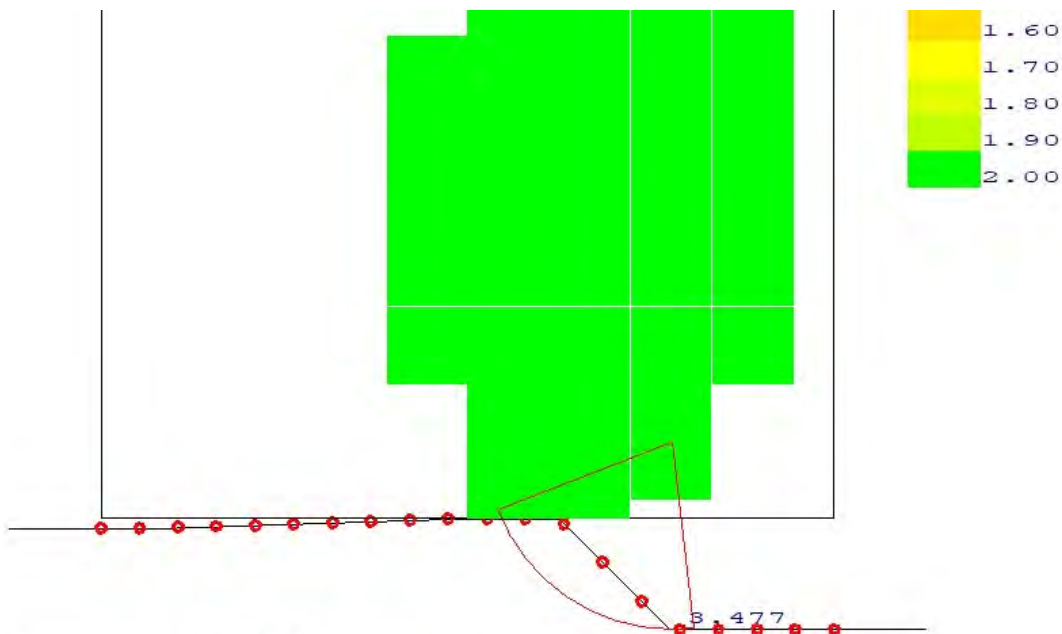
ECHELLE En X: 1/2000

ECHELLE EN Z: 1/2000

PC: 550



COTES TN	619	619	620	620	608	608
DISTANCES PARTIELLES		16	32	12	12	28
DISTANCES CUMULEES	0	16	48	60	72	100



Project : SBTPL 2021
 Datafile : Gisement P4
 Analysis : Bishop
 STABLE02002 MZ Associates Ltd

Stabilité satisfaisante.

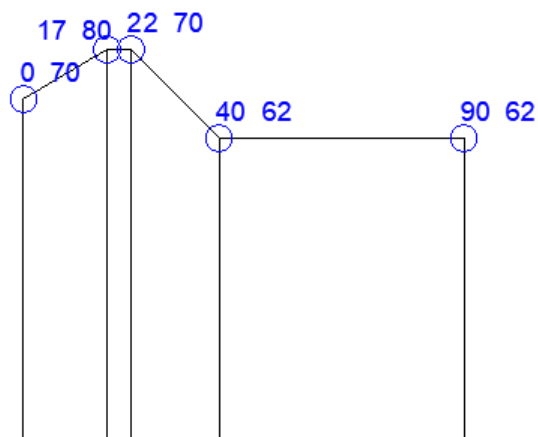


P5

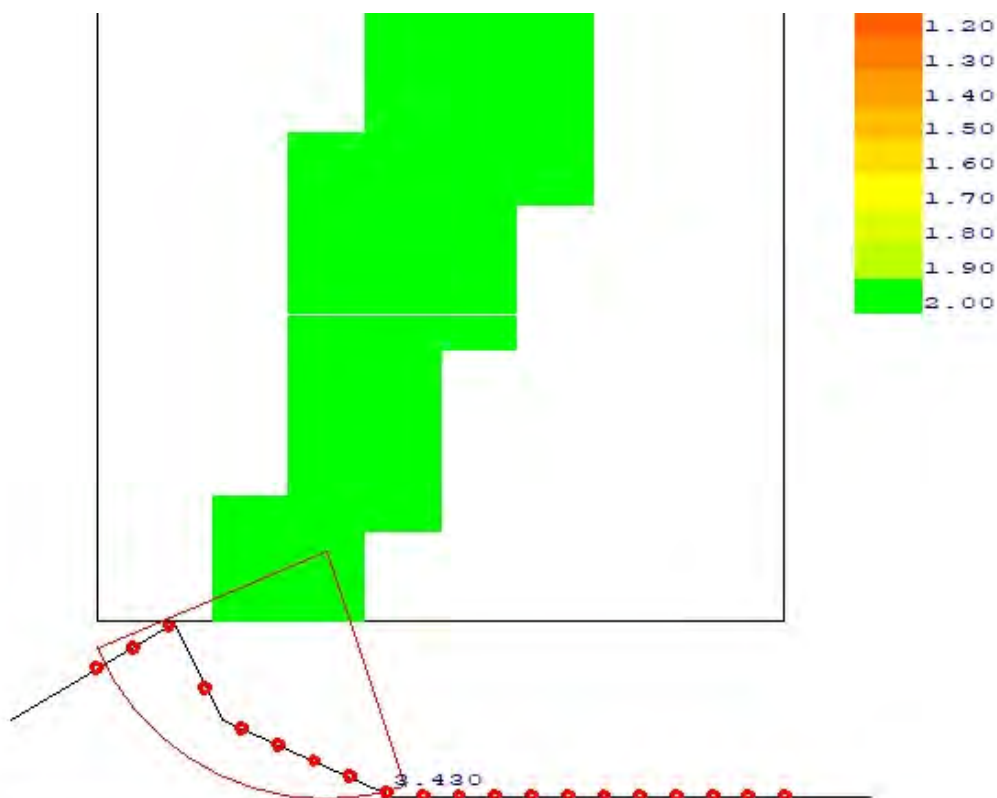
ECHELLE En X: 1/2000

ECHELLE EN Z: 1/2000

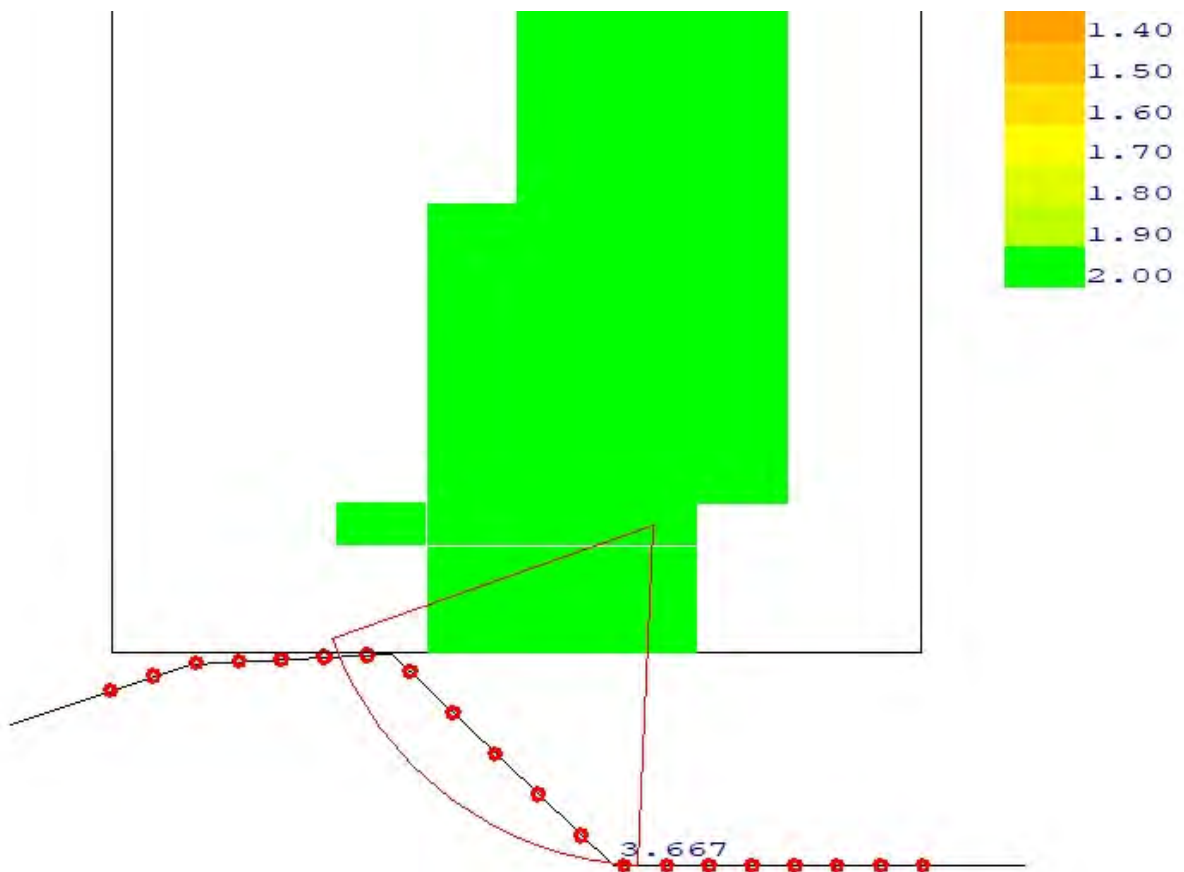
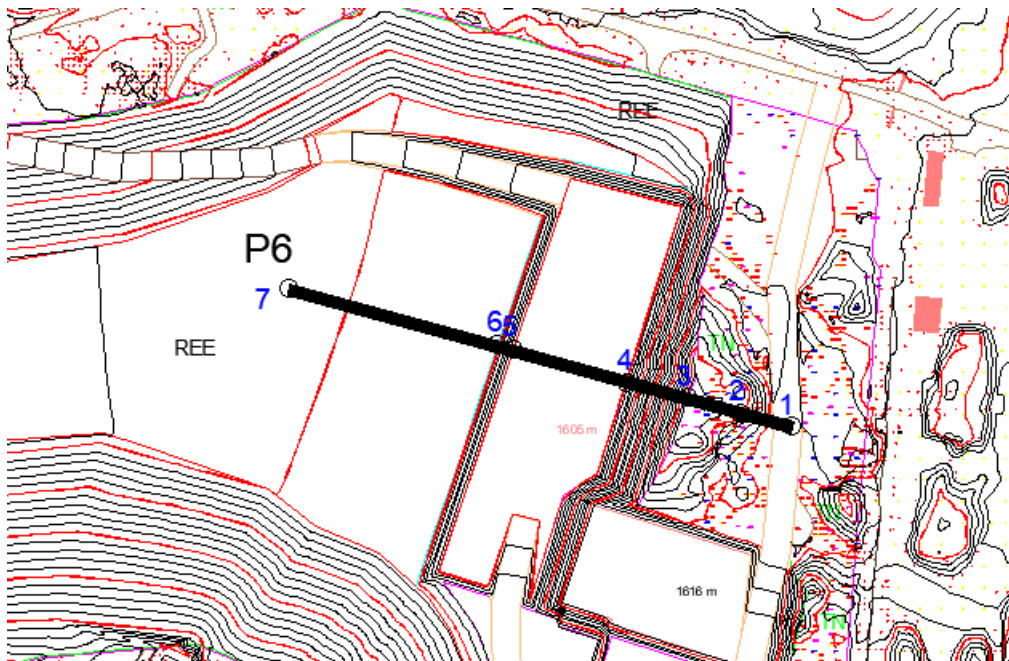
PC: 550



COTES TN	620	630	630	612	612
DISTANCES PARTIELLES		17	5	18	50
DISTANCES CUMULEES	0	17	22	40	90



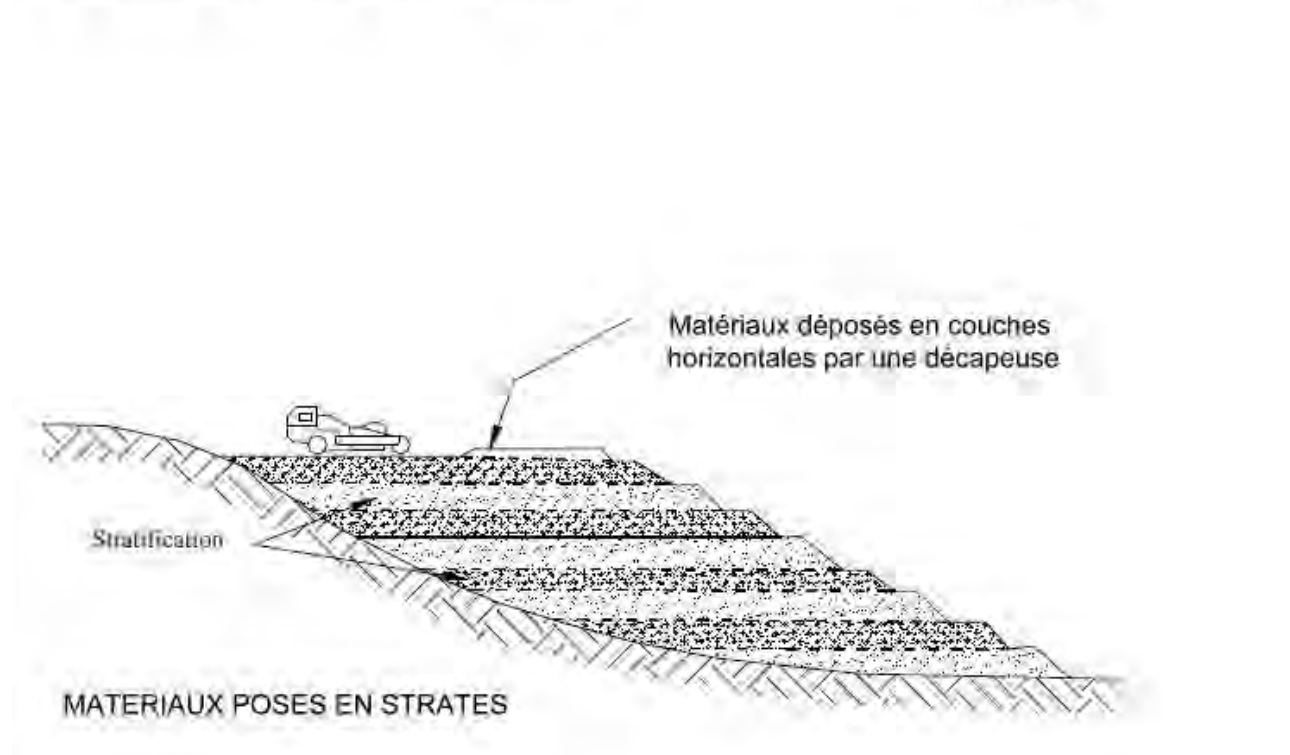
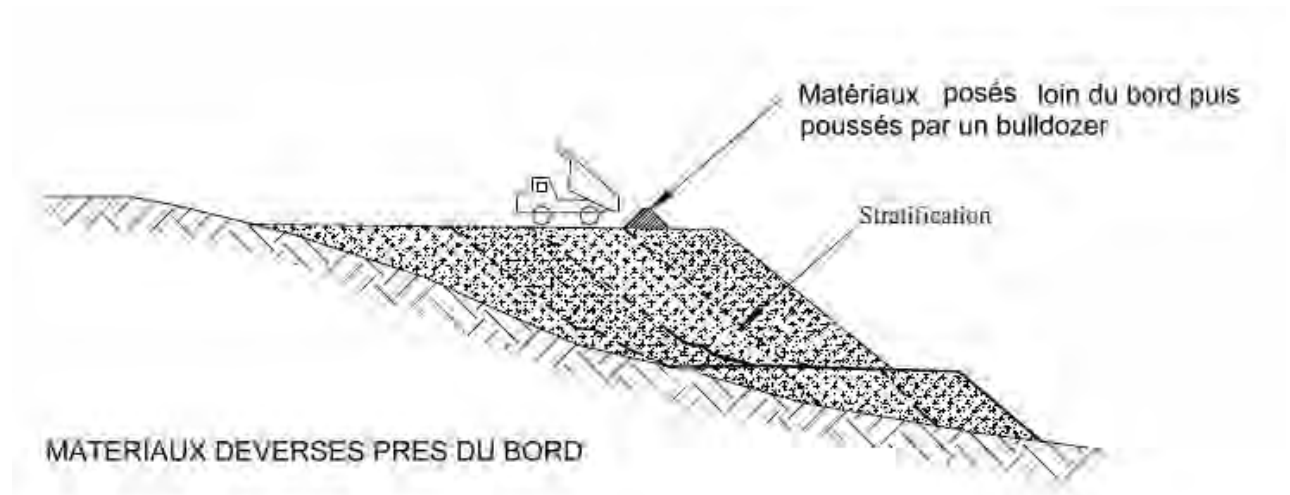
Project : SBTPL 2021
 Datafile : GISEMENT P5
 Analysis : Bishop
STANBROSSE MS Associates Ltd



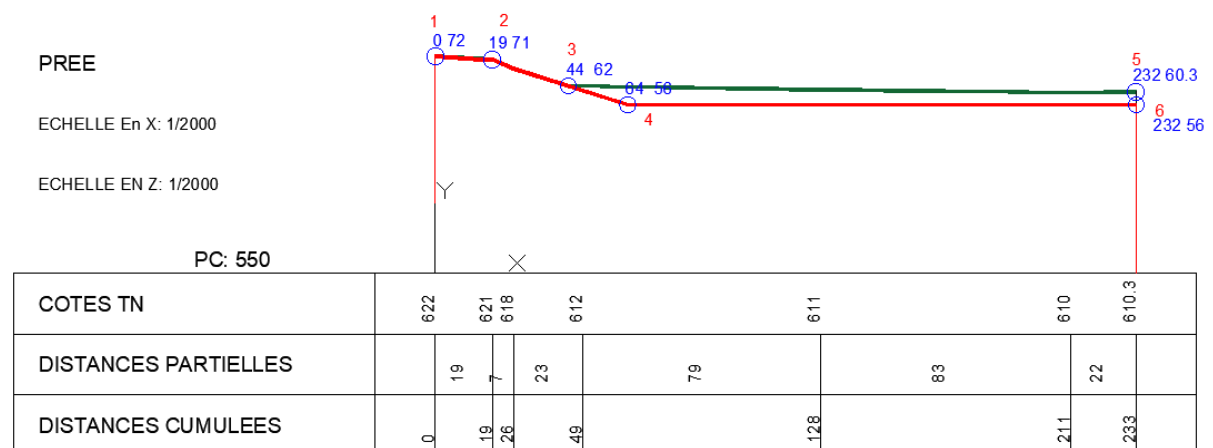
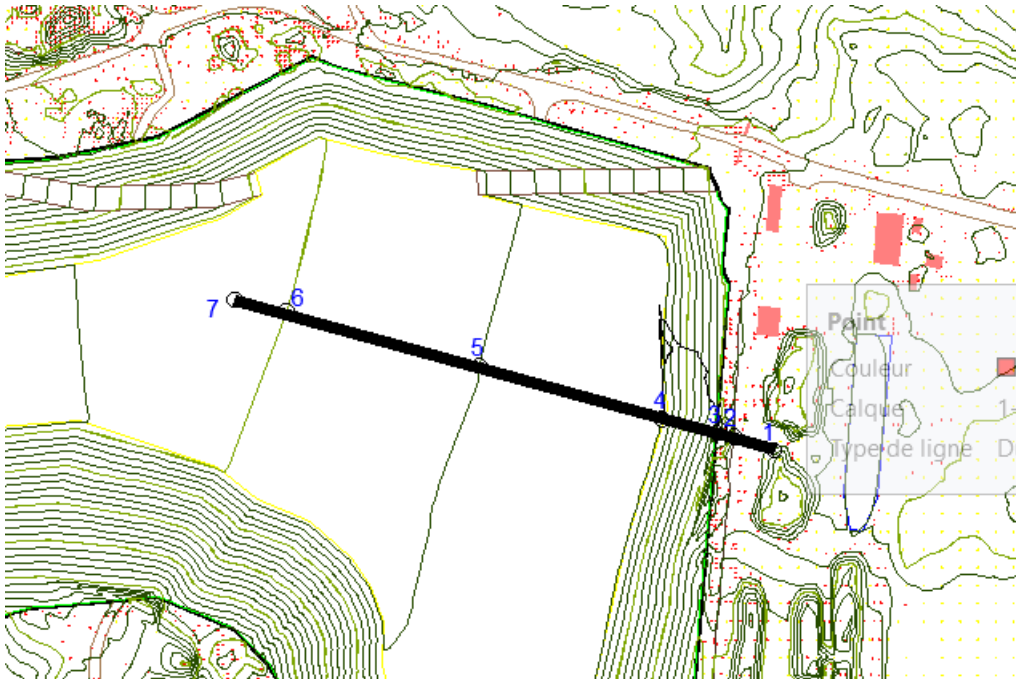
Project : SBTPL 2021
 Datafile : GISEMENT P6
 Analysis : Bishop
 STARLINK2002 MS Associates Ltd

IV – JUSTIFICATION DES PENTES PHASE REMISE EN ÉTAT

Les techniques de remplissage sont détaillées ci-dessous :



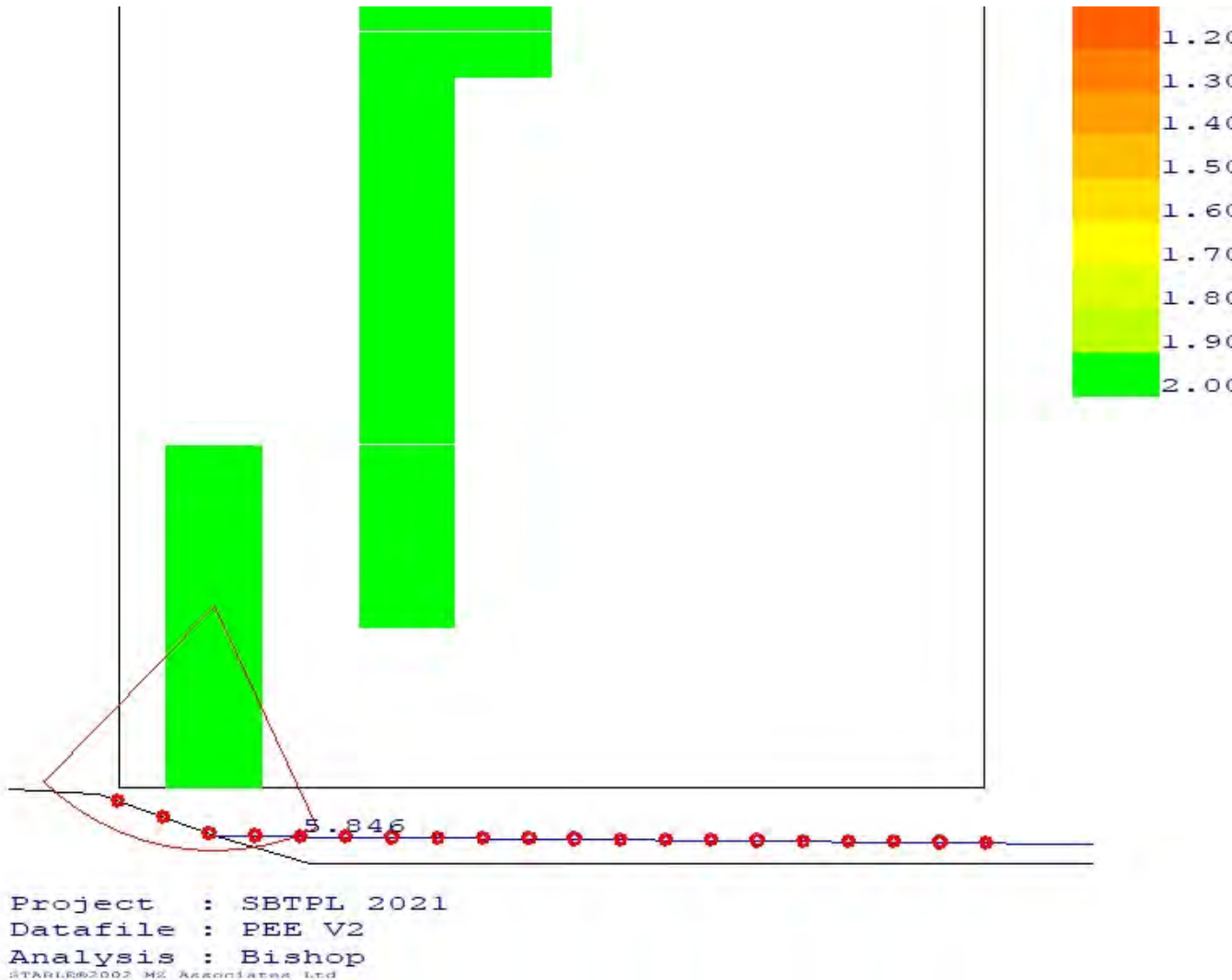
Pour les calculs, il a été retenu le profil suivant :



— Ligne d'extraction
— Ligne de remblaiement

La remise en état ne créera pas de zones instables en termes de mouvements de terrain de type grands glissements (coefficient de sécurité de plus de 5).

Les remblais ont été considérés comme un sol d'une cohésion de zéro et d'un angle de frottement de 35.



V CONCLUSIONS

Le site est globalement rocheux, de bonne qualité. Le RMR a été évalué à 58, ce qui a permis de retenir un équivalent sol d'une cohésion de 80 KpaA et d'un angle de frottement de 42°.

Les calculs de stabilité aux grands glissements sont très satisfaisants pour les pentes d'excavation choisies. Par ailleurs, les données de terrain montrent une très bonne tenue des massifs rocheux scoriacés même dans le cas d'un surplomb.
Les instabilités sur les parois sont presque inexistantes.

Cependant, la zone d'extraction peut être confrontée à des anomalies géotechniques liées au volcanisme adventif lui-même lié à une fracturation radiale et de rift de la zone.

Ainsi, la zone d'exploitation peut rencontrer des anomalies de type tunnels de lave ou discontinuités géologiques avec passage rapide des coulées basaltiques b7 du Piton de la Fournaise aux ensembles scoriacés des pitons adventifs proches (Piton Villiers).

La direction des fractures ou discontinuité pourra être défavorable si alignée à la face d'extraction.

Malgré le peu d'instabilités sur la face rocheuse, des pièges à blocs par merlons de scories seront mis en place au pied des pentes.

La projection de fines cendreuses a favorisé la création de couches décimétriques imperméables au niveau des dépressions liées à des zones effondrées ou à des cratères adventifs avortés. Ces zones peuvent abriter de grosses quantités d'eaux pluviales pouvant être libérées subitement lors des travaux d'excavations.

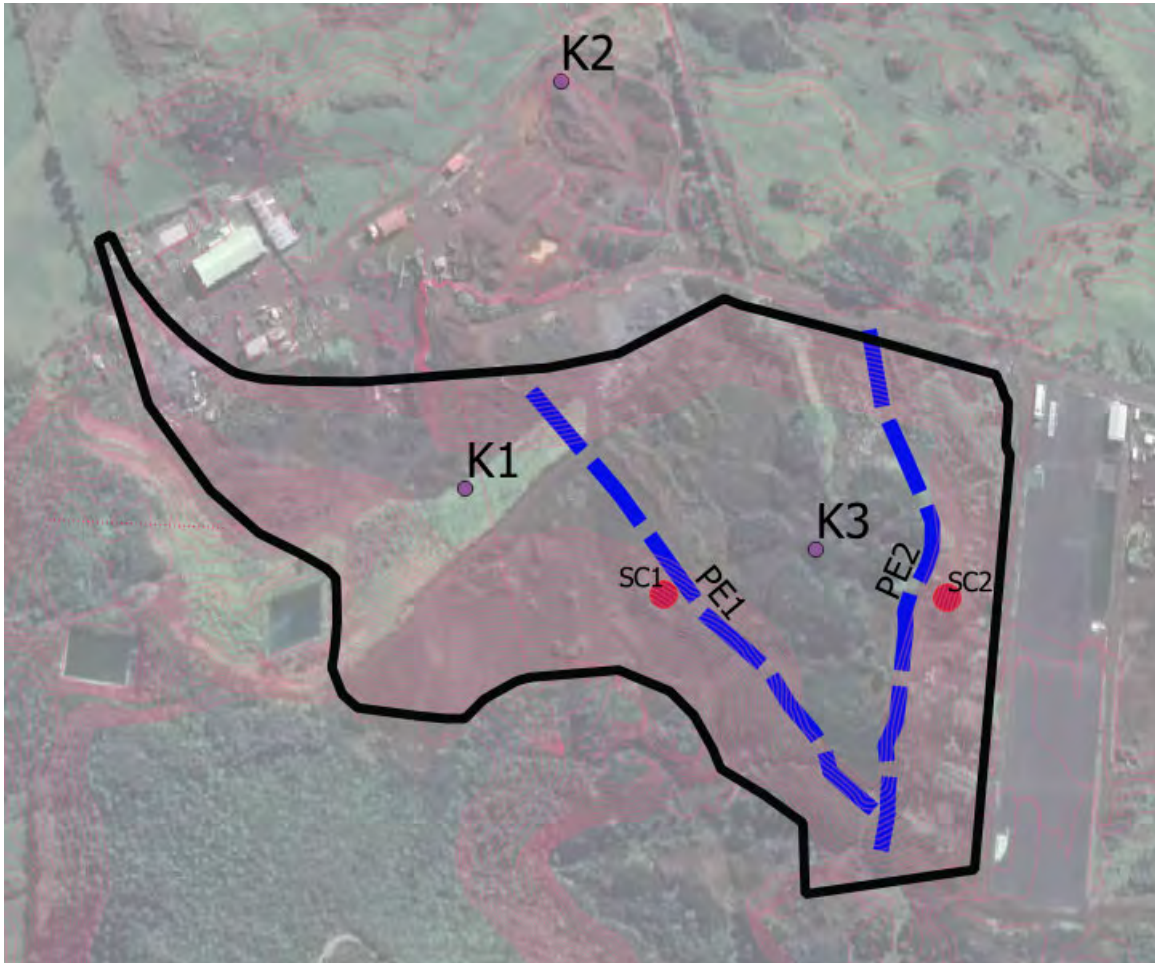
Les sondages carottés n'ont cependant pas mis en évidence la présence d'une telle couche

Ce qui supposerai que leur présence est plutôt concentrée au sommet des formations volcaniques.

Malgré la faible probabilité de la présence en profondeur d'une telle couche imperméable, la prudence s'impose pour les engins de terrassement à chaque point de venu d'eau.

La remise en état ne créera pas d'instabilité en termes de grands glissements, mais une mauvaise canalisation et un mauvais drainage des eaux pluviales peuvent affecter la partie remise en état par remblaiement de la carrière.

PLAN DES SONDAGES



LEGENDE

- SC : Sondage carotté
- PE : Profil électrique
- K : Essais de perméabilité



CARRIERE SBTPL PITON VILLIERS

K1

Cavité cylindrique h(cm)= **5**
 r(cm)= **5.0**
 Profondeur (m) **5.00**

Date: 08-juin-21

MESURES APRES SATURATION



Maintien de la charge par un débit de 1.5litres/32sec
 soit 46.8cm³/s

Lithologie:
 Scories indurées (basalte scoriacé)

Débit (cm³/s) **46.88**
 Surface cavité (cm²) (latérale + fond) **235.6**

PERMEABILITES CALCULEES

KSAT (m/s) (Porchet) **1.99E-03 m/s**
 KSAT(mm/h) (Porchet) **7162.0 mm/h**



CARRIERE SBTPL PITON VILLIERS

K2

h(cm)= **10**
 r(cm)= **4**
 Profondeur (m) **1.80**

Lithologie: **Fines cendreuses**

MESURES APRES SATURATION



Temps (min+sec)	Volumes (cm3)	Mesures retenues
0.00	0	
1.15	52.83	<input type="checkbox"/>
4.30	123.27	<input checked="" type="checkbox"/>
6.30	140.88	<input type="checkbox"/>
8.00	176.1	<input type="checkbox"/>
10.00	211.32	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Lecture t0 (cm3) **123.27**
 Lecture t1 (cm3) **211.32**
 Temps de palier (t0-t1) (min) **5.50**

PERMEABILITES CALCULEES

KSAT (m/s) (Porchet) **8.85E-06 m/s**
 KSAT(mm/h) (Porchet) **31.85 mm/h**



CARRIERE SBTPL PITON VILLIERS

K3

Cavité cylindrique h(cm)= **6**
 r(cm)= **5.0**
 Profondeur (m) **2.00**

Date: 08-juin-21

MESURES APRES SATURATION



Maintien de la charge par un débit de 1.5litres/13sec
 soit 115.38cm³/s

Lithologie:
 Scories indurées (basalte scoriacé)

Débit (cm³/s) **115.38**
 Surface cavité (cm²) (latérale + fond) **267.0**

PERMEABILITES CALCULEES

KSAT (m/s) (Porchet) **4.32E-03 m/s**
 KSAT(mm/h) (Porchet) **15554.8 mm/h**

