

MOE partielle relative à la réhabilitation de l'ancienne décharge de la caverne des Hirondelles – Commune de Saint-Joseph

Rapport Avant-Projet



Fiche Signalétique

MOE partielle relative à la réhabilitation de l'ancienne décharge de la caverne des Hirondelles

Rapport Avant-Projet

CLIENT

Raison sociale	Ville de Saint-Joseph
Coordonnées	COMMUNE DE SAINT-JOSEPH 277, rue Raphaël Babet - BP 1 - 97480 Saint-Joseph
Contact	Tél. : 0262.35.80.00 – Fax : 0262.35.80.07

SITE D'INTERVENTION

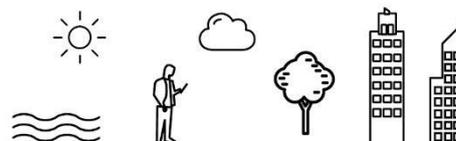
Coordonnées	Ancienne décharge de la Caverne des Hirondelles
Famille d'activité	Déchets
Domaine	Stockage

DOCUMENT

Destinataires	COMMUNE DE SAINT-JOSEPH 277, rue Raphaël Babet - BP 1 - 97480 Saint-Joseph
Date de remise	04/11/2019
Nombre d'exemplaire remis	
Pièces jointes	-
Responsables Commerciaux	Vincent FRAISSE/Éric ANTEMI

N° Projet	REUP170022
N° Rapport	A101750 Provisoire
Révision	Version provisoire

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Jérémy DURAND	Chef de projet	04/11/19	
Vérification	Éric ANTEMI	Responsable agence	04/11/19	



Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	04/11/2019	41	3	Etablissement du rapport



Sommaire

1	Contexte et objectif	6
1.1	Contexte	6
1.2	Eléments de la mission de Maîtrise d'Œuvre	6
1.3	Objet du présent rapport	6
2	Synthèse des études précédentes	7
2.1	Présentation du site	7
2.1.1	Localisation	7
2.1.2	Environnement immédiat et utilisation actuelle	7
2.1.3	Historique de l'exploitation	8
2.1.4	Typologie de déchets	9
2.1.5	Estimation du volume	9
2.2	Impacts environnementaux	10
2.2.1	Impact sur les eaux souterraines	10
2.2.2	Impact sur les eaux superficielles	11
2.2.3	Production de biogaz	12
2.3	Synthèse des impacts environnementaux	13
2.4	Schéma conceptuel des risques	13
2.5	Zones naturelles	15
	2.6 Espaces naturels remarquables du littoral	16
2.7	Risques naturels	18
2.7.1	Aléa glissement de terrain	18
2.7.2	Aléa inondation et retrait des berges de la rivière des Remparts	18
2.7.3	Aléa submersion marine	20
3	Objectifs de réhabilitation	23
4	Solutions élémentaires de réhabilitation	24
4.1	Objectif 1 : maîtrise de la production des flux liquides	24
4.1.1	Préambule	24
4.1.2	Définition de la couverture finale	25



4.1.3	Défrichage et abattage d'arbres	25
4.1.4	Remodelage du massif de déchets	26
4.1.5	Mise en œuvre d'une couche de fermeture des déchets	26
4.1.6	Mise en œuvre d'une couche d'étanchéité et de drainage	27
4.1.7	Mise en œuvre d'un géotextile de séparation/filtration	28
4.1.8	Mise en œuvre d'une couche de matériaux végétalisable	28
4.1.9	Réalisation d'un fossé de gestion des eaux de ruissellement.....	28
4.1.10	Mise en place d'un regard de contrôle des eaux de ruissellement	29
4.1.11	Réalisation d'une descente d'eau en enrochement maçonné	30
4.2	Objectif 2 : maîtrise du risque d'érosion du massif côté Rivière des Remparts.....	30
4.2.1	Mise en œuvre d'une protection sur la partie Nord-Ouest	31
4.2.2	Mise en œuvre d'une protection sur la partie Sud-Ouest	32
4.3	Objectif 3 : maîtrise du risque d'érosion côté Est du massif pour la protection de la houle cyclonique.....	33
4.4	Objectif 4 : Stabilité du massif.....	34
4.5	Objectif 5 : Suivi post exploitation du site.....	35
4.5.1	Suivi du biogaz.....	35
4.5.2	Suivi de la qualité des eaux de ruissellement internes	35
4.5.3	Suivi de la qualité des eaux souterraines.....	36
4.5.4	Suivi des ouvrages de protection contre l'érosion et la submersion marine	36
4.6	Objectif 6 : Conservation de la mémoire.....	37

5 Estimation financière des travaux..... 39

FIGURES

Figure 1	: Localisation du site (source Géoportail).....	7
Figure 2	: Photographies issues de la visite de site du 04/12/17	8
Figure 3	: Synthèse de l'historique de la décharge (source : rapport de diagnostic de GEODE CT13-050).....	9
Figure 4	: Mesures réalisées sur la qualité du biogaz en Mars 2019	12
Figure 5	: Synthèse des risques estimés sur les milieux.....	13
Figure 6	: Schéma conceptuel mis à jour des risques à la lumière des investigations.....	14
Figure 7	: Synthèse de la vulnérabilité des milieux mis à jour à la lumière des investigations.....	14
Figure 8	: Schéma conceptuel des risques mis à jour suite aux investigations.....	15
Figure 9	: ZNIEFF situées au droit ou à proximité immédiate du site	16
Figure 10	: Cartographie des aléas inondations (source : PPR Multirisques de Saint-Benoît).....	19
Figure 11	: Zonage réglementaire du PPR Multirisques de Saint Benoît	20
Figure 12	: Cartographie de l'aléa submersion marine (source : PPR Littoral de Saint-Benoît).....	21
Figure 13	: Extrait de la carte de synthèse de l'évolution historique du trait de côte au 1/10 000 de Mars-2013 issu du PPR	22



Figure 14 : Schéma de principe de couverture de la décharge	25
Figure 15 : Exemple de mise en œuvre d'un géocomposite de drainage	27
Figure 16 : Schéma de principe des fossés de gestion des eaux météoriques	29
Figure 17 : Exemple de dalles perméables (source https://www.ecovegetal.com)	29
Figure 18 : Substratum basaltique présent au Nord-ouest du site	31
Figure 19 : Coupe de principe de la protection envisagée au stade AVP.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 20 : Extrait du plan cadastral de la commune de saint-Joseph – Feuille 000 BW 01 – sans échelle (source : cadastre.gouv.fr)	37

TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques de l'ouvrage de protection Nord-ouest.....	31
Tableau 2 : Caractéristiques de l'ouvrage de protection Sud-ouest.....	32
Tableau 3 : Caractéristiques de l'ouvrage de protection contre la houle cyclonique projeté.....	33



1 Contexte et objectif

1.1 Contexte

L'ancienne décharge de la caverne des Hirondelles exploitée par la commune de Saint Joseph n'a jamais règlementairement été autorisée. Son activité ayant été arrêtée en 1990, par l'Arrêté Préfectoral n° 2012-134/SG/DRCTCV du 24 janvier 2012, la commune de Saint Joseph s'est vue prescrire la réhabilitation de la décharge.

Mise en demeure par l'AP n° 2015-738/SG/DRCTCV du 28 avril 2015 de respecter certaines prescriptions de l'arrêté Préfectoral de 2012, la commune de Saint Joseph a engagé un premier diagnostic réalisé par la société GEODE en 2014, rapport CT 13.050, qui n'a été validé qu'en tant que pré-diagnostic par la DEAL.

La commune de Saint Joseph a repris le cours des études nécessaires à la conduite de la réhabilitation du site et en a confié la réalisation à Antea Group.

L'étude historique et documentaire puis les diagnostics de la décharge de la caverne des Hirondelles, (rapports Antea Group A/91776B de janvier 2018 et 98270D de juin 2019), correspondent à la 1^{ère} phase de la mission, permettant de définir un programme de travaux adapté au contexte du site.

1.2 Eléments de la mission de Maîtrise d'Œuvre

La commune de St Joseph a confié à Antea Group une mission de maîtrise d'œuvre partielle comprenant :

- ✓ Phase 1 – Diagnostic (DIA)
- ✓ Phase 2 – Etudes Avant-Projet (AVP)
- ✓ Phase 3 – Etudes de Projet (PRO)

1.3 Objet du présent rapport

Le présent rapport consigne la reprise des études d'**Avant-Projet (AVP)** réalisées dans le cadre du marché.

Il a pour objectif de proposer à la commune un projet de réhabilitation adapté au contexte et permettant de répondre aux AP n° 2012-134/SG/DRCTCV du 24 janvier 2012 et n° 2015-738/SG/DRCTCV.



2 Synthèse des études précédentes

Ce chapitre synthétise les conclusions de l'étude historique et documentaire ainsi que du diagnostic réalisé par Antea Group en 2018 et 2019.

2.1 Présentation du site

2.1.1 Localisation

L'ancienne décharge de la caverne des Hirondelles est située en bordure littorale, sur le Domaine Public Maritime au droit de la commune de Saint-Joseph à 500 m au Sud du centre-ville.



Figure 1 : Localisation du site (source Géoportail)

2.1.2 Environnement immédiat et utilisation actuelle

Le site est bordé (cf. figure ci-dessous) :

- Au Nord, par l'usine du Piton et la Rivière des Remparts ;
- A l'Est, par le stade de la caverne des Hirondelles ;
- A l'Ouest, par l'embouchure de la Rivière des Remparts
- Au Sud, par la plage.





Stade de la caverne des Hirondelles et voiries d'accès



Usine, stade et piton babet



Flanc sud donnant sur la plage



Rive gauche de la rivière des Remparts

Figure 2 : Photographies issues de la visite de site du 04/12/17

Le massif de déchets historique a été recouvert de matériaux inertes lors de l'arrêt de l'exploitation. Le site est re végétalisé depuis 1998 et bien intégré au paysage. Actuellement ouvert au public, c'est un lieu de promenade, de pratique du sport ou encore de pique-nique.

2.1.3 Historique de l'exploitation

La synthèse de l'historique du site issue du rapport de diagnostic de GEODE est la suivante :

Année	Commentaires
1850	Construction de l'usine sucrière du Piton au Nord du site
Vers 1890	L'usine est transformée en féculerie. Elle transforme le manioc en tapioca
Vers 1942	La féculerie est transformée en distillerie de vétiver
Entre 1961 et 1966	Fermeture de la distillerie de vétiver Possible exploitation d'une carrière d'alluvion sur la plage au droit du site
Entre 1966 et 1978	Début probable de l'exploitation de la décharge au Sud-Ouest du site. La carrière d'alluvion sur la plage semble arrêtée.
1990	Arrêt de l'exploitation de la décharge
1994	La décharge est réaménagée en espace vert avec engazonnement. Elle n'est plus visible

Figure 3 : Synthèse de l'historique de la décharge (source : rapport de diagnostic de GEODE CT13-050)

Sur cette période, nous n'avons pas d'informations complémentaires.

Le premier document administratif recensé lors de l'étude historique ayant trait à la décharge est l'arrêté préfectoral n° 2012-134/SG/DRCTCV de janvier 2012 prescrivant la réhabilitation de la décharge de la caverne des Hirondelles sur le territoire de la commune de Saint-Joseph.

2.1.4 Typologie de déchets

Les sondages et fouilles réalisés ont montré que le massif est majoritairement constitué de déchets ménagers et assimilés (DMA) en état de dégradation avancée ne présentant pas d'odeurs de décomposition. Les déchets sont enrobés d'une faible matrice terreuse en proportion importante (60 % matrice 40 % déchets). Il a également pu être observé des métaux, plastiques, pneus et bois en quantité moyenne et des Déchets Industriels Banals (DIB) en plus faible quantité. De rares déchets dangereux (DD) ont été observés (observation de déchets hospitaliers usagés : flacons et plaquettes de médicaments mais aucune seringue ou canule).

2.1.5 Estimation du volume

La géométrie du gisement de déchets a été estimée à partir des informations collectées dans l'étude historique et documentaire, sur la base du plan topographique du site réalisé par SARL TOPO Center de novembre 2017 et présenté en **Annexe 1** ainsi que des investigations réalisées en phase diagnostic par GEODE et Antea Group (fouilles à la pelle, sondages, géophysique).

D'après les modélisations, le volume du massif de déchets est estimé à un minimum d'environ **36 700 m³** couverture incluse. Ce volume inclus la part de matériaux terreux considérée comme importante sur la décharge avec une proportion régulièrement estimée à plus de 50 % en volume. Un tri des matériaux réduirait le volume des déchets de type OM/DIB à environ 18 350 m³, et un même volume de matériaux terreux potentiellement pollués.

Ces limites sont présentées sur les plans en **Annexe 2**.



En considérant que pendant l'exploitation, les déchets étaient peu broyés et compactés, que les déchets contiennent un pourcentage de matrice terreuse de 50 %, la densité des déchets peut être estimé à environ 1,2 tonne/m³.

La masse totale des déchets enfouis a donc été estimée à environ **47 710 tonnes**.

2.2 Impacts environnementaux

La synthèse des investigations, analyses et mesures réalisés dans la phase diagnostic (rapport Antea Group n° 98270D) sont présentés ci-dessous. La nature des ouvrages prélevés ou les modalités de prélèvements sont détaillées dans le rapport précité.

2.2.1 Impact sur les eaux souterraines

Afin de caractériser l'impact de la décharge sur les eaux souterraines, des investigations sur ce milieu ont été réalisées par le biais de la création d'un piézomètre de contrôle en aval immédiat de la décharge et d'analyse sur les eaux souterraines.

L'ouvrage a fait l'objet d'une mesure du niveau piézométrique le 19 mars 2019. Le niveau piézométrique était de 1,28 m NGR (9,62 m de profondeur par rapport à la tête de piézomètre).

Une campagne de prélèvements d'eaux souterraines a été réalisée afin de caractériser l'impact de la décharge sur les eaux souterraines. Elle a eu lieu le 19 mars 2019 qui sera considéré comme « moyennes eaux ».

Le programme analytique réalisé sur les prélèvements réalisés sur le piézomètre aval est le suivant :

- Carbone organique total (COT)
- Demande chimique en oxygène (DCO) ;
- Demande biochimique en oxygène DBO5 ;
- Azote globale, nitrates, nitrites, ammonium ;
- phosphore total ;
- Sulfates, chlorures, sulfures ;
- Phénols
- 10 métaux lourds (As, Pb, Cu, Cr, Ni, Zn, Mn, Sn, Cd, Hg, Fe, Al,...);
- Fluor et composés fluorés ;
- Cyanures libres et totaux ;
- Hydrocarbures totaux ;
- COHV ;
- HAP ;
- PCB (7 congénères) ;
- BTEX

Les analyses d'eaux souterraines réalisées en moyennes eaux mettent en évidence l'absence de dépassements des échantillons prélevés vis-à-vis des valeurs de référence des Annexes I et II de l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et référence de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine, hormis pour le fer pour lequel on relève un très léger dépassement du seuil (0,2mg/l) avec une valeur de 0.22mg/l



2.2.2 Impact sur les eaux superficielles

Le contexte hydrologique de la décharge est marqué par la proximité immédiate de la Rivière des Remparts en périphérie du site. La décharge se trouve sur la rive gauche de l'embouchure de la rivière qui s'écoule du Nord vers le Sud. La Rivière des Remparts est pérenne et alimentée par intermittence par la ravine Petit Jean en amont du piton Babet.

Une campagne d'analyses sur les eaux superficielles (Rivière des Remparts) a été réalisée le 20/02/2019 par un ingénieur d'Antea Group. Le jour du prélèvement ainsi que lors des autres visites aucun ruissèlement du massif n'a été identifié.

Ces prélèvements ont été réalisés en période des pluies après un début d'année 2019 pluvieux avec quelques éléments significatifs fin janvier (28-29/01) et début février (08/02) selon le bulletin climatologique mensuel des mois de Janvier et février de Météo France Réunion sur les stations de Grand Coude en amont et du Baril en domaine côtier.

La localisation des points de prélèvements réalisés est présentée dans le rapport Antea Group n° 98270D.

Mesures physico chimiques

Les résultats sur les mesures des paramètres physico-chimiques mettent en évidence :

- Des conditions réductrices sur l'ensemble des eaux superficielles caractérisées ;
- Une conductivité moyenne (pour la Réunion) des eaux superficielles de la Rivière des Remparts.

On notera l'absence de variations significatives sur ces paramètres entre l'amont et aval qui pourrait traduire un impact potentiel de la décharge sur les eaux superficielles.

Analyses en laboratoire

Le programme analytique réalisé sur chaque prélèvement réalisé est identique au programme développé sur les eaux souterraines.

Afin d'appréhender la qualité chimique des eaux superficielles, les concentrations mesurées dans les eaux superficielles ont été comparées aux mêmes valeurs réglementaires que pour les eaux souterraines (Cf. §**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**2.1)

Ces résultats mettent en évidence pour la période de prélèvement considérée :

L'absence d'un impact significatif relevé sur les eaux superficielles en aval de la décharge avec uniquement une augmentation des paramètres suivants en aval de la décharge :

- Chlorures (3,66 mg/l en amont et 3,82 mg/l en aval de la décharge), légère augmentation pouvant être mise sur le compte des embruns maritimes ;
- Le COT (<0,5 mg/l en amont et 33 mg/l en aval de la décharge) Matières en Suspension (21 mg/l en amont et 31 mg/l en aval de la décharge) ;



- HAP (Acénaphène et Fluorène) avec respectivement <0,01 µg/l en amont et 0,11 et 0,0367 µg /l en aval de la décharge.

Dans tous les cas, toutes les concentrations relevées mettent en évidence l'absence de dépassements des échantillons prélevés vis-à-vis des valeurs de référence citées ci-avant hormis pour le COT.

La voie de transfert de polluants par les eaux superficielles n'est pas vérifiée pour la période considérée.

2.2.3 Production de biogaz

Les mesures de qualité du biogaz in situ ont été réalisées en mars 2019 correspondant à une période plutôt sèche cette année et en dehors d'évènement météorologique notable.

Lors de la réalisation des mesures, le gaz des piézaires a été pompé pendant une minute environ avant la mesure pour laquelle une stabilisation des paramètres a été attendue.

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

Figure 4 : Mesures réalisées sur la qualité du biogaz en Mars 2019

Nom	X	Y	Z (m NGR)	CH4 %	CO2 %	O2 %	BAL %	H2S (ppm)	CO (ppm)
SP6	343760	7689904	20	0	1.5	13.5	85	1	0
SP7	343788	7689818	14	0	0	16.9	83.7	0	0

A noter également, que lors de la réalisation des fouilles, l'analyseur de gaz n'a signalé aucune émission de biogaz provenant des fouilles.

Les résultats de la qualité du biogaz sont homogènes sur les deux piézaires et en bonne corrélation avec le constat effectué lors des fouilles, et concluent sur une décharge peu productive de méthane.

Les résultats d'analyses sont homogènes et montrent dans leur composition volumétrique :

- Une absence de méthane (Ch4) ;
- Des pourcentages en CO₂ nuls ou très faibles, étalonnés entre 0,0 et 1,5 %. Ces concentrations témoignent de la fin d'activité de dégradation des déchets par les micro-organismes réducteurs et des échanges facilités entre la décharge et l'atmosphère (notamment au droit des ouvrages ayant montré l'absence de méthane) ;
- Des pourcentages en O₂ oscillant entre 13,5 et 16,9 % ce qui traduit un milieu aérobie ;
- Des pourcentages de la balance (principalement diazote) de 83,7 et 85 % qui correspondent à des pourcentages élevés résultant des trois précédents paramètres commentés ;
- L'absence de H₂S et de CO.

L'ensemble de ces valeurs portent à croire que la production de biogaz est homogène au sein du massif de déchets avec des conditions aérobies et sont cohérentes avec la modélisation de la production de biogaz réalisée en phase diagnostic (§2.3.2 du rapport Antea Group n° 98270D).

La voie d'exposition par inhalation de composés polluants issus de la décharge est faible à l'échelle de la décharge.



2.3 Synthèse des impacts environnementaux

La synthèse des impacts environnementaux de la décharge sur son environnement est la suivante.

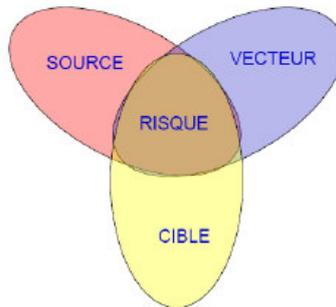
Figure 5 : Synthèse des risques estimés sur les milieux

Milieu	Risque	Arguments
Eaux souterraines	Faible	<ul style="list-style-type: none"> - Couverture perméable ; - Contact des déchets avec la nappe non mis en évidence. Eventualité de contact en hautes eaux à évaluer ; - Absence d'impact (hormis pour le fer) identifié à l'aval (surveillance nécessitant d'être poursuivie) ; - Absence d'usage des eaux souterraines dans le secteur.
Eaux superficielles	Moyen	<ul style="list-style-type: none"> - Impact peu significatif en aval de la décharge.
Humain	Elevé	<ul style="list-style-type: none"> - Fréquentation importante par des riverains, notamment lors des week-ends ; - Pêcheurs de bichiques dans la Rivière des Remparts.
Paysages et milieux naturels	Modéré à élevé	<ul style="list-style-type: none"> - La décharge est située sur l'espace naturel remarquable du littoral « Cordon de Cap Méchant à Rivière des Remparts » ; - Présence de ZNIEFF au droit ou à proximité immédiate du site dont une ZNIEFF de type 1 « Littoral Sud Sauvage » qui est particulièrement suivi et qui représente notamment l'air de répartition du Gecko vert de Manapany ; - Décharge visible depuis la frange littorale.
Impact en période de remobilisation par les crues	Élevé	<ul style="list-style-type: none"> - Localisation dans des zones inondables et érodables ; - Soumis à l'aléa risque inondation et mouvement de terrain ; - Soumis à l'aléa houle cyclonique et submersion.

2.4 Schéma conceptuel des risques

Le schéma conceptuel est l'outil fondamental permettant d'identifier les points clés de la gestion d'une situation environnementale. L'identification des risques est basée sur une approche "Source – Vecteur – Cible", le risque sanitaire résultant de la concomitance de ces 3 facteurs (cf. **schéma suivant**).





Le schéma conceptuel permet d'illustrer les voies de transfert (vecteurs) potentielles depuis les sources de pollution du sous-sol vers les milieux d'exposition où peuvent être exposés les récepteurs (cibles).

Ces trois paramètres mis à jour suite aux investigations réalisées sont présentés dans le tableau suivant.

Figure 6 : Schéma conceptuel mis à jour des risques à la lumière des investigations

Sources	Situation	Milieux d'exposition	Voies d'exposition	Cibles
Déchets	Sur site	Air	Inhalation	Riverains Personnes Animaux/plantes s'aventurant sur la décharge
Sols (après transferts)	Hors site (aval aéralique)	Sol	Ingestion (végétaux)	Riverains Animaux/plantes
Eaux souterraines/Eaux superficielles (après transferts)	Hors site	Air	Inhalation	Promeneurs, pêcheurs
		Eaux souterraines	Ingestion Contact cutané	Pêcheurs Animaux/plantes
	Sur site	Eaux superficielles	Ingestion	Personnes s'aventurant sur la décharge animaux/plantes

Figure 7 : Synthèse de la vulnérabilité des milieux mis à jour à la lumière des investigations

Milieu	Vulnérabilité estimée	Argument
Eaux souterraines	Potentiellement faible	- Couverture perméable ; - Perméabilité peu élevée des formations naturelles ; - Déchets théoriquement non en contact avec la nappe (zone non saturée) ; - Absence d'usage des eaux souterraines.
Eaux superficielles	Potentiellement modérée à élevée	- Réseau superficiel développé ; - Localisation dans des zones inondables et érodables ; - Usage des eaux (pêches).
Humain	Potentiellement faible	- Présences de zones de loisirs à proximité et sur le site (promenade) ; - Présence d'usage des eaux (pêche) ; - Interdiction d'accès au site non mise en place.
Paysages et milieux naturels	Potentiellement modérée	- Présence de zones naturelles protégées au droit des sites mais de faibles protections (ZNIEFF) ; - Décharge visible sur flancs ouest (frange littorale).



Le schéma conceptuel mis à jour suite aux investigations réalisées est présenté dans la figure suivante :

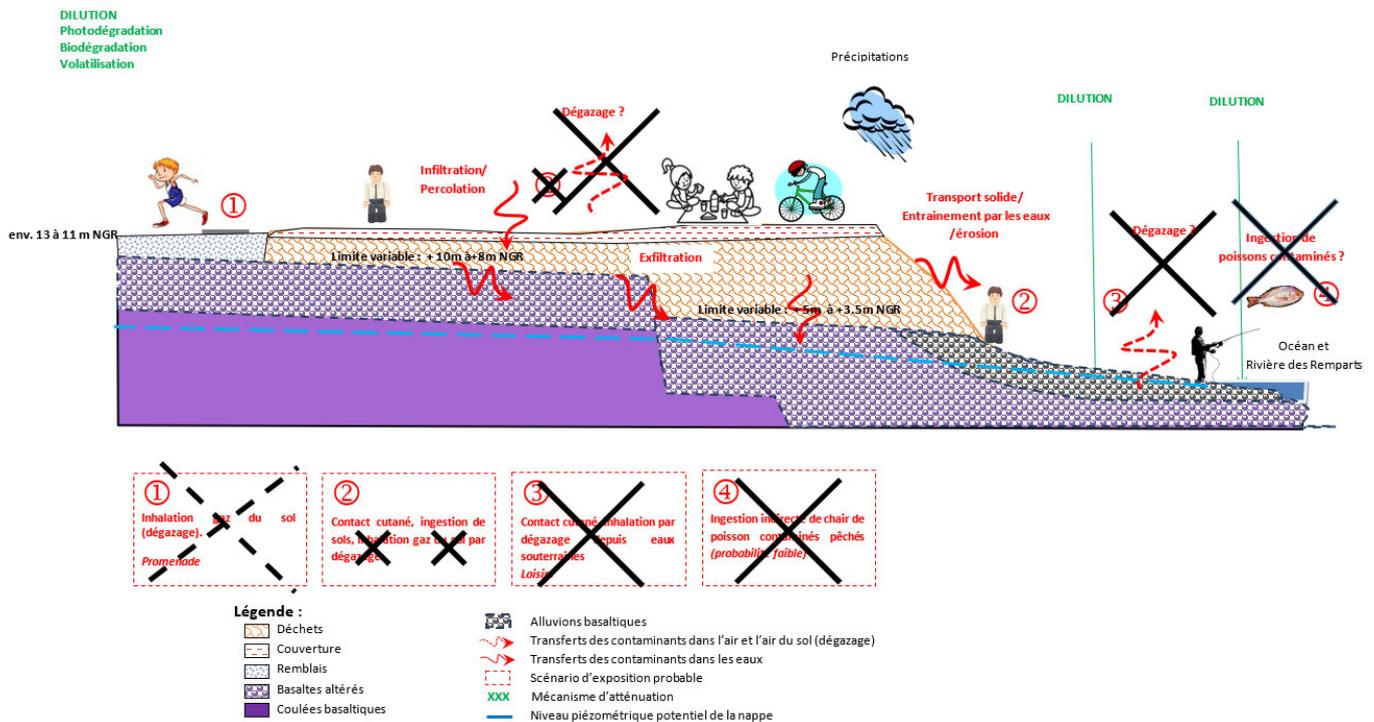


Figure 8 : Schéma conceptuel des risques mis à jour suite aux investigations

Le potentiel polluant global de la décharge sur les milieux a été considéré comme faible. Cet impact pourra être réévalué en fonction des résultats des investigations complémentaires pouvant être réalisées (nouvelle campagne de suivi environnemental de la décharge).

La principale problématique identifiée pour la décharge est la présence de déchets apparents sur les flancs Ouest et Sud et le risque par rapport à l'érosion lors de crues de la Rivière des Remparts ou de houles sur ces mêmes flancs.

2.5 Zones naturelles

Le programme ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique) a été initié par le Ministère de l'Environnement en 1982. Il a pour objectif de se doter d'un outil de connaissance des milieux naturels. On distingue 2 types de ZNIEFF :

- Znieff I : secteur limité, caractérisé par la présence d'espèces, d'associations d'espèces ou de milieux rares, remarquables ou caractéristiques du patrimoine naturel régional ou national ;
- Znieff II : grand ensemble naturel riche et peu modifié, offrant des potentialités biologiques importantes, où il convient de respecter l'équilibre écologique.

Les zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique présentes au droit ou à proximité immédiate de la décharge de la caverne des Hirondelles sont les suivantes :

- Littoral du Sud Sauvage (type I) ;



- Cours aval de la Rivière des Remparts (type I) ;
- Massif du piton de la Fournaise (type II).



Figure 9 : ZNIEFF situées au droit ou à proximité immédiate du site

On notera que d'après la commune de Saint Joseph, la ZNIEFF de type 1 « Littoral Sud Sauvage » est particulièrement suivie. Elle représente notamment l'air de répartition du Gecko vert de Manapany.

Une étude spécifique (type étude Faune Flore) pourrait être demandée par les services de l'état. Le cas échéant, des mesures compensatoires pourraient être demandées.

2.6 Espaces naturels remarquables du littoral

La décharge de la caverne des Hirondelles est située sur l'espace naturel remarquable du littoral « Cordon de Cap Méchant à Rivière des Remparts ».

Les objectifs de ces espaces sont les suivants :

- Préserver les espaces terrestres et marins, sites et paysages remarquables ou caractéristiques du patrimoine naturel et culturel du littoral, les milieux nécessaires au maintien des équilibres biologiques ou présentant un intérêt écologique ;
- Concilier protection des espaces et maintien des activités économiques traditionnelles ;
- Répondre à la demande sociale d'ouverture au public des espaces naturels.



Les contraintes réglementaires de ces zones sont les suivantes :

- Seuls peuvent être réalisés des aménagements légers, limitativement énumérés à l'article R.146-2 du Code l'Urbanisme, à condition qu'ils ne dénaturent pas le caractère du site et ne portent pas atteinte à la préservation des milieux ;
- A ce titre, les aménagements possibles sont :
 - Les aménagements nécessaires à la gestion ou à l'ouverture au public (cheminements, postes d'observation, équipements démontables) ;
 - Les aménagements indispensables à la maîtrise de la fréquentation automobile et à la prévention de la dégradation des espaces ;
 - Les aménagements nécessaires à l'exercice d'activités agricoles, pastorales et forestières ;
 - Les aménagements indispensables aux activités économiques traditionnelles exigeant la proximité immédiate de l'eau ;
 - La réfection et l'extension limitée de bâtiments nécessaires à l'exercice d'activités économiques ;
 - Les aménagements nécessaires à la gestion et remise en état d'éléments du patrimoine bâti protégé ;
 - Une enquête publique est exigée pour la plupart des aménagements dans ces espaces (rubrique 31° de l'annexe I de l'article R. 123-1 du code de l'environnement) ;
 - Les installations, constructions, aménagements de nouvelles routes et ouvrages nécessaires à la sécurité maritime et aérienne, à la défense nationale, au fonctionnement des services publics portuaires autres que ports de plaisance ne sont pas soumis à ces dispositions quand la localisation répond à une nécessité technique impérative. Les stations d'épuration d'eaux usées non liées à une opération d'urbanisation nouvelle peuvent être autorisées dans un espace remarquable par dérogation ministérielle (art. L. 146-8).



2.7 Risques naturels

La source de déchets que constitue le massif est soumise aux aléas naturels suivants :

- Les glissements superficiels affectant les flancs du massif trop raides, notamment lors de fortes pluies induisant une saturation des terrains ;
- L'érosion de berges affectant les flancs externes du massif en lien avec les crues répétées de la Rivière des Remparts, du fait notamment de l'absence de protection adéquate ou d'éloignement suffisant ;
- La submersion marine lors de fortes houles combinées à des niveaux de mer défavorables ;
- Le recul potentiel du trait de côte (érosion en lien avec l'action des vagues).

La décharge est située à l'embouchure de la Rivière des Remparts. Elle est donc potentiellement soumise à la fois à l'érosion induite par les crues de la Rivière des Remparts mais également l'érosion induite par la houle.

2.7.1 Aléa glissement de terrain

La première visite de site effectuée le 04 décembre 2017 a permis d'identifier que l'accotement en crête du talus le long de la Rivière des Remparts semble instable, et est sujet à l'érosion et à des potentiels glissements de terrain.

Sur la partie Nord-Ouest (amont de la rivière), le massif de déchets repose sur un socle basaltique d'environ 2 m de hauteur par rapport à la côte de la rivière. Le talus du massif de déchets est subvertical, ce qui implique un risque de glissement de terrain relativement important, risque accentué lors de crues de la Rivière des Remparts.

La végétation luxuriante sur le secteur n'a pas permis de définir l'endroit exact où disparaît cette protection naturelle contre l'érosion du massif.

Sur la partie Sud-Ouest (aval de la rivière) et Sud du site (coté littoral), le socle basaltique n'est plus présent. Les déchets reposent directement sur le terrain en place (alluvions). Les déchets sont partiellement à nu et le talus du massif est fortement penté (pente estimée à 1H/1V), ce qui représente un risque de glissement de terrain dans ce secteur. Ce risque est accentué par les crues et le caractère érosif de la rivière des Remparts ainsi que le risque de submersion marine.

Le risque de glissement de terrain sur l'ensemble des talus Ouest et Sud du site est bien réel, les travaux devront permettre la mise en sécurité du massif vis-à-vis de ce risque.

2.7.2 Aléa inondation et retrait des berges de la rivière des Remparts

Selon le PPR inondations et mouvements de terrains de la ville de Saint-Joseph, approuvé le 16 mars 2017, la décharge est située en partie, en bordure Sud-Ouest, en niveau d'aléa inondation fort.



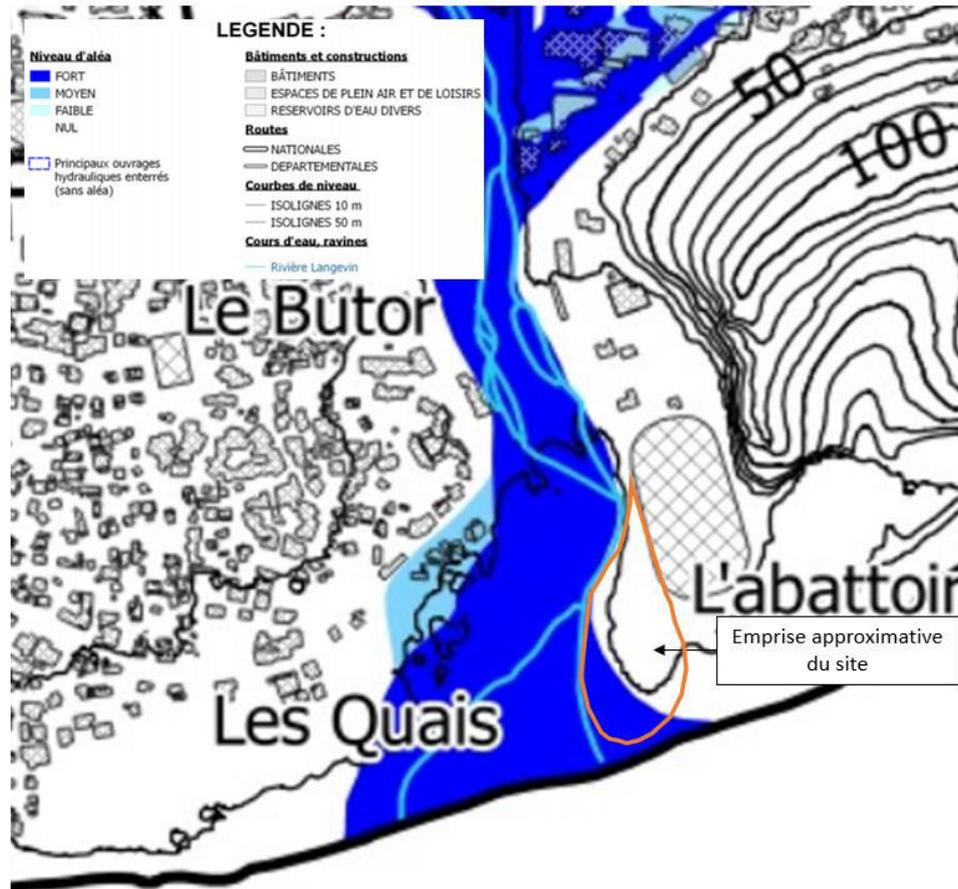


Figure 10 : Cartographie des aléas inondations (source : PPR Multirisques de Saint-Benoît)

L'aléa inondation combiné à l'aléa mouvement de terrain conditionnent le zonage réglementaire du secteur.

La partie Ouest de la décharge est située en zone R1 du zonage règlementaire : zone concernée par un aléa mouvement de terrain élevé à très élevé combiné à un aléa inondation quel que soit son intensité. La partie Est, est située en zone R2 : zone concernée par un aléa mouvement de terrain moyen et un aléa inondation moyen, faible ou nul (dans le cas présent, l'aléa inondation est nul).



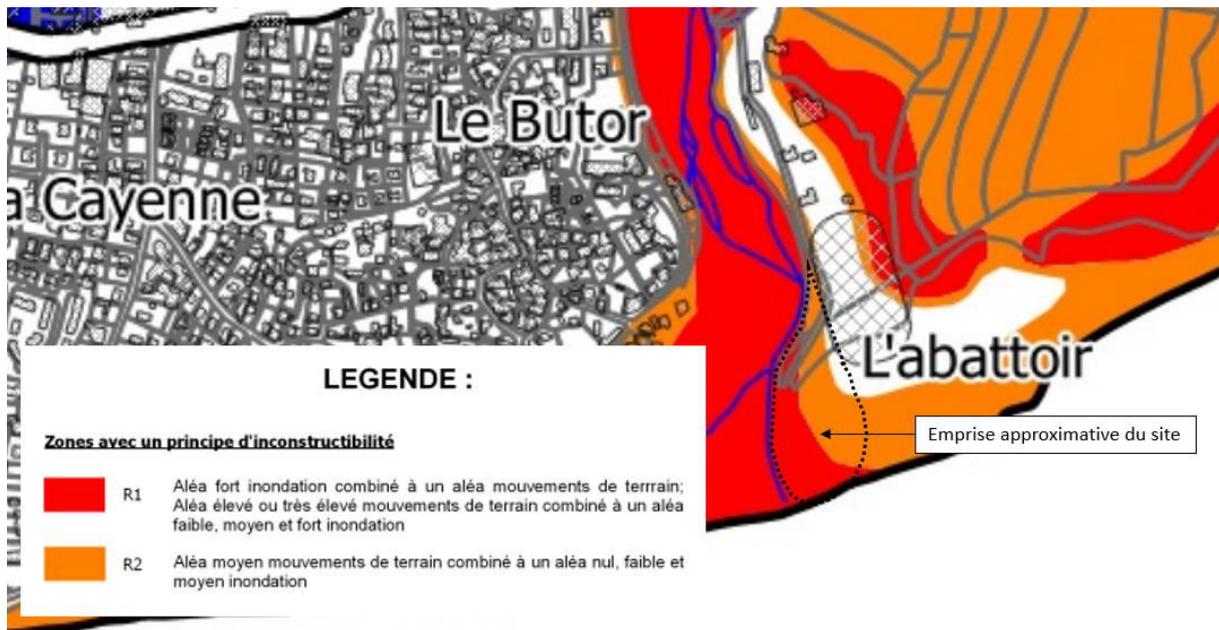


Figure 11. Zonage réglementaire du PPR Multirisques de Saint Benoît

Selon le règlement, en zone R1 et R2 sont autorisés les travaux, ouvrages et aménagements destinés à réduire les conséquences des différents risques recensés (travaux de protections de berges, murs de soutènements, etc.) afin notamment de protéger des zones déjà construites ou aménagées, sous réserve de mener une étude technique préalable qui précisera les conditions dans lesquelles le projet sera rendu compatible avec l'aléa considéré et ce sans préjudice du droit des tiers.

Pour les travaux de construction autorisés en zone R1, de type infrastructures routières, ouvrages hydrauliques et de soutènements ou d'utilité publique, une étude technique préalable est obligatoire. Réalisée par un homme de l'art, elle sera destinée à préciser les risques et la stabilité des ouvrages projetés. Les profondeurs de fondations, la conception des soutènements et la maîtrise des eaux seront notamment précisées par cette étude.

La réhabilitation du site devra intégrer une solution technique de protection vis-à-vis de la Rivière des Remparts permettant d'assurer l'intégrité du talus Ouest.

2.7.3 Aléa submersion marine

L'aléa submersion marine détermine le niveau extrême atteint par la mer ("runup"). Il résulte de l'action combinée d'une élévation temporaire de la cote marine par rapport au niveau moyen (surcote) et de la projection sur le rivage de la vague qui vient déferler (jet de rive ou swash).

Il apparaît que le site de la décharge est soumis à cet aléa de submersion. La dynamique littorale de ce secteur est la conjonction des apports du transports solide de la Rivière des Remparts et du transit sédimentaire littoral qui se fait perpendiculairement au rivage sous l'action des vagues de houles significatives. Ces vagues ont à un moment probablement impacté la partie sud, ce qui explique que le talus présente une forte pente et que des déchets sont apparents.



L'extrait suivant de la cartographie de l'aléa submersion marine indique un aléa fort en bordure du site et notamment sur toute la partie Sud (littoral) et Ouest (en bordure de la Rivière des Remparts).

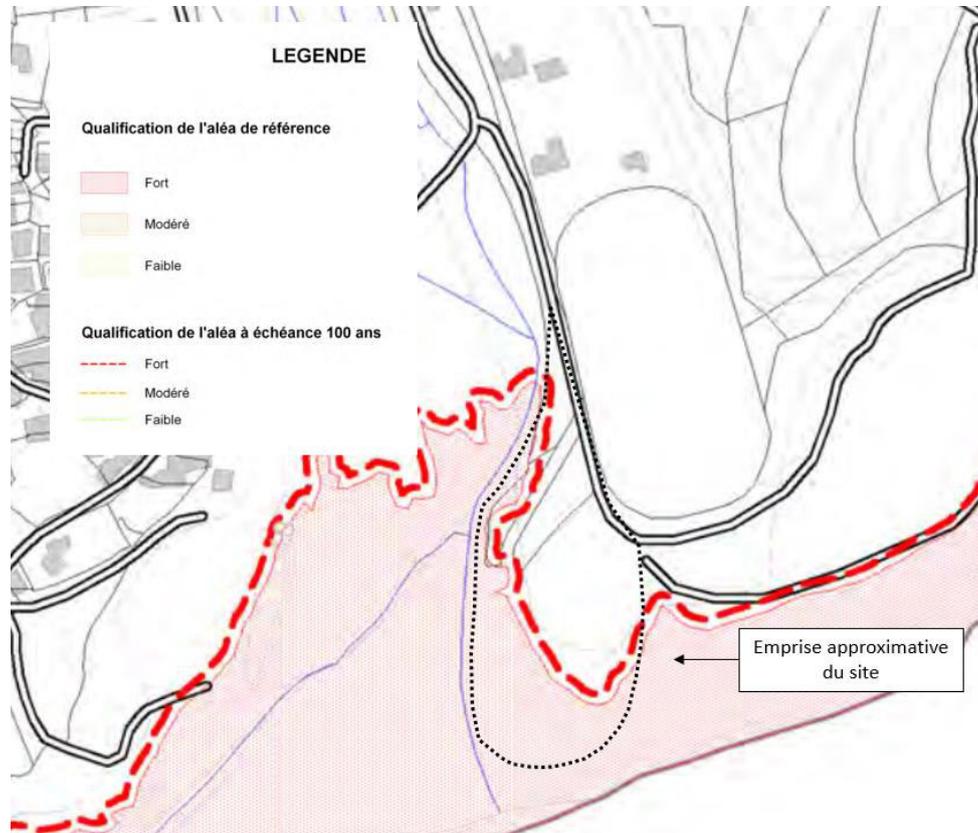


Figure 12 : Cartographie de l'aléa submersion marine (source : PPR Littoral de Saint-Benoît)

Le risque d'érosion est donc très important sur une large moitié Sud et Ouest de la décharge de la caverne des Hirondelles.

L'extrait de carte ci-dessous présente l'évolution historique du trait de côte de 1966 à 2008.





Figure 13 : Extrait de la carte de synthèse de l'évolution historique du trait de côte au 1/10 000 de Mars 2013 issu du PPR

Le trait de côte est relativement stable dans le temps au droit du site mais ponctuellement entraîne des évolutions pluri métriques

Le risque d'érosion et de submersion du site, induit par la houle peut être qualifié de fort. La réhabilitation devra donc prendre en compte la mise en sécurité des flancs côté Ouest et côté sud de la décharge de la caverne des Hirondelles.

3 Objectifs de réhabilitation

Etant donné les impacts environnementaux évalués du massif de déchets de l'ancienne décharge des Hirondelles, évalués à l'issue du diagnostic et des premières mesures du suivi environnemental du site, sa réhabilitation devra répondre aux objectifs suivants :

- Maîtriser les flux liquides (limitation, sans collecte et traitement) ;
- Assurer la stabilité du massif ;
- Maîtriser le risque d'érosion du massif ;
- Promouvoir la réintégration paysagère du site.

Plusieurs de ces objectifs de performance sont directement corrélables au modelé de la décharge et de la maîtrise de son emprise.

Parmi les fonctions que doivent remplir les différents éléments constitutifs de la solution technique de la réhabilitation de la décharge pour atteindre les objectifs de performance, il apparaît, d'ores et déjà, que ceux-ci devront répondre aux fonctions suivantes :

- Le drainage et la régulation des eaux météoriques ;
- L'étanchéité partielle de la couverture ;
- La protection contre l'érosion ;
- La mise en place d'un couvert végétal ;
- La stabilité mécanique.

Pour répondre aux objectifs fixés, il convient donc de définir, pour chacun des éléments constitutifs de la solution technique, les critères des fonctions recherchées.

Les moyens à mettre en œuvre pour satisfaire ces objectifs doivent également, tenir compte du contexte, des enjeux environnementaux et sanitaires ainsi que du projet de réaménagement global de la zone par la commune de Saint Joseph.

Il nous a notamment été demandé par la commune de Saint Joseph, de préserver un maximum d'arbres présents sur site, et particulièrement les vacoas qui représentent un habitat privilégié du Gecko vert de Manapany.

Dans le cas où une étude Faune Flore serait demandée par l'administration, des préconisations et/ou mesures spécifiques pourraient être demandées. Le cas échéant, des modifications au projet pourraient être apportées au stade PRO.



4 Solutions élémentaires de réhabilitation

Dans le chapitre suivant sont présentées les solutions indispensables pour la maîtrise des risques et des objectifs cités ci-avant.

Le détail des objectifs à atteindre dans le cadre de la réhabilitation du site est le suivant :

- Objectif 1 : maîtrise des eaux de la production des flux liquides ;
- Objectif 2 : maîtrise du risque d'érosion du massif côté Rivière de Remparts ;
- Objectif 3 : maîtrise du risque d'érosion côté Est du massif pour la protection de la houle cyclonique ;
- Objectif 4 : stabilité du massif ;
- Objectif 5 : suivi environnemental du site ;
- Objectif 6 : conservation de la mémoire.

Les modalités de réhabilitation proposées s'appuieront sur :

- l'Arrêté Préfectoral n° 2012-134/SG/DRCTCV du 24 janvier 2012 relatif à la réhabilitation du site ;
- l'Arrêté Ministériel du 25 février 2016 relatif aux Installations de Stockage de Déchets non Dangereux (ISDnD). Les solutions techniques proposées sont toutefois adaptées au contexte local et aux enjeux.

4.1 Objectif 1 : maîtrise de la production des flux liquides

4.1.1 Préambule

Les flux liquides à maîtriser séparément sont de deux types : les eaux météoriques et les lixiviats. La production de ces lixiviats résulte de la percolation des eaux météoriques dans les déchets.

La maîtrise des flux liquides consiste donc à :

- Gérer les eaux météoriques en limitant leur percolation dans les déchets et ainsi, l'apparition de flux potentiellement collectable et de flux exfiltré ;
- Gérer les lixiviats présents dans les déchets après pose de la couverture sur ceux-ci.

Compte-tenu de la configuration du massif de déchets et l'absence d'étanchéité en fond, il n'est plus aisé de drainer les lixiviats, ceux-ci s'infiltrant directement dans le milieu souterrain. Seules des opérations de pompage en puits à installer dans le massif de déchets permettraient d'expurger une partie de ces lixiviats produits, mais également les eaux de l'océan compte-tenu de sa proximité. Une solution consistant à mettre en place une paroi étanche périphérique pour limiter les flux serait peu efficace compte tenu de la perméabilité élevée du substratum et de la charge hydraulique imposée par l'océan.

Au regard du faible impact sur la qualité des eaux souterraines mis en évidence par le suivi du site tout en gardant en mémoire les incertitudes qui pèsent sur l'orientation précise des écoulements des eaux souterraines dans le secteur, ce dispositif apparaît totalement disproportionné en termes de coûts d'investissements et de fonctionnement pour un gain environnemental faible. En première approche, nous ne recommandons donc de ne pas prévoir de travaux spécifiques de drainage,



captage et traitement des lixiviats. La poursuite de la surveillance des milieux permettra de statuer sur ce point.

En revanche, la production de lixiviats est directement corrélable à l'infiltration des eaux météoriques dans les déchets et donc à la perméabilité de la couverture des déchets. La mise en place d'une couverture intégrant un dispositif de drainage permettra de réduire l'infiltration d'eau météorique dans le massif de déchets et donc la production de lixiviats.

4.1.2 Définition de la couverture finale

La géométrie finale devra permettre l'évacuation périphérique des eaux de ruissellement. Les pentes du modelé seront adaptées en conséquence. **Il est proposé de créer un modelé dont les pentes seront de 3 %.**

La couverture du modelé de la décharge (hors talus) sera constituée du bas vers le haut par :

- **Une couche de fermeture des déchets** permettant de constituer une surface apte à recevoir la couverture finale. La couverture en place sera conservée et sera complétée par des matériaux d'apport, pour permettre d'obtenir un modelé avec des pentes de 3 %.
- **Un géocomposite de drainage des eaux de ruissellement associé à un film PE de 110 µm d'une perméabilité inférieure à 10⁻⁷m/s** permettant de se substituer à la couche de matériaux peu perméable ;
- **Une couche de matériaux végétalisable de 30 cm** favorisant l'évapotranspiration et limitant ainsi l'infiltration de l'eau dans les déchets.

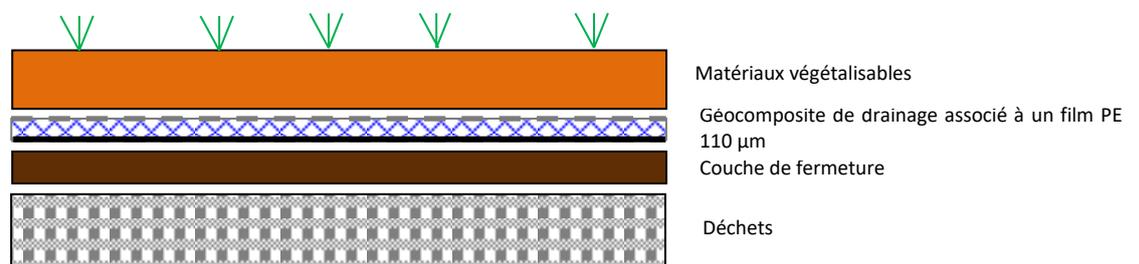


Figure 14 : Schéma de principe de couverture de la décharge

Dans certaines zones (Sud-Ouest et Sud-Est), dans un souci de préservation des arbres présents sur le site et qui représentent un habitat privilégié du Gecko vert de Manapany, la couverture sera adaptée. Le géocomposite de drainage des eaux de ruissellement ne sera pas mis en place dans ces zones, en raison des contraintes techniques que cela représente. Un géotextile de filtration/séparation sera toutefois mis en place afin de garantir le confinement des déchets.

4.1.3 Défrichage et abattage d'arbres

Préalablement aux travaux de réhabilitation du site, un débroussaillage du site devra être réalisé. Le talus Ouest devra être mis à nu pour permettre la mise en place du dispositif de protection contre l'érosion.

La commune de St Joseph souhaite conserver un maximum d'arbres, notamment les vacoas et les filaos. Ils seront conservés dans la mesure du possible même si certains devront être abattus pour les besoins des travaux.



Les arbres que l'on envisage de préserver à ce stade apparaissent sur le plan projet présenté en **Annexe 3**.

4.1.4 Remodelage du massif de déchets

Partie Nord du site

Sur la partie Nord du site, la mise en place d'un dispositif de protection contre l'érosion est délicate, en raison de la faible largeur de déchets présents dans cette zone. Cela reviendrait à enlever la quasi-totalité des déchets, voire même à décapager des terrains naturels.

Les déchets, dont la profondeur dans cette zone a été estimée à 2.6 m environ seront donc évacués en filière agréée. Les matériaux de recouvrement (principalement constitutif de la piste) seront soigneusement décapés et triés et mis en stock. Ils seront utilisés en matériaux de fermeture pour le remodelage du massif (§4.1.5).

Ils seront substitués par les matériaux issus du décapage du sabot de l'ouvrage de protection contre la houle et recouverts par une couche de 30 cm de matériaux végétalisables.

Partie Sud du site

Sur la partie Sud du site, la décharge s'étend sur le littoral, ce qui représente un « point dur », susceptible d'être soumis à une érosion accrue par la houle. Afin de rétablir le profil naturel du trait de côte, les déchets présents dans cette zone seront terrassés puis utilisés pour remblayer la « dépression » existante à l'extrémité Sud-Ouest de la décharge.

L'excédent de déchets sera évacué hors site, en filière agréée.

Là encore, les matériaux de recouvrement seront soigneusement décapés, triés et mis en stock. Ils seront utilisés en matériaux de fermeture pour le remodelage du massif (§4.1.5).

La cote estimée des déchets dans cette zone étant inférieure à la cote de la berge, un remodelage de la zone décapée est à prévoir avec l'apport de matériaux naturels de même typologie que ceux présents.

On note la présence d'une canalisation d'eau usée qui, d'après la commune de St Joseph n'est plus utilisée. En première approche, nous proposons de prolonger la canalisation jusqu'au dispositif de protection contre l'érosion, pour permettre son usage s'il s'avérait que cette conduite était encore connectée à un réseau amont.

4.1.5 Mise en œuvre d'une couche de fermeture des déchets

Afin de permettre le drainage des eaux météoriques, un modelé présentant en tout point une pente minimum de 3 % sera réalisé. La pente retenue permettra un écoulement gravitaire des eaux de ruissellement, tout en étant compatible avec le projet de la commune de St Joseph pour son usage futur.



La couverture existante sera conservée et sera complétée par des matériaux exempts de déchets issus du décapage des zones Nord, Sud, de l'enrochement Nord-Ouest et du fossé. La couche de fermeture sera complétée par l'apport de matériaux inertes (matériaux fins non poinçonnant).

Dans le présent document, il a été considéré que les stocks de matériaux présents sur le site (matériaux inertes et fraisats d'enrobés) seraient évacués du site par la commune de St Joseph avant le démarrage des travaux.

4.1.6 Mise en œuvre d'une couche d'étanchéité et de drainage

Afin d'assurer un drainage des eaux météoriques, et au regard du contexte local (absence de gisement de matériaux peu perméables sur l'île, nécessité de conserver les arbres), un dispositif de drainage associé à un film PE peu perméable sera mis en place au-dessus de la couche de fermeture.

Ce dispositif de drainage devra être composé de haut en bas :

- D'une nappe filtrante contre collée sur un géotextile de drainage englobant des tubes de drainage, ou un dispositif équivalent ;
- D'un film polyéthylène aiguilleté d'une épaisseur de 110 μm , en sous face du drainage d'une perméabilité $<10^{-7}$ m/s.



Figure 15 : Exemple de mise en œuvre d'un géocomposite de drainage

Le film PE d'une perméabilité $<10^{-7}$ m/s viendra substituer la couche de 50 cm de matériaux peu perméable prévue à l'AM du 25/02/2016 relatif aux ISDnD. Le géocomposite de drainage équivalent à une couche de perméabilité $> 10^{-4}$ m/s permettra quant à lui le drainage des eaux vers les exutoires (fossés).

Ce dispositif sera mis en place sur l'ensemble de la couverture, hormis les zones de végétation à préserver.



4.1.7 Mise en œuvre d'un géotextile de séparation/filtration

Au droit des zones de végétation à préserver, afin de garantir le confinement des déchets, un géotextile de séparation/filtration de minimum 200 g/m² sera mis en place autant que possible, entre la couche de fermeture (ou la couverture existante) et la couche de matériaux végétalisable.

4.1.8 Mise en œuvre d'une couche de matériaux végétalisable

Une couche de matériaux végétalisable sera mise en œuvre au-dessus du dispositif semi étanche et de drainage ou du géotextile de filtration/séparation. Cette couche, d'une épaisseur de 30 cm sera mise en œuvre sur la totalité du site, hormis sur les talus.

La couche de terre végétalisable devra favoriser le développement des semis. La surface finale sera soigneusement lissée et épierrée.

Cela implique qu'au droit des zones de végétation à préserver, les troncs des arbres et éventuellement une partie des racines aériennes (vacoas) seront partiellement recouverts. Ce point devra être précisé en phase PRO en fonction des prescriptions de la commune des zones à préserver.

4.1.9 Réalisation d'un fossé de gestion des eaux de ruissellement

Pour permettre l'évacuation de l'eau collectée par le géocomposite de drainage, un réseau de fossés périphériques sera réalisé.

Il sera terrassé dans la couche de fermeture et les déchets (selon épaisseur de couverture en place) et sera dimensionné au stade PROjet pour une occurrence décennale.

En tous points, une pente de 1,5 % minimum sera demandée afin d'assurer la bonne évacuation des eaux pluviales. Au regard de la topographie du site, la profondeur du fossé devra être ajustée pour permettre d'obtenir cette pente de 1,5%.

Les matériaux issus du terrassement (hors déchets), devront être utilisés pour la couche de fermeture. Les déchets seront évacués hors site en filière agréée.

Puis, il devra être étanché à l'aide d'un dispositif d'étanchéité de type géomembrane PEDH 1.5 mm fixée de part et d'autre du fossé par des agrafes disposées en quinconce tous les 50 cm. Une fois le dispositif d'étanchéité mis en place le tuilage avec le géocomposite de peu perméable et de drainage sera effectué.

L'ensemble du fossé sera recouvert par un géotextile de filtration/séparation de 200 g/m² pour éviter le risque de colmatage du fossé

Un drain PEHD DN 500 sera mis en place dans le fossé puis recouvert de matériaux drainants type matériaux 20/40 roulés non calcaire exempts de fines. Pour permettre la collecte des eaux de ruissellement (eaux non infiltrées dans la couverture et non drainées par le dispositif de drainage), les matériaux drainants seront mis en place jusqu'à environ -0.1m par rapport à la côte de la couverture finale.



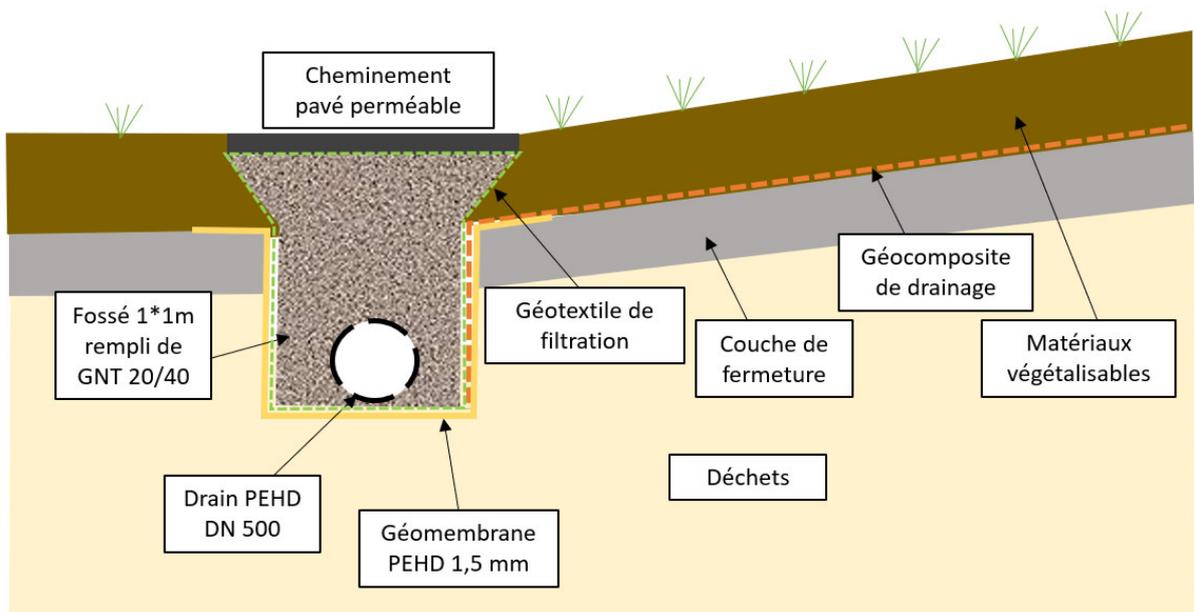


Figure 16 : Schéma de principe des fossés de gestion des eaux météoriques

Des dalles pavées perméables seront mises en place en surface, au droit de ce fossé et permettront de répondre à un plusieurs objectifs :

- Drainage des eaux de ruissellement ;
- Intégration paysagère des ouvrages ;
- Réalisation d'un cheminement piéton accessible au PMR.
- Lutte contre l'érosion de surface en cas de saturation lors de fortes pluies

Un exemple de dalles alvéolaires pavées et perméables est présenté ci-dessous :



Figure 17 : Exemple de dalles perméables (source <https://www.ecovegetal.com>)

4.1.10 Mise en place d'un regard de contrôle des eaux de ruissellement

Au niveau de l'exutoire des fossés (descente d'eau en enrochement §4.1.9), un regard béton DN 1500 sera mis en place.

Une canalisation DN 800 minimum permettra d'évacuer les eaux vers l'enrochement maçonné.

4.1.11 Réalisation d'une descente d'eau en enrochement maçonné

Pour permettre le rejet des eaux dans le milieu naturel, une descente d'eau en enrochement maçonné sera réalisée. Cet ouvrage sera intégré au dispositif de protection contre la houle décrit au §4.3).

Cet enrochement maçonné devra présenter une section minimum de :

- 1.5 de largeur ;
- 0.7 m de hauteur (profondeur).

Le linéaire concerné est de 28 m.

Au niveau de l'exutoire sur le littoral, un ouvrage de dissipation d'énergie sera réalisé, afin de ne pas favoriser une érosion localisée en cas d'écoulements importants. Ce dispositif pourra être constitué d'une surface en enrochement maçonné d'une surface de 6 m² au minimum.

4.2 Objectif 2 : maîtrise du risque d'érosion du massif côté Rivière des Remparts

Un projet porté par la Communauté d'Agglomération du SUD (CASUD) qui est compétente en matière de Gestion de L'eau, des Milieux Aquatiques et de la Protection des Inondations (GEMAPI), est actuellement en cours. Ce projet consiste en la réalisation de travaux de protection des crues de la Rivière des Remparts et aménagement des berges.

Les différentes études et le détail du dimensionnement des protections ne nous ont pas été communiqués à ce jour.

En première approche et à ce stade (AVP), nous prévoyons la mise en place d'un système de protection par enrochements plaqués sur le talus.

Le descriptif de la protection envisagée à ce stade est présenté ci-dessous :

- Une couche d'enrochements « libres » de 1,8 m d'épaisseur et de diamètre moyen 0,8 m (classe 400 – 1200 kg), sera réalisée avec un fruit de 3H/2V maximum.
- Une couche de transition de 0,25 m d'épaisseur de diamètre moyen $d_{50} = 0,08$ m,
- Un géotextile de drainage et filtration non-tissé et séparation à l'interface avec le sol support.

Toutefois, dans un souci de cohérence avec les travaux envisagés par la CASUD, la nature et le dimensionnement de ce dispositif seront susceptibles d'évoluer, suite à la transmission des études réalisées sur la partie amont de la Rivière des Remparts. Le cas échéant, des modifications seront apportées au stade PROjet.

En raison de la présence du substratum basaltique sur toute la partie Nord-Ouest du site, 2 solutions techniques sont retenues :



- Sur la partie Nord-Ouest, enrochement liaisonné monté sur le substratum basaltique, après décapage des déchets ;
- Sur la partie Sud-Ouest, enrochement monté depuis la base du talus avec un sabot d'ancrage de 1 m en pied.

Dans les 2 cas de figure, ces travaux vont nécessiter la réalisation de travaux dans le lit du cours d'eau, avec l'intervention d'engins lourd (pelle mécanique à chenilles). Une articulation avec les travaux de lutte contre les inondations de la Rivière des Remparts est à effectuer impérativement.

4.2.1 Mise en œuvre d'un protection sur la partie Nord-Ouest

Le massif de déchets repose sur un substratum basaltique peu érodable, d'une hauteur variant de 2 à 3 m selon les secteurs, créant une protection naturelle contre l'érosion.



Figure 18 : Substratum basaltique présent au Nord-Ouest du site

Nous proposons de monter le dispositif de protection sur ce substratum basaltique. Préalablement un décapage des déchets devra être réalisé pour permettre le montage d'un enrochement liaisonné au béton avec une pente de 3H/2V (hauteur de 3 m environ).

Des barbacanes seront disposées tous les 8 m².

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques de l'ouvrage de protection :

Tableau 1 : Caractéristiques de l'ouvrage de protection Nord-Ouest

Carapace

Pente	3H/2V (=34°)
Cote du pied (m CM)	10.13 en amont à 10.19 m NGR en aval
Cote d'arase (m CM)	12.5 en amont à 13.02 m NGR en aval
Classe d'enrochements	HMA 1000-2000 kg

Le volume de déchets concerné par le décapage est estimé à environ 1000 m³. Les déchets seront évacués hors site, en filière agréée.



4.2.2 Mise en œuvre d'une protection sur la partie Sud-Ouest

Sur la partie Sud-Ouest, en l'absence du substratum basaltique, l'enrochement sera monté depuis la base du talus avec sabot d'ancrage.

Un apport de matériaux inerte sera nécessaire pour obtenir le profil souhaité. Un terrassement en déblai/remblais pourrait être envisagé. Toutefois, afin de préserver les arbres présents en tête de talus, cette solution n'a pas été retenue à ce stade.

Tableau 2 : Caractéristiques de l'ouvrage de protection Sud-Ouest

Carapace

Pente	3H/2V (=34°)
Cote du pied (m CM)	2.6 à l'Ouest à 3.1 m NGR à l'Est
Cote d'arase (m CM)	10.6 à l'Ouest à 10.85 m NGR à l'Est
Classe d'enrochements	HMA 1000-2000 kg

Le sabot en pied sera réalisé en bordure de la Rivière des Remparts. Ses caractéristiques seront les suivantes :

- hauteur du sabot : 2 m,
- largeur du sabot :
 - largeur en base : 2 m,
 - largeur en haut : 4 m.

Les matériaux issus du terrassement du sabot, seront mis en stock puis remis en place en pied de l'enrochement à l'issue des travaux.

Cette solution nécessite de prévoir un volume de remblais en enrochement d'environ 3 900 m³ de blocs 1/2T.

Il est rappelé que les caractéristiques et nature des ouvrages de protection seront susceptibles d'évoluer suite à la transmission des études et éléments de dimensionnement par la CASUD dans le cadre des travaux de protection des crues de la Rivière des Remparts et aménagement des berges.



4.3 Objectif 3 : maîtrise du risque d'érosion côté Est du massif pour la protection de la houle cyclonique

La décharge est soumise aux aléas de la houle cyclonique sur sa façade Sud, nécessitant la mise en place d'une structure de protection des talus.

Le dimensionnement de la structure de protection contre la houle cyclonique est basé sur nos retours d'expérience et notamment sur l'étude de réhabilitation de l'ancienne décharge de Ravine Sèche qui a fait l'objet d'une étude de dimensionnement spécifique (rapport Antea Group n° A94631D et ses annexes) et d'une tierce expertise. Le contexte local mais également la morphologie du massif actuel ont également été pris en compte.

L'étude de dimensionnement spécifique protection contre la houle cyclonique pour la réhabilitation de l'ancienne décharge de Ravine Sèche (rapport Antea Group n° A94631D) avait montré que la protection devait être réalisée jusqu'à une côte de 13.1 m NGR.

Dans le cas présent, étant donné qu'il ne semble pas réaliste de monter l'enrochement au-delà de la cote actuelle du site et dans un souci d'adaptation au projet de la commune de St Joseph dans ce secteur, nous proposons de monter la protection sur toute la hauteur du talus, soit une côte comprise entre 10.6 et 10.85 m NGR. Le point bas de l'enrochement sera localisé au droit de la descente d'eau et du regard de contrôle à une côte de 10.12 m NGR.

Un sabot d'ancrage avec une réserve d'enrochements (côte d'environ 3 m NGR) en pied est prévu.

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques de l'ouvrage de protection :

Tableau 3 : Caractéristiques de l'ouvrage de protection contre la houle cyclonique projeté

Carapace	
Pente	3H/2V (=34°)
Cote du pied (m CM)	2.6 à l'Ouest à 3.1 m NGR à l'Est
Cote d'arase (m CM)	10.6 à l'Ouest à 10.85 m NGR à l'Est
Classe d'enrochements	HMA 1000-3000 kg

Cette solution nécessite de prévoir un volume de remblais en enrochement d'environ 3 800 m³ de blocs 1/2T.



4.4 Objectif 4 : Stabilité du massif

Le diagnostic du site a permis de mettre en évidence un risque d'instabilité des talus Ouest et Sud, érodés au fil du temps par la Rivière des Remparts et la houle océanique, en raison de leurs caractères sub-verticaux.

Sur l'ensemble de ces talus, un dispositif de protection contre l'érosion sera mis en place (§4.2 et 4.3). Ces dispositifs seront constitués d'enrochement de 1 à 2 T disposés sur une largeur de 2 m sur toute la hauteur des talus.

Au-delà du rôle de protection contre l'érosion, ces enrochements permettront d'améliorer de manière significative la stabilité des talus et d'assurer une stabilité à long terme du site.

A ce stade et au regard de ces éléments, une étude spécifique ne semble pas nécessaire.



4.5 Objectif 5 : Suivi post exploitation du site

A la suite des travaux de réhabilitation, un suivi environnemental du site devra être mis en place. Le programme de suivi proposé ci-dessous s'appuie sur l'AP n° 2012-134/SG/DRCTCV de janvier 2012 et/ou de l'AM du 25/02/2016 relatif aux ISDnD.

Tous les ans, une synthèse des résultats et de leur analyse est transmise à l'inspection des installations classées.

Cinq ans puis dix ans et enfin vingt ans après le début de la période de post-exploitation, la commune de St Joseph devra établir et transmettre au préfet un rapport de synthèse des mesures réalisées dans le cadre du programme de suivi post-exploitation accompagné de ses commentaires.

Vingt-cinq ans après le début de la période de post-exploitation, la commune de St Joseph devra établir et transmettre au préfet un rapport de synthèse des mesures réalisées depuis le début du suivi.

Pour demander la fin de la période de post-exploitation, l'exploitant transmet au préfet un rapport qui :

- Démontre le bon état du réaménagement final ;
- Démontre l'absence d'impact sur l'air et sur les eaux souterraines et superficielles ;
- Fait un état des lieux des équipements existants, des équipements qu'il souhaite démanteler et des dispositifs de gestion passive des effluents mis en place.

Le préfet valide la fin de la période de post-exploitation, sur la base du rapport transmis, par un arrêté préfectoral de fin de post-exploitation pris dans les formes prévues à l'article R. 512-33 du code de l'environnement qui :

- Prescrit les mesures de surveillance des milieux ;
- Autorise l'affectation de la zone réaménagée aux usages compatibles avec son réaménagement, sous condition de mise en place de servitudes d'utilité publique définissant les restrictions d'usage du sol.

Si le rapport fourni par l'exploitant ne permet pas de valider la fin de la période de post-exploitation, celle-ci est prolongée de cinq ans.

4.5.1 Suivi du biogaz

Au regard des mesures réalisées lors de la phase diagnostic, qui ont mis en évidence l'absence de méthane, hydrogène sulfuré ou monoxyde de carbone, nous estimons que la mise en place d'un suivi du biogaz n'est pas nécessaire.

4.5.2 Suivi de la qualité des eaux de ruissellement internes

Les eaux de ruissellement internes seront collectées via un réseau de fossés et seront acheminées vers un regard de contrôle situé à l'extrémité Sud du site (coté littoral), correspondant au point de rejet vers le milieu naturel.



4.5.3 Suivi de la qualité des eaux souterraines

Un contrôle de la qualité des eaux souterraines devra être réalisé de manière semestrielle et portera sur les mêmes paramètres que pour les eaux de ruissellement internes.

Une mesure du niveau piézométrique sera effectuée à chaque prélèvement.

Actuellement, le site n'est équipé que d'un seul et unique ouvrage de contrôle situé en aval hydraulique supposé. Le suivi portera à minima sur cet ouvrage.

4.5.4 Suivi des ouvrages de protection contre l'érosion et la submersion marine

Une visite de contrôle annuelle devra être effectuée pour vérifier l'intégrité des dispositifs de protection contre l'érosion coté Rivière des Remparts et coté littoral. L'évolution du trait de côte devra faire l'objet d'un suivi régulier. En cas d'érosion importante coté littoral, le renforcement du dispositif de protection pourra être demandé.



4.6 Objectif 6 : Conservation de la mémoire

Après la réhabilitation, il sera nécessaire d'instaurer des servitudes sur le site pour la conservation de la mémoire sur le passif industriel du site.

Le site, sur la base de la délimitation définie au pré diagnostic, occupe le Domaine Public Maritime (DPM) au Sud, ainsi que partiellement les parcelles n° 536 et 537 section BW du cadastre de la ville de St-Joseph ainsi que la parcelle 872 et partiellement la parcelle 873 section BN.



Figure 19 : Extrait du plan cadastral de la commune de St-Joseph – Feuille 000 BW 01 – sans échelle (source : cadastre.gouv.fr)

A noter que les occupations du Domaine Public Maritime sont régies par l'article L-2122-1 du Code Général de la Propriété des Personnes Publiques, qui dispose que :

« Nul ne peut, sans disposer d'un titre l'y habilitant, occuper une dépendance du domaine public... »

Aucun titre d'occupation domaniale du Domaine Public Maritime n'a été demandé pour la décharge de la caverne des Hirondelles.

Etant donné le faible nombre de propriétaires, en première approche les servitudes suivantes pourraient être instaurées :

- Soit SUP (Servitudes d'Utilité Publique) sans enquête publique ;
- Soit Restrictions d'Usage Conventionnelles au Profit de l'Etat (RUCPE).

L'instauration de ces restrictions d'usages portera sur l'ensemble de la zone réhabilitée et de ses installations connexes participant à la méthode de réhabilitation du site. Elles auront pour intérêt de grever tout usage incompatible avec la présence de déchets (exemple : construction de bâtiments, établissements sensibles etc...) et permettra donc de conserver la mémoire du site. Il sera impératif de recourir à une étude spécifique avant d'y implanter tout autre usage. Elles seront annexées au document d'urbanisme de la Commune de St Joseph conformément aux dispositions des articles L.126-1 et R.123-22 du Code de l'Urbanisme.

La publication à la DRFIP (ex Conservatoire des Hypothèques) prévue par l'article 36.2 du décret du 4 janvier 1955 devra être assurée soit par le Préfet, soit par un notaire désigné par la commune de St Joseph.

5 Estimation financière des travaux

L'estimation financière des travaux est présentée ci-dessous :

Travaux de réhabilitation de l'ancienne décharge de la caverne des Hirondelles – Commune de Saint-Joseph Estimation financière stade AVP		
Poste	Désignation	Total € HT
100	INSTALLATION DE CHANTIER ET ETUDES	42 500 €
200	TRAVAUX PREPARATOIRES	19 500 €
300	REMODELAGE ET COUVERTURE DE LA DECHARGE	480 278 €
400	DISPOSITIFS DE GESTION DES EAUX PLUVIALES	217 976 €
500	DISPOSITIFS DE GESTION DE PROTECTION CONTRE L'EROSION VIS-À-VIS DE LA RIVIERE DE REMPARTS	849 839 €
600	DISPOSITIFS DE GESTION DE PROTECTION CONTRE L'EROSION ET SUBMERSION VIS-À-VIS DE LA HOULE	317 826 €
600	AMENAGEMENT PAYSAGERS	18 000 €
TOTAL € HT		1 945 919 €
ALEAS +/-20%		389 184 €
TOTAL HT AVEC ALEAS +20%		2 335 102 €

Le coût des travaux est estimé à ce stade à **2 335 102€ HT** en intégrant un aléas de +20%. Cette estimation sera susceptible d'évoluer au stade PROjet, notamment en raison de l'incertitude sur les dispositifs de protection contre l'érosion vis-à-vis de la Rivière des Remparts.



ANNEXES

Annexe I : Plan topographique du site – SARL TOPO Services du
29/11/2017

Annexe II : Plan de l'emprise du massif de déchets

Annexe III : Plan projet Antea Group

**Annexe I : Plan topographique du site – SARL TOPO Services du
29/11/2017**



PLAN TOPOGRAPHIQUE

" Ancienne Décharge de la caserne des Hirondelles "

11/2017 PLANCHE 1 Ech : 1/200

 SARL TOPO Services Géomètre Agré 44 B. Route Ligne Paradis 97410 Saint Pierre Tel/Fax : 02 62 59 92 28 Portable : 06 95 02 03 76 Courriel : toposervices974@gmail.com	ANTEA 05 bis, rue Eugène Delbouse 97419 LA POSSESSION Tel : 02 62 20 32 43																							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>INDICES</th> <th>DATE</th> <th>OBSERVATIONS</th> <th>DESIGNE</th> <th>VERIFIE</th> <th>REFERENCE CADASTRE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>08/11/2017</td> <td>VERSION REVISION</td> <td>JEREMIE</td> <td>ALAN</td> <td></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	INDICES	DATE	OBSERVATIONS	DESIGNE	VERIFIE	REFERENCE CADASTRE	1	08/11/2017	VERSION REVISION	JEREMIE	ALAN												
INDICES	DATE	OBSERVATIONS	DESIGNE	VERIFIE	REFERENCE CADASTRE																			
1	08/11/2017	VERSION REVISION	JEREMIE	ALAN																				

LEGENDE

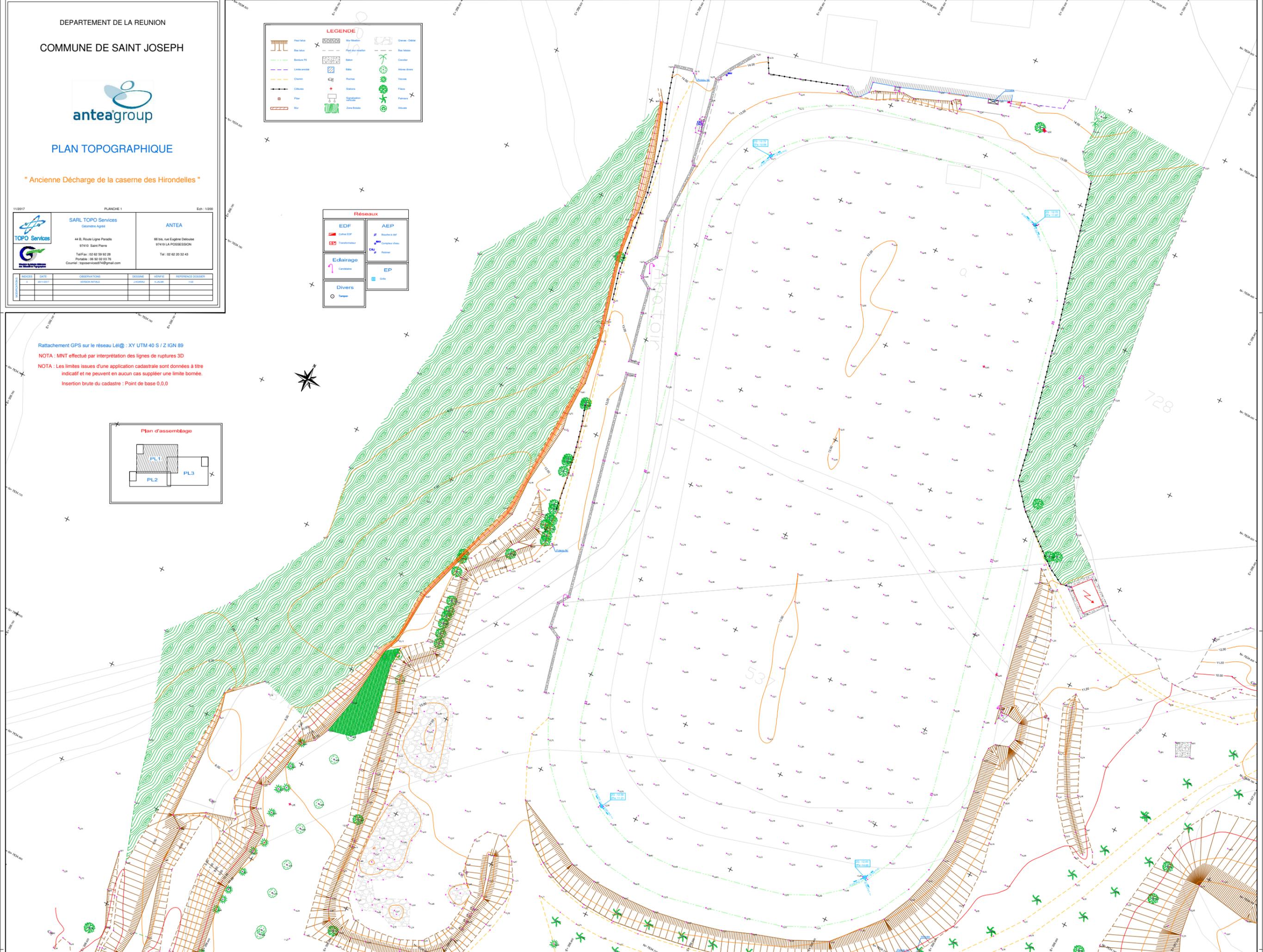
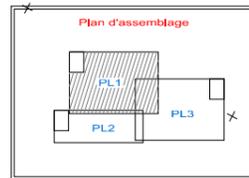
Réseaux

Rattachement GPS sur le réseau Lél@ : XY UTM 40 S / Z IGN 89

NOTA : MNT effectué par interprétation des lignes de ruptures 3D

NOTA : Les limites issues d'une application cadastrale sont données à titre indicatif et ne peuvent en aucun cas suppléer une limite bornée.

Insertion brute du cadastre : Point de base 0,0,0



DEPARTEMENT DE LA REUNION
 COMMUNE DE SAINT JOSEPH



PLAN TOPOGRAPHIQUE

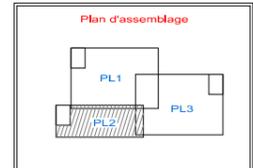
" Ancienne Décharge de la caserne des Hirondelles "

11/2017 PLANCHE 2 Ech. 1:200

 SARL TOPO Services Géomètre Agré 44 St. Route Ligne Paradis 97412 Saint Pierre Tél/Fax : 02 62 59 52 28 Portable : 06 92 02 53 78 Courriel : toposervices74@gmail.com	ANTEA 66 bis, rue Eugène Delouise 97419 LA POSSESSION Tél : 02 62 20 32 43																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOM</th> <th>DATE</th> <th>OBSERVATIONS</th> <th>DESIGNÉ</th> <th>VERIFÉ</th> <th>REFERENCE DOSSIER</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	NOM	DATE	OBSERVATIONS	DESIGNÉ	VERIFÉ	REFERENCE DOSSIER											
NOM	DATE	OBSERVATIONS	DESIGNÉ	VERIFÉ	REFERENCE DOSSIER													

LEGENDE

Réseaux



Rattachement GPS sur le réseau Lél@ : XY UTM 40 S / Z IGN 89
 *NOTA : MNT effectué par interprétation des lignes de ruptures 3D
 *NOTA : Les limites issues d'une application cadastrale sont données à titre indicatif et ne peuvent en aucun cas suppléer une limite bornée.
 Insertion brute du cadastre : Point de base 0,0,0



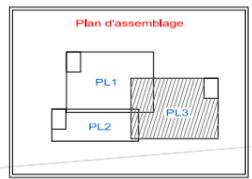


PLAN TOPOGRAPHIQUE

" Ancienne Décharge de la caserne des Hironnelles "

LEGENDE

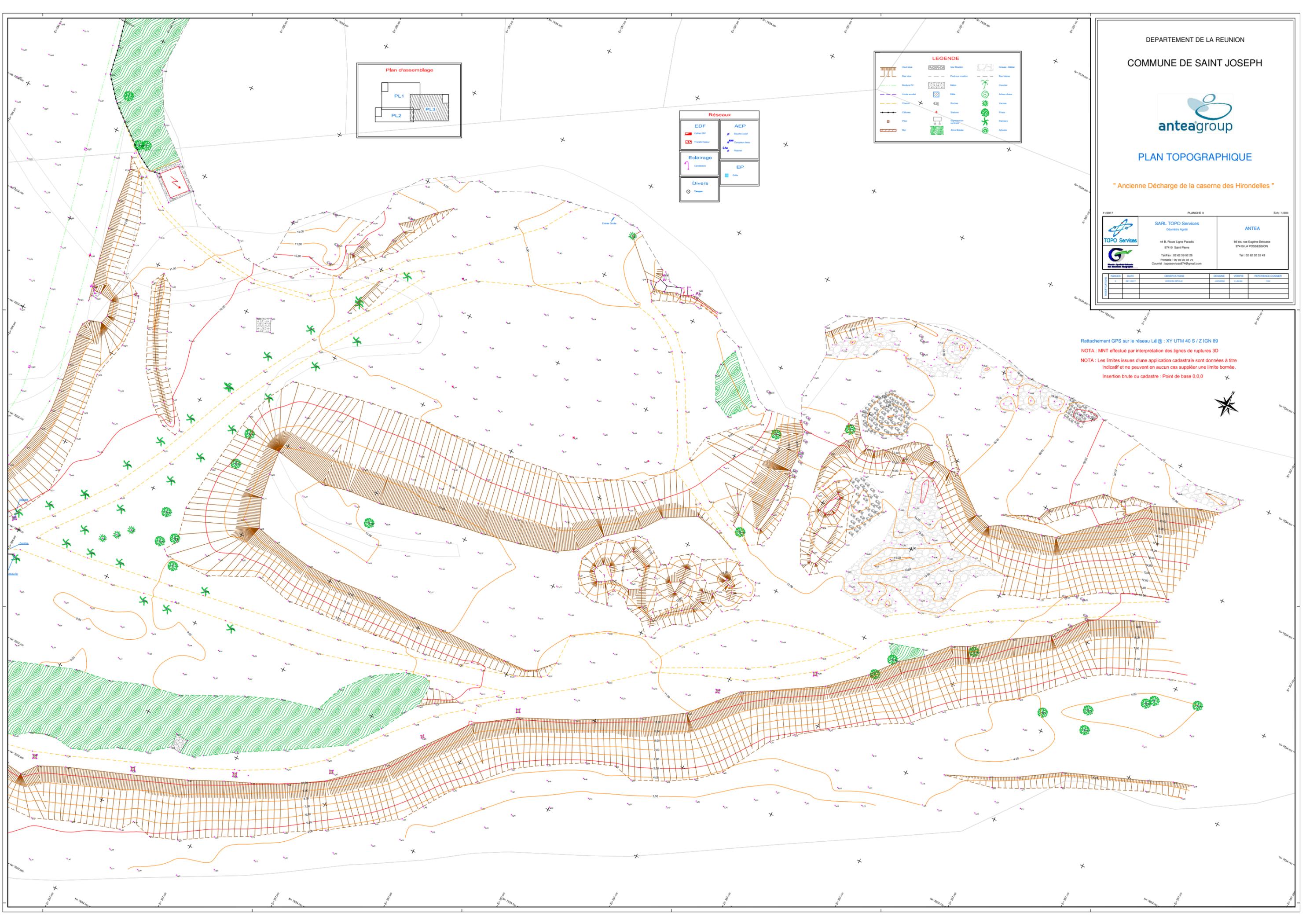
Réseaux



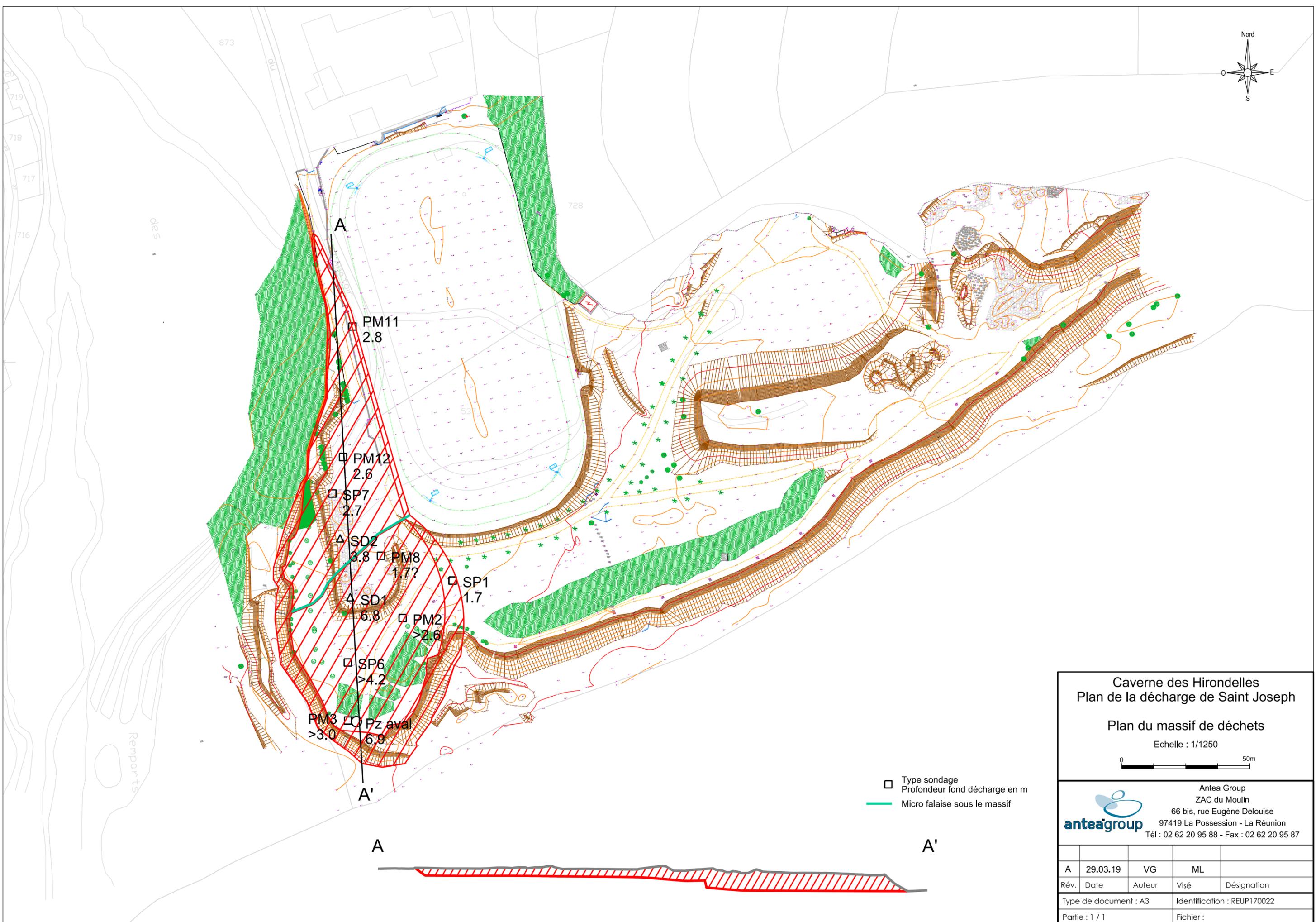
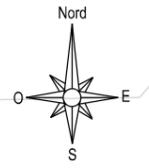
11/2017 PLANCHE 3 Ech: 1/200

 SARL TOPO Services Géomètre Agré 44 B. Route Ligne Paradis 97410 SAINT PIERRE Tél/Fax : 02 62 59 92 28 Portable : 06 92 02 02 76 Courriel : toposervices74@gmail.com	ANTEA 66 bis, rue Eugène Delouise 97419 LA POSSESSION Tel : 02 62 20 32 43											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>REVISION</th> <th>DATE</th> <th>OBSERVATIONS</th> <th>DESSINE</th> <th>VERIFIE</th> <th>REFERENCES CADASTRE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>11/2017</td> <td>CONTRAT INITIAL</td> <td>LOMBARD</td> <td>LALAN</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>	REVISION	DATE	OBSERVATIONS	DESSINE	VERIFIE	REFERENCES CADASTRE	1	11/2017	CONTRAT INITIAL	LOMBARD	LALAN
REVISION	DATE	OBSERVATIONS	DESSINE	VERIFIE	REFERENCES CADASTRE							
1	11/2017	CONTRAT INITIAL	LOMBARD	LALAN	100							

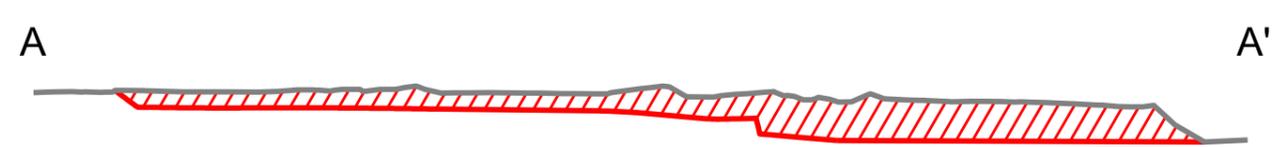
Rattachement GPS sur le réseau Lél@ : XY UTM 40 S / Z IGN 89
 NOTA : MNT effectué par interprétation des lignes de ruptures 3D
 NOTA : Les limites issues d'une application cadastrale sont données à titre indicatif et ne peuvent en aucun cas suppléer une limite bornée.
 Insertion brute du cadastre : Point de base 0,0,0



Annexe II : **Plan de l'emprise du massif de déchets**



A
 □ PM11 2.8
 □ PM12 2.6
 □ SP7 2.7
 △ SD2 3.8
 □ PM8 1.7?
 △ SD1 6.8
 □ SP1 1.7
 □ PM2 >2.6
 □ SP6 >4.2
 □ PM3 >3.0
 □ Pz aval 6.9
 A'



Caverne des Hirondelles
Plan de la décharge de Saint Joseph

Plan du massif de déchets

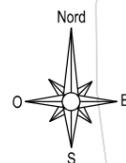
Echelle : 1/1250



Antea Group
 ZAC du Moulin
 66 bis, rue Eugène Delouise
 97419 La Possession - La Réunion
 Tél : 02 62 20 95 88 - Fax : 02 62 20 95 87

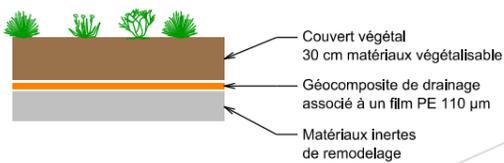
A	29.03.19	VG	ML	
Rév.	Date	Auteur	Visé	Désignation
Type de document : A3			Identification : REUP170022	
Partie : 1 / 1			Fichier :	

Annexe III : **Plan projet Antea Group – stade AVP**



728

537

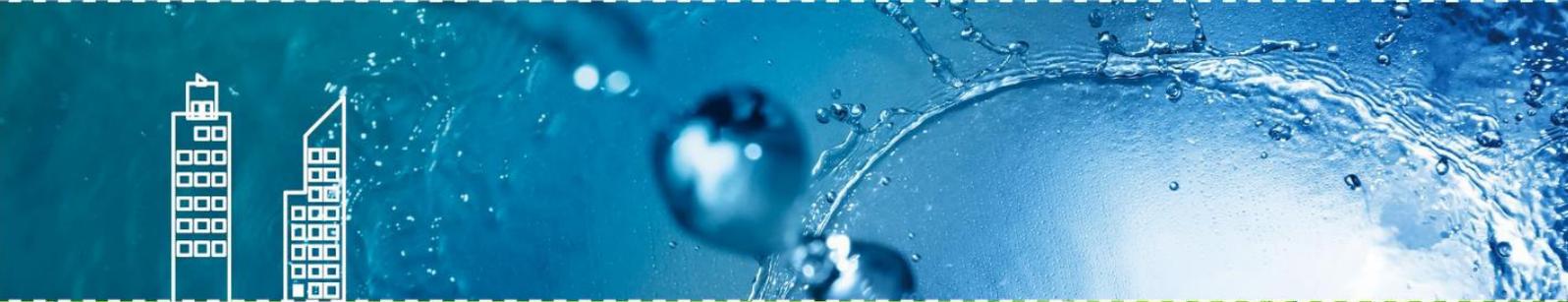


- Arbres supprimés
- Couverture végétalisable
- Enrochements
- Géocomposite de drainage associé à un film PE 110 µm
- Fossé de gestion des eaux de ruissellement internes
- Zone de déchets décapés

Caverne des Hirondelles
Plan de la décharge de Saint Joseph
Plan de réhabilitation - stade AVP
 Echelle : 1/1250

Antea Group
 ZAC du Moulin
 66 bis, rue Eugène Delouise
 97419 La Possession - La Réunion
 Tél : 02 62 20 95 88 - Fax : 02 62 20 95 87

A	23.10.19	VG	JD	
Rév.	Date	Auteur	Visé	Désignation
Type de document : A3			Identification : REUP170022	
Partie : 1 / 1			Fichier :	



anteagroup[®]