



Marché de maîtrise d'œuvre relatif à la réhabilitation
de l'ancienne décharge de Cambaie
Commune de Saint-Paul

Avant-Projet

Version B du 23 Mars 2015



Nous faisons **grandir** vos projets

IDENTIFICATION				MAITRISE DES DOCUMENTS		
N° Affaire	Indice	Révision du document	Chef de projet	Auteur	Libération	Utilisation
C20310	A	20/01/2015	G.Autrand	T.Chassagnac G. Autrand	G. Autrand	Pour commentaires Confidentiel
C20310	B	23/03/2015	G.Autrand	T.Chassagnac G. Autrand	G. Autrand	Pour validation

Sommaire



1. Objet et cadre de l'étude.....	7
2. Rappel des conclusions du rapport de diagnostic	8
2.1. Rappel sur l'analyse des risques	8
2.1.1. La source de danger	8
2.1.2. Les possibilités de transfert	10
2.1.3. Les cibles potentielles	12
2.1.4. Cas particulier de la zone de débordement	13
2.1.5. Schéma conceptuel et synthèse des risques.....	13
2.2. Considérations sur l'usage futur du site et les contraintes associées.....	15
3. Objectifs de réhabilitation et scénarii à étudier	17
3.1. Les objectifs de réhabilitation.....	17
3.2. Les scénarii de réhabilitation	18
4. Proposition de solutions unitaires.	18
5. Caractérisation des solutions unitaires	22
5.1. Objectif 1 : Limiter au maximum la production de lixiviats	22
5.1.1. Réparation des dégâts ponctuels sur DEDG.....	22
5.1.2. Reprise complète du DEDG des flancs Ouest et Est.	24
5.1.3. Suppression de la cuvette de tassement.....	26
5.2. Objectif 2 : Assurer une protection durable du DEDG27	
5.2.1. Sur les flancs de faible pente.....	27
5.2.2. Sur les pentes du monticule ouest,	27
5.2.3. Sur le plateau du monticule (Ouest) - Prestation Supplémentaire Eventuelle	29

5.2.4.	Sur le plateau du massif principal (Est)	29
5.2.5.	Fossés	29
5.2.6.	En périphérie.....	29
5.3. Objectif 3 : Traiter les rejets gazeux résiduels : .. 30		
5.3.1.	Solution usuelle : traitement par oxydation naturelle des gaz résiduels dans l'encaissant géologique.....	30
5.3.2.	Traitement d'appoint en cas de surproduction : traitement par biofiltre	30
5.3.3.	Devenir du traitement actuel.....	31
5.4. Objectif 4 : Conserver la mémoire des risques généraux		
31		
5.5. Objectif 5 Contrôler sur le long terme les impacts du site.		
31		
5.6. Objectif 6 : Isolement hydraulique du site.....		
32		
5.7. Objectif complémentaire 7 : Améliorer les connaissances sur la probabilité du risque d'enneigement du surcreusement,		
32		
5.8. Objectif complémentaire 8 : Protéger le flanc nord		
32		
5.9. Objectif complémentaire 9 : Gagner de l'emprise. 32		
5.9.1.	Description générale des solutions possibles, enjeux techniques et éléments de faisabilité.....	33
5.9.2.	Descriptif de principe des travaux.....	34
5.9.3.	Analyse technico-économique de l'emprise à traiter	35
5.10. Objectif complémentaire 10 : Usage en installation photovoltaïque.		
40		
5.10.1.	Nature des incidences potentielles	40
5.10.2.	Impacts sur la couverture	40
5.10.3.	Impact sur les tassements.....	41
5.10.4.	Impacts sur l'écoulement des eaux.....	42
5.10.5.	Impact et risques liés au biogaz.....	42

7. Constitution et caractérisation des scénarii 44

7.1. Scénario 1 : réhabilitation simple 44

7.1.1.	Description du scénario.....	44
7.1.2.	Performance environnementales.....	46
7.1.3.	Contraintes réglementaires.....	47
7.1.4.	Suivi environnemental	48

7.2. Scénario 2 : avec usage en ferme solaire 50

7.2.1.	Description du scénario.....	50
7.2.2.	Performance environnementales.....	52
7.2.3.	Contraintes réglementaires.....	52
7.2.4.	Suivi environnemental	52

1. Objet et cadre de l'étude

La commune de Saint Paul, membre du Territoire de la Côte Ouest, possède sur son territoire une ancienne décharge située dans la zone industrielle de Cambaie. Fermée en décembre 1998, cette décharge qui a fait l'objet de travaux de réhabilitation importants à partir de 2000 a subi des dégradations de couverture. Le site réhabilité n'a pas fait l'objet d'un suivi post exploitation depuis sa réhabilitation. L'arrêté préfectoral n°2012-281/SG/DRCTCV du 1^{er} mars 2012 imposant une « remise dans un état tel qu'il ne s'y manifeste aucun des dangers ou inconvénients mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement. » (mise en sécurité) a été prescrit récemment et est à l'origine de la présente étude.

La commune de Saint-Paul a sollicité le TCO pour prendre en charge les études et travaux de réhabilitation.

L'arrêté préfectoral n°2012-1244/SG/DRCTCV du 16 août 2012 acte le changement d'exploitant et autorise le TCO à « prendre en charge l'ancienne installation de stockage de déchets ménagers de Cambaie exploitée par la Mairie de Saint-Paul sur le territoire de la commune de Saint-Paul, en vue de sa réhabilitation ».

Le TCO a réalisé un diagnostic environnemental du site¹ conformément aux prescriptions de l'arrêté du 1^{er} mars 2012 et aux recommandations de l'ADEME et de procéder aux opérations de réhabilitation du site.

Le TCO a confié à GIRUS et son sous-traitant 3C, la mission de maîtrise d'œuvre pour la réhabilitation et la mise en sécurité de cette décharge, mission comportant les phases classiques de l'AVP à AOR, mais également une mission de diagnostic comportant :

- Une étude documentaire et historique,
- Un diagnostic de terrain

L'objet principal de ce rap²port qui constitue la troisième étape de la mission de maîtrise d'œuvre est de présenter les différents scénarii de réhabilitation du site à un niveau Avant-Projet en vue du choix par le maître d'ouvrage d'un des scénarii proposés.

¹ Rapport de diagnostic – version E du 24/07/2014 (GIRUS-3C)

2. Rappel des conclusions du rapport de diagnostic

Ce chapitre synthétise les conclusions du rapport de diagnostic (version E de juillet 2014, GIRUS-3C) à savoir :

1. l'analyse des risques caractérisée par les 3 termes en permettant l'évaluation (source, transfert, cibles) ;
2. les objectifs de réhabilitation qui en découlent.

Enfin on rappellera les éléments relatifs aux scénarii issus des discussions qui ont suivies la remise du rapport de diagnostic.

2.1. Rappel sur l'analyse des risques

2.1.1. La source de danger

2.1.1.1 Bioactivité et potentiel polluant

Le volume de déchets concerné est évalué à plus de 760 000 m³.

Les reconnaissances et mesures réalisées permettent de caractériser ce potentiel polluant en mettant en avant :

- La **forte proportion de la fraction minérale inerte** qui a par ailleurs facilité la dégradation d'une part importante de la fraction dégradable du massif ;
- Le **développement de conditions inhibitrices** liées à un faible taux de lixiviation naturelle qui a pesé lourdement sur la cinétique de dégradation d'une fraction résiduelle organique qui reste encore ainsi préservée, essentiellement dans la zone de surcreusement.
- La **faiblesse de la bioactivité générale** du site et l'**insignifiance de la production gazeuse globale** qui reste largement inférieure à 10 m³/h. Compte tenu de la surface du site (7.2 ha sous géomembrane), la production surfacique s'établie moins de 0.14 m³/h/ha et peut être traitée par des techniques d'atténuation naturelle.
- Qu'**aucun déchet de type industriel dangereux** n'a été mis à jour lors des fouilles, ni détecté via les mesures de gaz (quasi absence de COV et H₂S)

Ces données permettent de qualifier de **globalement faible le potentiel danger exprimé**. Il n'en demeure pas moins qu'une partie non négligeable des déchets dégradables restent encore non dégradés et donc potentiellement évolutifs. Il existe donc un **potentiel danger latent**. Ce potentiel est en partie concentré dans la zone de surcreusement profond, mais vraisemblablement aussi distribué au sein de foyers, de taille modérée et plus ou moins dispersés sur le reste du massif épais (hors zone de débordement).

Il a également été mis en avant la possibilité, à priori à faible probabilité d'occurrence, d'un risque de réhumidification du massif en cas de crue exceptionnelle de la Rivière des Galets (RdG) associée à une forte remontée de nappe. En l'état actuel, la reprise de

bioactivité n'est cependant pas jugée suffisante pour générer une production de biogaz très significative, compte tenu de l'état actuel d'inhibition d'une partie du massif.

Le document INERIS DRC-05-46533/DESP-R01b « Evaluation des risques liés aux émissions gazeuses des décharges : propositions de seuils de captage » fixe des seuils de risque en termes de débit de biogaz émis. Le seuil de débit surfacique de 10 m³/h/ha (soit plus de 70 fois le débit global du site) est qualifié sans risque dans le cadre d'un scénario standard d'usage public extérieur (type parc public) pour un site avec une couverture terreuse de 1 m'épaisseur. La technique de gestion des gaz préconisée par ce document est l'atténuation naturelle par oxydation du méthane en couverture si les conditions du site s'y prêtent.

On retiendra également que le massif est confiné par une géomembrane depuis 2000.

Il conviendra de juger de la pertinence d'assurer sa pérennité à long terme.

2.1.1.2 Production de lixiviats et polluants potentiels associés

La production de lixiviat a été estimée à 100 m³/an environ, valeur très faible liée au confinement des déchets actifs. Elle est en majeure partie liée aux défauts évitables du DEDG (Dispositif d'Etanchéité et de Drainage par Géosynthétiques). Ces défauts sont rappelés comme suit :

- DEDG fortement dégradé et à refaire en totalité sur l'ensemble du talus Ouest du massif,
- DEDG mis à jour du fait de zones érodées sur les autres flancs et nécessitant des réfections ponctuelles
- Forte sensibilité à l'érosion des sols de couverture qui amèneront fatalement à la dégradation du DEDG à terme si les zones sensibles ne sont pas protégées.
- Forte charge hydraulique possible au niveau de la cuvette de tassement en cas de pluie importante avec risque d'infiltration préférentielle au niveau de défauts ponctuels suspectés.
- On rajoutera également les zones de DEDG découpées lors des investigations (fouilles, forages) dont il faudra assurer une réparation pérenne lors des futurs travaux de réhabilitation.

Cette production augmenterait très significativement en cas de crue importante, d'un facteur proportionnel à la hauteur de crue et estimée aux environs de 35 000 m³ en cas de diffluence en rive gauche que ce soit au droit du site (franchissement des endiguements) ou à l'amont proche avec écoulements vers le site (à priori pour T>100ans) ou d'ennoiement partiel en cas de remontée de la nappe sans débordement en rive gauche.

Le potentiel polluant du lixiviat dont le prélèvement a été réalisé au sein de poches d'humidité en fond du surcreusement, zone la plus active, peut être qualifié d'important.

2.1.1.3 Ecoulement des eaux superficielles

Le réseau de gestion des eaux superficielle est bien dimensionné et en bon état (sauf le fossé Est de la zone Est qui a été remblayé) dès lors qu'il aura été dégagé de la végétation et des quelques arbres mort qui l'encombrent.

La cuvette de tassement marquée au niveau du surcreusement ne permet pas l'évacuation des eaux qui s'y concentrent faute d'exutoire. Cette situation est très probablement à l'origine de fuites à la faveur de défauts du DEDG non repérés.

2.1.1.4 Caractéristique paysagère

Du point de vue aspect extérieur, le site, couvert et végétalisé, ne constitue pas une source de dépréciation du paysage local (excepté le talus Ouest de la zone Est avec le DEDG largement mis à nu).

Il est situé en zone industrielle, et est visible du public principalement depuis l'Axe Mixte (talus Ouest dégradé).

2.1.1.5 Aspect géotechnique

Hormis les instabilités du DEDG du talus ouest qui nécessiteront des remédiations, et les instabilités superficielles du massif ouest, le massif en l'état actuel ne présente pas de pentes susceptibles de générer un risque géotechnique.

2.1.1.6 Autre risque spécifique en cas de pluies ou crue exceptionnelle

L'éventuelle crue débordante en rive gauche au niveau de l'actuel endiguement, d'une période de retour supérieure à 100 ans, s'écoulera le long du flanc Nord du site et soumettra ce flanc à un fort risque d'érosion des sols sensibles présents avec dégagement probable du DEDG qui pourrait aboutir à une destruction de ce dernier.

Du fait des sols sensibles présents, le risque de dégagement du DEDG est également important en cas de précipitations exceptionnelles sur tous les autres flancs hormis le flanc Ouest qui ne possède pas de bassin versant amont important.

Le site réhabilité depuis 2000 présente des zones érodées significatives.

2.1.2. Les possibilités de transfert

2.1.2.1 Eaux souterraines

Compte tenu de l'absence d'étanchéité de fond et de la forte perméabilité du substratum alluvial, les polluants émis par la source seront transférés vers les eaux souterraines après un trajet vertical de :

- 5 à 10 m sous le surcreusement, en situation hydrologique usuelle, voire 2-3 m pour les plus hautes eaux connues ;
- 15 à 25 m sous le reste du site.

Ces émissions se traduisent par un impact globalement modéré sur la nappe supérieure comme le traduisent les analyses réalisées sur les piézomètres. La nappe supérieure étant fuyarde au droit du site et connectée à la nappe inférieure plus en aval. On peut donc affirmer qu'un transfert vers la nappe inférieure a donc bien lieu également. Du fait de la dilution/dispersion complémentaire lié au mélanges des eaux des 2 aquifères, on peut s'attendre à un impact plus faible encore que celui constaté sur l'aquifère supérieur.

En cas de forte crue remontant significativement sur la digue de la Rivière des Galets, la zone de surcreusement serait vraisemblablement baignée par les eaux souterraines sur une hauteur qui reste non déterminée mais qui pourrait atteindre plusieurs mètres en cas de crue catastrophique avec débordement au-dessus de la digue, qui reste un scénario très exceptionnel.

Cette situation rend nécessaire un suivi des niveaux de nappe afin de préciser, la situation de hautes eaux et de crues qui restent imprécises du fait du peu de données disponibles quant au niveau des eaux dans le secteur de Cambaie.

On rappelle cependant que le cyclone Bézisa de janvier 2014 n'a que peu élevé la nappe (+2m environ) par rapport à l'étiage de juillet 2013.

Enfin le risque de transfert de lixiviats via les 3 forages traversant le massif (F2, F3, F4) n'a pas été jugé significatif.

2.1.2.2 Eaux superficielles

Du fait de sa couverture étanche, les déchets du site sont hydrauliquement isolés de l'extérieur et ne communiquent pas avec la Rivière des Galets qui constitue l'exutoire du réseau pluvial du site. Aucun transfert de surface des polluants n'est possible vers la rivière.

Une éventuelle voie souterraine de contamination de la rivière via la nappe n'est pas non plus à considérer, la rivière étant en amont hydraulique des eaux souterraines et en position d'alimentation de ces dernières.

2.1.2.3 Milieu Humain extérieur et air

La production de biogaz reste insuffisante pour générer tous risque de migration latérale de biogaz comme le confirment les mesures de gaz sur le piézair (PZ2-piézair) placé en bordure extérieur : quasi absence de CH₄ et très forte dilution du CO₂ natif et métabolique.

Au niveau du site, une production résiduelle faible existe et devra être gérée. En effet, si, à priori et hormis à proximité immédiate des puits, une mise à l'atmosphère directe de cette production ne générerait pas de concentration susceptible de générer un risque sanitaire, on ne peut cependant exclure que la diffusion-dispersion du gaz reste suffisante pour générer des odeurs transférables à l'extérieur du site.

Cette situation pourrait se renforcer après une forte crue de la RDG avec pénétration d'eau dans le massif et redynamisation (modérée) de la production gazeuse essentiellement localisée au niveau du surcreusement.

2.1.3. Les cibles potentielles

2.1.3.1 Eaux souterraines

On rappelle que le site est localisé en zone alluviale de la RdG, zone qui comporte au moins deux aquifères superposés. L'aquifère supérieur, situé à une vingtaine de mètres de profondeur, constitue la cible immédiate vis à vis du risque de pollution des eaux souterraines. L'aquifère inférieur, profond de 40-45 m, jouit d'une protection relative comparé au précédent, cependant il faut considérer l'hypothèse vraisemblable d'une communication probable entre les deux aquifères :

- via une drainance au travers de l'horizon de moindre perméabilité qui les sépare, voire via des défauts de présence de cet horizon (continuité non connue),
- par fusion des aquifères vers l'aval (à environ 1 km ?) où leur niveau statique semble se confondre.

Aucun usage spécifique des eaux souterraines n'a été identifié à l'aval hydraulique du site (AEP, prélèvement industriel ou agricole). Cependant, compte tenu du potentiel exploitable des aquifères, il est important de considérer ces aquifères comme ressources potentielles à protéger.

Les analyses réalisées sur l'aquifère supérieur montrent que l'impact reste modéré. Quoiqu'il en soit, l'ensemble du complexe aquifère (supérieur et inférieur) constitue une cible exposée au risque de pollution notamment en cas de production significative de lixiviats liée à une crue extrême de la Rivière des Galets avec envahissement du massif par remontée de nappe, voire, au pire par infiltration latérale.

2.1.3.2 Eaux superficielles

On a vu précédemment que la Rivière des Galets ne constitue pas une cible sous l'influence de la décharge.

2.1.3.3 Milieux naturels

Aucun milieu naturel sensible, au sens premier du terme, n'est en relation directe avec le site. En effet la partie de site concernée par la ZNIEFF de Mafate est constitué d'une partie du massif confiné et de l'assise du pont de l'axe mixte.

2.1.3.4 Milieu Humain

Les usages humains proches et constatés sont tous extérieurs au site et compte tenu de l'absence de migration latérale, on peut donc exclure toute exposition indirecte via le sol sur les usages extérieurs.

Au niveau du site les gaz résiduels devront être traités pour éviter toute exposition par transfert direct (essentiellement d'odeurs, risque sanitaire peu probable).

Cependant, et cet aspect est à retenir en terme de travaux ultérieurs, le site étant confiné par DEDG étanche, il n'est pas envisageable de traiter les émissions par oxydation en couverture. Des dispositifs équivalents, placés en tête de puits ou tout simplement dans l'encaissant géologique, peuvent être proposés.

2.1.4. Cas particulier de la zone de débordement

L'étude de diagnostic a mis en évidence à l'ouest de l'axe mixte une zone de débordement des déchets au-delà de l'emprise confinée qui constitue un cas particulier en ce sens qu'elle ne possède plus de potentiel polluant et n'engendre pas de risque particulier. L'étude reposant sur des reconnaissances ponctuelles, et même si cette occurrence est très peu probable eu égard à l'âge des déchets (<1977), on ne peut totalement exclure la présence ponctuelle de déchets dangereux ayant pu préserver en partie leur potentiel danger.

2.1.5. Schéma conceptuel et synthèse des risques

Le schéma conceptuel des risques en page suivante synthétise graphiquement les éléments de ce chapitre.

La synthèse des risques identifiés peut être résumée comme suit :

Les risques chroniques :

1. Risque de pollution modérée du milieu souterrain du fait d'une production de lixiviats en partie évitable et liée aux dégradations du DEDG notamment à la zone de tassement sans exutoire,
2. Risque de dégradation complémentaire et localisée du DEDG par insuffisance de robustesse des sols de couverture (érosion),
3. Risque d'exposition des personnes du fait des rejets gazeux résiduels du site,
4. Risque très faible de mise à jour de déchets dangereux sur la zone de débordement ancien,

Les risques exceptionnels

5. Risque de pollution aggravée du milieu souterrain du fait d'une forte production de lixiviats en cas de crue exceptionnelle et/ou de remontée de nappe,
6. Risque d'érosion du flanc nord en cas de crue débordante (crue exceptionnelle le cas échéant)
7. Risque incendie (principalement volontaire ou accidentel) pouvant impacter le DEDG.

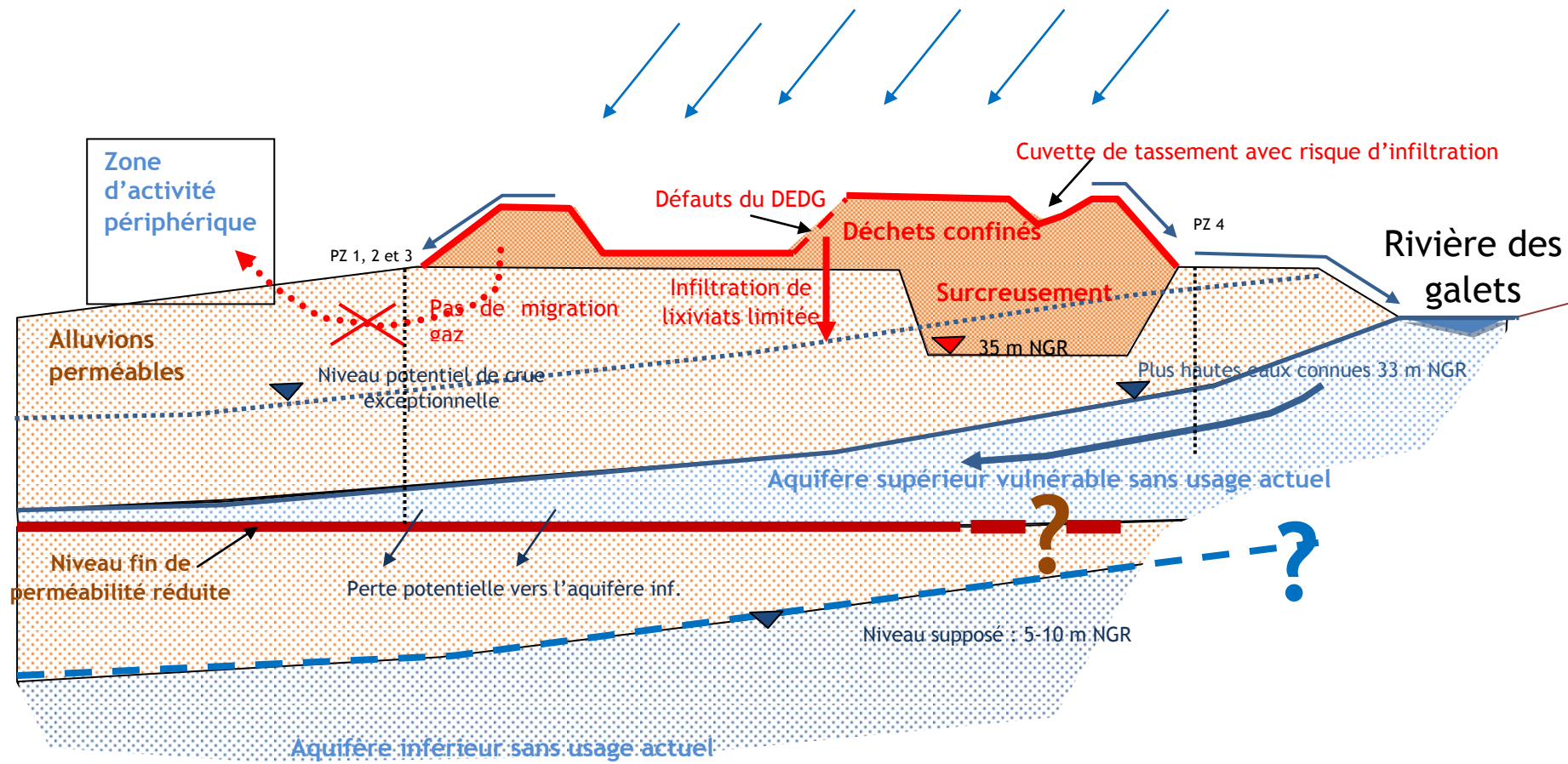


Figure 1 : Schéma conceptuel du site

2.2. Considérations sur l'usage futur du site et les contraintes associées

La présente analyse de risque est menée sur la base des usages actuellement en place. L'analyse devra être complétée en cas d'usage spécifique sur le site sortant du cadre de la mise en sécurité.

Si l'on considère que le site est équivalent à une ICPE toute modification d'usage devra faire l'objet d'une Demande d'Autorisation ou Dossier de servitudes et de restriction d'usages.

On remarquera que, en dehors d'un scénario de purge totale des déchets éliminant toute source de risque, il demeurera sur le site des points de rejet gazeux qui resteront, sauf traitement lourd (voir plus loin), des zones à risques potentiels. **Dans ce sens, nous déconseillons l'usage grand public sur le massif.**

On notera également que la fréquentation du site a induit un piétinement sur les sols de couverture dont la forte sensibilité à l'érosion a été identifiée. De ce piétinement résultent à la fois une disparition localisée de la végétation et une déstructuration des sols qui perdent leur cohésion, dans un contexte climatique très sec. Il a été observé que ces zones de passage sont fréquemment à l'origine d'amorce d'érosion régressive et/ou renforcent la sensibilité érosive des sols.

De façon générale tout usage nouveau sur le massif sera soumis à des contraintes de préservation du DEDG si ce dernier est conservé (hautement probable) et des éventuelles autres installations de traitement comme :

- L'interdiction d'excavation sauf à assortir leur réalisation d'une étude préalable et de mesures correctives apte à supprimer les risques;
- La limitation des plantations aux espèces à faible développement racinaire ;
- La limitation de surcharges poinçonnantes ou concentrées ;
- La limitation des charges roulantes ou l'adaptation de la couverture en fonction des charges recherchées.
- La compatibilité avec les systèmes de collecte-traitement des gaz qui se trouveraient sur le massif accessible.

D'autres usages ne mettant en jeu qu'un personnel averti, restent possibles. Dans ce cadre on peut citer par exemple :

- l'exploitation d'une centrale solaire photovoltaïque (ou ferme solaire). Une telle installation resterait soumise aux contraintes de préservation du DEDG. Ainsi les ancrages par pieux ou vis de maintien au sol ne sont pas pertinents et doivent être remplacés par un lestage compatible avec la couverture.
- l'utilisation des surfaces en vue de compléter les installations de transit ou de traitement de déchets de la collectivité : plate-forme de regroupement ou de tri ou de traitement, par exemple unité de regroupement provisoire de déchets verts et/ou encombrants produits en situations exceptionnelles (événements cycloniques...). On notera que l'enjeu paysager du site et la forte visibilité du

massif notamment depuis le pont ou depuis les points de vue hauts à l'est, n'incitent pas à positionner une telle installation visuellement impactante, sur le site ou du moins à n'envisager que des installations temporaires pour déchets en situations exceptionnelles.

Concernant la zone de débordement (déchets anciens et dont la fraction organique est minéralisée identifiés ponctuellement à l'ouest de l'axe mixte), les usages futurs de ce secteur sans usage particulier hormis le stockage de matériaux (et ponctuellement de déchets de démolition ou déchets verts) devront faire l'objet de mise en place de servitudes permettant d'éviter ce risque. En particulier, on pourra conditionner tout projet à la vérification par reconnaissance de l'absence de risque résiduel.

Certains propriétaires de ce secteur étant privés la mise en place de servitude devrait être conditionnée par une enquête publique.

En complément, il est à signaler la pression foncière locale qui pourrait amener à excaver une partie du massif de déchets en vue de libérer certaines emprises du risque qui les caractérise en vue de les affecter à d'autres usages, notamment économiques. Cet aspect concerne essentiellement les zones du massif de déchets de faible épaisseur et/ou de faible superficie, comme le monticule ouest ou des secteurs situés au sud-est de la zone Est, le long de la route de Cambaie.

Le flanc Est a été recouvert par des remblais terreux par les occupants des parcelles à l'Est du site (visiblement VALORUN sur la partie Nord et CUB sur la partie Sud). Ce flanc Est ne dispose donc plus de fossé EP en pied (recouverts par ces remblais) permettant l'interception des eaux amont et leur acheminement vers le fossé Nord. On note qu'un usage non autorisé d'activité de stockage de matériaux est constaté sur la partie nord de ce flanc Est. Lors d'une visite contradictoire, l'occupant concerné (société VALORUN) s'est engagé à dégager grossièrement ses stocks de matériaux empiétant sur la parcelle, avant le démarrage des travaux de réhabilitation dans le cadre desquels le TCO souhaite faire reconstituer le fossé et le talus.

3. Objectifs de réhabilitation et scénarii à étudier

3.1. Les objectifs de réhabilitation

Compte tenu des risques identifiés précédemment : chroniques et exceptionnels, on peut traduire les besoins en 2 types d'objectifs :

Les objectifs principaux, visant la suppression des risques chroniques, sont :

1. Limiter au maximum la production de lixiviats du site ;
2. Assurer une protection durable du DEDG vis-à-vis des facteurs d'agression constatés (érosion, piétinement) ;
3. Traiter les rejets gazeux résiduels ;
4. Conserver la mémoire des risques généraux liés au site et s'assurer que des projets incompatibles avec les risques potentiels liés aux déchets ne soient mis en place. Cet aspect concerne également les faibles risques liés au débordement ancien
5. Contrôler sur le long terme les impacts du site (notamment suivi de la qualité de l'aquifère supérieur par le réseau de 4 piézomètres installés en phase d'investigations, et éventuellement de l'aquifère inférieur par le biais d'autres piézomètres qui pourraient être réalisés dans la zone à l'avenir).
6. Isolement hydraulique du massif : redonner la capacité de fonctionnement au fossé Est

L'opportunité d'actions visant à accélérer la dégradation des déchets en vue d'épuiser le potentiel polluant de la source et d'amoindrir encore l'impact sur le milieu souterrain, n'a pas été retenue. En effet, toute action en ce sens nécessiterait un apport d'eau complémentaire (pour obtenir des conditions de dégradation efficaces) dont la maîtrise ne pourra être garantie du fait de l'absence d'étanchéité de fond. De telles pratiques ne peuvent ainsi être envisagées sur ce secteur sensible d'un point de vue hydrogéologique. Un corolaire de ce positionnement est la nécessité de conserver le DEG en place et d'améliorer les points faibles de ce dernier.

Les objectifs complémentaires, visant à réduire les risques exceptionnels ou sortant du cadre de la simple mise en sécurité, sont

7. Améliorer les connaissances sur la probabilité du risque de saturation des déchets du surcreusement ;
8. Si réalisable, supprimer le risque d'envolement du surcreusement;
9. Protéger le flanc nord de l'érosion liée à une crue exceptionnelle.
10. Libérer de l'emprise pour l'affecter à des usages économiques.

3.2. Les scénarii de réhabilitation

Suite à la remise du rapport de diagnostic et à la consultation des élus sur les usages futurs, le TCO a notifié à la mairie de Saint-Paul la cessation d'activités en proposant trois scénarios d'usages futurs (courrier 14005399/JLL/CM/DZ du 06/10/2014) :

- « Scénario 1 : Réhabilitation simple [sans usage futur].
- Scénario 2: Réhabilitation permettant l'implantation ultérieure d'une centrale solaire photovoltaïque,
- Scénario 3 : Réhabilitation permettant l'aménagement d'une exploitation économique (zone de stockage) » [le long de la route de Cambaie, au Sud-Est de la zone Est avec libération d'emprise.]

4. Proposition de solutions unitaires

Dans cette partie, les moyens unitaires envisageables en vue d'atteindre les objectifs précédemment listés sont identifiés de façon à en évaluer la faisabilité générale et les variantes possibles. On pourra ainsi distinguer les moyens minimaux nécessaires et les éventuelles variantes permettant d'améliorer la performance technique ou économique ou l'intérêt environnemental.

Les **solutions unitaires relatives aux objectifs principaux** et visant la suppression des risques chroniques sont les suivants :

1. Limiter au maximum la production de lixiviats du site :

Les besoins correspondant à cet objectif sont :

- **Réparation des dégâts ponctuels visibles sur DEDG** (dégâts anciens et reprise des ouvertures des reconnaissances). Le DEDG doit être repris à l'identique, hormis le géotextile de renforcement, jugé inutile. Pas de variante.
- **Reprise complète du DEDG du flanc Ouest de la zone Est.** A minima à l'identique, en tenant compte des problèmes de conception à l'origine des désordres. En variante on pourra proposer une solution amenant une durabilité supérieure à la solution actuelle tout en conservant des performances équivalentes.
- **Suppression de la cuvette de tassement.** Le comblement de la cuvette par une recharge de sols (ou de déchets) et création d'une étanchéité en surface permettra de résoudre la situation. Une solution par création d'un exutoire terrassé dans le massif n'est pas possible compte tenu de la topographie existante et de l'insuffisance de garantie de pérennité (évolution attendue des tassements).

2. **Assurer une protection durable du DEDG vis-à-vis des facteurs d'agression constatés (érosion, piétinement, incendie) :**

- **Sur les flancs de faible pente (<1V/2H)** placés en aval d'un bassin versant significatif, la protection pourra être assurée par un recouvrement général des surfaces par un matériau non sensible.
- **Sur les pentes du monticule ouest**, de forte pente (1V/2H), des solutions adaptées doivent être proposées.
- **Sur le plateau du massif principal**, un réseau de piste d'entretien, (voire de sentiers) permettra la circulation des véhicules d'entretien et limitera le piétinement.
- **Fossés** : Les rajouts précédents induiront une perte de capacité des fossés concernés. Ils devront être recalibrés et désobstrués des herbes, arbustes et branchages divers et des quelques déchets épars.
- **En périphérie** : Pose d'une clôture là où l'accès reste possible
- **Couverture minérale du massif pour protéger le DEDG d'éventuels dégâts causés par des feux de broussailles en surface**

3. **Traiter les rejets gazeux résiduels :**

- **Le système de traitement actuel** (torchère) ne convient pas du fait à la fois d'un débit et de concentrations trop faibles. De plus, il n'a été ni exploité, ni entretenu depuis une douzaine d'années. Il pourra être démonté, y compris alimentation électrique, voire revendu.
 - **Le traitement par oxydation naturelle des gaz résiduels dans l'encaissant géologique périphérique** est la solution la plus simple, elle montre son efficacité pour la production actuelle du fait de l'absence de méthane et COV non méthaniques (COVNM) ou H₂S dans le piézair hors massif.
 - **Le traitement par biofiltre** permet une oxydation du méthane et un abattement des COVNM et H₂S suffisant compte tenu des concentrations constatées.
4. **Conserver la mémoire des risques généraux** liés au site et s'assurer que des projets incompatibles avec les risques potentiels liés aux déchets ne sont pas mis en place. Cet aspect concerne également les faibles risques liés au débordement ancien. Cet objectif sera atteint en définissant les servitudes associées à affecter à chaque zone du site en fonction des risques considérés.
5. **Contrôler sur le long terme les impacts du site.** Un programme de surveillance adapté devra être proposé. Il concernera les milieux eaux et air (gaz), les tassements et devra être en relation avec les événements critiques (crues)
6. **Isolement hydraulique du massif** : le talus et le fossé Est seront dégagés sur toute leur longueur et le fossé sera reconstitué. Le DEDG et la couverture initiale seront reconstitués sur toute la longueur de ce talus Est.

Les solutions unitaires relatives aux objectifs complémentaires et visant à réduire les risques exceptionnels, sont :

7. **Améliorer les connaissances sur la probabilité du risque** de saturation des déchets du surcreusement : cet élément particulier du programme de surveillance concerne essentiellement les PZ4 et PZ2bis encadrant le surcreusement où il conviendra d'avoir une connaissance fine des variations de niveau de la nappe dans le temps et notamment lors d'évènements pluvieux remarquables.
8. **Supprimer le risque d'ennoiement du surcreusement.** En dehors d'une évacuation totale des 150 à 200 000m³ de déchets concernés, voire une remontée significative du fond par remplacement des déchets ennoyables par des matériaux propres, solutions non envisagées du fait de la rareté locale d'exutoires adaptés et des coûts induits excessifs (>25 M€HT), les technologies usuelles sont les suivantes :
 - **Le confinement hydraulique du surcreusement.** Il peut être obtenu par des ouvrages drainants (tranchées drainantes, ligne de puits) placés judicieusement, associés à des pompes et permettant de maintenir le niveau de nappe sous celui du surcreusement. La validité d'une telle technique doit être justifiée par une étude préalable basée sur des reconnaissances complémentaires et une modélisation de l'aquifère local. Le coût d'investissement de cette technique peut être grossièrement évalué entre 300 et 600 000 €HT, pour des coûts d'étude et reconnaissances proches de 200 000 €HT. Des coûts d'exploitation et maintenance sont aussi à prévoir (quelques dizaines de milliers d'euros par an.
 - **Le confinement matériel** peut être obtenu par création d'une paroi étanche autour du surcreusement et ancrée dans le niveau peu perméable. La nature ténue du niveau peu perméable ne permet pas à priori sa mise en œuvre efficace du fait que d'une part l'épaisseur faible de ce niveau ne permet pas un bon ancrage de la paroi et que, d'autre part, nous n'avons aucune garantie sur son imperméabilité. Les coûts d'une telle méthode est estimée entre 4 et 6 M€HT.
 - **Shuntage de l'aquifère supérieur :** En sus on pourrait concevoir une solution particulière consistant à court-circuiter l'alimentation de l'aquifère supérieur via des ouvrages drainants (puits ou tranchées drainantes) placés en amont écoulement, traversant l'horizon peu perméable et permettant le transfert des eaux vers l'aquifère inférieur en entraînant la déprime totale de l'aquifère supérieur. Il pourrait être équipé de pompes pour faire face aux débits de crue trop importants. Les coûts de cette solution qui reste à justifier mais qui présenterait un avantage important en termes de protection de la ressource seraient du même ordre de grandeur que la solution pompage.

La politique française des sites pollués préconise une adaptation de l'importance des moyens à mettre en œuvre avec l'importance du risque considéré. Si le danger environnemental lié à un ennoiement du surcreusement peut être qualifié d'important, il reste néanmoins que sa probabilité d'occurrence reste vraisemblablement très faible, ce qui

semble confirmé par le faible impact sur les niveaux d'eau du cyclone Bėjisa de janvier 2014. Le risque reste ainsi potentiellement très faible et il serait judicieux d'observer dans la durée le comportement aquifère du milieu avant d'engager des moyens importants. Le TCO n'a pas souhaité entreprendre ces études à ce stade et propose dans un premier temps de suivre le comportement de l'aquifère afin de mieux caractériser ce risque.

9. **Protéger le flanc nord** de l'érosion liée à une crue exceptionnelle.
 - Le flanc Nord pourra faire l'objet d'un masque de protection.

10. **Gagner de l'emprise pour l'affecter à des usages économiques.** Cette solution peut concerner le monticule ouest ou certains secteurs de la bordure sud du site avec accès sur la route de Cambaie. Plusieurs options peuvent être étudiées en fonction du niveau de tri réalisé. En effet, les fouilles ont montré qu'un contenu significatif en matière minérale est présent au sein du massif notamment de nombreux blocs, voire des niveaux complets de grave présentant une facilité de tri. Outre le gain d'un foncier à forte valeur, on pourrait également bénéficier d'une production de matériel graveleux ou de blocs nécessaires en grande quantité pour ce projet. Après analyse du potentiel des secteurs concernés, le TCO a décidé de n'étudier cette possibilité que sur la zone sud-du site (objet du scénario 3).

5. Caractérisation des solutions unitaires

Ce chapitre vise à définir les caractéristiques diverses des solutions unitaires propres à chacun des objectifs précédemment définis et traités dans l'ordre.

5.1. Objectif 1 : Limiter au maximum la production de lixiviats

5.1.1. Réparation des dégâts ponctuels sur DEDG

5.1.1.1 Dégâts anciens

Les dégâts anciens, regroupés en six zones, hors monticule ouest (zone 1) et talus Ouest (zone 2) traités plus loin, sont détaillés dans le rapport de diagnostic et rappelés ci-dessous :



Figure 2 : Localisation des dégâts ponctuels visibles du DEDG

Ces dégâts consistent essentiellement en :

- **Des zones d'érosion de la couverture de sols** sans dégâts sur le Dispositif d'Etanchéité et de Drainage par Géosynthétiques (DEDG) et qui seront traités dans le cadre de l'objectif 2 plus loin.
- **Des dégagements du DEDG** affectant un ou plusieurs de ses éléments : Géotextile supérieur (Gtx sup), Géospaceur, Géomembrane (Gmb). Les travaux suivants sont à entreprendre :

- Dégagement des sols de couverture sur au moins 0.5 m au-delà du dégât visible et 2 m au-delà pour la zone du talus est.
- La Gmb devra, le cas échéant, être réparée par un empiècement de même nature (Gmb en polypropylène (PP) soudé par extrusion ou par double soudure selon la taille de l'empiècement.
- Le géospaceur sera remplacé par un géosynthétique de fonction équivalente (géospaceur, géodrain)
- Le Gtx sup. sera remplacé par un Gtx aiguilleté en PP de 300 g/m² minimum ou équivalent.
- Pose de 40 cm de sols issus du dégagement, éventuellement complété par apport complémentaire en cas de déficit.

La surface à réparer est estimée à 200 m² pour l'ensemble du site hors talus Ouest (zone 2 de la figure 2) et Est (zone 5 de la figure 2) (voir 5.1.2), ces deux talus devant faire l'objet d'une reprise complète.

5.1.1.2 Reprise des ouvertures des reconnaissances

Lors des reconnaissances de diagnostic, 28 fouilles à la pelle mécanique (dimension moyenne 3mx5m) et 5 forages (zone de 1mx1m) ont été réalisés et ont nécessité une découpe du DEDG réalisée avec précaution sur 3 côtés. Le DEDG a été remis en place après fouilles et forages mais sans soudures induisant des fuites localisées et repérées. Le DEDG doit être repris à l'identique, hormis le géotextile de renforcements, jugé inutile. Les travaux suivants seront nécessaires :

- Repérage des zones par géomètre et/ou par localisation directe (piquets ou zone encore visibles du fait de la sur élévation). Lors des fouilles et sondages, des piquets ont été mis en place avec leurs références. Il n'est pas exclu que certains piquets manquent au démarrage des travaux.
- Dégagement soigné (petits engins et finition manuelle) des sols au droit des zones de fouilles augmenté d'une distance de 1.5m sur la périphérie.
- Prise de photos référencées après dégagement
- Fourniture et pose :
 - D'un géotextile aiguilleté 300g/m² par tuilage sur l'existant ;
 - D'une géomembrane PP 2mm soudée par double soudure sur la Gmb existante ;
 - D'un géospaceur PEHD à fonction de drainage, raccordé en tuilage à l'existant
 - D'un Gtx aiguilleté 300g/m², raccordé en tuilage à l'existant
- Pose de 40 cm de sols issus du dégagement, éventuellement complété par apport complémentaire en cas de déficit.
- Elimination des déchets et des géosynthétiques extraits (réduction et enfouissement sur site dans la cadre du comblement de la cuvette de tassement.

La surface concernée est de 528 m².

5.1.2. Reprise complète du DEDG des flancs Ouest et Est.

5.1.2.1 Reprise à l'identique

La réutilisation des géosynthétiques, même visuellement intacts, n'est pas envisageable compte tenu des efforts et déformation subis du fait désordres et de l'exposition aux UV sur le talus Ouest. Il est considéré que sur le talus Est qui a subi des remblais qui devront être dégagés mécaniquement seront à reprendre entièrement. La réfection à l'identique sur ces deux talus, en tenant compte d'un positionnement correct du géosynthétique de renforcement, nécessiterait les travaux ci-après. Le dimensionnement proposé a été vérifié en termes de stabilité par calcul selon la norme XP G 38067. Le détail des calculs est donné en Annexe 1.

- Dégagement des sols résiduels jusqu'au niveau du TN bas et mise en stock en merlon à proximité.
- Dégagement, retroussage et protection du DEDG du plateau en tête de talus sur 2.5 m de largeur, creuse de l'ancrage .
- Dégagement des géosynthétiques, réduction et enfouissement sur site dans la cadre du comblement de la cuvette de tassement.
- Fourniture et pose d'un complexe géosynthétique ancré en tranchée en tête et constitué :
 - D'un géotextile anti poinçonnement de 300g/m² .
 - D'une géomembrane PP 2mm
 - D'un géosynthétique composite ou à fonctions séparées assurant les fonctions anti-poinçonnement, drainage, renforcement et accroche terre.
- Fourniture et pose d'un cordon de gravier 20/40 de 30 cm d'épaisseur en pied de talus pour raccordement extérieur du drainage
- Fourniture et pose de la couverture de 30 cm de sol, y compris fourniture de compléments de sol (estimé à 30% perdu par entrainement).
- Fourniture et pose d'une natte anti érosion type coco
- Pose d'un système d'irrigation goutte à goutte et raccordement au réseau d'irrigation présent sur site
- Végétalisation des sols et entretien initial.

Cette solution sur pente modeste est couramment reproduite. Cette solution, même renforcée par une natte améliorant la tenue des sols et végétaux restera sensible à long terme à l'érosion, notamment en crête. La végétation, plus difficilement irrigable du fait de la pente, subira vraisemblablement des stress hydriques compte tenu du micro-climat local et sera difficile à maintenir. Tout dépérissement végétal générera un risque d'érosion accru.

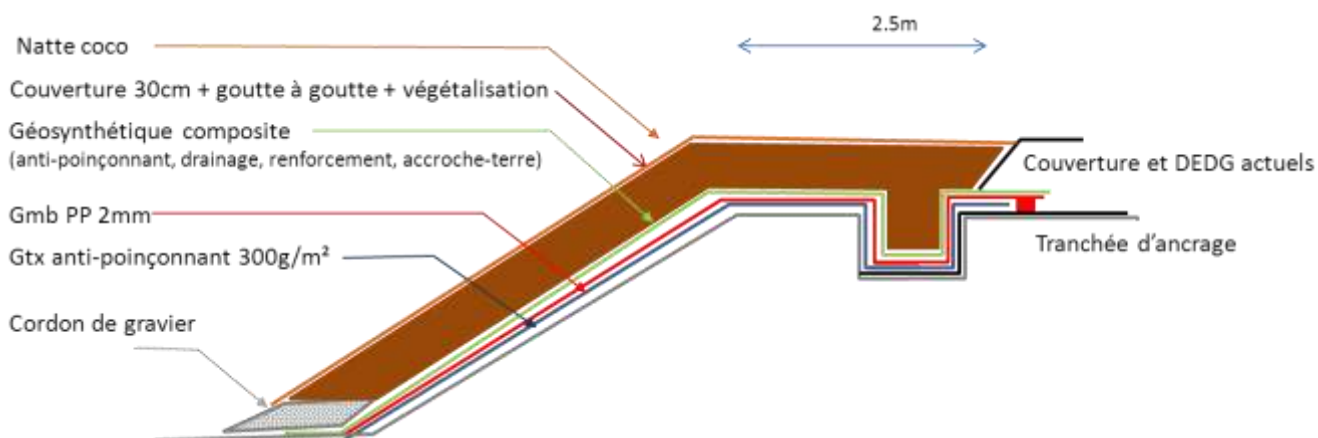


Figure 3 : Coupe schématique du DEDG sur talus Est et Ouest (base)

5.1.2.2 Variante cailloutis

En variante il est proposé une solution par recouvrement grossier, non végétalisable, auto-drainante, amenant une durabilité supérieure à la solution actuelle tout en conservant des performances équivalentes en terme d'étanchéité-stabilité et sans nécessité d'entretien. Le dimensionnement proposé a été vérifié en termes de stabilité par calcul selon la norme XP G 38067. Le détail des calculs est donné en annexe 1.

Cette variante nécessiterait les travaux suivants :

- Dégagement des sols résiduels jusqu'au niveau du TN bas et mise en stock en merlon à proximité.
- Dégagement, retroussage et protection du DEDG du plateau en tête de talus sur 2.5 m de largeur, creuse de l'ancrage
- Dégagement des géosynthétiques, réduction et enfouissement sur site dans la cadre du comblement de la cuvette de tassement.
- Fourniture et pose d'un complexe géosynthétique ancré en tranchée en tête et constitué
 - D'un géotextile anti poinçonnement de 300g/m² .
 - D'une géomembrane PP 2mm
 - D'un GtX anti-poiçonnant de 1000g/m² couplé à un géosynthétique de renforcement.
- Fourniture et pose d'un masque de cailloutis de gravier 60/125 de 25 cm d'épaisseur sur toute la surface de ces deux talus Ouest et Est.
- reprise des sols de couverture ancienne

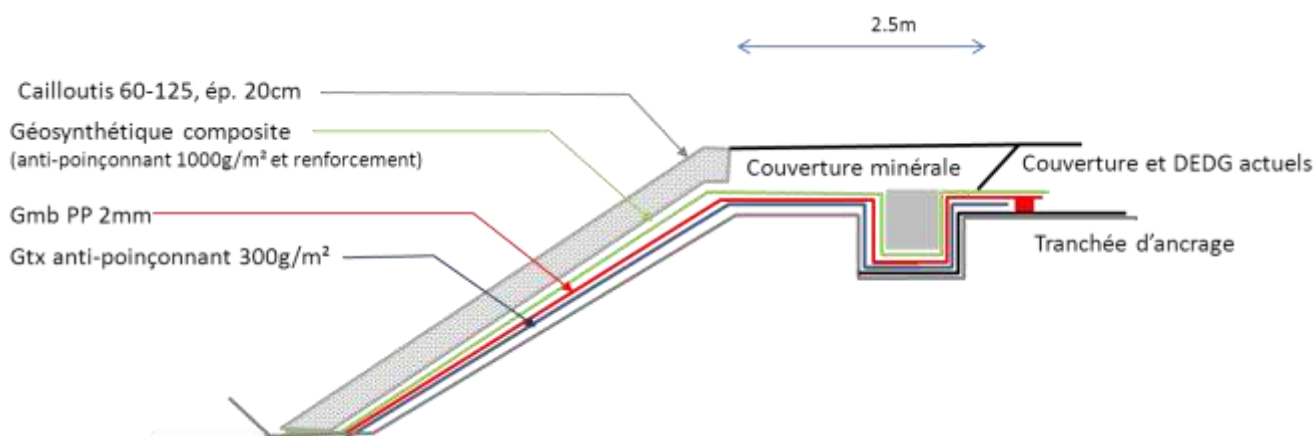


Figure 4 : Coupe schématique du DEDG sur talus Est et Ouest (variante cailloutis)

5.1.3. Suppression de la cuvette de tassement

Le comblement de la cuvette par une recharge de sols (et/ou de déchets issus de déblais sur site) et création d'une étanchéité en surface permettra de résoudre la situation. La solution nécessiterait les travaux suivants :

- Dégagement des sols de couverture et mise en stock à proximité ²
- Dégagement de la Gmb et découpe en bordure de zone (le géodrain gaz existant reste intègre), perforation du DEG existant en fond de dépression
- En cas de choix d'un traitement par biofiltre, création d'un réseau gaz connecté au réseau existant et aux puits gaz recouverts après enlèvement des têtes de puits
- Remblaiement de la dépression avec un remblai. On privilégiera un matériau peu couteux type déchets inertes, voire avec une part des déchets quasi inertes de la zone de débordement (à l'ouest de l'axe mixte), avec l'accord de la DEAL, et des éventuels propriétaires des parcelles concernées, ainsi que des déchets excavés sur site (pour la création des tranchées d'ancrage... Dans le cas d'un scénario gain d'emprise, les déchets excavés pourront être utilisés avec l'accord de la DEAL. Le volume du remblai correspond à la restitution de la topographie d'origine (année 2000 en fin de réhabilitation), augmentée de 0.5 m afin de tenir compte d'un tassement résiduel à venir. Dans ce cadre on tablera sur un coût de fourniture de matériaux nul.
- Couche de support du DEDG en cas de remblai avec des déchets (20cm),
- Fourniture et pose d'un complexe géosynthétique constitué
 - D'un géotextile anti poinçonnement de 300g/m² (ou d'un géodrain gaz en cas de remblaiement avec des déchets non inertes extraits sur site).
 - D'une géomembrane PP 2mm à souder sur l'existant
 - D'un géodrain à fonction anti-poinçonnant ou équivalent
- Repose des sols de couverture

- végétalisation

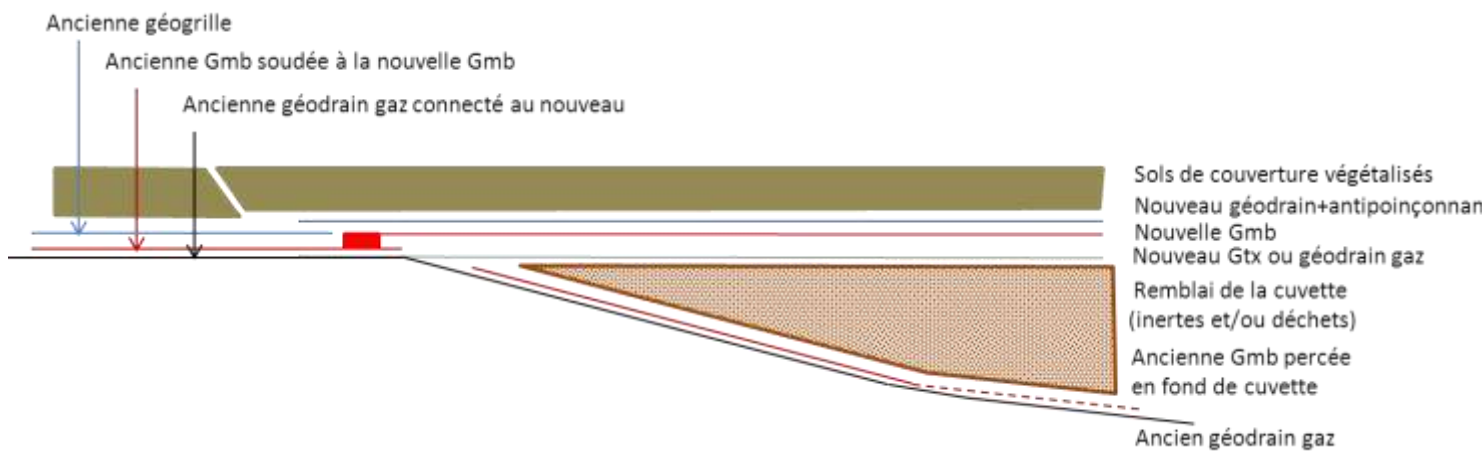


Figure 5 : Coupe schématique du DEDG sur la cuvette de la zone de surcreusement

5.2. Objectif 2 : Assurer une protection durable du DEDG

Il s'agit de protéger les surfaces sensibles vis-à-vis des facteurs d'agression constatés (érosion, piétinement).

Concernant le risque incendie, un masque minéral permettra d'éviter toute atteinte au DEDG.

5.2.1. Sur les flancs de faible pente

Les talus Nord, Est (après reconstitution) et sud de la zone Est sont de faible pente (10-15%) et sont situés en aval d'un bassin versant significatif entraînant des écoulements significatifs générateur d'érosion. La protection pourra être assurée par un recouvrement général des surfaces par un géotextile anti contaminant et de protection contre l'érosion interne et par un masque de cailloutis 60-125.

En préalable, le talus Est sera dégagé des remblais restants (après dégagement grossier par les occupants des parcelles voisines) qui le recouvrent. Ces matériaux ainsi que ceux issus de la création du fossé Est seront utilisés dans le cadre du comblement de la dépression de la zone de surcreusement.

5.2.2. Sur les pentes du monticule ouest,

5.2.2.1 A l'identique

Le monticule ouest, avec la pente actuelle significative (1V/2H), ne peut être recouvert d'une couche de sols suffisante pour assurer une végétalisation pérenne du fait de l'insuffisance de dimensionnement du géosynthétique mis en place en 2007 prévu pour seulement 20 cm de sol ce qui la rend très sensible au piétinement et à l'érosion. La solution de base consistera remplacer le géosynthétique de renforcement par un géosynthétique au dimensionnement adapté. Le

dimensionnement proposé a été vérifié en terme de stabilité par calcul selon la norme XP G 38067. Le détail des calculs est donné en Annexe 1.

Les travaux nécessiteront les étapes suivantes:

- Dégagement des sols résiduels jusqu'au niveau du TN bas et mise en stock en merlon à proximité.
- Dégagement, retroussage et protection du DEDG du plateau en tête de talus sur la largeur de l'ancrage existant (à plat)
- Enlèvement du géosynthétique de renforcements, réduction et enfouissement sur site dans la cadre du comblement de la cuvette de tassement.
- Fourniture et pose d'un géosynthétique de renforcement et de drainage et accroche terre.
- Fourniture et pose d'un cordon de gravier 20/40 de 30 cm d'épaisseur en pied de talus pour raccordement extérieur du drainage
- Fourniture et pose de la couverture de 30 cm de sol, y compris fourniture de compléments de sol (estimé à 30% perdu par entrainement).
- Fourniture et pose d'une natte anti érosion type coco
- Pose d'un système d'irrigation goutte à goutte et raccordement au réseau d'irrigation présent sur site
- Végétalisation des sols et entretien initial.

Coupe schématique : voir figure 3 au 5.1.2.1 (avec pour seule différence l'ancrage à plat de la Gmb).

5.2.2.2 Variante en cailloutis

En variante on propose une solution par recouvrement grossier, non végétalisable, auto-drainante, amenant une durabilité supérieure à la solution actuelle tout en conservant des performances équivalentes en termes d'étanchéité-stabilité et sans nécessité d'entretien. Le dimensionnement proposé a été vérifié en terme de stabilité par calcul selon la norme XP G 38067. Le détail des calculs est donné en Annexe 1. Cette variante nécessiterait les travaux suivants :

- Dégagement des sols résiduels jusqu'au niveau du TN bas et mise en stock en merlon à proximité.
- Dégagement, retroussage et protection du DEDG du plateau en tête de talus sur la largeur de l'ancrage existant
- Fourniture et pose d'un GtX anti-poinçonnant de 1000g/m² couplé à un géosynthétique de renforcement.
- Fourniture et pose d'un masque de cailloutis de gravier 60/125 de 25 cm d'épaisseur
- reprise des sols de couverture ancienne

Coupe schématique : voir figure 4 au 5.1.2.2 (avec pour seule différence l'ancrage à plat de la Gmb)

5.2.3. Sur le plateau du monticule (Ouest) - Prestation Supplémentaire Eventuelle

Afin de limiter la pousse de végétation et les besoins d'entretien, un cailloutis 60-125mm d'environ 10cm d'épaisseur pourra être posé sur le plateau sommital du monticule Ouest. Un géotextile anti-contaminant sera posé à l'interface couverture/cailloutis.

Ces travaux qui ne semblent pas prioritaires et nécessaires à la protection du DEDG mais constituent plutôt un moyen de limiter les dépenses d'entretien sur le monticule, sera considéré en Prestations Supplémentaire Eventuelle qui pourra être mise en œuvre dans le cadre des travaux de réhabilitation de l'ancienne décharge si le budget le permet.

5.2.4. Sur le plateau du massif principal (Est)

Un réseau de pistes d'entretien (voire de sentiers) permettra la circulation des véhicules d'entretien et limitera le piétinement. A ce stade du projet, on réservera un linéaire de 1270m de pistes en GNT 0-60 compactée sur 30cm d'épaisseur et 3 m de largeur correspondant à la périphérie du site en crête et 660ml en sentier de graviers 0-31.5 compactés sur 10cm d'épaisseur et 1m de large.. Ces pistes génèreront inévitablement des concentrations de ruissellement ce qui nécessitera de renforcer les sols par des nattes anti érosion sur le tracé des écoulements. A ce titre on réservera à ce stade une surface de 1000m² pour ces rigoles d'écoulement.

5.2.5. Fossés

Les protections de talus précédentes induiront une perte de capacité des fossés concernés. Ils devront être recalibrés après avoir été désencombrés. Un terrassement d'environ 250 m³ est à prévoir.

5.2.6. En périphérie

Une clôture sera posée là où l'accès reste possible, soit :

- Autour du monticule ouest avec pose d'un portail au niveau de la petite rampe d'accès (AB560 et AB563)
- Sur le muret le long de l'Axe Mixte et utilisation du portail d'accès existant (grilles rigides et poteaux adaptés),
- Le long du fossé nord coté Rivière des Galets (parcelle AB562) : clôture de type agricole et poteaux en bois, solution à coût réduit pour limiter l'attrait et le coût des éventuelles reprises,
- Le long du fossé Est coté extérieur. CUB a transmis au TCO un projet de mur de séparation de sa parcelle avec la décharge (mur béton de 3m de hauteur

à l'Est entre les parcelles HN267 et HN268). La prise en charge de la clôture sur la partie nord (AB559 et AB562) pourra être négociée avec VALORUN.

- Autour du PZ3, avec portillon (PZ1, PZ2bis, PZ4 inclus dans le périmètre de la clôture du massif Est) sur la parcelle AB562.

Soit environ 900 ml (hors clôture intérieure entre plateforme et massif pour le scénario 3).

5.3. Objectif 3 : Traiter les rejets gazeux résiduels :

5.3.1. Solution usuelle : traitement par oxydation naturelle des gaz résiduels dans l'encaissant géologique

Les mesures de gaz réalisées dans le cadre du diagnostic et du suivi trimestriel montrent que la faible production gazeuse du site (au maximum de quelques m³ de biogaz pauvre par heure) s'oxyde quasi totalement dans l'encaissant géologique périphérique. En effet, en conditions de fermeture des puits, l'ensemble de la production migre par voie souterraine et rejoint l'atmosphère après filtration oxydante dans l'encaissant périphérique. Sous ces conditions, le piézair de contrôle en bordure sud du site ne montre aucune trace de méthane, des faibles concentrations de CO₂ (max 4%), voire des traces d'H₂S (1ppm max). Le suivi trimestriel (nouvelles mesures fin janvier 2015) permettra de confirmer ou d'infirmer cet état et, à ce stade, aucun besoin de traitement complémentaire n'apparaît à court terme. A moyen terme, le diagnostic n'exclut pas une redynamisation de la production gazeuse et une possibilité de gestion des gaz doit être proposée.

5.3.2. Traitement d'appoint en cas de surproduction : traitement par biofiltre

Le diagnostic n'exclut pas une redynamisation de la production gazeuse et une possibilité de gestion des gaz doit être proposée. Un traitement par biofiltre permettrait une oxydation partielle du méthane (70 à 100%) et un abattement des COVNM et H₂S suffisant compte tenu des concentrations constatées. Le biofiltre sera construit sur l'étanchéité existante. Il intégrera les couches suivantes de bas en haut :

- Un niveau de diffusion des gaz en granulat grossier où déboucheront les collecteurs individuels,
- Une couche d'oxydation en matériaux filtrant de type pouzzolane,
- Une couche de végétalisation en pouzzolane enrichi de compost, planté de graminées et équipée d'un arrosage goutte à goutte.

Le biofiltre peut être réalisé en éléments individuels en tête de puits (voire par groupe de puits) ou encore regroupé sur une même zone, cette dernière solution permettant un dimensionnement plus réduit au niveau du filtre mais un linéaire de collecteur plus important. Compte tenu du climat, une humidification du biofiltre est nécessaire ; par contre l'absence de période froide permet d'améliorer le rendement du biofiltre. Un prédimensionnement fixe un besoin de surface de traitement de 2020 m² en fixant le débit nominal à traiter de 10 m³CH₄/h. La diffusion latérale du gaz au sein du biofiltre étant très peu efficace et cause de dysfonctions graves, le gaz ne peut être acheminé via un collecteur unique et le flux de chaque puits doit être amené séparément.

Compte tenu des faibles débits unitaires, on procédera cependant à des regroupements des puits à débit modéré et on supprimera les puits à débits non significatifs ou à faible concentration. Un linéaire de 2550 m est réservé à ce stade de l'étude. Les collecteurs pourront rester souterrains. Chaque collecteur sera muni d'une vanne en entrée de biofiltre. De plus les têtes de puits mises en place en 2000 ne sont plus adaptées pour la plupart d'entre elles (sortie gaz mal orientée) ; ces têtes seront raccourcies à ras du sol, munies de piquage de mesure et protégées par un regard béton.

5.3.2.1 Sans usage futur du site

Dans le cadre d'un scénario sans usage spécifique de l'ensemble du dôme, l'emplacement idéal du biofiltre serait en crête axiale du plateau.

5.3.2.2 Variante en cas d'usage économique sur le plateau : projet photovoltaïque (PV)

En cas d'usage de la surface du plateau en vue de l'implantation d'une ferme solaire, on pourra positionner le biofiltre sur la bordure nord, juste en amont du flanc. Ce secteur, en zone rouge du PPRI, n'étant pas utilisé par le projet PV et le biofiltre étant peu affecté par une submersion temporaire. La modification des têtes de puits se justifie plus encore dans ce cas du fait du gain d'espace que cela permettra.

5.3.3. Devenir du traitement actuel

La torchère ne convenant plus du fait à la fois d'un débit de biogaz et de concentrations trop faibles pourra être démontée, y compris alimentation électrique, voire revendue. Le collecteur existant devenu inutile et gênant pour le nouveau réseau enterré, il sera enlevé et revalorisé. Les têtes de puits seront reprises et abaissées dans le cadre du nouveau réseau, les protections béton existantes pourront être conservées.

5.4. Objectif 4 : Conserver la mémoire des risques généraux

Il est important de conserver la mémoire des risques généraux liés au site et s'assurer que des projets incompatibles avec les risques potentiels liés aux déchets ne sont pas mis en œuvre sur ce site. Cet aspect concerne également les faibles risques liés au débordement ancien. Cet objectif sera atteint en définissant (en phase Projet) les servitudes associées à affecter à chaque zone du site en fonction des risques considérés.

5.5. Objectif 5 Contrôler sur le long terme les impacts du site.

Un programme de surveillance adapté devra être proposé. Il concernera les milieux eaux et air (gaz), les tassements et devra être en relation avec les événements critiques (crues) Ce programme sera détaillé plus loin au niveau de chaque scénario.

5.6. Objectif 6 : Isolement hydraulique du site

Le talus et le fossé Est seront dégagés sur toute leur longueur et le fossé sera reconstitué.

La couverture sera reconstituée sur toute la longueur du talus Est étant donné les dommages constatés et ceux supposés par le dépôt puis le dégagement des remblais.

5.7. Objectif complémentaire 7 : Améliorer les connaissances sur la probabilité du risque d'enneigement du surcreusement,

Cet objectif vise à préciser les risques exceptionnels de saturation des déchets du surcreusement : cet élément particulier du programme de surveillance concerne essentiellement les PZ4 et PZ2bis encadrant le surcreusement où il conviendra d'avoir une connaissance fine des variations de niveau de la nappe, ainsi que le PZ1 qui permettra d'évaluer plus finement le sens d'écoulement et les gradients au besoin. Les variations de niveau de la nappe pouvant être rapides et peu compatibles avec un suivi ponctuel (trimestriel), on propose la mise en place d'un suivi en continu par la pose d'un capteur de niveau avec boîtier d'acquisition. Un rapport régulier de suivi avec établissement des piézométries de pointe devra être établi.

5.8. Objectif complémentaire 8 : Protéger le flanc nord

Le flanc nord est soumis à un risque d'érosion liée à une crue exceptionnelle du fait de la présence de sols fins et sensibles. Sur ce secteur situé juste à l'amont de l'obstacle aux écoulements constitué du remblais du pont de l'axe mixte à une cote nettement supérieure à la zone concernée, l'aléa d'inondation est surtout caractérisé par une submersion, les vitesses de courant seront probablement limitées. On rappelle que la crue qui atteindrait ce niveau aurait une période de retour supérieure à 100 ans et qu'il n'est pas prévu de traiter ce risque d'enneigement. Dans ce cadre, le masque de cailloutis de granulométrie 60-125, proposé ci-avant en protection de l'érosion pluviale assurera la fonction souhaitée.

5.10. Objectif complémentaire 10 : Usage en installation photovoltaïque.

Un projet d'installation photovoltaïque pourrait faire l'objet d'un appel d'offre ou appel à projets de prestataire pour la gestion de l'installation sur le dôme de la décharge ou d'un montage d'offres en réponse au prochain appel à projets CRE 3 pour les DOM (qui devrait probablement inclure une obligation de stockage d'énergie). Le prestataire produira ainsi, dans le but d'obtenir les autorisations nécessaires, l'ensemble des études requises : étude de projet, étude de risques, études d'impact, etc... L'objectif de cette partie est d'évaluer les incidences d'un tel usage sur le présent projet de mise en sécurité du site.

On considèrera également que le projet de ferme solaire ne se développera pas sur les éventuelles emprises dégagée en vue d'une activité de stockage (objectif 9 précédent), ni sur la zone rouge du PPRi au nord, ni sur les pentes, ni sur le dôme à l'Ouest de l'axe mixte, ni sur l'emprise du biofiltre (voir plan en Annexe 4).

A l'heure de l'étude, on ne dispose pas encore de données précises sur le projet. On utilisera donc des données génériques qui en général ne varient que peu d'un projet à l'autre.

5.10.1. Nature des incidences potentielles

La mise en place d'une ferme solaire implique la mise en place des unités fonctionnelles suivantes :

- Modules photovoltaïques et leur structure support
- Onduleurs / transformateurs et Equipements de protection
- Locaux techniques et équipements connexes, tableaux de protection
- Câblages entre les équipements

Ces unités étant en contact direct avec la couverture, on vérifiera ci-après leur impact sur :

- la couverture et ses composants : végétation, sols DEDG,
- les tassements des déchets
- l'écoulement des eaux
- la gestion du biogaz

Au besoin des préconisations nécessaires pour éviter un impact éventuel seront mises en évidence.

5.10.2. Impacts sur la couverture

On supposera que les surfaces libres hors embase de panneaux sont végétalisées en vue de conserver les conditions existantes de maintien des sols. On supposera également que les embases reposeront sur une couche de réglage rajoutée, propre à corriger la pente naturelle et à supporter/répartir les charges éventuelles. La couche de 40 cm de sols présente actuellement en vue du maintien de la végétation et de la protection du DEDG ne devra pas être réduite. Les éventuels locaux nécessaires seront supposés soit situés à l'extérieur de l'emprise des déchets soit constitués de structures légère type bungalow.

Végétalisation

Les retours d'expérience des fermes solaires montrent que la perte d'ensoleillement sur la végétation n'induit pas une perte de photosynthèse mettant en péril son maintien. Dans le cas de Cambaie, l'ombre des panneaux limitera la montée du sol en température et réduira la perte d'eau par évapotranspiration en limitant le stress hydrique de la végétation ce qui est plutôt favorable.

Les travaux de réalisation de l'installation nécessiteront la réfection de la végétalisation sur les zones impactées.

Maintien des sols

Les sols présents étant sensibles à l'érosion, ils pourront être entraînés par les éventuelles concentrations d'écoulements chutant des panneaux. Le cas échéant ces zones devront être revêtues d'un matériaux non sensible, type gravillons pour absorber l'énergie de l'eau à ce niveau.

Pérennité du DEG

La Gmb est actuellement protégée par un Gtx, un géodrain et un Gtx de renforcement. Elle est correctement protégée pour des charges statiques élevées et réparties mais l'expérience montre que par temps chaud, quand les sols sont très secs et perdent toute cohésion, les manœuvres d'engins peuvent occasionner des déplacements de sols et faire peser le risque d'endommager le DEG. Des procédures de travail devront être définies lors des éventuels travaux.

Les panneaux solaires sont usuellement maintenus au sol contre les effets du vent par des fondations profondes de type pieux ou vis ou encore par un lestage. Du fait de la présence d'un DEG, les fondations profondes sont à exclure. Les panneaux seront donc lestés. Le type de lestage pressenti pour ce site est de type caisson avec remplissage en matériaux selon la figure ci-dessous.



Figure 8 : type de lestage des panneaux solaires

5.10.3. Impact sur les tassements

Les surcharges liées aux panneaux lestés sont en général sans grande influence sur les tassements des déchets. Seul le tassement primaire est impacté.

A titre d'exemple et en considérant un module de déformation plutôt faible (10 MPa) pour 30 cm de remblais rajouté et 40 cm de sols présents, un module de déformation également faible pour les déchets de 1 MPa et en prenant comme hypothèse de caissons de lestage de dimension 3x0.8x0.5m supposés remplis à 100% de matériaux de densité 2 t/m²), le tassement sous semelle est inférieur à 1 cm.

5.10.4. Impacts sur l'écoulement des eaux

L'écoulement des eaux sur le dôme ne sera pas perturbé par les tassements minimes induits par les surcharges des panneaux. Il ne devrait pas l'être non plus si les lests de panneaux sont disposés de façon parallèle aux lignes d'écoulement. Dans le cas contraire, les zones de concentrations d'écoulement devront être renforcées. Il en sera de même pour tout obstacle à l'écoulement des eaux comme les pistes. Une étude détaillée des écoulements superficiels devra être fournie par le prestataire gestionnaire du site.

5.10.5. Impact et risques liés au biogaz

La proximité de source de production de biogaz contenant un gaz inflammable et explosif comme le méthane et de dispositifs et câblages produisant de l'électricité est source de risque d'explosion.

Les études ATEX menées dans le cadre de la mise en place de fermes photovoltaïques sur les zones réaménagées, montrent que les installations à risques sont les suivantes :

- Zones de stockage de déchets (zone en exploitation) contigües à la zone occupée par l'installation photovoltaïque, ce qui n'est pas le cas sur Cambaie,
- Zones de travaux (atelier de forage, des tranchées drainantes, fouilles dans la couverture et dans les déchets). Ces opérations n'auront pas lieu dans le cadre de ce projet ou devront être étudiées spécifiquement
- Installations de gestion du biogaz (puits biogaz, puits mixte, canalisations, surpresseur, brûleur, armoire d'analyses...) Ces points seront discutés ci-après.
- Installations de gestion des lixiviats (puits, bassins couverts et non couverts, cuves), installations inexistantes dans notre cas.

Les zones d'émissions surfaciques de méthane comme zones de déchets nus, les couvertures de zones réaménagées captées ou non ne sont pas considérées à risque. Elles le sont d'autant moins lorsqu'il existe une Gmb.

Concernant les collecteurs et puits gaz, ils sont généralement considérés comme zone de type dangereuse de type 2³ sur un site en exploitation du gaz. Cette zone se limite à un rayon de 0.5 à 1 m autour des ouvrages. Les matériels mis en place dans ce rayon devront se conformer à la réglementation ATEX.

Dans le cas de Cambaie, les collecteurs étant enfouis, ce classement pourrait être revu. En tout état de cause, les pistes de circulation dédiées à la maintenance des installations devront assurer un recouvrement des collecteurs d'au moins 30 cm en matériaux graveleux en sus de la couverture existante.

³ Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou n'est que de courte durée, s'il advient qu'elle se présente néanmoins.

7. Constitution et caractérisation des scénarii

7.1. Scénario 1 : réhabilitation simple

7.1.1. Description du scénario

7.1.1.1 Nature des solutions, délais et contraintes de mise en œuvre

Les différents travaux liés aux solutions unitaires et détaillées dans le chapitre 5 sont résumées ci-dessous :

1. Réparation à l'identique des dégâts anciens et récents.
2. Réparation du talus ouest par mise en place d'un revêtement en cailloutis.
3. Suppression de la cuvette de tassement par comblement avec des déchets issus du site et réfection du DEDG.
4. Renforcement des sols des talus Nord, Sud et Est par pose d'une couche de 0.2m de granulats 60-125.
5. Réparation des flancs du monticule ouest par mise en place d'un revêtement en cailloutis.
6. Création de pistes, sentier d'entretien et rigoles d'écoulement sur le dôme.
7. Recalibrage des fossés suite à la perte de surface d'écoulement du fait du renforcement des talus.
8. Pose d'une clôture sur le périmètre non pourvu et de deux portails.
9. Elimination de la torchère et des collecteurs biogaz.
10. Mise en place d'un biofiltre sur le dôme, modification des têtes de puits et pose des collecteur biogaz.
11. Mise en place de 3 capteurs de niveau statique dans les piézomètres PZ1, PZ4 et PZ2bis
12. En PSE (PRestation Supplémentaire Eventuelle) : couverture du plateau du monticule Ouest par un géotextile et une couche d'environ 10cm de cailloutis 60-125mm.

Les délais de réalisation des travaux sont évalués à 6-7mois

Le plan général de ce scénario est donné dans la figure suivante :

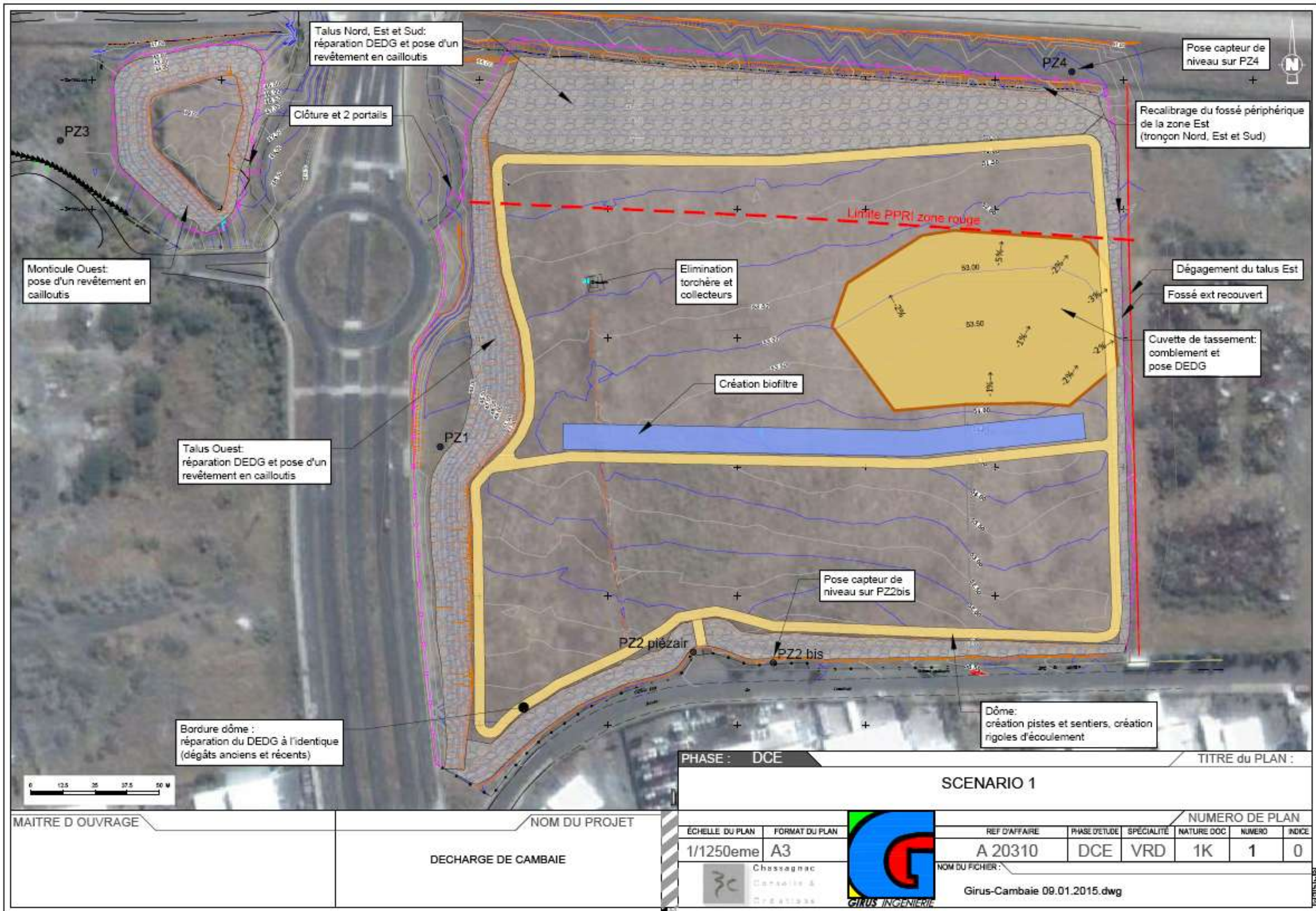


Figure 11 : Plan du scenario 1: rehabilitation simple

7.1.1.2 Devenir des installations existantes

La torchère en place sera démontée et revendu ou valorisée. De même pour les collecteurs existant.

Les têtes de puits seront réaménagées (réduction et adaptation pour biofiltre)

7.1.1.3 Surfaces traitées et volumes mis en jeu

Les métrés globaux sont donnés dans le tableau suivant :

surface traitées par Géosynthétique	matériaux extérieurs m3	transfert interne m3		Granulats produits
m ²	granulats	déchets	sol	m3
17 402	5 126	4 188	7 739	-

Figure 12 : récapitulatif des métrés dans les scénarios 1 et 2

7.1.2. Performance environnementales

7.1.2.1 Bilan hydrique

Au terme de ces travaux, la couverture étanche recouvrera un niveau d'étanchéité au niveau des meilleures technologies disponibles. Le bilan hydrique au travers de la couverture sera quasiment nul.

7.1.2.2 Traitement des gaz

En fonctionnement standard, les biogaz seront oxydés dans l'encaissant géologique avec un rendement proche de 100% en ce qui concerne le méthane.

En cas de reprise de dégradation, le biofiltre permettra de gérer la production gazeuse et d'éviter des migrations latérales de biogaz.

7.1.2.3 Durabilité des solutions

Concernant les protections des talus, les solutions par recouvrement de granulats suppriment les risques d'érosion et de dépérissement végétal et assurent une durabilité plus importante que les solutions par sols végétalisés

7.1.2.4 Nuisances de chantier

Les nuisances liées au trafic seront relativement limitées eu égard aux quantités limitées de matériaux en provenance de l'extérieur. Les flux internes restent également limités.

Les mises à jour de déchets resteront également limitées au découverture du talus ouest. Les dégagements d'odeurs potentiels devraient rester limités dans le temps et en intensité compte tenu que la zone est faiblement bioactive. Les opérations se déroulant à l'avancement, les zones ouvertes seront peu étendues et le resteront peu de temps.

Il est rappelé qu'il n'y a pas d'habitations à proximité immédiate du site et que la station d'épuration de Cambaie voisine génère déjà des odeurs.

7.1.2.5 Déchets produits

La production de déchets sera essentiellement liée aux démantèlements des DEDG dégradés et des collecteurs anciens. La masse produite est évaluée entre 20 et 30 tonnes de matières plastiques. Il est difficile d'envisager une valorisation des géosynthétiques du fait de leur contact avec les déchets ; ils seront réduits et réenfouis sur site (comblement de la cuvette de tassement. Concernant les collecteurs, on peut éventuellement envisager une reprise pour un usage sur l'une des deux ISDND exploitées à la Réunion.

déchets de géosynthétiques/collecteurs produits		
m ²	tonnes	ml
5 008	22,5	1 500,0

Figure 13 : production de déchets de géosynthétiques et de collecteurs dans les scénarios 1 et 2

7.1.2.6 Intégration paysagère

Par rapport à l'état initial, les modifications paysagères seront induites par :

- Le recouvrement des talus périphériques du site par un masque de cailloutis (impact positif, notamment côté Axe Mixte),
- La modification topographique au niveau de la cuvette de tassement dont on corrigera la cote par la mise en place de déblais (impact relativement neutre).

Concernant le revêtement granulaire des talus, on conviendra aisément que d'une part ce type de surface minérale est une solution bien acceptée visuellement dans de nombreux aménagements péri-routiers et d'autre part il devrait bien s'intégrer dans l'environnement minéral tel que celui de la Rivière des Galets. En tout état de cause il représente une nette amélioration de l'image du site par rapport à la situation actuelle des talus dégradés.

Concernant la modification topographique, le faible exhaussement la topographie locale (+1m en moyenne) ne devrait pas être perceptible par un observateur , notamment depuis le pont sur la Rivière des Galets, l'horizon visuel n'étant pas modifié (la crête du dôme reste inchangée).

7.1.3. Contraintes réglementaires

Des servitudes standards seront imposées sur l'ensemble de la zone étanchée permettant la non remise en cause de cette étanchéité et la préservation des ouvrages de surveillance. Les parcelles des piézomètres 3 et 4 (parcelles 560 et 562), hors propriétés du maître d'ouvrage, seront également concernées. Le SIVU de la Rivière des Galets contacté avant la réalisation du PZ3 sur les berges ne devrait pas s'opposer sous réserve que les résultats de levés piézométriques leur soient fournis.

Servitudes complémentaires sur la zone de débordement demandant la vérification de la compatibilité des éventuels projets prévus de l'absence de risque résiduel. Certains propriétaires de ce secteur étant privés, la mise en place de servitude devrait être en principe conditionnée par une enquête publique.

7.1.4. Suivi environnemental

Eaux souterraines :

Le suivi actuel sera prolongé sur le même rythme sur les 4 ouvrages existant sur une année après les travaux. Au terme de ce délai, le programme pourra être revu en fonction des résultats obtenus.

Pour rappel le suivi consiste en un suivi trimestriel des paramètres suivants :

- niveau statique
- pH ;
- Conductivité ;
- Potentiel d'oxydo-réduction ;
- Demande Chimique en Oxygène (DCO) ;
- Demande Biologique en Oxygène (DBO5) ;
- Matières En Suspension (MES) ;
- Hydrocarbures totaux ;
- Ammonium, chlorures, fluorures, nitrates, nitrites, phosphore total, sulfates ;
- Métaux lourds : Arsenic, Cadmium, Chrome, Cuivre, Fer, Manganèse, Mercure, Nickel, Plomb et Zinc ;
- Cyanures ;
- Composés organo-halogénés volatils ;
- Indice Phénol.

En sus des paramètres précédents prescrits par AP° 2012 - 281 /SG/DRCTCV, les paramètres suivants ont été également mesurés dans le cadre du diagnostic et des deux premiers suivis trimestriels :

- Carbone organique total (COT)
- BTEX
- HAP (selon la liste des 16 composés de l'US EPA)
- PCB (7 congénères)
- Dioxines et furanes
- Screening organiques (GC-MS)

Biogaz :

L'arrêté préfectoral N° 2012 - 281 /SG/DRCTCV décrit dans Article 4.2 les exigences en termes de « surveillance du biogaz » :

« L'exploitant réalise une campagne de mesures du biogaz. Il mesure à minima trimestriellement les concentrations en méthane, dioxyde de carbone, oxygène, hydrogène sulfuré et monoxyde de carbone au niveau du système de captage du biogaz. »

La campagne de suivi du biogaz pour le 3ème trimestre 2014 a été réalisée le 09/09/2014 en conformité avec les exigences de ces arrêtés préfectoraux. Elle a également intégré la mesure de débit passif de biogaz sur les 5 piézaires profonds et 9 piézaires de surface dont le piézair profond de vérification des migrations latérales.

Le suivi actuel sera prolongé sur le même rythme sur les mêmes ouvrages sur une année après les travaux. Au terme de ce délai, le programme pourra être revu en fonction des résultats obtenus.

Tassements

Aucun suivi n'est actuellement réalisé. Il serait judicieux de faire réaliser un suivi annuel du tassement de 15-20 points de contrôle placés en surface en fin de travaux et de façon pérenne, en particulier au droit de la cuvette de tassement.

Contrôle général

Une fois par an une visite de contrôle général visera à vérifier :

- Le bon écoulement des eaux dans les fossés et ouvrages hydrauliques et leur non encombrement.
- L'existence d'amorce d'érosion
- Les défauts de végétalisation
- La pérennité de la clôture et des portails
- L'état des ouvrages gaz : tête de puits, vannes, regard de protection, état du biofiltre (arrosage goutte à goutte, végétalisation, fissuration de surface, zone « brûlée »).

Cette visite statuera sur d'éventuels besoins d'intervention.

7.2. Scénario 2 : avec usage en ferme solaire

L'analyse du chapitre 5.10 a montré la compatibilité d'un usage de ferme photovoltaïque (PV) sur le dôme du site. Ce scénario est construit sur la base du scénario 1 avec lequel il ne présente que peu de différence. L'objectif de ce chapitre n'est pas de définir le projet de ferme solaire qui fera l'objet d'un appel à projet par la collectivité, mais de montrer comment il peut s'insérer dans le cadre d'un scénario de mise en sécurité du site.

7.2.1. Description du scénario

7.2.1.1 Nature des solutions, délais et contraintes de mise en œuvre

Les solutions mises en œuvre sont identiques à celles du scénario 1 aux différences suivantes près :

- Position du biofiltre : afin de ne pas grever la surface utile pour la pose de panneau, le biofiltre sera positionné dans la zone rouge du PPRI qui ne peut être mise à profit pour l'implantation de panneaux. Le biofiltre, constitué de couches minérales, est effectivement peu sensible à une submersion temporaire.
- La position des pistes sera vraisemblablement revue en fonction des besoins de maintenance des installations PV

Le projet PV et les futurs travaux de construction de la ferme solaire devront intégrer les contraintes identifiées au § 5.10 et notamment liées à la présence d'un DEG sous les installations notamment eu égard à la fragilité des sols soumis au trafic et aux manœuvres d'engins.

La surface utilisable pour le projet, y compris pistes est de 3.7 ha

Les délais de réalisation des travaux seront identiques à ceux du scénario 1 (hors approvisionnements et travaux liés aux installations photovoltaïques).

Le plan général de ce scénario est donné dans la figure suivante :





Figure 16 : Plan du scenario 2: rehabilitation simple et usage PV

7.2.1.2 Devenir des installations existantes

Identique au scénario 1

7.2.1.3 Surfaces traitées et volumes mis en jeu

Identique au scénario 1

7.2.2. Performance environnementales

7.2.2.1 Bilan hydrique

Identique au scénario 1

7.2.2.2 Traitement des gaz

Identique au scénario 1

7.2.2.3 Durabilité des solutions

Identique au scénario 1

7.2.2.4 Nuisances de chantier

Identique au scénario 1

7.2.2.5 Déchets produits

Identique au scénario 1

7.2.2.6 Intégration paysagère

On a vu au chapitre dédié au scénario 1 que l'impact visuel des modifications de revêtement et topographiques liés à la mise en sécurité pouvaient être qualifiées de neutre et acceptable. L'impact visuel du champ de panneaux solaires devra faire l'objet d'une analyse détaillée dans le cadre de la demande d'autorisation par le futur opérateur qui sera désigné par le maître d'ouvrage.

7.2.3. Contraintes réglementaires

Identique au scénario 1.

En sus on rappelle qu'un dossier d'étude sera à déposer par le futur opérateur.

7.2.4. Suivi environnemental

Identique au scénario 1. La réalisation du suivi environnemental pourra être intégrée dans les prestations de l'exploitant de l'installation PV.

ANNEXES

ANNEXE 1 : STABILITE DES COUCHES MINCES SUR TALUS

ANNEXE 2 : CHIFFRAGE PRELIMINAIRE DES SOLUTIONS DE GAIN D'EMPRISE

ANNEXE 3 : VUE EN PLAN DU SCENARIO 1

ANNEXE 4 : VUE EN PLAN DU SCENARIO 2

ANNEXE 5 : VUE EN PLAN DU SCENARIO 3

ANNEXE 6 : COUPE DE LA PLATEFORME (SCENARIO 3)

ANNEXE 7 : CHIFFRAGE DETAILLE DES SOLUTIONS UNITAIRES

ANNEXE 8 : CHIFFRAGE DETAILLE DES SCENARII 1 ET 2

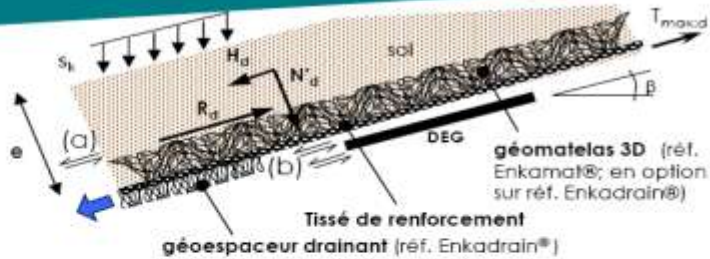
ANNEXE 9 : CHIFFRAGE DETAILLE DU SCENARIO 3

ANNEXE 1 : STABILITE DES COUCHES MINCES SUR TALUS

MONTICULE OUEST : reprise à l'identique

Stabilité d'une couche de sol mince sur pente (selon XP G 38-067)

08/12/2014
Cambaie monticule terre végétale
 Enkammat 7010W/5/200.50PET



Données ou hypothèses

Angle du talus :	$\beta = 26,6^\circ$	(2H/1V)
Hauteur du talus :	$H = 7,00 \text{ m}$	
Longueur développée du talus :	$L_d = 15,65 \text{ m}$	
Épaisseur de la couche de sol :	$e = 0,30 \text{ m}$	
Poids volumique du sol saturé en eau :	$\gamma_0 = 19 \text{ kN/m}^3$	
Charge de neige sur le talus (à spécifier par la M. d' Oeuvre) :	$S_k = 0,00 \text{ kPa}$	
Pression interstitielle nulle dans la couche de recouvrement (§5.4 de la XP G38 067).		
• Facteurs partiels "Actions/ELU" Eurocode 7 (NF EN 1997-1:2004) :		
γ_a sur les actions permanentes (charge de sol d'apport) :	$\gamma_a = 1,35$ (sup)	1,00 (inf)
γ_a sur les actions variables (charge de neige) :	$\gamma_a = 1,50$ (sup)	0,00 (inf)
γ_{RH} sur la résistance au glissement du sol :	$\gamma_{RH} = 1,10$	
γ_{Ri} sur la résistance au glissement d'interface :	$\gamma_{Ri} = 1,35$	
γ_{Mt} sur la résistance au cisaillement interne des géocomposites :	$\gamma_{Mt} = 1,35$	

Stabilité (a) : Couche de recouvrement

Caractéristiques de cisaillement interne sol/sol ou sol/structure 3D (Faute d'information, hypothèses émises sur la base des §4.2 et 7.1 de la XP G 38 067)	$\phi'_k = 25^\circ$	
	$c' = 1,0 \text{ kPa}$	
Composante // au plan de glissement des actions appliquées :	$H_d = 53,9 \text{ kN/m}$	
Composante \perp au plan de glissement des actions appliquées :	$N'_d = 107,7 \text{ kN/m}$	
Résistance au glissement (a) : sol/sol ou sol/structure 3D (géomatelas)	$R_{1,d} = 59,9 \text{ kN/m}$	Stable
Frottement d'interface sol/structure 2D (sol/géotextile ou géogrille)	$\delta_{0,k} = 20^\circ$	($0,8 \tan \phi'_k$)
Résistance au glissement (a) en cas d'interface 2D	$R_{2,d} = 29,8 \text{ kN/m}$	Instable
Résistance au cisaillement interne du composite : sous 6,9 kPa	$\tau_{0,k} = 8,5 \text{ kPa}$	
	$R_{c,d} = 98,8 \text{ kN/m}$	Stable

Stabilité (b) : Dispositif d'Étanchéité par Géosynthétiques

Interface du DEG la plus glissante :	Gmb PP/ gtx Inf.	$\delta_{0,k} = 11,9^\circ$	(hypothèse)
Effort de traction à reprendre par le produit de renforcement		$T_{max,d} = 37,05 \text{ kN/m}$	

Note importante : calcul effectué en statique, la terre doit être posée et non poussée.

Calcul de la résistance en traction caractéristique requise (R_{tik}) :

• Facteurs partiels "matériau de renforcement" :			
Résistance structurelle du matériau :	$\gamma_{Mt} = 1,25$		
Fluage du polymère	$\Gamma_{flu} = 1,46$	(pour 100 ans)	
Endommagement à la mise en œuvre (1,15 - 1,25 - 1,50)	$\Gamma_{end} = 1,25$		
Agressions chimiques (pH)	$\Gamma_{deg} = 1,20$		
>>>> R_{tik} doit être supérieure ou égale à $T_{max,d} \times \gamma_{Mt} \times \Gamma_{flu} \times \Gamma_{end} \times \Gamma_{deg}$	$R_{tik} \geq 101,42 \text{ kN/m}$	en PET	

Vérification de l'ancrage de tête

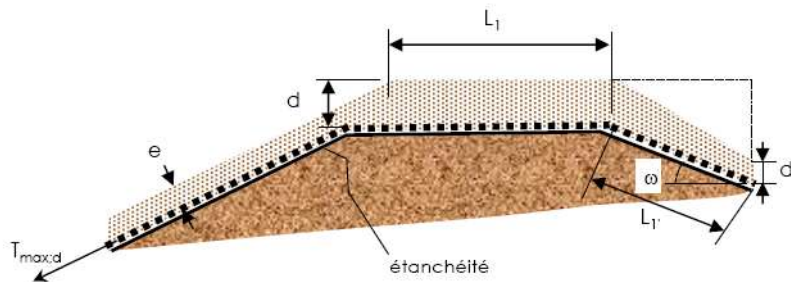
La stabilité et le niveau de portance du sol support sont supposés avoir été contrôlés lors de l'étude géotechnique préalable.

Surcharge éventuelle de lestage :	Epaisseur :	$d = 1,60 \text{ m}$
	Poids volumique du matériau :	$\gamma_1 = 19 \text{ kN/m}^3$

Attention : la surcharge de lestage doit être appliquée avant chargement en terre du rampant

Cas d'un ancrage à plat :

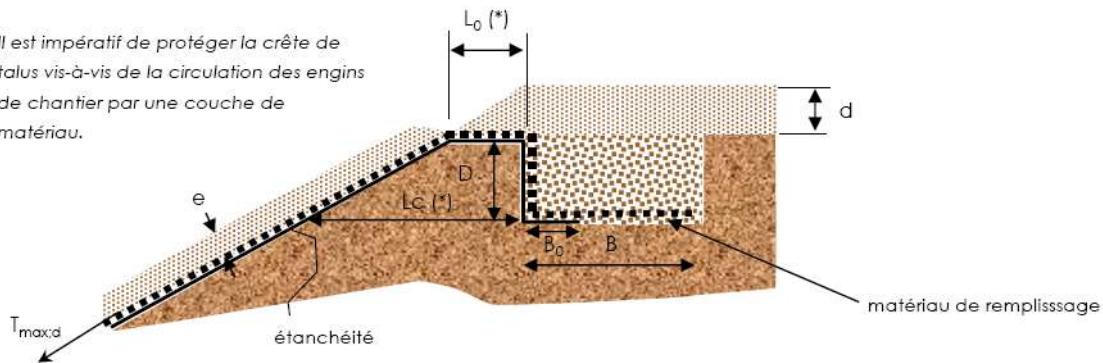
Géométrie	Longueur horizontale plan 1' :	$L_1 = 8,00 \text{ m}$
	Longueur du plan 1' :	$L_1' = 0,00 \text{ m}$
	Inclinaison du plan 1' :	$\omega = 26,6^\circ$
Epaisseur du lestage en pied du plan 1' :		$d' = 0,00 \text{ m}$
Angle de frottement d'interface géocomposite/support :		$\delta_{\sigma,k} = 11,9^\circ$
>>> Effort total repris en ancrage à plat : $T_p = 37,96 \text{ kN/m}$		coeff. de sécurité $F_p = 1,02$



Cas d'un ancrage en tranchée :

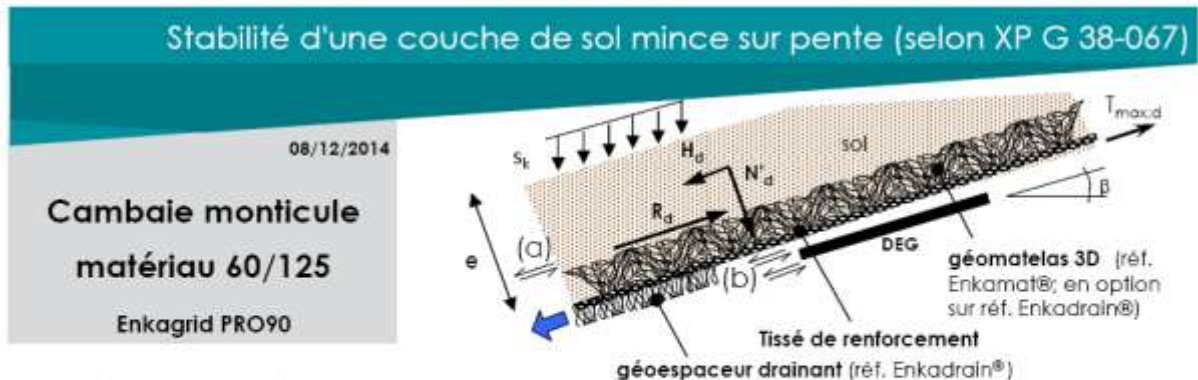
Géométrie :	profondeur $D = 0,00 \text{ m}$	Largeur $B = 0,00 \text{ m}$	Ancr. gmb $B_0 = 0,00 \text{ m}$
Poids volumique du matériau de remplissage de tranchée :			$\gamma_2 = 19 \text{ kN/m}^3$
Angle de frottement interne du matériau de remplissage de tranchée :			$\phi'_{tk} = 35^\circ$
Angle de frottement d'interface remplissage/géocomposite :			$\delta_{\sigma,tk} = 29^\circ$ ($0,8 \text{ tg } \phi'_{tk}$)
Angle de frottement d'interface géocomposite/étanchéité :			$\delta_{\sigma,k} = 11,9^\circ$
Stabilité au cisaillement de la tête de talus $L_0^* \geq 2,5 D$ (règle empirique) :			$L_0^* \geq 1,00 \text{ m}$
>>> Effort repris en tranchée d'ancrage : $T_t = 0,00 \text{ kN/m}$		coeff. de sécurité $F_t = 0,00$	

Il est impératif de protéger la crête de talus vis-à-vis de la circulation des engins de chantier par une couche de matériau.



>>> Effort total repris en combinaison : $T_p + T_t = 37,96 \text{ kN/m}$	coeff. de sécurité $F_{pt} = 1,02$
Conclusion : Stable	

MONTICULE OUEST : variante cailloutis



Données ou hypothèses

Angle du talus :	$\beta = 26,6^\circ$	(2H/1V)
Hauteur du talus :	$H = 7,00$ m	
Longueur développée du talus :	$L_a = 15,65$ m	
Épaisseur de la couche de sol :	$e = 0,20$ m	
Poids volumique du sol saturé en eau :	$\gamma_0 = 19$ kN/m ³	
Charge de neige sur le talus (à spécifier par la M. d'Oeuvre) :	$s_k = 0,00$ kPa	
Pression interstitielle nulle dans la couche de recouvrement (§5.4 de la XP G38 067).		
• Facteurs partiels "Actions/ELU" Eurocode 7 (NF EN 1997-1:2004) :		
γ_G sur les actions permanentes (charge de sol d'apport) :	$\gamma_G = 1,35$ (sup)	1,00 (inf)
γ_Q sur les actions variables (charge de neige) :	$\gamma_Q = 1,50$ (sup)	0,00 (inf)
$\gamma_{R,h}$ sur la résistance au glissement du sol :	$\gamma_{R,h} = 1,10$	
$\gamma_{R,t}$ sur la résistance au glissement d'interface :	$\gamma_{R,t} = 1,35$	
γ_{Mt} sur la résistance au cisaillement interne des géocomposites :	$\gamma_{Mt} = 1,35$	

Stabilité (a) : Couche de recouvrement

Caractéristiques de cisaillement interne sol/sol ou sol/structure 3D (Faute d'information, hypothèses émises sur la base des §4.2 et 7.1 de la XP G 38 067)	$\varphi'_k = 41^\circ$	à contrôler
	$c' = 1,0$ kPa	
Composante // au plan de glissement des actions appliquées :	$H_a = 35,9$ kN/m	
Composante \perp au plan de glissement des actions appliquées :	$N'_a = 71,8$ kN/m	
Résistance au glissement (a) : sol/sol ou sol/structure 3D (géomatelas)	$R_{1,a} = 71,0$ kN/m	Non requis
Frottement d'interface sol/structure 2D (sol/géotextile ou géogrille)	$\delta_{a,k} = 35^\circ$	(0.8 tg φ'_k)
Résistance au glissement (a) en cas d'interface 2D	$R_{2,a} = 37,0$ kN/m	Stable
Résistance au cisaillement interne du composite : sous 4,6 kPa	$\tau_{c,k} = 6,9$ kPa	
	$R_{c,a} = 80,1$ kN/m	Stable

Stabilité (b) : Dispositif d'Étanchéité par Géosynthétiques

Interface du DEG la plus glissante :	Gmb PP/ gtx inf.	$\delta_{b,k} = 11,9^\circ$	(hypothèse)
Effort de traction à reprendre par le produit de renforcement		$T_{max,d} = 24,70$ kN/m	

Note importante : calcul effectué en statique, la terre doit être posée et non poussée.

Calcul de la résistance en traction caractéristique requise (R_{tk}) :

• Facteurs partiels "matériau de renforcement" :

Résistance structurelle du matériau :	$\gamma_{Mt} = 1,25$	
Fluage du polymère :	$\Gamma_{flu} = 1,53$	(pour 100 ans)
Endommagement à la mise en œuvre (1,15 - 1,25 - 1,50)	$\Gamma_{end} = 1,25$	
Agressions chimiques (pH)	$\Gamma_{deg} = 1,20$	
>>>> R_{tk} doit être supérieure ou égale à $T_{max,d} \times \gamma_{Mt} \times \Gamma_{flu} \times \Gamma_{end} \times \Gamma_{deg}$	$R_{tk} \geq 70,86$ kN/m	en PET

Vérification de l'ancrage de tête

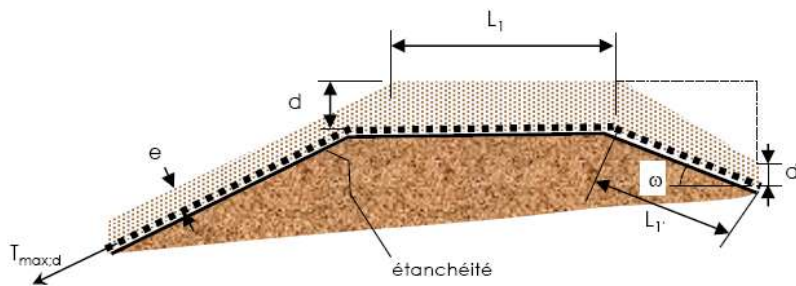
La stabilité et le niveau de portance du sol support sont supposés avoir été contrôlés lors de l'étude géotechnique préalable.

Surcharge éventuelle de lestage :	Epaisseur :	$d = 1,20 \text{ m}$
	Poids volumique du matériau :	$\gamma_1 = 19 \text{ kN/m}^3$

Attention : la surcharge de lestage doit être appliquée avant chargement en terre du rampant

Cas d'un ancrage à plat :

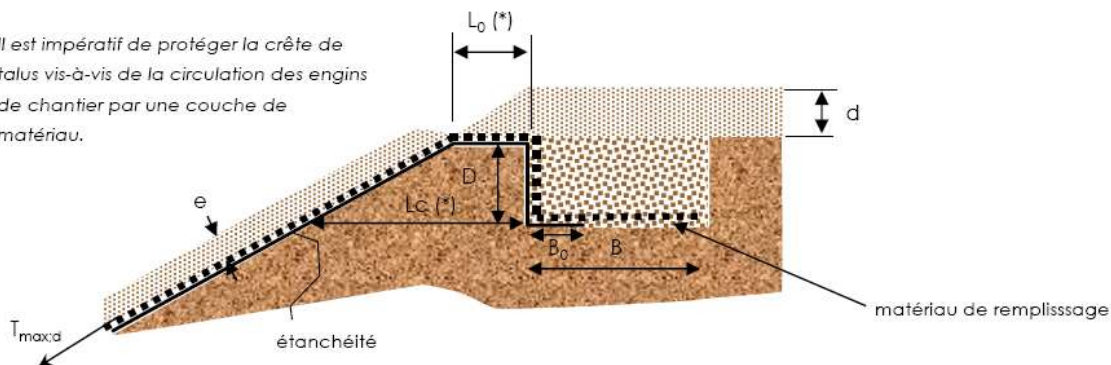
Géométrie	Longueur horizontale plan 1:	$L_1 = 7,00 \text{ m}$
	Longueur du plan 1':	$L_{1'} = 0,00 \text{ m}$
	Inclinaison du plan 1':	$\omega = 26,6^\circ$
Epaisseur du lestage en pied du plan 1':		$d' = 0,00 \text{ m}$
Angle de frottement d'interface géocomposite/support :		$\delta_{\sigma,k} = 11,9^\circ$
>>>> Effort total repris en ancrage à plat :		$T_p = 24,91 \text{ kN/m}$
		coeff. de sécurité $F_p = 1,01$



Cas d'un ancrage en tranchée :

Géométrie :	profondeur $D = 0,00 \text{ m}$	Largeur $B = 0,00 \text{ m}$	Ancr. gmb $B_0 = 0,00 \text{ m}$
Poids volumique du matériau de remplissage de tranchée :			$\gamma_2 = 19 \text{ kN/m}^3$
Angle de frottement interne du matériau de remplissage de tranchée :			$\phi'_{tk} = 35^\circ$
Angle de frottement d'interface remplissage/géocomposite :			$\delta_{\sigma,tk} = 29^\circ$ ($0,8 \text{ tg } \phi'_{tk}$)
Angle de frottement d'interface géocomposite/étanchéité :			$\delta_{\sigma,k} = 11,9^\circ$
Stabilité au cisaillement de la tête de talus $L_c^* \geq 2,5 D$ (règle empirique):			$L_0^* \geq 1,00 \text{ m}$
>>>> Effort repris en tranchée d'ancrage :		$T_t = 0,00 \text{ kN/m}$	coeff. de sécurité $F_t = 0,00$

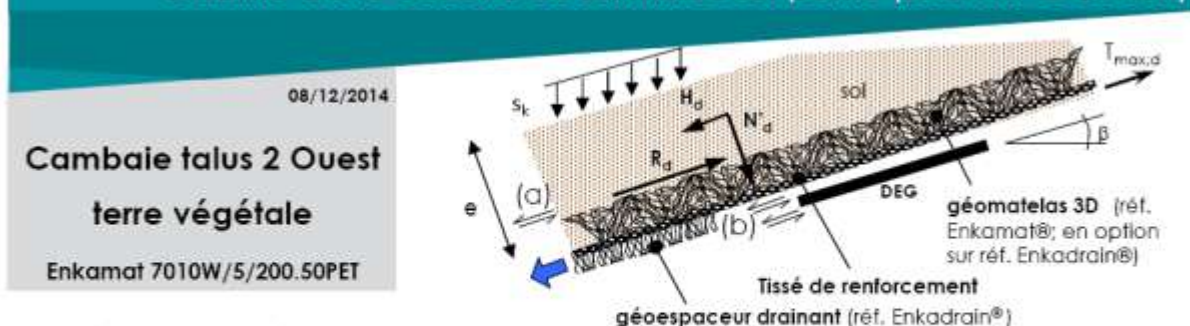
Il est impératif de protéger la crête de talus vis-à-vis de la circulation des engins de chantier par une couche de matériau.



>>>> Effort total repris en combinaison :	$T_p + T_t = 24,91 \text{ kN/m}$	coeff. de sécurité $F_{pt} = 1,01$
		Conclusion : Stable

Talus OUEST : reprise à l'identique

Stabilité d'une couche de sol mince sur pente (selon XP G 38-067)



Données ou hypothèses

Angle du talus :	$\beta = 26,6^\circ$	(2H/1V)
Hauteur du talus :	$H = 8,00$ m	
Longueur développée du talus :	$L_d = 17,89$ m	
Épaisseur de la couche de sol :	$e = 0,30$ m	
Poids volumique du sol saturé en eau :	$\gamma_0 = 19$ kN/m ³	
Charge de neige sur le talus (à spécifier par la M. d'Oeuvre) :	$S_k = 0,00$ kPa	
Pression interstitielle nulle dans la couche de recouvrement (§5.4 de la XP G38 067).		
• Facteurs partiels "Actions/ELU" Eurocode 7 (NF EN 1997-1:2004) :		
γ_G sur les actions permanentes (charge de sol d'apport) :	$\gamma_G = 1,35$ (sup)	1,00 (inf)
γ_Q sur les actions variables (charge de neige) :	$\gamma_Q = 1,50$ (sup)	0,00 (inf)
$\gamma_{R,th}$ sur la résistance au glissement du sol :	$\gamma_{R,th} = 1,10$	
$\gamma_{R,I}$ sur la résistance au glissement d'interface :	$\gamma_{R,I} = 1,35$	
γ_{M1} sur la résistance au cisaillement interne des géocomposites :	$\gamma_{M1} = 1,35$	

Stabilité (a) : Couche de recouvrement

Caractéristiques de cisaillement interne sol/sol ou sol/structure 3D (Faute d'information, hypothèses émises sur la base des §4.2 et 7.1 de la XP G 38 067)	$\phi'_k = 25^\circ$	
	$c' = 1,0$ kPa	
Composante // au plan de glissement des actions appliquées :	$H_d = 61,6$ kN/m	
Composante \perp au plan de glissement des actions appliquées :	$N'_d = 123,1$ kN/m	
Résistance au glissement (a) : sol/sol ou sol/structure 3D (géomatelas)	$R_{1d} = 68,5$ kN/m	Stable
Frottement d'interface sol/structure 2D (sol/géotextile ou géogrid)	$\delta_{ax} = 20^\circ$	(0,8 tg ϕ'_k)
Résistance au glissement (a) en cas d'interface 2D	$R_{2d} = 34,0$ kN/m	Instable
Résistance au cisaillement interne du composite : sous 6,9 kPa	$\tau_{ax} = 8,5$ kPa	
	$R_{c,d} = 112,9$ kN/m	Stable

Stabilité (b) : Dispositif d'Étanchéité par Géosynthétiques

Interface du DEG la plus glissante :	Gmb PP/ gtx Inf.	$\delta_{bx} = 11,9^\circ$	(hypothèse)
Effort de traction à reprendre par le produit de renforcement		$T_{max,d} = 42,34$ kN/m	

Note importante : calcul effectué en statique, la terre doit être posée et non poussée.

Calcul de la résistance en traction caractéristique requise (R_{tk}) :

• Facteurs partiels "matériau de renforcement" :

Résistance structurelle du matériau :	$\gamma_{M1} = 1,25$	
Fluage du polymère	$\Gamma_{flu} = 1,46$	(pour 100 ans)
Endommagement à la mise en œuvre (1,15 - 1,25 - 1,50)	$\Gamma_{end} = 1,25$	
Agressions chimiques (pH)	$\Gamma_{deg} = 1,20$	
>>>> R_{tk} doit être supérieure ou égale à $T_{max,d} \times \gamma_{M1} \times \Gamma_{flu} \times \Gamma_{end} \times \Gamma_{deg}$	$R_{tk} \geq 115,91$ kN/m	en PET

Vérification de l'ancrage de tête

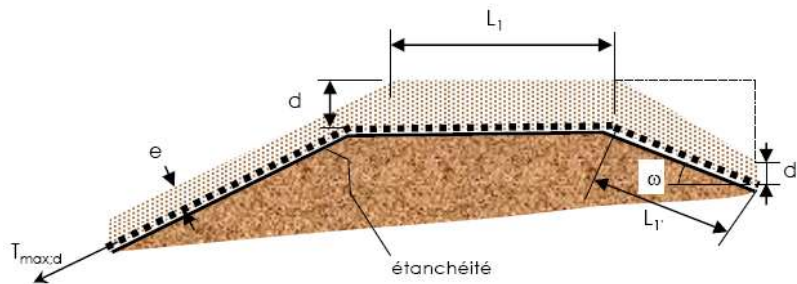
La stabilité et le niveau de portance du sol sont supposés avoir été contrôlés lors de l'étude géotechnique préalable.

Surcharge éventuelle de lestage :	Epaisseur :	$d = 1,20 \text{ m}$
	Poids volumique du matériau :	$\gamma_1 = 19 \text{ kN/m}^3$

Attention : la surcharge de lestage doit être appliquée avant chargement en terre du rampant

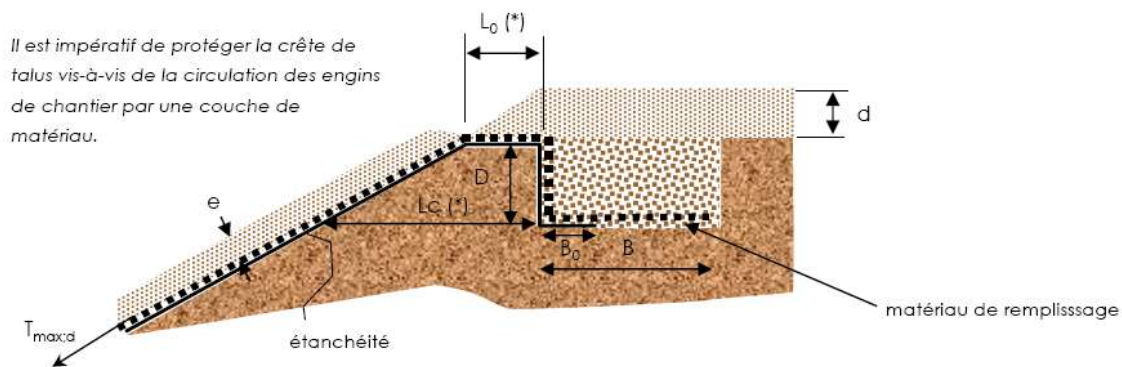
Cas d'un ancrage à plat :

Géométrie	Longueur horizontale plan 1:	$L_1 = 0,00 \text{ m}$
	Longueur du plan 1':	$L_{1'} = 0,00 \text{ m}$
	Inclinaison du plan 1':	$\omega = 26,6^\circ$
Epaisseur du lestage en pied du plan 1':		$d' = 0,00 \text{ m}$
Angle de frottement d'interface géocomposite/support :		$\delta_{o,k} = 11,9^\circ$
>>>> Effort total repris en ancrage à plat :		$T_p = 0,00 \text{ kN/m}$
		coeff. de sécurité $F_p = 0,00$



Cas d'un ancrage en tranchée :

Géométrie :	profondeur $D = 1,00 \text{ m}$	Largeur $B = 1,50 \text{ m}$	Ancr. gmb $B_0 = 1,50 \text{ m}$
Poids volumique du matériau de remplissage de tranchée :			$\gamma_2 = 19 \text{ kN/m}^3$
Angle de frottement interne du matériau de remplissage de tranchée :			$\varphi'_{tk} = 35^\circ$
Angle de frottement d'interface remplissage/géocomposite :			$\delta_{o,t,k} = 29^\circ$ ($0,8 \text{ tg } \varphi'_{tk}$)
Angle de frottement d'interface géocomposite/étanchéité :			$\delta_{o,k} = 11,9^\circ$
Stabilité au cisaillement de la tête de talus $L_c^* \geq 2,5 D$ (règle empirique):			$L_0^* \geq 1,00 \text{ m}$
>>>> Effort repris en tranchée d'ancrage :		$T_t = 43,67 \text{ kN/m}$	coeff. de sécurité $F_t = 1,03$

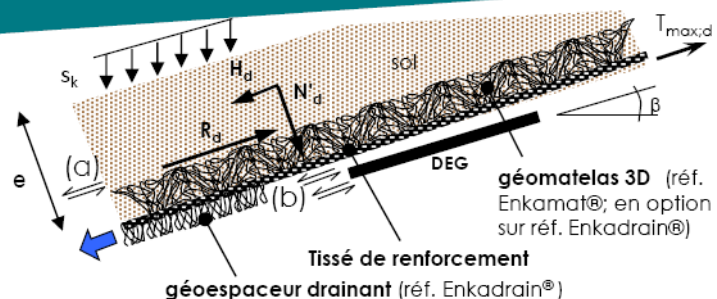


>>>> Effort total repris en combinaison :		$T_p + T_t = 43,67 \text{ kN/m}$	coeff. de sécurité $F_{pt} = 1,03$
Conclusion : Stable			

Talus OUEST : variante cailloutis

Stabilité d'une couche de sol mince sur pente (selon XP G 38-067)

08/12/2014
Cambaie talus 2 Ouest
matériau 60/120
 Enkagrid PRO90



Données ou hypothèses

Angle du talus :	$\beta = 26,6^\circ$	(2H/1V)
Hauteur du talus :	H = 8,00 m	
Longueur développée du talus :	$L_\alpha = 17,89$ m	
Epaisseur de la couche de sol :	e = 0,20 m	
Poids volumique du sol saturé en eau :	$\gamma_0 = 19$ kN/m ³	
Charge de neige sur le talus (à spécifier par la M. d' Oeuvre) :	$s_k = 0,00$ kPa	
Pression interstitielle nulle dans la couche de recouvrement (§5.4 de la XP G38 067).		
• Facteurs partiels "Actions/ELU" Eurocode 7 (NF EN 1997-1:2004) :		
γ_G sur les actions permanentes (charge de sol d'apport) :	$\gamma_G = 1,35$ (sup)	1,00 (inf)
γ_Q sur les actions variables (charge de neige) :	$\gamma_Q = 1,50$ (sup)	0,00 (inf)
$\gamma_{R,h}$ sur la résistance au glissement du sol :	$\gamma_{R,h} = 1,10$	
$\gamma_{R,f}$ sur la résistance au glissement d'interface :	$\gamma_{R,f} = 1,35$	
$\gamma_{M,f}$ sur la résistance au cisaillement interne des géocomposites :	$\gamma_{M,f} = 1,35$	

Stabilité (a) : Couche de recouvrement

Caractéristiques de cisaillement interne sol/sol ou sol/structure 3D (Faute d'information, hypothèses émises sur la base des §4.2 et 7.1 de la XP G 38 067)	$\varphi'_k = 41^\circ$ $c' = 1,0$ kPa	
Composante // au plan de glissement des actions appliquées :	$H_d = 41,0$ kN/m	
Composante \perp au plan de glissement des actions appliquées :	$N'_d = 82,1$ kN/m	
Résistance au glissement (a) : sol/sol ou sol/structure 3D (géomatelas)	$R_{1,\alpha} = 81,1$ kN/m	Non requis
Frottement d'interface sol/structure 2D (sol/géotextile ou géogrid)	$\delta_{\alpha,k} = 35^\circ$	(0,8 tg φ'_k)
Résistance au glissement (a) en cas d'interface 2D	$R_{2,\alpha} = 42,3$ kN/m	Stable
Résistance au cisaillement interne du composite :	$\tau_{c,k} = 6,9$ kPa	
	$R_{c,d} = 91,6$ kN/m	Stable

Stabilité (b) : Dispositif d'Etanchéité par Géosynthétiques

Interface du DEG la plus glissante :	Gmb PP/ gtx inf.	$\delta_{b,k} = 11,9^\circ$	(hypothèse)
Effort de traction à reprendre par le produit de renforcement		$T_{max,d} = 28,23$ kN/m	

Note importante : calcul effectué en statique, la terre doit être posée et non poussée.

Calcul de la résistance en traction caractéristique requise ($R_{t,k}$) :

• Facteurs partiels "matériau de renforcement" :

Résistance structurelle du matériau :	$\gamma_{M,t} = 1,25$	
Fluage du polymère	$\Gamma_{flu} = 1,53$	(pour 100 ans)
Endommagement à la mise en œuvre (1,15 - 1,25 - 1,50)	$\Gamma_{end} = 1,25$	
Agressions chimiques (pH)	$\Gamma_{deg} = 1,20$	
>>>> $R_{t,k}$ doit être supérieure ou égale à $T_{max,d} \times \gamma_{M,t} \times \Gamma_{flu} \times \Gamma_{end} \times \Gamma_{deg}$	$R_{t,k} \geq 80,98$ kN/m	en PET

Vérification de l'ancrage de tête

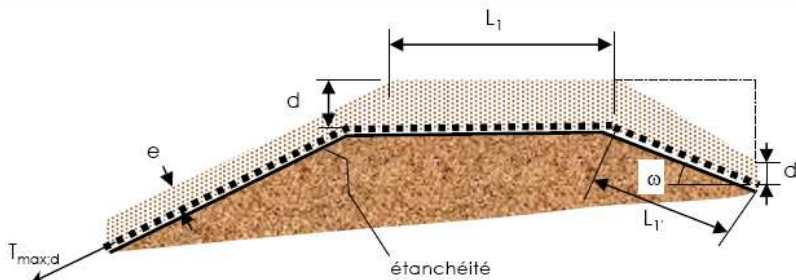
La stabilité et le niveau de portance du sol support sont supposés avoir été contrôlés lors de l'étude géotechnique préalable.

Surcharge éventuelle de lestage :	Epaisseur :	$d = 1,20 \text{ m}$
	Poids volumique du matériau :	$\gamma_1 = 19 \text{ kN/m}^3$

Attention : la surcharge de lestage doit être appliquée avant chargement en terre du rampant

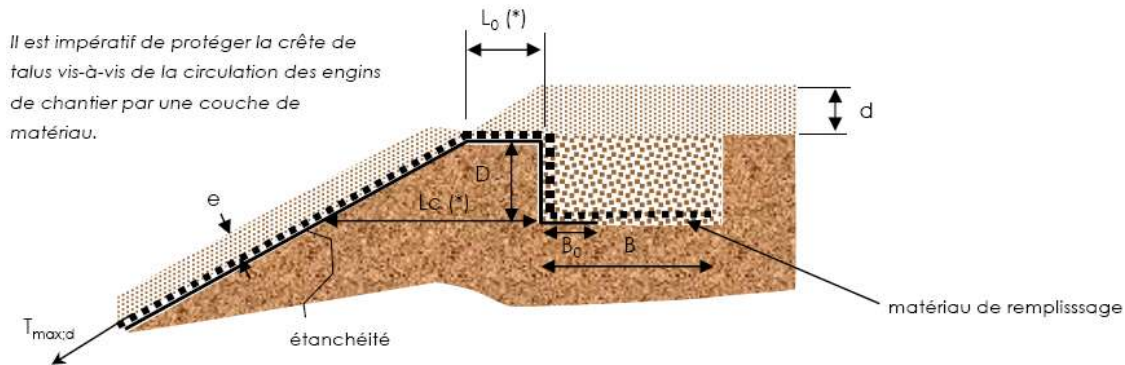
Cas d'un ancrage à plat :

Géométrie	Longueur horizontale plan 1:	$L_1 = 0,00 \text{ m}$
	Longueur du plan 1':	$L_{1'} = 0,00 \text{ m}$
	Inclinaison du plan 1':	$\omega = 26,6^\circ$
Epaisseur du lestage en pied du plan 1':		$d' = 0,00 \text{ m}$
Angle de frottement d'interface géocomposite/support :		$\delta_{\text{ok}} = 11,9^\circ$
>>> Effort total repris en ancrage à plat : $T_p = 0,00 \text{ kN/m}$		coeff. de sécurité $F_p = 0,00$



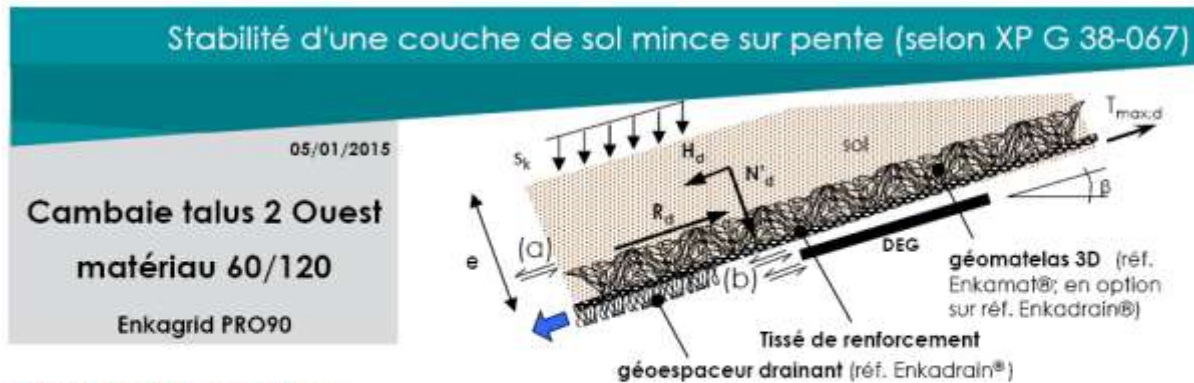
Cas d'un ancrage en tranchée :

Géométrie :	profondeur $D = 0,90 \text{ m}$	Largeur $B = 1,00 \text{ m}$	Ancr. gmb $B_0 = 1,00 \text{ m}$
Poids volumique du matériau de remplissage de tranchée :			$\gamma_2 = 19 \text{ kN/m}^3$
Angle de frottement interne du matériau de remplissage de tranchée :			$\varphi'_{tk} = 35^\circ$
Angle de frottement d'interface remplissage/géocomposite :			$\delta_{\text{at,k}} = 29^\circ$ ($0,8 \text{ tg } \varphi'_{tk}$)
Angle de frottement d'interface géocomposite/étanchéité :			$\delta_{\text{ok}} = 11,9^\circ$
Stabilité au cisaillement de la tête de talus $L_c^* \geq 2,5 D$ (règle empirique):			$L_c^* \geq 1,00 \text{ m}$
>>> Effort repris en tranchée d'ancrage : $T_t = 29,65 \text{ kN/m}$		coeff. de sécurité $F_t = 1,05$	



>>> Effort total repris en combinaison : $T_p + T_t = 29,65 \text{ kN/m}$		coeff. de sécurité $F_{pt} = 1,05$
Conclusion : Stable		

TALUS PLATEFORME : cailloutis



Données ou hypothèses

Angle du talus :	$\beta = 33,7^\circ$	(3H/2V)
Hauteur du talus :	$H = 6,00 \text{ m}$	
Longueur développée du talus :	$L_a = 10,82 \text{ m}$	
Épaisseur de la couche de sol :	$e = 0,20 \text{ m}$	
Poids volumique du sol saturé en eau :	$\gamma_0 = 19 \text{ kN/m}^3$	
Charge de neige sur le talus (à spécifier par la M. d' Oeuvre) :	$s_k = 0,00 \text{ kPa}$	
Pression interstitielle nulle dans la couche de recouvrement (§5.4 de la XP G38 067).		
• Facteurs partiels "Actions/ELU" Eurocode 7 (NF EN 1997-1:2004) :		
γ_G sur les actions permanentes (charge de sol d'apport) :	$\gamma_G = 1,35$ (sup)	1,00 (inf)
γ_Q sur les actions variables (charge de neige) :	$\gamma_Q = 1,50$ (sup)	0,00 (inf)
γ_{Rn} sur la résistance au glissement du sol :	$\gamma_{Rn} = 1,10$	
γ_{Rf} sur la résistance au glissement d'interface :	$\gamma_{Rf} = 1,35$	
γ_{Mt} sur la résistance au cisaillement interne des géocomposites :	$\gamma_{Mt} = 1,35$	

Stabilité (a) : Couche de recouvrement

Caractéristiques de cisaillement interne sol/sol ou sol/structure 3D (Faute d'information, hypothèses émises sur la base des §4.2 et 7.1 de la XP G 38 067)	$\phi'_k = 49^\circ$	à contrôler
	$c' = 1,0 \text{ kPa}$	
Composante // au plan de glissement des actions appliquées :	$H_d = 30,8 \text{ kN/m}$	
Composante \perp au plan de glissement des actions appliquées :	$N'_d = 46,2 \text{ kN/m}$	
Résistance au glissement (a) : sol/sol ou sol/structure 3D (géomatelas)	$R_{1,d} = 58,1 \text{ kN/m}$	Non requis
Frottement d'interface sol/structure 2D (sol/géotextile ou géogrid)	$\delta_{ax} = 43^\circ$	($0,8 \tan \phi'_k$)
Résistance au glissement (a) en cas d'interface 2D	$R_{2,d} = 31,5 \text{ kN/m}$	Stable
Résistance au cisaillement interne du composite : sous 4,3 kPa	$\tau_{cx} = 6,7 \text{ kPa}$	
	$R_{c,d} = 53,6 \text{ kN/m}$	Stable

Stabilité (b) : Dispositif d'Étanchéité par Géosynthétiques

Interface du DEG la plus glissante : Gmb PP/ gtx inf.	$\delta_{ox} = 11,9^\circ$	(hypothèse)
Effort de traction à reprendre par le produit de renforcement	$T_{max,d} = 23,57 \text{ kN/m}$	

Note importante : calcul effectué en statique, la terre doit être posée et non poussée.

Calcul de la résistance en traction caractéristique requise (R_{tk}) :

• Facteurs partiels "matériau de renforcement" :

Résistance structurelle du matériau :	$\gamma_{Mt} = 1,25$	
Fluage du polymère	$\Gamma_{flu} = 1,53$	(pour 100 ans)
Endommagement à la mise en œuvre (1,15 - 1,25 - 1,50)	$\Gamma_{end} = 1,25$	
Agressions chimiques (pH)	$\Gamma_{deg} = 1,20$	
>>>> R_{tk} doit être supérieure ou égale à $T_{max,d} \times \gamma_{Mt} \times \Gamma_{flu} \times \Gamma_{end} \times \Gamma_{deg}$	$R_{tk} \geq 67,62 \text{ kN/m}$	en PET

Vérification de l'ancrage de tête

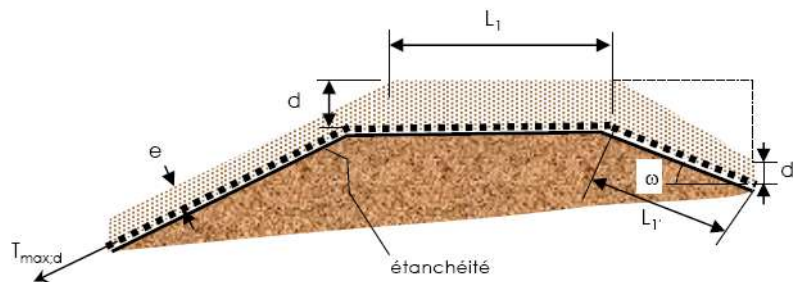
La stabilité et le niveau de portance du sol support sont supposés avoir été contrôlés lors de l'étude géotechnique préalable.

Surcharge éventuelle de lestage :	Epaisseur :	$d = 1,20 \text{ m}$
	Poids volumique du matériau :	$\gamma_1 = 19 \text{ kN/m}^3$

Attention : la surcharge de lestage doit être appliquée avant chargement en terre du rampart

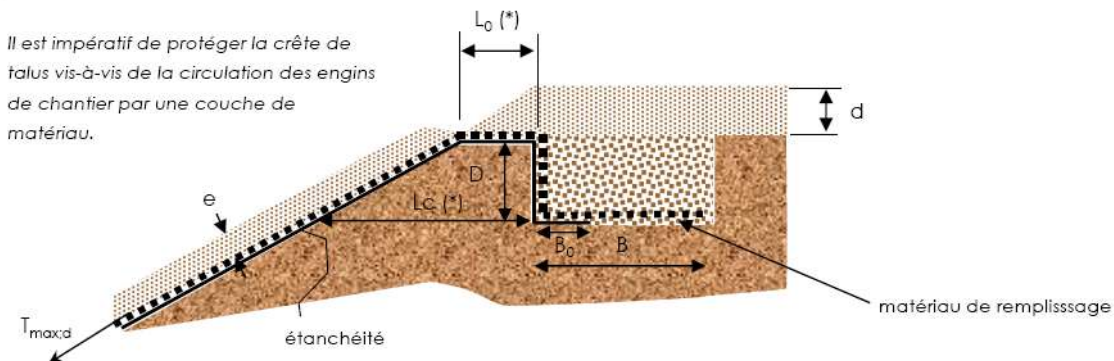
Cas d'un ancrage à plat :

Géométrie	Longueur horizontale plan 1:	$L_1 = 0,00 \text{ m}$
	Longueur du plan 1':	$L_{1'} = 0,00 \text{ m}$
	Inclinaison du plan 1':	$\omega = 26,6^\circ$
Epaisseur du lestage en pied du plan 1':		$d' = 0,00 \text{ m}$
Angle de frottement d'interface géocomposite/support :		$\delta_{\sigma,k} = 11,9^\circ$
>>>> Effort total repris en ancrage à plat :		$T_p = 0,00 \text{ kN/m}$
		coeff. de sécurité $F_p = 0,00$



Cas d'un ancrage en tranchée :

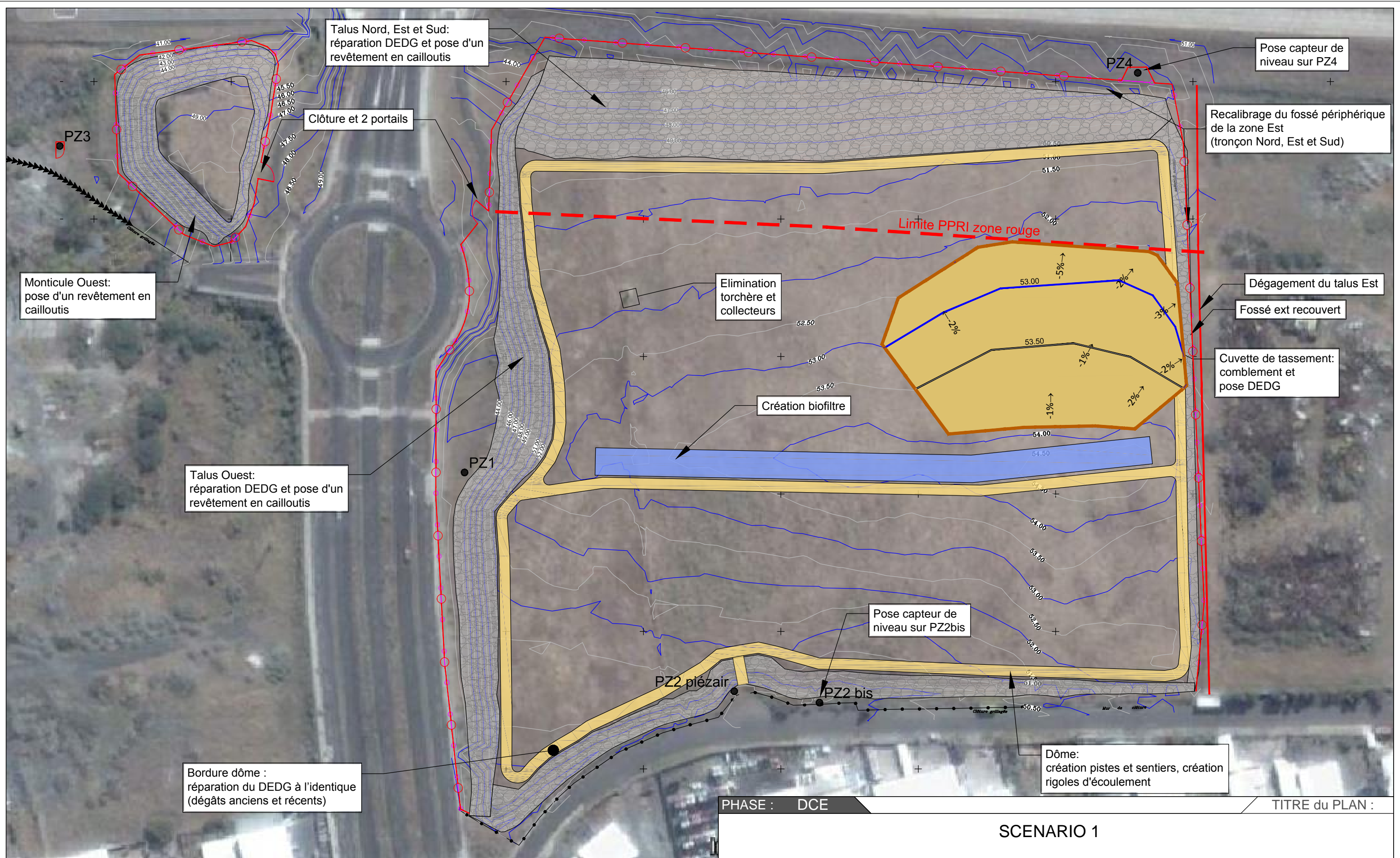
Géométrie :	profondeur $D = 0,80 \text{ m}$	Largeur $B = 0,90 \text{ m}$	Ancr. gmb $B_0 = 0,90 \text{ m}$
Poids volumique du matériau de remplissage de tranchée :			$\gamma_2 = 19 \text{ kN/m}^3$
Angle de frottement interne du matériau de remplissage de tranchée :			$\phi_{tk}^i = 35^\circ$
Angle de frottement d'interface remplissage/géocomposite :			$\delta_{\sigma,tk} = 29^\circ$ ($0,8 \text{ tg } \phi_{tk}^i$)
Angle de frottement d'interface géocomposite/étanchéité :			$\delta_{\sigma,k} = 11,9^\circ$
Stabilité au cisaillement de la tête de talus $L_c^* \geq 2,5 D$ (règle empirique):			$L_0^* \geq 1,00 \text{ m}$
>>>> Effort repris en tranchée d'ancrage :		$T_i = 25,45 \text{ kN/m}$	coeff. de sécurité $F_i = 1,08$



>>>> Effort total repris en combinaison :	$T_p + T_i = 25,45 \text{ kN/m}$	coeff. de sécurité $F_{pt} = 1,08$
Conclusion : Stable		

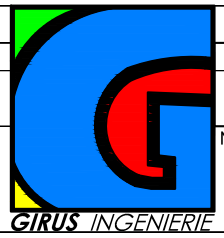
Attention : toute incohérence avec la réalité du chantier doit nous être signalée pour ajustement des calculs.

ANNEXE 3 : VUE EN PLAN DU SCENARIO 1



PHASE : DCE / TITRE du PLAN :

SCENARIO 1

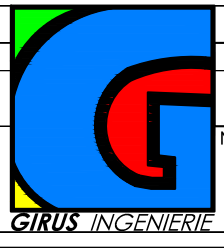
MAITRE D OUVRAGE	NOM DU PROJET DECHARGE DE CAMBAIE	ÉCHELLE DU PLAN 1/1250eme	FORMAT DU PLAN A3		NUMERO DE PLAN				
					REF D'AFFAIRE A 20310	PHASE D'ETUDE DCE	SPECIALITE VRD	NATURE DOC 1K	NUMERO 1
				NOM DU FICHER : Girus-Cambaie 12.01.2015.dwg					

ANNEXE 4 : VUE EN PLAN DU SCENARIO 2



PHASE : DCE / TITRE du PLAN :

SCENARIO 3

MAITRE D OUVRAGE	NOM DU PROJET DECHARGE DE CAMBAIE	ÉCHELLE DU PLAN 1/1250eme	FORMAT DU PLAN A3		NUMERO DE PLAN				
					REF D'AFFAIRE A 20310	PHASE D'ETUDE DCE	SPECIALITE VRD	NATURE DOC 1K	NUMERO 2
				NOM DU FICHER : Girus-Cambaie 12.01.2015.dwg					