



# Projet d'installation d'un parc photovoltaïque sur l'ancienne ISDnd à Montauty (81)

Etude géotechnique préliminaire (G1 – PGC)



**antea®group**

Implantation de Montpellier  
Parc d'Activité de l'Aéroport  
180, impasse John Locke  
34470 PEROLS

# Fiche signalétique

## Installation d'une centrale photovoltaïque sur le site de Montauty (81)

### CLIENT

Raison sociale	GENERALE DU SOLAIRE
Coordonnées	230 rue St Exupéry 34130 MAUGUIO
Contact	Monsieur Guillaume CASTELLAZZI TEL : 06 25 46 59 58

### SITE D'INTERVENTION

Raison sociale	ISDnd de Montauty (81)
Coordonnées	
Famille d'activité	ISDnd / Déchets
Domaine	Infrastructures

### DOCUMENT

Destinataires	Monsieur Guillaume CASTELLAZZI TEL : 06 25 46 59 58 <a href="mailto:Guillaume.castellazzi@gdsolaire.com">Guillaume.castellazzi@gdsolaire.com</a>
Date de remise	Février 2019
Nombre d'exemplaire remis	1
Pièces jointes	-
Responsable Commercial	Anne Laure GUILLERMIN

N° Rapport/Devis A97535/B – MPYP180246

Révision B

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Marie FORESTIER COSTE	Ingénieur de projet	Février 2019	
Vérification	Anne Laure GUILLERMIN	Resp. commercial	Février 2019	



## Sommaire

1	Contexte et objectif .....	5
2	Méthodologie et documents de référence.....	6
2.1	Approche méthodologique .....	6
2.2	Principaux documents mis à disposition par le client.....	6
2.3	Textes normatifs applicables.....	7
2.4	Documentation technique .....	7
3	Contexte général du site .....	8
3.1	Localisation du projet.....	8
3.2	Contexte géologique régional .....	9
3.3	Contexte géologique du site.....	10
3.4	Contexte hydrogéologique régional.....	11
3.5	Contexte hydrogéologique du site .....	11
3.6	Risque sismique.....	11
4	Données et enjeux de l'ISDnd – Etat des lieux du site .....	12
4.1	Préambule .....	12
4.2	Données réglementaires du site .....	14
4.3	Historique d'exploitation et de réhabilitation.....	16
4.4	Visite de site – état des lieux.....	16
4.4.1	Zone des casiers 1A et 1B.....	16
4.4.2	Zone des casiers 2 à 14 .....	17
4.4.3	Synthèse globale – Etat des lieux – Conformité à l'AP.....	17
4.5	Morphologie et couverture de l'ancienne ISDnd .....	17
4.5.1	Dôme et plate-forme .....	17
4.5.2	Protection des talus .....	18
4.6	Effluents gazeux (biogaz).....	18
4.6.1	Potentiel gazeux du site .....	18
4.6.2	Modélisation du bilan gazeux du site .....	19
4.6.3	Constitution du réseau de captage du biogaz.....	22
4.6.4	Production mesurée sur site .....	22
4.7	Effluents liquides (lixiviats).....	24
4.8	Réseaux divers – piézomètres de surveillance.....	25



4.9	Gestion des eaux de surface.....	26
<b>5</b>	<b>Description du projet .....</b>	<b>27</b>
5.1	Ouvrages et implantations .....	27
5.2	Tables photovoltaïques .....	27
5.3	Fondations.....	29
5.4	Les équipements électriques.....	29
5.4.1	Préambule .....	29
5.4.2	Câblage électrique .....	30
5.4.3	Les onduleurs .....	30
5.4.4	Les postes de livraison – postes de transformation .....	31
<b>6</b>	<b>Principes généraux de construction .....</b>	<b>32</b>
6.1	Sujétions liées à la préservation de la fonction de la couverture .....	32
6.2	Stabilité des talus .....	33
6.2.1	Préambule .....	33
6.2.2	Profils étudiés.....	33
6.2.3	Principe de la méthode utilisée .....	34
6.2.4	Paramètres du modèle.....	35
6.2.5	Conditions hydrauliques .....	35
6.2.6	Sollicitations sismiques .....	35
6.3	Surfaces de rupture .....	36
6.4	Résultat et conclusions.....	36
6.5	Prise en compte des tassements et interactions sol-structure.....	37
6.5.1	Abaques de tassements .....	37
6.5.2	Suivi de levé topographique sur site.....	38
6.6	Règles de conception des fondations.....	39
6.7	Gestion des eaux météoriques.....	39
6.8	Arrivées d'eau.....	40
6.9	Circulation sur le dôme .....	40
6.10	Prise en compte des ouvrages de gestion de biogaz et de lixiviats .....	41
6.11	Prise en compte du risque incendie .....	41
6.12	Enchaînement des missions géotechniques.....	42
<b>7</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>43</b>



# 1 Contexte et objectif

La société GENERALE DU SOLAIRE envisage la réalisation d'un parc photovoltaïque sur la couverture de l'ancienne ISDnd de Montauty (81), exploitée par COVERED.

Dans le cadre de ce projet, la société GENERALE DU SOLAIRE a sollicité Antea Group pour les missions suivantes :

- Etat des lieux du site d'implantation du projet ;
- Etude de compatibilité du projet de parc solaire avec l'ISDnd ;
- Mission G1- Principes Généraux de Construction dans le cadre des études préliminaires pour la constitution des dossiers d'autorisation - norme NF P 94-500 de novembre 2013.

Cette demande fait suite à une première étude réalisée par Antea Group en octobre 2018 (Note n°95545/A), qui passait en revue les contraintes du site directement liées à son statut ICPE et à son historique de stockage de déchets.

Dans le cadre de l'avancement du dossier, et après présentation du projet de centrale photovoltaïque à la DREAL, il convient d'affiner la connaissance du site et les impacts que pourraient avoir l'implantation de panneaux solaires sur le site notamment en termes de stabilité et de risques d'explosion.

Sur la base des données du projet et du site et de l'expérience d'Antea Group pour des projets similaires, ce rapport présente les principes généraux de construction du parc, et notamment la mise en place des fondations, à respecter afin de rendre le projet compatible avec l'ISDnd et ses objectifs et contraintes réglementaires.

Cette étude est destinée à être annexée au porter à connaissance qu'adressera la société COVERED à la préfecture du Tarn, aux fins de demander la modification des conditions de post exploitation de l'ISDnd de Montauty, en intégrant le projet de parc solaire.



## 2 Méthodologie et documents de référence

### 2.1 Approche méthodologique

La mission projetée s'articule en 2 phases successives :

- 1) Etat des lieux et synthèse des documents de données disponibles sur le site. Il s'agit là de pouvoir décrire dans le détail :
  - Les **travaux réalisés sur le site dans le cadre de la cessation et de la post-exploitation** : caractéristiques du dôme de recouvrement, ouvrages de gestion des eaux pluviales, système de gestion des lixiviats et biogaz, ouvrages de surveillance tels que piézomètres, inclinomètres ou autre ;
  - Les **mesures mises en place pour assurer le suivi du CET en post exploitation** : synthèse des mesures réalisées depuis le début de la période de post-exploitation (mesures relatives à l'évolution topographique du dôme, à la production de lixiviats et biogaz, analyses de la qualité des eaux souterraines) et synthèse des résultats obtenus ;
  - **L'historique des incidents éventuels** survenus sur le site au cours de la phase de post-exploitation ;
  - **L'état du site** au moment de la réalisation du présent dossier, et le contenu des **travaux envisagés** pour gérer les « points bas » apparus lors de tassements localisés.

#### 2) Mission G1-PGC :

Cette mission permettra de présenter les orientations possibles vis-à-vis des problématiques de fondations des panneaux (intégrité de la couverture et des autres ouvrages souterrains, tassements attendus) et de stabilité des talus.

Cette étude sera basée sur le retour d'expérience d'Antea Group pour des projets similaires, et sur les données disponibles suite à l'état des lieux décrit ci-avant.

### 2.2 Principaux documents mis à disposition par le client

Les principaux documents remis par GENERALE DU SOLAIRE et par Mr Roques à Antea Group, et utilisés dans le cadre de cette étude, sont récapitulés ci-dessous :

- Plan d'implantation du projet, GENERALE DU SOLAIRE ;
- Coupe de principe des structures, GENERALE DU SOLAIRE ;
- Coupe de principe des postes préfabriqués, GENERALE DU SOLAIRE ;
- Arrêtés préfectoraux :
  - o AP du 14/11/1994, portant sur l'extension du CET,
  - o AP du 20/11/1997, portant prescriptions rattachées à l'extension du CET accordée par l'AP de 1994,
  - o AP du 02/06/1999, imposant des garanties financières,



- AP du 10/11/1999, portant sur la mise en conformité et imposant des garanties financières,
- AP du 19/02/2001, portant sur le changement d'exploitant,
- AP du 17/01/2002, fixant les modalités d'exploitation du dernier casier du site et la réactualisation des garanties financières,
- AP du 28/01/2003 modifié par l'AP du 12/02/2003, portant sur la création d'une Commission locale d'information et de surveillance (CLIS),
- AP du 19/11/2003, portant sur prescriptions relatives au traitement du biogaz,
- AP du 21/01/2004 prolongeant l'exploitation jusqu'au 30/04/2004.

**Bibliographie consultée dans le cadre de cette étude (mis à disposition par COVED) :**

- Plan topographique du site,
- Schéma de localisation des différents casiers, âge et épaisseur des déchets,
- Plan de suivi des tassements 2006-2007.

## 2.3 Textes normatifs applicables

- Norme NF EN 1997-1 (Eurocode 7), Calcul Géotechnique – Partie 1 : Règles générales ;
- Norme NF P 94-261 et NF P 94-262 (normes d'application de l'Eurocode 7) respectivement pour le dimensionnement des fondations superficielles et des fondations profondes ;
- Guide technique du SETRA – LCPC, Réalisation des remblais et couches de forme (GTR92), Fascicules I et II, Principes Généraux ;
- Norme NF EN 1998-1 (Eurocode 8), Conception et dimensionnement des structures pour leur résistance aux séismes.

## 2.4 Documentation technique

- Carte géologique de la France au 1/50 000e, planche de Villemur sur Tarn, édition BRGM ;
- R. Frank, Calcul des fondations superficielles et profondes, Edition des Presses ENPC, janvier 2003 ;
- G. Philipponnat et B. Hubert, Fondations et ouvrages en terre, édition Eyrolles, octobre 1997 ;
- F. Schlosser, Eléments de mécanique des sols, Edition des Presses ENPC, octobre 1988 ;
- Guide pour le dimensionnement et la mise en œuvre des couvertures de sites de stockage de déchets ménagers et assimilés, Guide ADEME – BRGM – mars 2001 ;
- Gérer le gaz de décharge, techniques et recommandations – guide ADEME – 2001.



## 3 Contexte général du site

### 3.1 Localisation du projet

Le CET de Montauty se trouve à environ 3 km au Sud de l'agglomération de Saint Sulpice la Pointe (81370), à environ 600 m au Sud de l'autoroute A68 (cf. figure ci-après).

Le site est délimité par :

- Au Nord, par des champs et l'autoroute A68, puis par l'agglomération de Saint Sulpice la Pointe ;
- A l'Est, par une zone boisée ;
- A l'Ouest et au Sud par des zones de culture.

Les figures suivantes montrent la localisation géographique du site sur carte IGN et sur photographie aérienne.

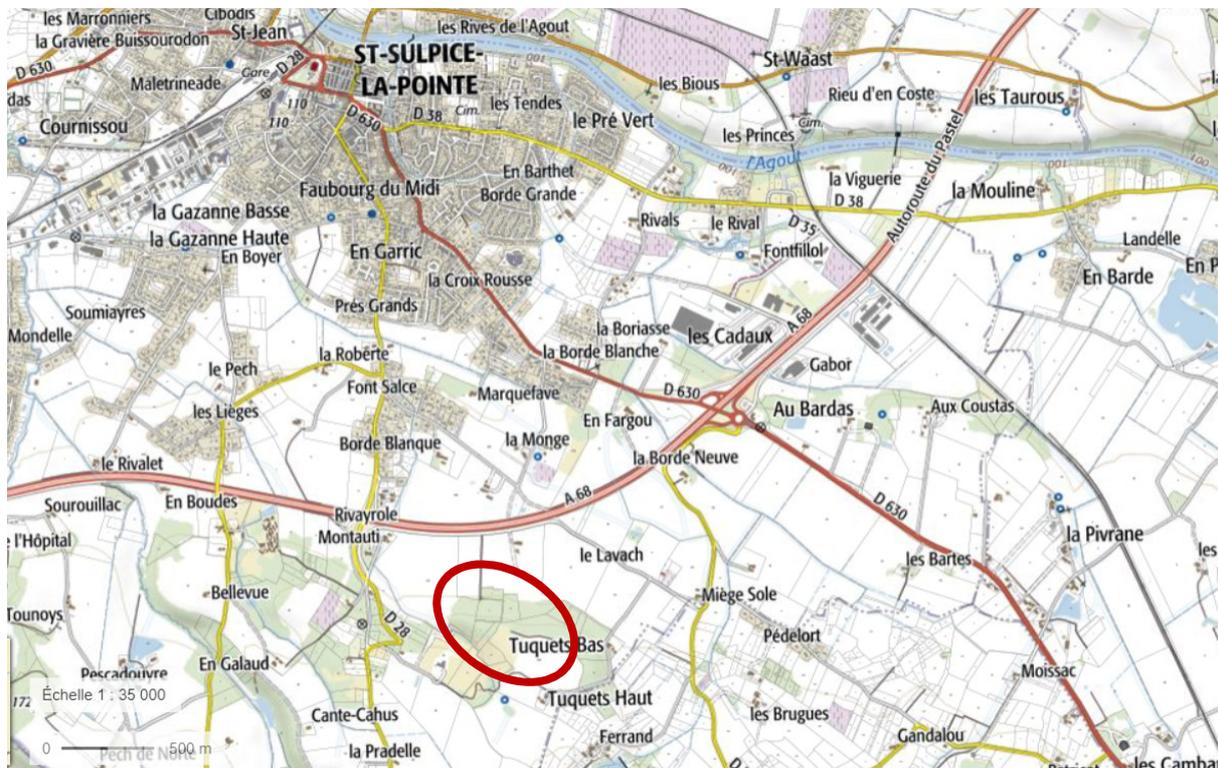


Figure 1 : Localisation et voisinage du CET de Montauty – Saint Sulpice la Pointe (source géoportail)



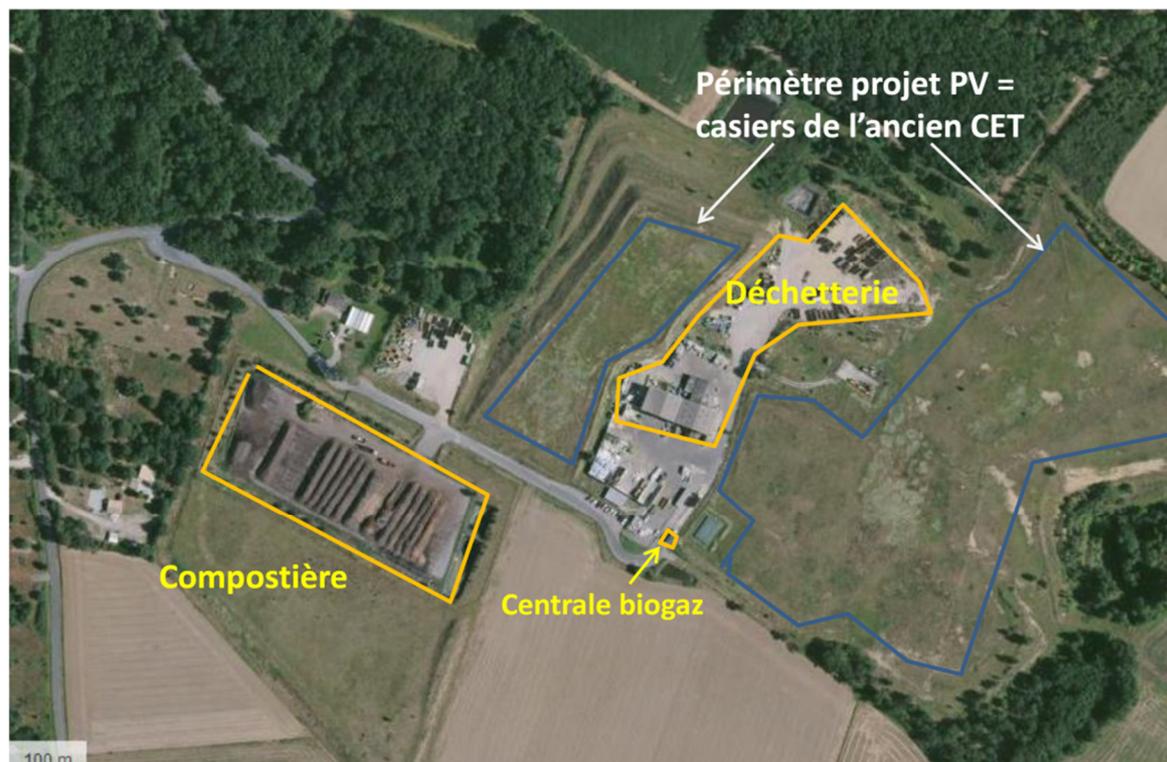


Figure 2 : Emprise de l'ancien CET de Montauty sur photographie aérienne (source : GDS)

Le projet de parcs de panneaux photovoltaïques intéresse environ 5 ha répartis de la façon suivante :

- Emprise des casiers 1A et 1B sur environ 1 ha ;
- Emprise des autres casiers de stockage sur environ 4 ha.

Ces deux emprises sont représentées en bleu sur la figure ci-dessus.

Le site global s'étend également sur d'autres surfaces en cours d'exploitation pour le traitement et le stockage des déchets. Le projet des parcs n'intéresse donc pas la globalité de la surface du site.

### 3.2 Contexte géologique régional

D'après la carte géologique n° 957 de Villemur-sur-Tarn au 1/50 000<sup>e</sup>, éditée par le BRGM, le site de stockage de déchets repose sur des terrains sédimentaires, alluvions de terrasses moyennes (Fx) et des terrains sédimentaires, éboulis et solifluxions issus des terrasses quaternaires (Fs).



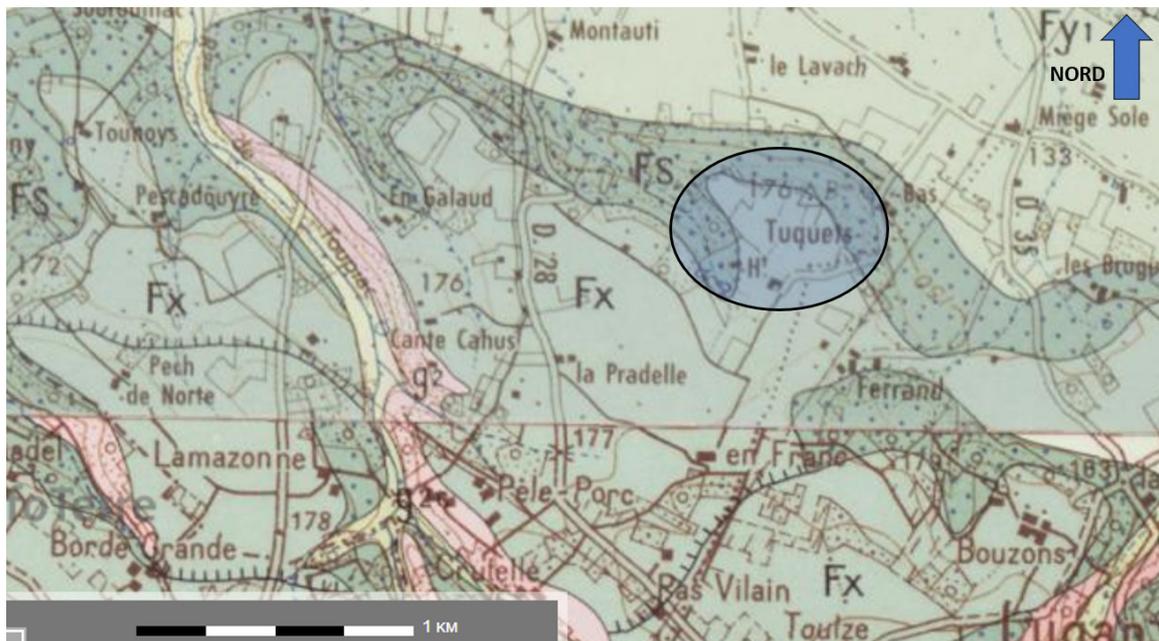


Figure 3 : Extrait de la carte géologique de Mayenne au 1/50 000° (BRGM)

### 3.3 Contexte géologique du site

La base de données BSS répertorie un sondage qui a été réalisé dans le cadre de la construction du site. Ce sondage a permis de reconnaître la lithologie des matériaux en place avant exploitation qui se trouvent être des matériaux quaternaires limono-argileux avec présence de graviers.



### 3.4 Contexte hydrogéologique régional

Le premier aquifère concerné par le site est la masse d'eau des molasses du bassin du Tarn. Cette nappe est imperméable car contenue dans des horizons plutôt de faible perméabilité. Elle est majoritairement libre mais peut également être captive localement.

### 3.5 Contexte hydrogéologique du site

Les reconnaissances réalisées sur le site lors des constructions et exploitation des différentes zones ont permis de caractériser le contexte hydrogéologique local.

- A priori, il ne semble pas y avoir eu de présence d'écoulements de nappe importants lors des travaux sur site ;
- Nous sommes en attente des données des piézomètres du suivi de l'exploitant afin de caractériser la cote piézométrique de la nappe et son écoulement au droit du site.

### 3.6 Risque sismique

Selon la carte en vigueur au 1<sup>er</sup> mai 2011, le site de Saint-Fraimbault-les-Prières est classé en zone d'aléa faible, selon l'arrêté du 22 octobre 2010.

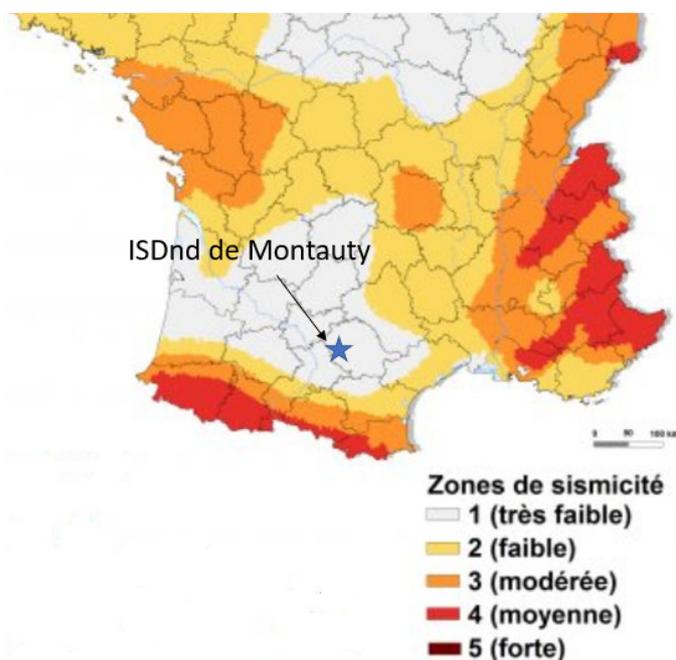


Figure 4 : Zonage sismique de la France en vigueur au 1<sup>er</sup> mai 2011



## 4 Données et enjeux de l'ISDnd – Etat des lieux du site

### 4.1 Préambule

M. Paul ROQUES puis la SARL ROQUES et enfin la SA COVED ont exploité sur la commune de Saint Sulpice un Centre d'Enfouissement Technique (CET) entre **1976** et **2004**.

Le CET a été autorisé aux lieux-dits « Montauty bas » et « Les Tusquets » sur les parcelles 40(p), 41, 42, 43, 9(p), 36 et 37 de la section ZL.

Le site a accueilli des déchets jusqu'en 2002 sur les casiers 1 à 14, et de 2002 à 2004 sur le casier 1A/1B se trouvant au droit de l'ancien casier 1. La figure ci-dessous indique la localisation des différents casiers avec leurs dates d'exploitation (données transmises par COVED).

Les déchets admis sur la décharge étaient (rubrique 322B 2 de la nomenclature ICPE de l'époque) :

- Ordures ménagères ;
- Déchets ménagers encombrants (sous réserve qu'ils puissent être réduits par écrasement) ;
- Déblais et gravats ;
- Déchets commerciaux, artisanaux ou industriels banals assimilables aux ordures ménagères ;
- Déchets verts ;
- Pneumatiques (sous réserve qu'ils soient conditionnés sous une forme permettant d'éviter les vides) ;
- Mâchefers résultant de l'incinération des ordures ménagères.



CET de Saint-Sulpice la Pointe / Montauty (81)

Plan topographique (27/04/2016) avec indications par casier  
des dates d'exploitation, des hauteurs de déchets  
et des épaisseurs de couverture

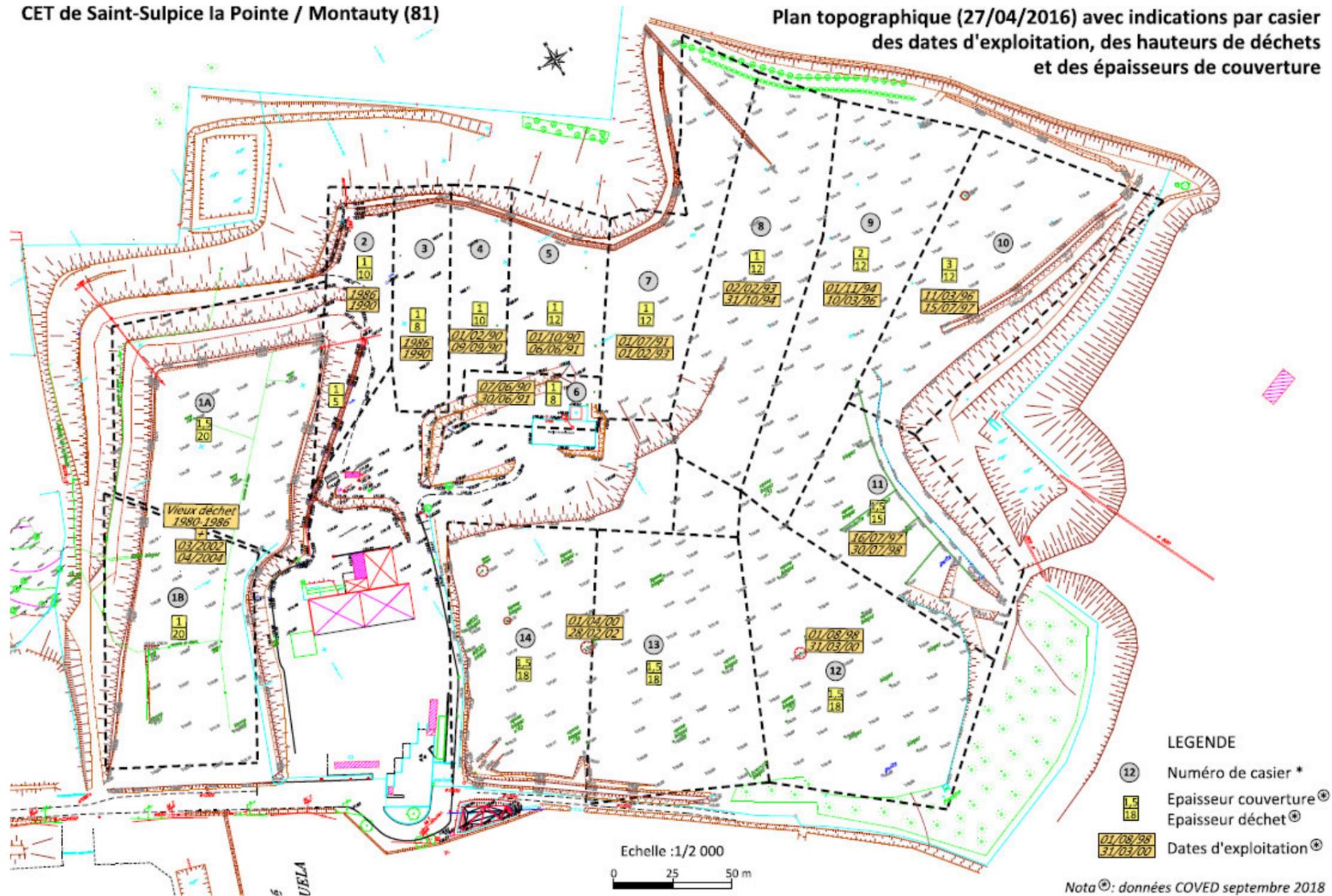
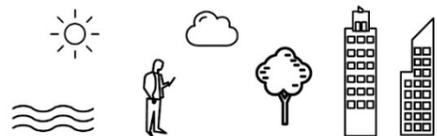


Figure 5 : Plan des casiers du CET de Montauty, avec indication des dates d'exploitation, des hauteurs de déchets et des épaisseurs de couverture



## 4.2 Données réglementaires du site

Les zones qui ont été exploitées en centre de stockage sont aujourd'hui en suivi post-exploitation (bien qu'aucun dossier de cessation n'ait été communiqué à ce jour à la DREAL).

Il n'y a donc pas d'arrêté préfectoral dédié au suivi post-exploitation du site mais des prescriptions.

Le tableau ci-dessous reprend les éléments contenus dans les arrêtés préfectoraux du site et définissant les aménagements à réaliser. Les arrêtés décrivant ces éléments sont :

- Articles 3 et 42 de l'Arrêté préfectoral du 20 novembre 1997 ;
- Article 4.4 de l'Arrêté préfectoral du 17 janvier 2002.

Contenu de l'article	Point de vigilance
<i>“Une gestion des eaux pluviales extérieures au site avec la création de fossés permettant d'éviter les arrivées d'eau amont sur le site, et des drains latéraux (tranchées ou massifs drainants) dans la partie Sud du site”</i>	Le projet ne devra pas modifier les ouvrages de gestion des eaux pluviales ou, le cas échéant, devra pouvoir justifier de la modification et présenter le dimensionnement du nouvel ouvrage permettant d'assurer la bonne gestion des eaux pluviales de manière globale sur le site.
<i>“Le busage du ruisseau de Montauty sous l'emprise du site “</i>	Non concerné par le projet PV
<i>“Une gestion des eaux pluviales intérieures au site avec la création de fossés de collecte permettant de rejeter les eaux au milieu naturel, associé à un bassin qui régule une partie des eaux pluviales avant rejet au ruisseau de Montauty”</i>	Le projet ne devra pas modifier les ouvrages de gestion des eaux pluviales ou, le cas échéant, devra pouvoir justifier de la modification et présenter le dimensionnement du nouvel ouvrage permettant d'assurer la bonne gestion des eaux pluviales de manière globale sur le site.
<i>“Une collecte des lixiviats aux points bas des casiers (puits verticaux), avec stockage en bassin étanche avant traitement ou évacuation hors-site”</i>	Le projet doit tenir compte des réseaux de captage du lixiviat. Ces réseaux doivent être conservés et leur accès doit être garanti afin de réaliser toutes les mesures et contrôles nécessaires au suivi post exploitation.
<i>« Une collecte des biogaz par forage de puits, éventuellement complétés par des drains horizontaux, associé à un système de brûlage sur site (torchère) avant 2004, puis associé à un système de valorisation depuis 2004”</i>	Le projet doit tenir compte des réseaux de captage du biogaz. Ces réseaux doivent être conservés et leur accès doit être garanti afin de réaliser toutes les mesures et contrôles nécessaires à sa bonne exploitation, son réglage et son contrôle par l'exploitant



<p>✓ « Un remodelage si nécessaire des stocks des différents casiers pour favoriser un écoulement des eaux météoriques vers l'extérieur, selon les principes suivants <sup>1</sup> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ un unique dôme recouvrant les casiers n°1 à 14 comprenant des pentes finales entre 3 et 7%</li> <li>○ un dôme couvrant les casiers n°8 à 10 comprenant des pentes de 3 à 6%</li> <li>○ pente de la couverture des casiers n°2 à 7 de 4 à 6% (exceptionnellement 10%)</li> <li>○ pente de la couverture de 3% en direction des flancs latéraux du casier n°1.</li> </ul>	<p>Le projet ne doit pas induire des terrassements modifiant le modelé du dôme.</p>
<p>“La mise en œuvre d’une couverture”</p>	<p>Le projet ne doit pas remettre en cause la couverture mise en place sur le site : que ce soit d’un point de vue des épaisseurs de matériaux de couverture ou de leurs caractéristiques hydrauliques.</p>
<p>« Un ensemencement et des plantations pour favoriser l’intégration paysagère “</p>	<p>Le projet doit intégrer les notions d’intégration paysagère. Pour les zones sujettes aux travaux de mise en œuvre du PV, un ensemencement sera réalisé après les travaux afin de restituer l’aspect paysager.</p>
<p>« Des piézomètres permettant de contrôler la qualité des eaux souterraines “</p>	<p>Les piézomètres sont hors zone d’implantation du parc.</p>
<p>Article 46 définissant le programme de suivi en post exploitation :</p> <p>« Pour toute partie couverte, un programme de suivi est prévu pour une période de 30 ans. Le programme de suivi post-exploitation sur 30 ans devra comporter les coérations suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entretien du site</li> <li>- Suivi de la stabilité</li> <li>- Suivi et traitement du biogaz</li> <li>- Traitement des lixiviats</li> <li>- Contrôle des eaux souterraines et superficielles »</li> </ul>	<p>Le projet de parc photovoltaïque doit permettre de garantir le suivi post exploitation du site. Ceci concerne notamment l’entretien et l’accès aux différents ouvrages à surveiller et entretenir.</p>

Tableau 1 : Prescriptions techniques issues des arrêtés du site

Les articles qui ne sont pas cités abordent des aspects du site non concernés par le projet de parc photovoltaïque.



### 4.3 Historique d'exploitation et de réhabilitation

Les dates clés du site global jusque 2004 sont :

- 1976 : Début d'exploitation du site de Montauty en stockage de déchets ;
- 1994 : Autorisation d'extension du CET de Montauty ;
- 2002-2004 : Exploitation du dernier casier : 1A et 1B ;
- En 2002 : Les travaux de couverture des casiers 2 à 14 étaient réalisés ;
- 2004 : Mise en place d'une centrale de valorisation de biogaz ;
- Depuis 2004 : Continuité des activités de plateforme de compostage de déchets verts, centre de tri et déchèterie sur le site.

A noter que la SA COVED précise qu'il n'y a pas eu de dossier de cessation d'activité pour l'activité stockage, ni de procès-verbal de récolement de la DREAL suite aux travaux d'aménagement finaux. La seule information disponible dans les documents officiels figure dans l'arrêté préfectoral du 17/01/2002, à savoir que les travaux d'aménagement préconisés dans l'arrêté préfectoral du 10/11/1999 ont été réalisés.

La visite de site a permis de rendre compte de cette conformité à date du 16 janvier 2019.

### 4.4 Visite de site – état des lieux

Une visite de site a été réalisée le 16 janvier en présence de Mr Didier Roques et a permis de rendre compte de différents éléments repris dans les paragraphes ci-dessous.

La planche photographique complète du site est reprise en annexe 1 de ce rapport.

#### 4.4.1 Zone des casiers 1A et 1B

Concernant la zone des casiers 1A et 1B, la visite a permis de rendre compte :

- D'une surface de dôme végétalisée ne présentant pas de flashes visibles à l'œil nu ;
- De la présence de puits de captage du biogaz ;
- De la présence de collecteur de biogaz et/ ou de lixiviats au sol suivant l'axe central de la zone ;
- De talus en bon état ne présentant pas de signes d'instabilités ;
- D'un tampon avaloir de gestion des eaux pluviales présent en coin Nord de la zone (photo vue 11) ;
- De l'existence d'un fossé à remodeler en limite Sud de la zone.



#### 4.4.2 Zone des casiers 2 à 14

Concernant la zone des casiers 2 à 14, la visite a permis de rendre compte :

- De la présence d'un dôme végétalisé et entretenu ;
- De la présence de deux points remarquables de stagnation d'eau de surface ;
- De la présence de puits de captage de biogaz et de puits de captage de lixiviats accompagnés de coffrets électriques pour le pompage ;
- De la présence d'un arbre remarquable en dehors de l'emprise de l'ancienne zone de stockage et n'interférant pas avec le projet de parc photovoltaïque ;
- Du fait que les réseaux de collecte de biogaz sont enterrés.

#### 4.4.3 Synthèse globale – Etat des lieux – Conformité à l'AP

Les points de vigilance à régler avant la mise en place du parc photovoltaïque sont :

- La reprise des points bas de stagnation des eaux tels que visualisés lors de la visite de site ;
- La prise en compte des réseaux existants pour :
  - o Soit caler le projet de parc en fonction de ces ouvrages afin de les préserver ;
  - o Soit de dévier et modifier les réseaux en interface avant la construction du parc.

### 4.5 Morphologie et couverture de l'ancienne ISDnd

#### 4.5.1 Dôme et plate-forme

L'AP du 10/11/1999 imposait la mise en œuvre d'une épaisseur de 30 cm de matériaux inertes, puis d'une épaisseur de 1m de matériaux argileux ou tout dispositif équivalent sur les zones ayant accueilli des déchets, surmontée d'une épaisseur de 20 cm de terre végétale.

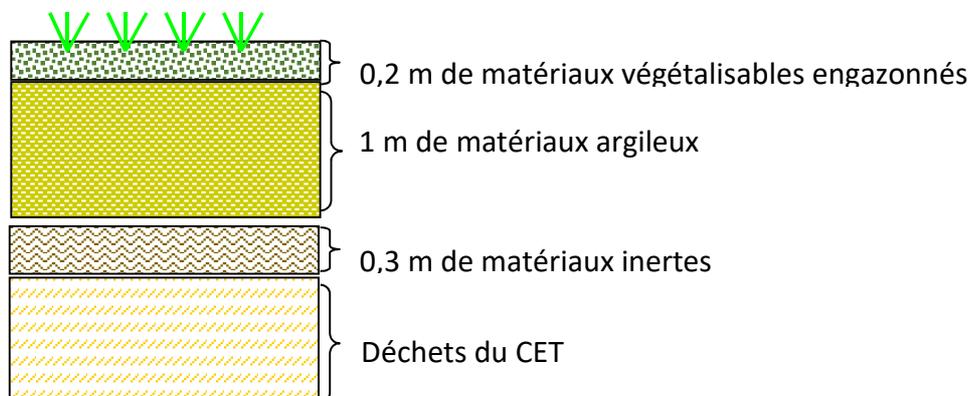


Figure 6 : Schéma présentant la composition de la couverture sur le dôme au sens de l'AP du 10/11/1999



Les informations obtenues lors des échanges avec COVED dans le cadre de cette étude permettent de compléter ces informations concernant la couverture ; la figure présentant le phasage d'exploitation avec les numéros de casier indique également les épaisseurs de la couverture sur chacun des différents casiers du site ; celle-ci montre une **épaisseur comprise entre 1 et 2 m (épaisseur cumulée d'argile + terre végétale)**.

#### 4.5.2 Protection des talus

Pour les talus, la composition de la couverture n'est pas décrite dans l'AP du 10/11/1999 ; les données transmises et la visite de site ne permettent pas de décrire la couverture.

### 4.6 Effluents gazeux (biogaz)

#### 4.6.1 Potentiel gazeux du site

Un déchet produit du biogaz par fermentation anaérobie de la matière organique. Ce gaz est principalement composé de méthane (CH<sub>4</sub>) et de gaz carbonique. Il contient également, à de faibles concentrations, d'autres gaz issus de la fermentation, tels que l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S), des mercaptans (composés organiques soufrés...). La composition du biogaz varie dans le temps selon des mécanismes connus. La figure ci-dessous représente l'évolution prévisionnelle de la composition du biogaz. (Source : guide gérer le gaz de décharge – ADEME).

**Schéma de l'évolution de la composition gazeuse d'une décharge**

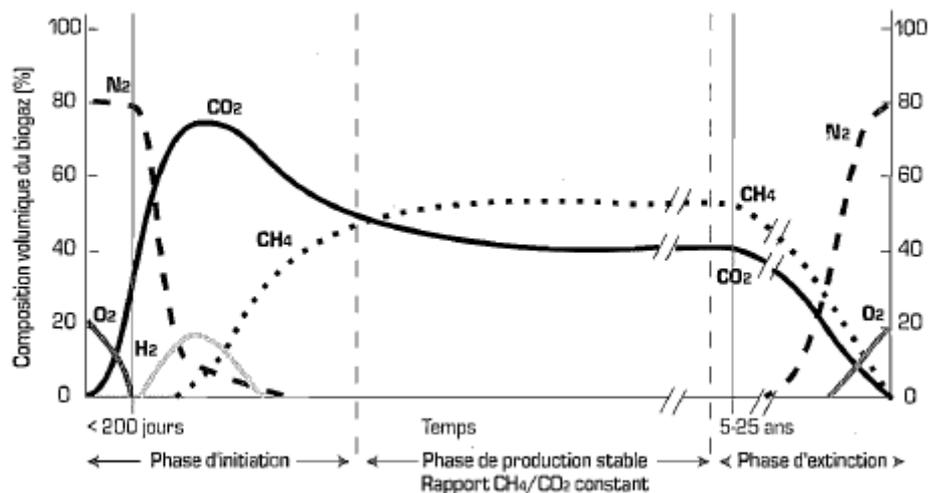


Figure 7 : Evolution de la composition du biogaz en fonction de l'âge du déchet



Par ailleurs, par retour d'expérience de réalisation de nombreux bilan gazeux sur ISDnd, il est constaté qu'après la fin d'exploitation d'un site (arrêt des apports de déchets), le débit normé de biogaz à 50% de CH<sub>4</sub> commence à diminuer seulement quelques années après la fermeture du site et qu'il chute en dessous des seuils de captage actif entre 15 et 30 ans après fermeture suivant les sites.

Pour ce site, nous avons réalisé un bilan gazeux permettant de rendre compte de l'évolution et de la quantité de biogaz encore émis sur le site.

#### 4.6.2 Modélisation du bilan gazeux du site

##### a. Modèle utilisé

Le modèle utilisé est GAZODEC (Modèle global d'évaluation du potentiel gazeux d'une décharge). Il reprend la méthode développée dans l'article « Measurement of landfill gas and quantitative prediction at Bari landfill site », Liberti L., Amicarelli V., Amodio F., Ferrara L. et Blasi G, *Proceedings Sardinia 93, Fourth International Landfill Symposium, 11-15 October 1993*.

##### b. Hypothèses de calcul

Les informations relatives aux tonnages et aux types de déchets enfouis sont issues du fichier transmis par ECOGEOS.

Les tonnages annuels pris en compte dans les calculs, ainsi que leur répartition par type de déchets sont présentés ci-dessous.



Année	DIB (t)	OM (t)	Tonnage total
1 980	0	2 000	2 000
1 981	0	6 200	6 200
1 982	0	4 800	4 800
1 983	0	8 800	8 800
1 984	0	8 850	8 850
1 985	0	9 650	9 650
1 986	0	10 800	10 800
1 987	0	10 600	10 600
1 988	0	14 890	14 890
1 989	0	17 000	17 000
1 990	6 600	15 400	22 000
1 991	15 000	35 000	50 000
1 992	16 800	39 200	56 000
1 993	18 990	44 330	63 320
1 994	18 818	43 922	62 740
1 995	31 575	31 575	63 150
1 996	31 321	31 321	62 641
1 997	33 837	33 837	67 673
1 998	43 863	43 863	87 725
1 999	43 088	43 088	86 176
2 000	41 226	41 226	82 452
2 001	37 736	37 736	75 471
2 002	36 784	36 784	73 567
2 003	35 040	35 040	70 080
2 004	17 793	17 793	35 585

Tableau 2 : Tonnages et type de déchets mis en dépôt de 1980 à 2004

Les déchets considérés sont constitués d'Ordures Ménagères (OM) dont la teneur moyenne en carbone organique est estimée à 225 kg/tonne et de déchets industriels banals (DIB) dont la teneur moyenne en carbone organique est estimée à 140kg/tonne.

Les paramètres d'entrée du modèle sont les suivants :

- Temps de demi-vie des déchets : 6,5 ans ;
- Temps auquel apparaît le taux maximal de production de gaz : 3 ans ;
- Taux de biodégradabilité : entre 35% et 45% ;
- Taux de récupération : entre 70% et 90%.

La connaissance des taux de biodégradabilité et de récupération étant incertaine, nous avons fait varier ces deux derniers paramètres.

### c. Résultats de la modélisation

Les résultats obtenus sont synthétisés par les courbes de la figure présentée ci-dessous.

Elle représente la modélisation de la production de biogaz selon les paramètres décrits précédemment jusqu'en 2061.



Selon cette modélisation, le pic de production est atteint en 2006, pour un débit de biogaz captable compris entre 540 à 800 Nm<sup>3</sup>/h.

A partir de 1993, les débits de biogaz sont bien plus importants, la courbe augmente brusquement. Cette augmentation est directement corrélable avec l'augmentation des tonnages entrés sur le site. Jusqu'en 1991, les tonnages annuels variaient de 2 000 à 22 000. A partir de 1991, ils varient de 50 000 à 86 000 t environ.

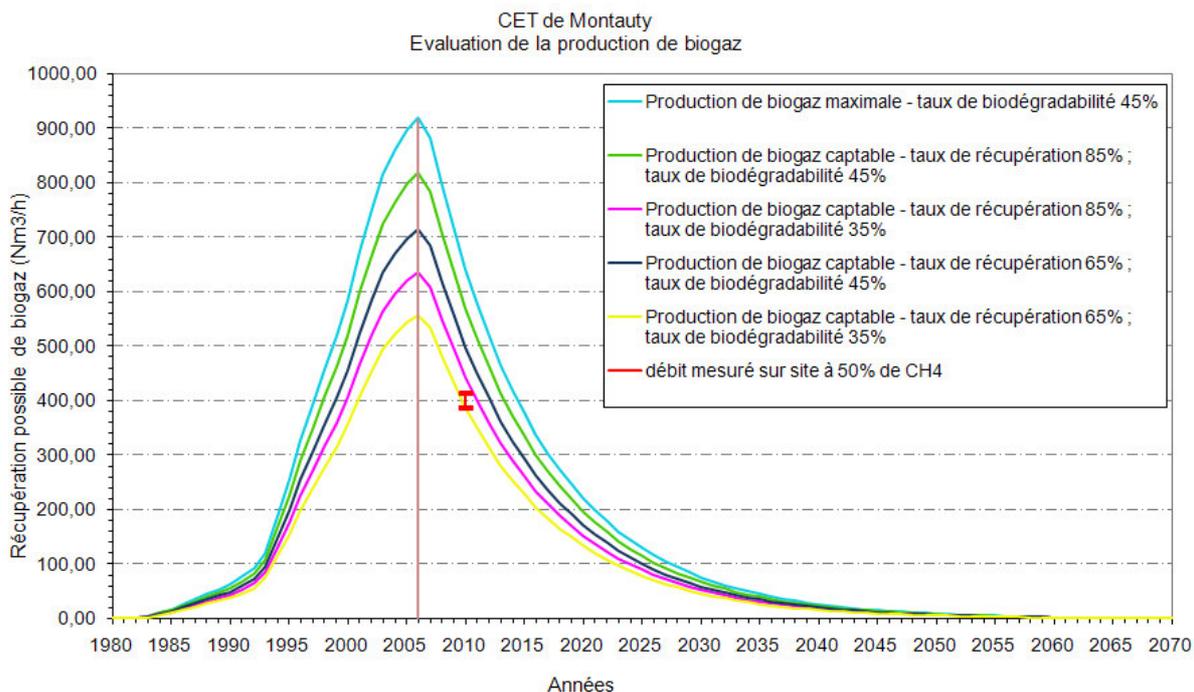


Figure 8 : Estimation du débit de biogaz à 50 % de CH<sub>4</sub> récupérable : exploitation de 1980 à 2004

D'après ce bilan gazeux, le débit captable de biogaz sur le site serait compris entre 150 et 200 Nm<sup>3</sup>/h.



### 4.6.3 Constitution du réseau de captage du biogaz

Sur la base des éléments portés à notre connaissance et la visite de site, un réseau de collecte du biogaz existe sur les casiers 11, 12, 13, 14, 1A et 1B, correspondant à l'exploitation sur les années 1997 à 2004. Sur les casiers 11, 12, 13 et 14, les têtes de puits et les vannes sont visibles en surface mais le réseau est enterré (profondeur de 20 à 50 cm environ) ; sur le casier 1A/1B, le réseau de collecte est aérien (posé sur le sol).

La figure ci-dessous représente les ouvrages du réseau de captage du biogaz sur le site, représentés en vert ; il s'agit de puits.

L'unité de valorisation est aujourd'hui arrêtée et la torchère brûle le biogaz quand la quantité est suffisante.

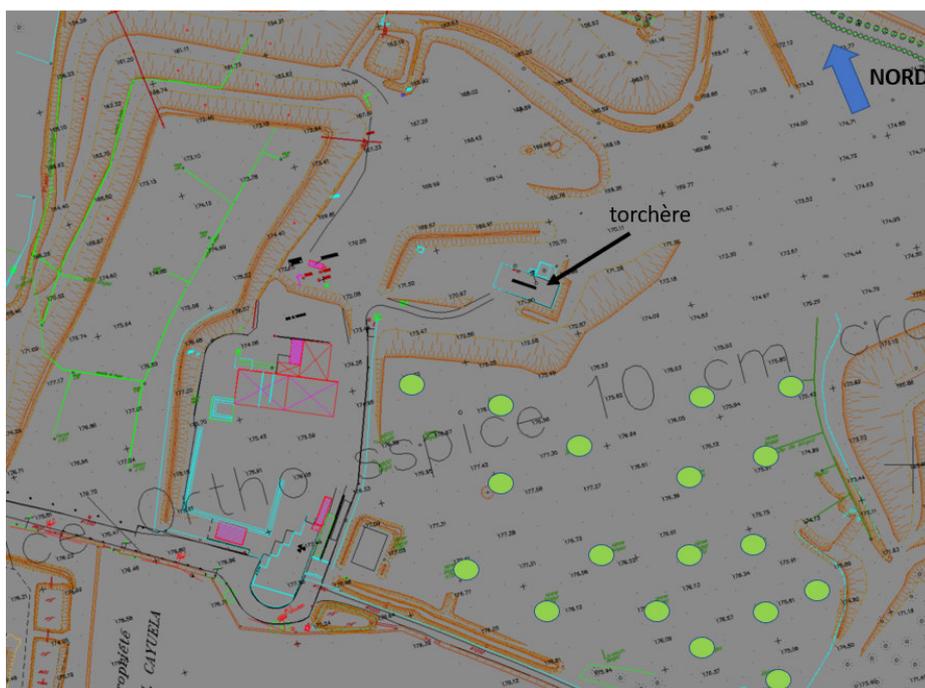


Figure 9 : Plan des ouvrages de gestion des biogaz

### 4.6.4 Production mesurée sur site

Une campagne de mesure de qualité du biogaz ainsi que du débit de biogaz a été réalisée en mai 2010 par ANTEA.

#### Campagne de mesure de débit de biogaz :

Le débit mesuré en entrée de torchère était de 387 Nm<sup>3</sup>/h à 50% de CH<sub>4</sub> environ. Ce point figure sur le graphique présentant la modélisation de la production de biogaz.



Les deux valeurs obtenues grâce aux mesures effectuées sur site en entrée de torchère en 2010 ainsi que sur le réseau se trouvent bien calées avec les débits modélisés. Les valeurs mesurées se raccordent à des taux de récupération de 70% pour un taux de biodégradabilité de 35%.

Campagne de mesure de la qualité du biogaz :

La campagne de mesures de qualité a été effectuée avec un analyseur de gaz portatif à pompe intégrée type GA2000 appartenant à ANTEA.

Ce dispositif portable permet de caractériser 5 gaz du biogaz en sortie de puits de captage (CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>S) dans une plage de :

- CH<sub>4</sub> 0-100 % ;
- CO<sub>2</sub> 0-100 % ;
- O<sub>2</sub> 0-25 % ;
- CO 0-500 ppm ;
- H<sub>2</sub>S 0-200 ppm.

La méthode de mesure est la suivante :

- CH<sub>4</sub> et CO<sub>2</sub> en % par mesure dans l'infrarouge ;
- CO, H<sub>2</sub>S en ppm et O<sub>2</sub> en % par cellules électrochimiques internes.

Les mesures de la qualité du biogaz mettent en avant des valeurs de CH<sub>4</sub> moyenne de 44% comprise principalement entre 40% et 60%, des valeurs de CO<sub>2</sub> comprise entre 30% et 40%, les valeurs d'O<sub>2</sub> sont inférieures à 10 %. Cependant quelques puits ne libèrent que de l'O<sub>2</sub>, il s'agit des puits P10, P11, P12, P19, P20, P30, P48, P51.

Les deux figures suivantes représentent la cartographie de la proportion de CH<sub>4</sub> et O<sub>2</sub> en pourcentage dans le biogaz produit sur le centre de stockage.



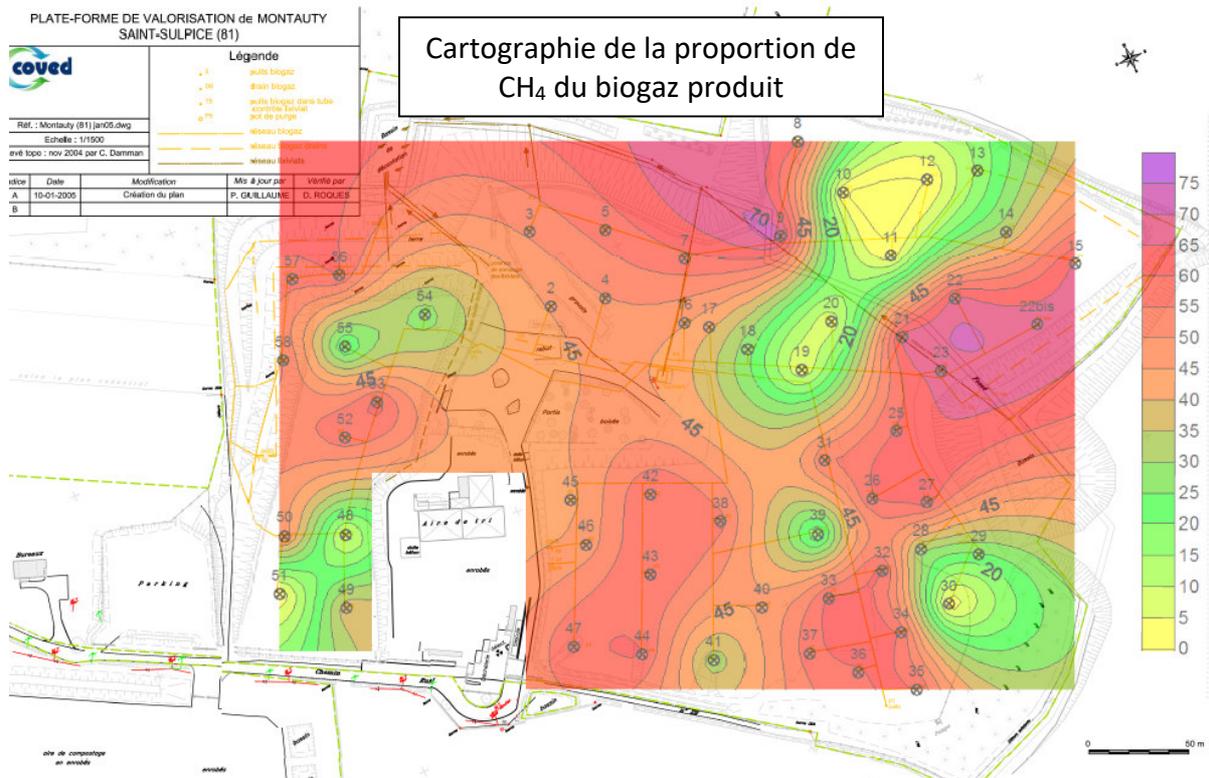


Figure 10 : Cartographie de la proportion en CH<sub>4</sub> du biogaz produit

Les puits les plus riches en CH<sub>4</sub> sont situés sur les casiers 10, 12, 13 et 14. En revanche les casiers les moins riches en CH<sub>4</sub> sont les casiers 8 et 9.

#### 4.7 Effluents liquides (lixiviats)

Les lixiviats sont le résultat de la percolation des eaux météoriques au travers du massif de déchets. La quantité de lixiviats produit dépend du phasage d'exploitation et de la surface ouverte à la pluie pendant ces périodes et à plus long terme, des caractéristiques de la couverture : son coefficient de perméabilité et sa pérennité dans le temps (absence de fissuration, bons raccordements ...).

Des puits de collecte des lixiviats existent sur l'ensemble des casiers, certains sont équipés de pompes pneumatiques et connectés à un réseau de collecte. Leur position n'apparaît de manière précise sur les plans mis à disposition. Cette information pourra le cas échéant être complétée par de nouveaux documents transmis.

Sur le casier 1A/1B, le réseau de collecte est aérien (posé sur le sol) et longe le réseau biogaz ; sur les autres casiers, le réseau, s'il existe, est enterré (profondeur de 20 à 50 cm environ).

Les lixiviats sont stockés dans un bassin étanche puis évacués hors-site pour traitement.

Le plan ci-dessous reprend les principaux éléments du réseau de gestion des lixiviats du site. Ce plan reste à compléter par des informations.



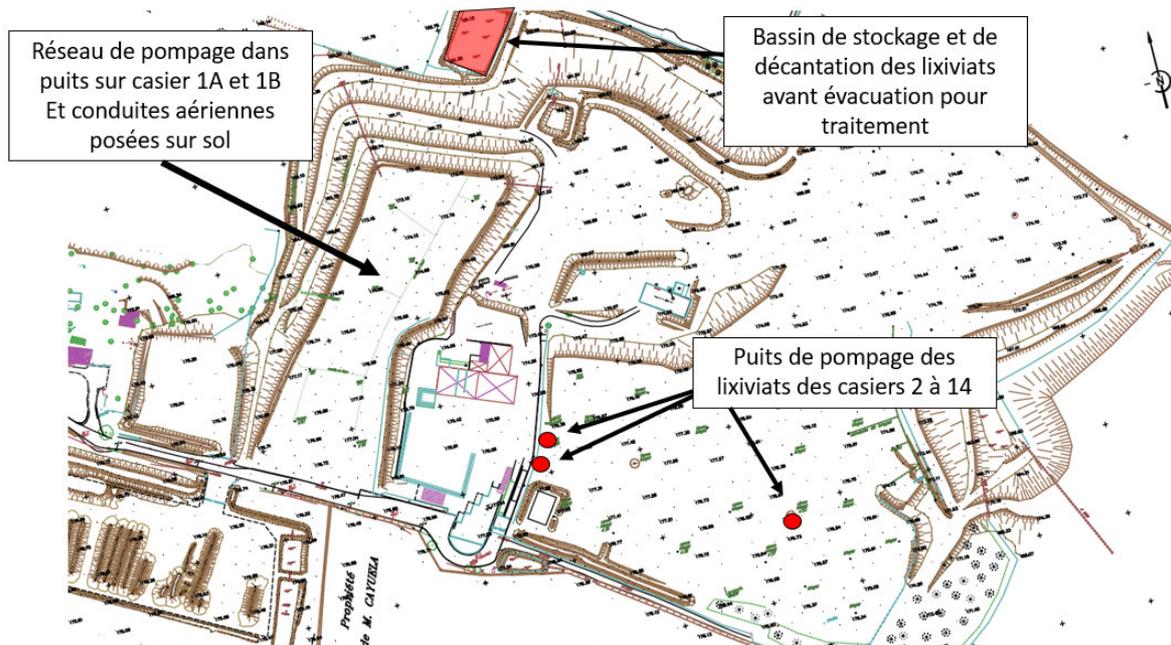


Figure 11 : Réseau supposé de gestion des lixiviats du site

La préservation des réseaux et ouvrages de gestion des lixiviats est essentielle.

#### 4.8 Réseaux divers – piézomètres de surveillance

Il sera à confirmer l'absence ou la présence potentielle d'autres réseaux qui seraient présents au droit des zones réhabilitées.

Les ouvrages de surveillance sont :

- 3 piézomètres de contrôle des eaux souterraines (PZ0, PZ1 et PZ2), donc la localisation est visible sur la figure ci-dessous.



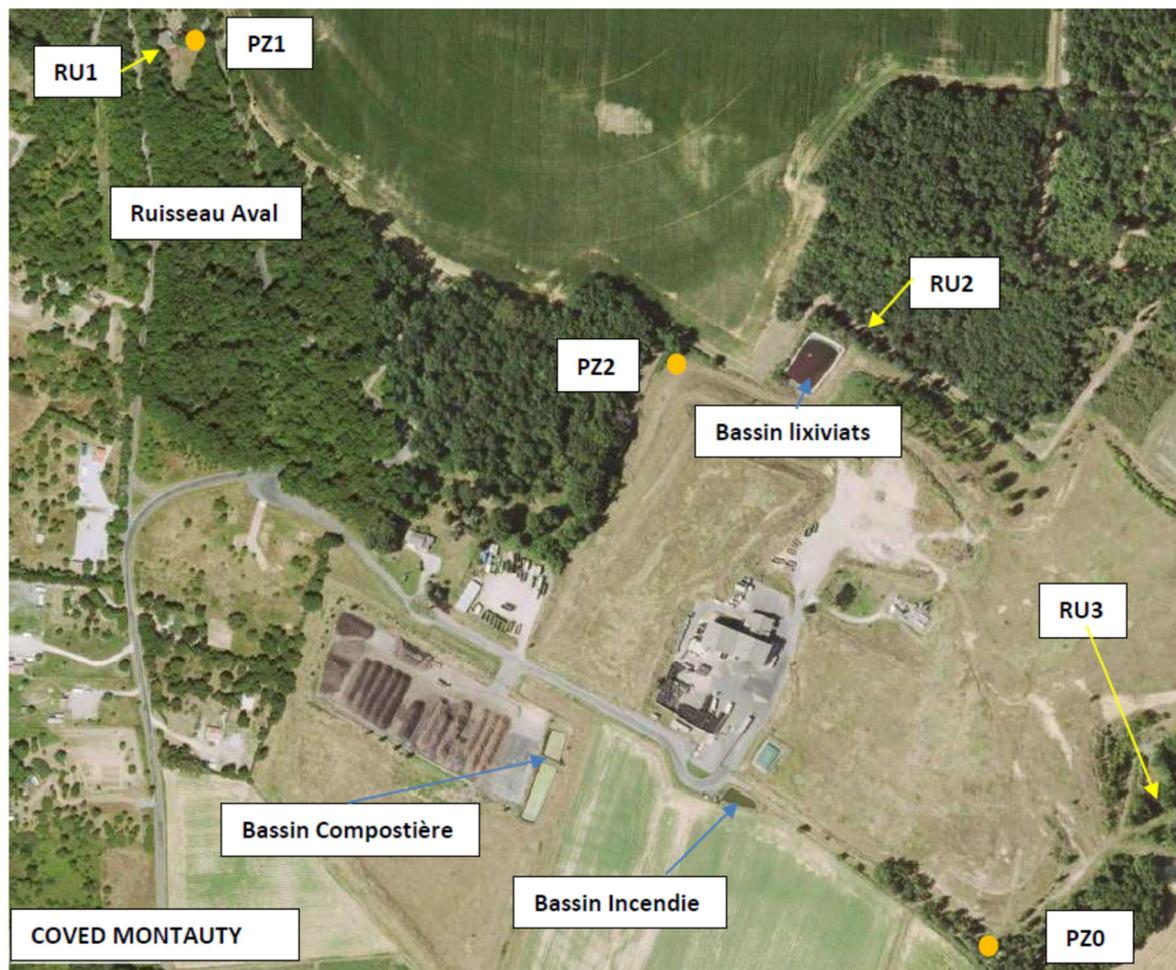


Figure 12 : Localisation des différents points de contrôle de la qualité des eaux de surface, des lixiviats et des eaux souterraines (extrait du rapport IRH n° MPYP170033-17-363-R0)

## 4.9 Gestion des eaux de surface

Des fossés de collecte périphérique permettent de diriger les eaux ruisselées sur les dômes vers les exutoires, (ruisseau de Montauty ou milieu naturel directement).

Un bassin au Sud-est collecte une partie des eaux pluviales du site, et permet de tamponner les rejets au ruisseau de Montauty (point de contrôle RU3).

Le site est bordé sur ses façades Est et Nord-ouest par des fossés extérieurs et sur sa façade Sud-ouest par des fossés et busages bordant les voiries.

Le ruisseau de Montauty est busé (buse béton avec revêtement interne étanche PEHD, diamètre 800 mm a priori) sur une distance d'environ 200 m (entre les points de contrôle RU2 et RU3).

## 5 Description du projet

Le projet est décrit de manière détaillée dans le document spécifique transmis par GENERALE DU SOLAIRE. Quelques éléments sont repris ci-dessous.

### 5.1 Ouvrages et implantations

La société GENERALE DU SOLAIRE envisage la construction d'une centrale photovoltaïque au sol, au droit des anciennes zones de stockage : casiers 1A et 1B et au droit des anciens casiers 7 à 14. Le plan d'implantation prévisionnel des panneaux est repris ci-dessous.

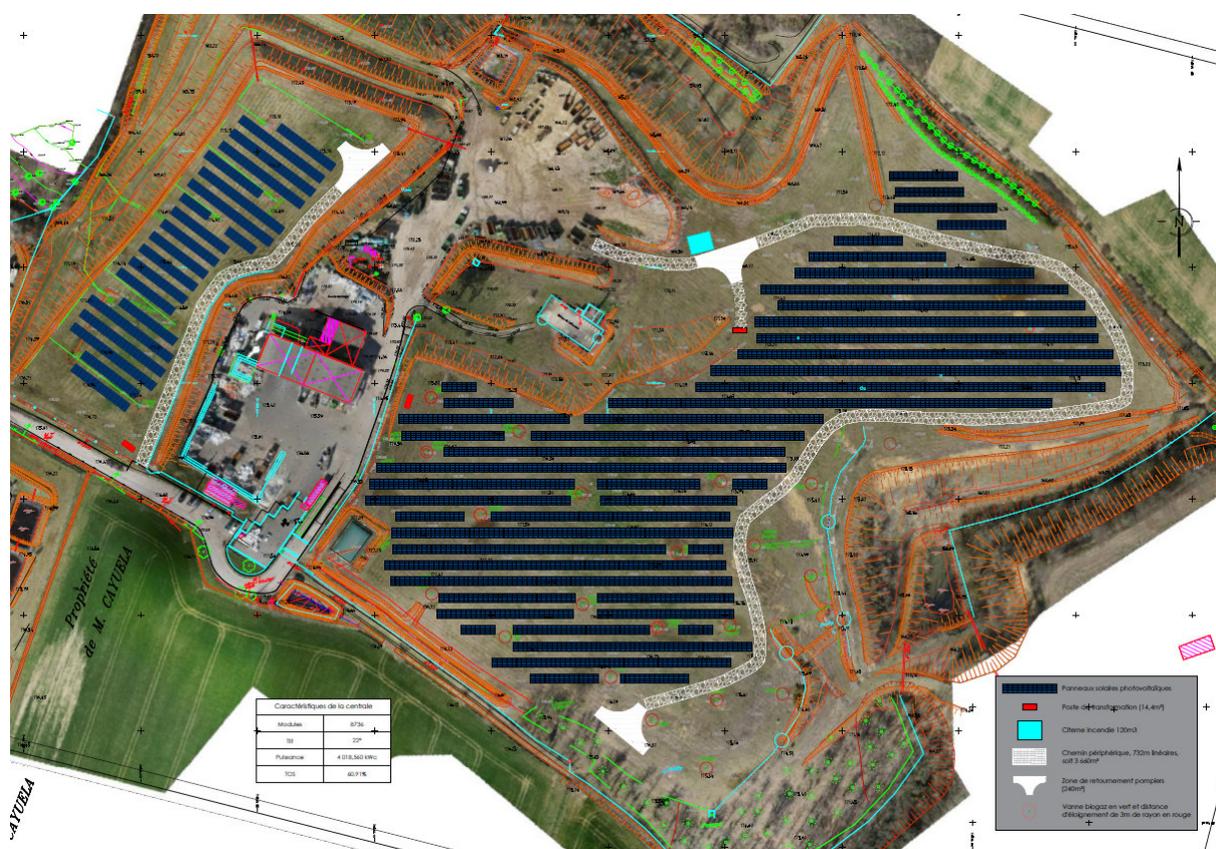


Figure 13 : Plan d'implantation des panneaux photovoltaïques – source : GENERALE DU SOLAIRE

La puissance nominale de l'installation sera de l'ordre de 4,05 MWc et sa durée de vie estimée est au minimum de 40 ans.

### 5.2 Tables photovoltaïques

Les tables photovoltaïques seront constituées par un assemblage de panneaux photovoltaïques fixés sur des châssis métalliques reposant sur le sol en place par l'intermédiaire de longrines en béton armé ou tout autre type de fondations superficielles qui seront à justifier dans le cadre des études géotechniques (missions G2).





Figure 14 : Exemple de châssis métallique reposant sur des longrines béton

Les tables photovoltaïques seront posées sur fondations spécifiques restant à dimensionner (exemple : longrines...).

Les dimensions maximales des structures des tables sont de 14,47 m de longueur, 3,95 m de largeur et 4,26 m de largeur inclinée.

Les tables de panneaux présentent une inclinaison de 22° et sont orientées vers le Sud. Elles sont donc constituées de châssis fixes ayant une hauteur totale de 2,60 m maximum par rapport au sol. Des boîtes de jonction installées à l'arrière des panneaux permettront de collecter l'électricité produite par les panneaux.

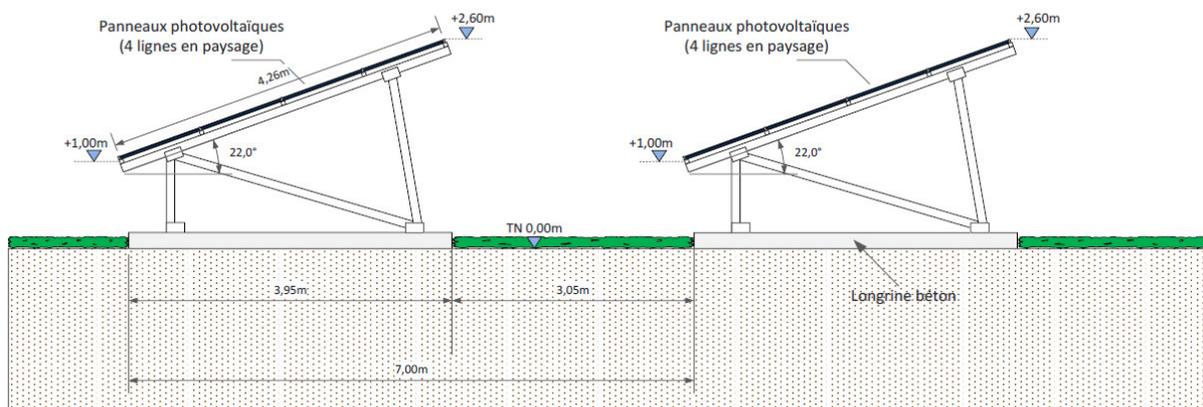


Figure 15 : coupe schématique de l'implantation type des panneaux photovoltaïques

Les structures auront une hauteur suffisante par rapport au sol : 0,80 m au minimum permettant notamment l'entretien de la végétation.



## 5.3 Fondations

Des fondations sont nécessaires afin de fixer au sol les panneaux photovoltaïques et notamment pouvoir assurer leur tenue à l'arrachement et assurer la stabilité des ouvrages.

Les documents techniques de GENERALE DU SOLAIRE montrent que le type de fondations privilégiées sont des longrines béton.

Les caractéristiques prévisionnelles de ces longrines sont reprises ci-dessous.

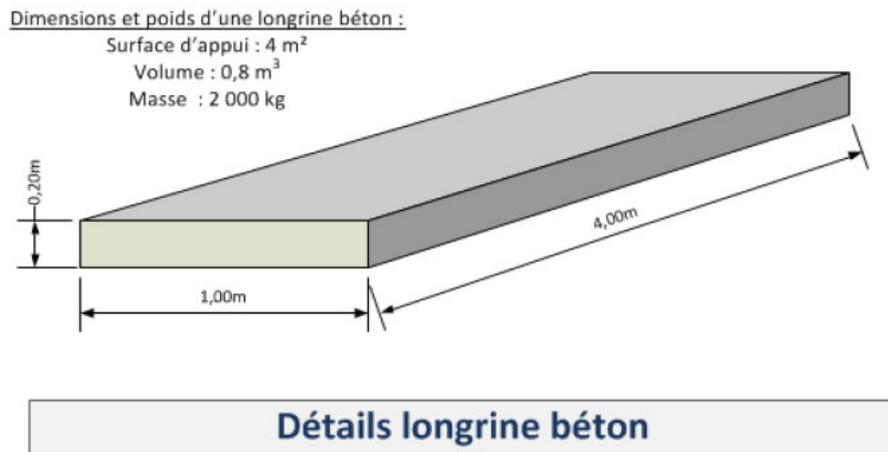


Figure 16 : détail des longrines béton de fondation des panneaux photovoltaïques (source Générale du Solaire)

Ces fondations sont des fondations de surface. Elles devront faire l'objet d'un dimensionnement géotechnique (missions G2 conformément à la norme NF P 94-500 de novembre 2013).

## 5.4 Les équipements électriques

### 5.4.1 Préambule

Un réseau interne électrique sera mis en place afin d'acheminer l'électricité produite par les panneaux au poste de livraison. Ce réseau est constitué :

- De câbles électriques ;
- De postes de transformations ;
- D'onduleurs décentralisés, fixés au dos des structures photovoltaïques.

La figure suivante reprend l'implantation prévisionnelle des 3 postes de transformations.

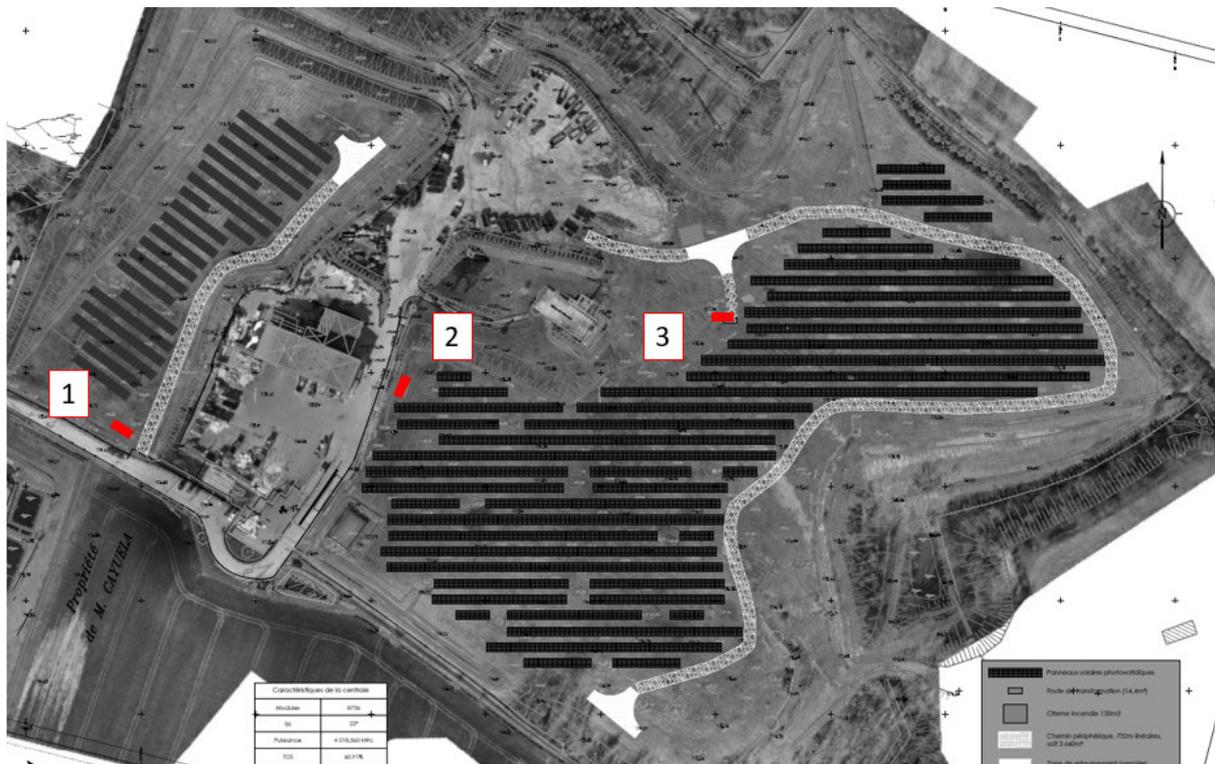


Figure 17 : implantation des équipements électriques – source : GENERALE DU SOLAIRE

Concernant le choix d'implantation des postes de transformation, il a été repéré lors de la visite sur site :

- Poste transfo 1 : situé en bordure du casier 1B sur une zone plane. L'implantation prévue est favorable à une bonne assise ;
- Poste transfo 2 : situé en bordure du casier 14, l'implantation prévue est favorable à une bonne assise ;
- Poste transfo 3 : situé au niveau d'une zone en léger dénivelé et dégagée, l'implantation prévue est favorable sur la zone plus plane pour éviter des terrassements dans les légers dénivelés qui entraineraient nécessairement une découverte importante pour mise à niveau de l'assise du poste de transformation.

## 5.4.2 Câblage électrique

Les réseaux électriques qui relient les panneaux aux postes onduleurs sont aériens, hormis à certains endroits spécifiques afin de pouvoir conserver les accès nécessaires aux zones.

## 5.4.3 Les onduleurs

Les onduleurs décentralisés seront fixés au dos des structures photovoltaïques. La figure ci-dessous présente le principe de fixation des onduleurs.





Source : Huawei

Figure 18 : principe de fixation des onduleurs

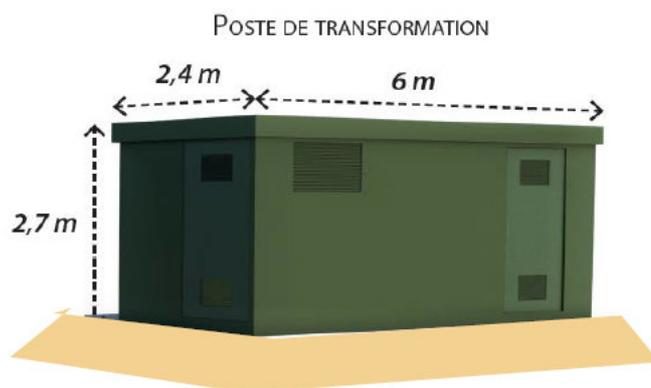
Ces équipements étant directement fixés sur les structures métalliques, ils ne présentent pas directement d'interfaces avec les éléments du centre de stockage.

#### 5.4.4 Les postes de livraison – postes de transformation

Comme vu précédemment sur le plan d'implantation des équipements électriques, trois (3) postes de transformation seront mis en place sur le site.

Ces postes auront les caractéristiques suivantes :

- Ancrage sur un remblai de + 0,80 m par rapport au sol existant ;
- Lit de pose de sable de 20 cm en fond de fouille ;
- Dimension des postes : 6m (L) x 2,40 m (l) x 2,70 m (h) ;
- Teinte : RAL 6003 vert olive.



Dimensions remblai: 7,00m (L) x 3,50m (l) x 0,80m (h)

Figure 19 : principe et dimensions d'un poste de transformation



## 6 Principes généraux de construction

Les principes généraux de construction détaillés ci-après sont basés sur :

- L'étude du contexte du site lié à l'ISDnd ;
- L'étude des données du projet de GENERALE DU SOLAIRE ;
- Notre expertise concernant les retours d'expériences sur des parcs photovoltaïques implantés sur des ISDnd.

### 6.1 Sujétions liées à la préservation de la fonction de la couverture

Sur la base de l'étude des documents fournis, le constat suivant est établi :

- La géométrie du fond de stockage n'est pas connue précisément ;
- La nature de la couverture est peu connue. L'hypothèse considérée étant la présence de matériaux fins peu perméables d'une épaisseur minimale de 1 m ;
- Lors de la visite de site, aucun signe particulier d'instabilité n'a été observé sur les talus.

Nous rappelons que la couverture finale d'une ancienne zone de stockage de déchets a, entre autres, pour fonctions de :

- Limiter l'infiltration des eaux dans les déchets, et donc limiter la production de lixiviats ;
- Maîtriser les flux gazeux (biogaz) et l'envol de poussières ;
- Réduire le caractère nocif des déchets ;
- Promouvoir la reprise de la végétation.

A ce titre, il s'agit d'un ouvrage dont les fonctions et la durabilité doivent être assurées, qui plus est dans un contexte de projet d'installations sur ce support.

Sur la base des retours d'expérience d'Antea Group et des données bibliographiques, les prescriptions concernant la construction sont les suivantes :

- S'assurer avant la mise en place des panneaux qu'une pente suffisante est assurée sur la surface des dômes pour éviter les stagnations des eaux. Le cas échéant : réaliser une étude et un apport de matériaux permettant d'assurer une pente minimale requise au drainage des eaux de ruissellement ;
- Connaître les épaisseurs réelles de matériaux disposés en couverture afin d'en tenir compte dans l'étude de dimensionnement des fondations. Cette donnée semble être connue puisque reportée dans le plan de phasage des casiers transmis par COVERED ;



- La connaissance des épaisseurs est primordiale car elle permet également de s'assurer que les fondations des panneaux ne remettent pas en cause la pérennité de la couverture. Par retour d'expérience : au moins 1 m de matériaux de couverture doivent séparer la base de la fondation de la cote dessus de déchets.

**Nota :** Afin de préciser les dispositions constructives et établir un programme de travaux précis, une étude de dimensionnement spécifique tenant compte des contraintes de préservation des objectifs de la couverture est à réaliser.

## 6.2 Stabilité des talus

### 6.2.1 Préambule

La stabilité d'un talus est fonction d'un certain nombre de paramètres parmi lesquels les plus importants sont :

- La géométrie du talus (hauteur, pente, banquettes intermédiaires, ...)
- La géométrie des couches constitutives du talus, s'il n'est pas homogène (déchets, couvertures, ...)
- Les caractéristiques mécaniques des matériaux constitutifs des différentes couches du talus ;
- La distribution de la charge hydraulique ;
- Les surcharges appliquées sur le talus ou en haut de celui-ci.

Ces diverses données sont introduites dans un modèle de calcul permettant de déterminer, pour différents types de rupture possibles, un coefficient de sécurité minimal  $F$ . Ce type d'analyse repose sur l'utilisation des équilibres limites et la comparaison des efforts moteurs et des efforts résistants mobilisables. Pour une pente donnée, le calcul est fait pour un grand nombre de surfaces de rupture possibles : c'est le coefficient  $F_{\min}$  le plus faible calculé pour l'ensemble de ces surfaces qui exprime l'état de stabilité de la pente.

Le but de ces calculs est de définir l'action de l'implantation des ouvrages panneaux photovoltaïques en crête de talus et de s'assurer que ceux-ci n'ont pas d'influence sur la stabilité.

### 6.2.2 Profils étudiés

Le profil a été établi sur la base d'un levé topométrique réalisé en avril 2016.



La figure suivante présente les deux coupes retenues pour l'étude d'implantation. Le choix des coupes a été réalisé de manière à :

- Coupe A-A' : prendre en compte le talus le plus haut ;
- Coupe B-B' : prendre en compte le talus avec le positionnement d'un poste de transformation en tête amenant une charge en crête.

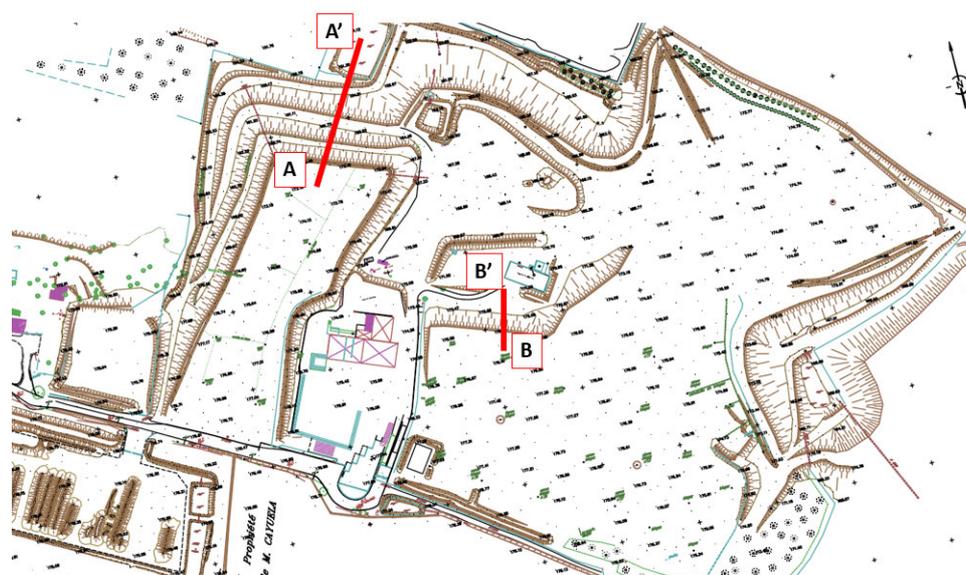


Figure 20 : implantation des coupes d'étude de stabilité de talus

### 6.2.3 Principe de la méthode utilisée

La stabilité générale du profil étudié est vérifiée à l'aide du logiciel de calcul Talren v5. La méthode de Bishop est utilisée pour vérifier la stabilité générale de la pente selon le phénomène des ruptures circulaires.

La stabilité d'un talus est fonction d'un certain nombre de paramètres parmi lesquels les plus importants sont :

- La géométrie du talus (hauteur, pente, banquettes intermédiaires...);
- La géométrie des couches constitutives du talus, s'il n'est pas homogène (remblais, rocher...);
- Les caractéristiques mécaniques des matériaux constitutifs des différentes couches du talus et des sols d'assise;
- La distribution de la charge hydraulique;
- Les surcharges (si nécessaire).

Ces diverses données sont introduites dans un modèle de calcul permettant de déterminer, pour différents types de ruptures possibles, un coefficient de sécurité minimal F. Ce type d'analyse repose sur l'utilisation des équilibres limites et la comparaison des efforts moteurs et des efforts mobilisables.



Pour une pente donnée, le calcul est fait pour un grand nombre de surfaces de ruptures possibles : c'est le coefficient  $F_{min}$  le plus faible calculé pour l'ensemble de ces surfaces qui exprime l'état de stabilité de la pente.

La stabilité générale de l'ouvrage en terre est vérifiée selon l'approche 3 de la norme NF P 94-270 (aux Eurocodes 7) introduisant des coefficients de sécurité partiels présentés ci-après. L'ouvrage est considéré stable lorsque le coefficient de sécurité  $F_{min}$  le plus faible calculé pour l'ensemble des surfaces est supérieur à 1.

Les coefficients de sécurité partiels utiles au projet d'après l'approche 3 de la NF P 94-270 sont les suivants :

Actions	Symbole	Coefficient
Angle de frottement interne	$\gamma_{\phi'}$	1,25
Cohésion effective	$\gamma_{c'}$	1,25
Poids volumique	$\gamma_{\gamma}$	1,0
Surcharge d'exploitation	$\gamma_Q$	1,3
Méthode de calcul	$\gamma_{s3}$	1,10

Tableau 3 : Coefficient partiel de sécurité : approche 3 NFP 94-270

## 6.2.4 Paramètres du modèle

Les caractéristiques retenues pour l'étude sont issues de retours d'expérience et de références bibliographiques pour les caractéristiques des déchets constitués essentiellement d'ordures ménagères à long terme.

	Substratum Matériaux du quaternaire	Déchets OM à long terme	Matériaux en couverture
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	20	10	18
$\phi'$ [°]	35	22	25
$c'$ [kPa]	15	14	20

Tableau 4 : paramètres des matériaux pris en compte pour le calcul de stabilité.

## 6.2.5 Conditions hydrauliques

Il n'a pas été considéré de conditions hydrauliques particulières dans le calcul.

## 6.2.6 Sollicitations sismiques

Selon le décret du 22 octobre 2010, la commune de Saint Sulpice la Pointe est située en zone de sismicité très faible (zone 1).

Selon l'arrêté du 24 janvier 2011 fixant les règles parasismiques applicables à certaines installations classées, aucune exigence d'application des règles parasismiques n'est requise pour les ouvrages visés par cette étude, en raison de leur importance mineure pour la sécurité des personnes et de leur confinement à l'intérieur du site.



### 6.3 Surfaces de rupture

Nous nous basons sur des ruptures circulaires intéressant la totalité des talus ; ce sont les ruptures potentielles cinématiquement les plus admissibles qui correspondent à un cas de stabilité générale.

### 6.4 Résultat et conclusions

Le tableau ci-dessous présente la synthèse des résultats de calcul. Le détail des calculs est présenté en annexe 2.

A partir des hypothèses, géométriques et mécaniques, définies ci-avant dans le document et des résultats obtenus sur les calculs de stabilité, on estime que la stabilité de l'ouvrage est assurée.

Calcul	Fs	Conformité
Profil A-A' sans surcharge de panneaux en tête	1,45	Oui
Profil A-A' avec surcharge de panneaux en tête	1,44	Oui
Profil B-B' avec surcharge de poste de transformation en tête	5,24	Oui

Tableau 5. Résultats de calculs de stabilité

Pour les 3 situations,  $F_s > 1.0$ . La stabilité de l'ouvrage est vérifiée vis-à-vis de l'Eurocode 7.

Par définition, si  $F_{min} < 1$ , l'ouvrage est en l'état d'instabilité et si  $F_{min} > 1$ , l'ouvrage est considéré comme stable.

Outre la vérification de la stabilité des talus avec le projet de mise en place du parc de panneaux photovoltaïques, sa mise en place devra respecter les prescriptions suivantes :

- Ne pas modifier la géométrie des talus ;
- Ne pas apporter de charges supplémentaires en tête de talus à une distance fonction des descentes de charge ;
- Ne pas modifier les écoulements d'eau de surface sur le dôme afin de ne pas modifier le comportement mécanique des matériaux du talus. Le cas échéant, une étude spécifique devra être réalisée.



## 6.5 Prise en compte des tassements et interactions sol-structure

### 6.5.1 Abaques de tassements

Les déchets sont des déchets ménagers et assimilés dont l'épaisseur initiale est estimée entre :

- Cas 1 : 8 et 12 m pour les casiers 2 à 10 ;
- Cas 2 : 15 et 18 m pour les casiers 11 à 14 ;
- Cas 3 : 20 m environ pour les casiers 1A et 1B.

Pour chaque cas tel que défini ci avant, les âges à considérer sont :

- Cas 1 : les déchets ont entre 30 et 20 ans ;
- Cas 2 : les déchets ont entre 20 et 17 ans ;
- Cas 3 : nous allons considérer l'âge des déchets les plus récents déposés sur cette zone soit entre 17 et 15 ans.

Les tassements résiduels du massif sont habituellement évalués sur la base des abaques d'évolution temporelle des déchets. Considérant que les couvertures n'ont pas été réalisées dans les mois suivant la fin d'exploitation des différentes zones, le coefficient de compression secondaire  $C_{\alpha\epsilon}$  est évalué à 0,12 pour une valeur de  $nh_0$  compris entre 10 et 18 m. Sur cette base, les tassements résiduels restant à partir de 2019 sont de l'ordre de :

- Entre 0 et 1 % de la hauteur de déchets pour la zone dite cas 1 ;
- Entre 1 et 2 % de la hauteur de déchets pour la zone dite cas 2 ;
- Entre 1 et 2 % de la hauteur de déchets pour la zone dite cas 3.

**Nota** : la validation de cette hypothèse nécessiterait la réalisation de sondages permettant d'étudier la nature des déchets et leur état de maturation.

Une étude de dimensionnement géotechnique prendra en compte par une modélisation les effets de tassement induit par la nature des déchets sous-jacents.

Globalement, au regard de l'âge du massif de déchets, les tassements qui doivent encore s'opérer restent minimes par rapport aux tassements déjà réalisés.

**Nota** : sur l'aspect tassement, la construction du parc solaire n'intervenant pas avant 2021, les taux de tassements seront encore plus faibles à partir de cette date.



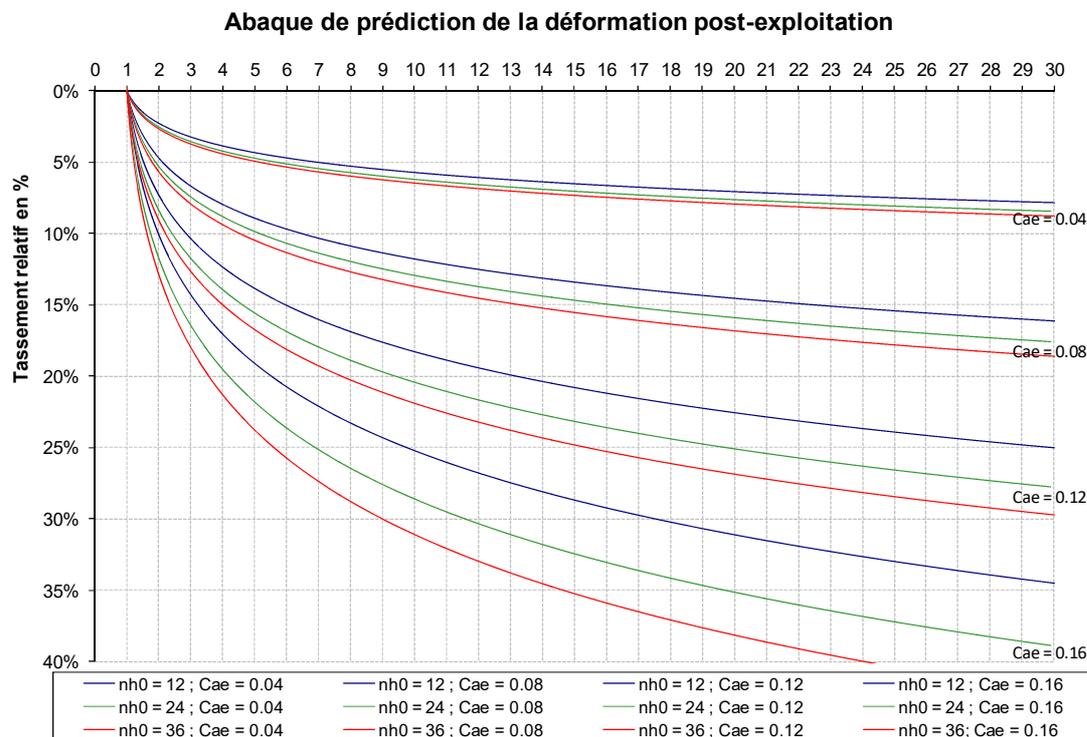


Figure 21 : Abaque de prédiction des tassements des déchets

### 6.5.2 Suivi de levé topographique sur site

Différents levés topographiques ont été réalisés sur site pendant l'exploitation et après la fin d'exploitation. Il nous a été fourni un plan permettant de rendre compte des tassements mesurés entre le levé de 2003 et 2007 pour la partie des casiers 2 à 14 et entre les levés de 2004 et 2007 pour la partie des casiers 1A et 1B. Ce plan est présenté ci-après.



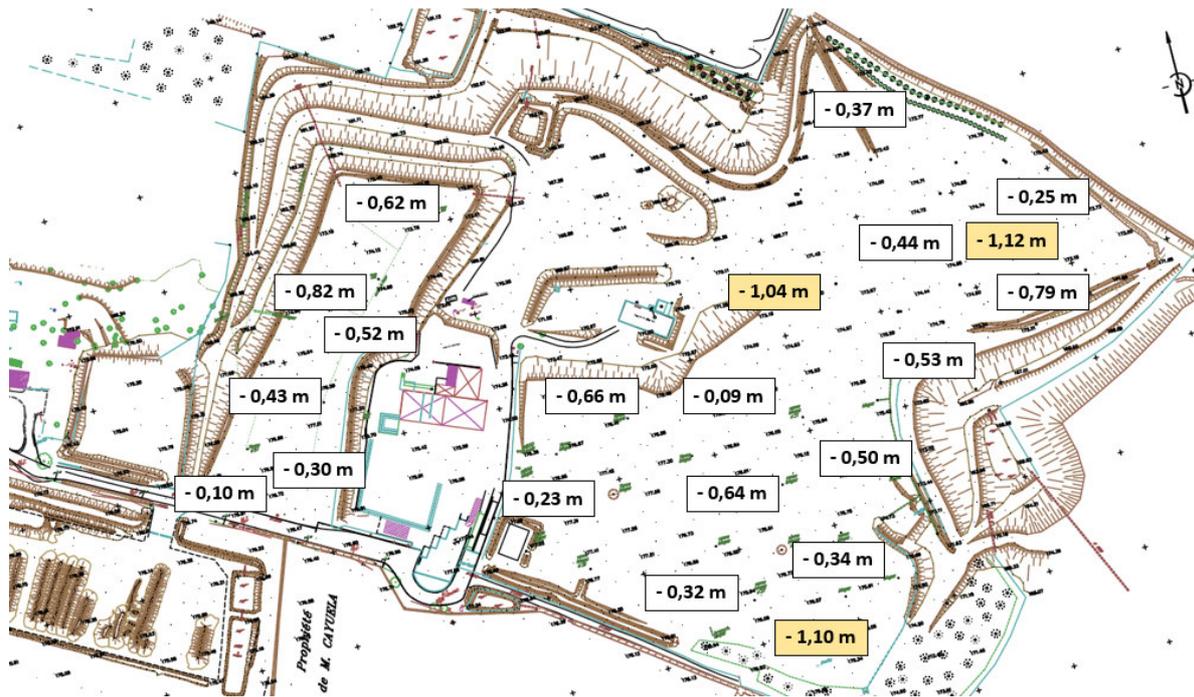


Figure 22 : Extrait du plan de tassement : présentation des deltas de cotes entre deux levés topographiques

Ce plan met en avant que des zones ont subi plus de tassements que d'autres : il s'opère donc des tassements différentiels dus à la nature des déchets variable notamment.

Au regard des données de tassement présentées ci avant, il n'y aura a priori pas de travaux de remblaiement et reprofilage à prévoir sur le dôme au vue des tassements minimes restant.

## 6.6 Règles de conception des fondations

Les fondations devront être homogènes pour une même table, seules les fondations superficielles sont autorisées.

La justification des fondations devra être réalisée par un bureau d'étude géotechnique afin de réaliser une étude G2 AVP au sens de la norme NFP 94-500 de novembre 2013.

Les fondations des ouvrages seront ensuite dimensionnées par un BE structure en conformité aux normes NF EN 206-1 (fabrication béton), NF P 11-213-1, 2 (dallages) et au DTU 21 (exécution des ouvrages en béton).

Afin de garantir la bonne exécution des fondations des ouvrages, il conviendra de terrasser soigneusement le sol d'assise de façon à éliminer les flashs et autres défauts de surface, en préservant l'intégrité de la couverture sous-jacente.

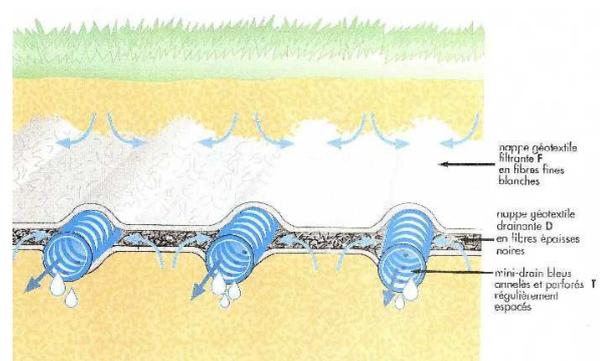
## 6.7 Gestion des eaux météoriques

Sur de tels sites en post exploitation, des zones de stagnation d'eau peuvent être présentes et ont déjà été observées sur site. Les tassements différentiels du dôme de déchets sont en partie responsable de la formation de ces zones.

Des remodelages et des apports de matériaux devront être prévus au préalable de la construction du parc solaire afin de remédier à ces phénomènes et d'éviter leur développement.

Préalablement aux travaux de mise en œuvre des tables, il faudra traiter les points bas de stagnation d'eau de surface présentes sur site. En fonction des dénivelés et des volumes déficitaires estimés, il faudra prévoir soit :

- La mise en place d'un système de drainage permettant de drainer chacune des zones de stagnations. Les éventuels dispositifs de drainage seront alors raccordés sur le réseau de gestion des eaux de surface du site ;
- L'apport de matériaux et éventuellement la pose d'un géosynthétique de drainage (exemple ci-dessous) de sorte que la pente générale du dôme soit restituée et que les eaux météoriques puissent être acheminées vers les descentes d'eau.



Cette opération sera pilotée par la COVED. Une attention particulière devra être portée sur ce point dans les phases ultérieures d'études.

Hormis les deux points bas identifiés à ce jour et qui seront traités par COVED avant la mise en place du parc photovoltaïque, le modelage du dôme est suffisant pour assurer la bonne gestion des eaux météoriques.

## 6.8 Arrivées d'eau

En phase chantier, l'entreprise devra veiller à bien fermer les surfaces de travail avant l'arrivée de précipitations importantes afin de permettre le ruissellement et la collecte des eaux pluviales selon le système de fossés déjà en place. Tout point d'accumulation des eaux est à éviter.

## 6.9 Circulation sur le dôme

Dans le cadre de la réalisation des travaux, la circulation des engins devra être maîtrisée. Il est impératif de réaliser *a minima* une plateforme de travail provisoire en matériaux granulaires d'une épaisseur de 30 à 40 cm afin de permettre la circulation des engins et éviter la sollicitation de la couverture en surface. Un géotextile anti-contaminant (masse surfacique d'environ 300 g/m<sup>2</sup>) devra être placé entre



la couverture et la plateforme de travail.

**Il est essentiel d'éviter l'orniérage de la couverture.**

Pour les mêmes raisons, les installations de chantier seront à prévoir en dehors du dôme.

Les engins de levage (type grue fixe ou mobile), nécessaires à la mise en place des postes de transformation, ne devront circuler que sur les voiries localisées en dehors des casiers.

Une fois ces dispositions prises, nous n'émettons pas de recommandations particulières pour la circulation des véhicules sur le site.

## 6.10 Prise en compte des ouvrages de gestion de biogaz et de lixiviats

Les ouvrages relatifs au captage du biogaz sur site doivent être conservés : l'implantation des panneaux doit être réalisée en fonction notamment des têtes de puits. L'accumulation du biogaz au droit des collecteurs et têtes de puits en fait des zones dites ATEX (Atmosphère Explosive). Les prescriptions s'y rapportant sont :

- Un éloignement recommandé des têtes de puits de 3 m : ces zones étant des zones potentielles de plus fort tassement ;
- Une distance des collecteurs de 2 à 4 m afin d'éviter les chocs sur ces réseaux, que ce soit pendant les travaux ou lors des opérations de maintenance sur les panneaux ;
- Le maintien de l'accès à l'exploitant pour chaque tête de puits qui doit y réaliser des mesures et des réglages régulièrement.

Il a déjà été vu et anticipé par GENERALE DU SOLAIRE la réalisation du dévoiement du réseau de biogaz et de lixiviats sur la partie des casiers 1A et 1B. Ces travaux devront être réalisés par des personnes compétentes en travaux ATEX et soudure PEHD. Ces travaux devront nécessairement être réalisés en concertation avec l'exploitant du site.

Le nouveau réseau de biogaz devra respecter les prescriptions particulières nécessaires à son bon fonctionnement et notamment :

- Mise en place à l'identique des points de piquages ;
- Mise en place de pentes permettant de récupérer les condensats soit dans des pots de purge à mettre en œuvre, soit dans les puits de biogaz ;
- Repérage et mise en place des collecteurs sur des merlons et/ou des rails réglables.

Il se trouve a priori, de la même manière que les biogaz, des ouvrages de pompage des lixiviats. L'implantation des panneaux tiendra donc compte de ces ouvrages et une distance minimale permettant l'accès à ces puits sera à respecter.

## 6.11 Prise en compte du risque incendie

L'ISDnd a ses moyens propres du point de vue de la défense incendie. Les risques incendies apportés par le projet de parc photovoltaïque seront maîtrisés, de par le respect strict des préconisations du SDIS 81 (que le maître d'ouvrage s'engage à respecter) et par la mise à disposition d'une citerne incendie de 120 m<sup>3</sup> sur le site. Le risque incendie principal inhérent à l'ISDnd est l'installation de



traitement du biogaz (torchère). Il n'y a pas d'interaction entre le projet de parc photovoltaïque et la zone de la torchère. D'autre part, cette installation ne fonctionne aujourd'hui qu'à faible régime et va tendre à ne plus fonctionner au regard de la baisse de la production de biogaz sur le site.

## 6.12 Enchaînement des missions géotechniques

Nous rappelons que le présent rapport concerne l'étude d'ingénierie géotechnique préliminaire (mission G1-PGC au sens de la norme NF P 94-500, version de *novembre 2013*).

Conformément aux préconisations de cette norme, elle doit être suivie par l'étude d'ingénierie géotechnique d'avant-projet (mission G2 AVP), afin de réaliser les études de pré-dimensionnement des fondations des ouvrages.

Antea Group est à la disposition des Responsables du projet pour réaliser cette mission complémentaire.



## 7 Conclusion

La société GENERALE DU SOLAIRE projette la création d'un parc photovoltaïque sur le site de l'ISDnd de Montauty (81).

Les équipements envisagés sont des tables fixes sur châssis métalliques reposant sur des fondations superficielles de type longrines béton.

La présente étude consiste à présenter les orientations possibles vis-à-vis des problématiques de fondations des panneaux et de la compatibilité du projet avec les contraintes et les enjeux du site qui est une ISDnd. Des principes généraux de construction ont donc été décrits par rapport :

- Aux données du projet et au type d'ouvrage à construire ;
- Au contexte dans lequel il s'inscrit à savoir le site de l'ISDnd.

Une attention particulière sera apportée quant à l'implantation des ouvrages sur les différentes zones. Ces implantations devant tenir compte de tous les ouvrages existants (biogaz, lixiviats, gestion des eaux ...).

Un autre des principes essentiels est de s'assurer de la préservation de la couverture des différents massifs de déchets. Le mode de fondation superficielle est à adopter et une étude particulière permettra de définir les conditions de réalisation des fondations, ainsi que les tassements induits par le projet.

Des calculs de stabilité réalisés sur la base des données topographiques ont montré que les talus sont stables y compris en tenant compte des équipements et des ouvrages prévus dans le cadre du parc photovoltaïque.

Le système de gestion des eaux de ruissellement actuel ne présente pas de contrainte particulière pour l'implantation des tables. Une pente générale sur chacun des dômes devra être maintenue (ou reprise avant la mise en place des panneaux le cas échéant) de sorte que les eaux météoriques continuent d'être acheminées vers le réseau d'eau périphérique.

L'accès aux différents dômes doit être maintenu pour l'exploitant afin qu'il puisse y réaliser ses entretiens réguliers et ses contrôles périodiques sur les ouvrages.

Hormis les travaux programmés par COVED pour le traitement des points bas, le remodelage du dôme et des talus n'apparaît pas nécessaire au bon suivi post exploitation.



### Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne saurait engager la responsabilité de celle-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Il est rappelé que les résultats de la reconnaissance s'appuient sur un échantillonnage et que ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité du milieu naturel ou artificiel étudié.

La prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.



## FIGURES

Figure 1 : Localisation et voisinage du CET de Montauty – Saint Sulpice la Pointe (source géoportail) .....	8
Figure 2 : Emprise de l’ancien CET de Montauty sur photographie aérienne (source : GDS) ...	9
Figure 3 : Extrait de la carte géologique de Mayenne au 1/50 000 <sup>e</sup> (BRGM) .....	10
Figure 4 : Zonage sismique de la France en vigueur au 1 <sup>er</sup> mai 2011 .....	11
Figure 5 : Plan des casiers du CET de Montauty, avec indication des dates d’exploitation, des hauteurs de déchets et des épaisseurs de couverture .....	13
Figure 6 : Schéma présentant la composition de la couverture sur le dôme au sens de l’AP du 10/11/1999.....	17
Figure 7 : Evolution de la composition du biogaz en fonction de l’âge du déchet.....	18
Figure 8 : Estimation du débit de biogaz à 50 % de CH <sub>4</sub> récupérable : exploitation de 1980 à 2004.....	21
Figure 9 : Plan des ouvrages de gestion des biogaz .....	22
Figure 10 : Cartographie de la proportion en CH <sub>4</sub> du biogaz produit .....	24
Figure 11 : Réseau supposé de gestion des lixiviats du site.....	25
Figure 12 : Localisation des différents points de contrôle de la qualité des eaux de surface, des lixiviats et des eaux souterraines (extrait du rapport IRH n° MPYP170033-17-363-R0) .....	26
Figure 13 : Plan d’implantation des panneaux photovoltaïques – source : GENERALE DU SOLAIRE .....	27
Figure 14 : Exemple de châssis métallique reposant sur des longrines béton .....	28
Figure 15 : coupe schématique de l’implantation type des panneaux photovoltaïques .....	28
Figure 16 : détail des longrines béton de fondation des panneaux photovoltaïques (source Générale du Solaire).....	29
Figure 17 : implantation des équipements électriques – source : GENERALE DU SOLAIRE ....	30
Figure 18 : principe de fixation des onduleurs.....	31
Figure 19 : principe et dimensions d’un poste de transformation .....	31
Figure 20 : implantation des coupes d’étude de stabilité de talus.....	34
Figure 21 : Abaque de prédiction des tassements des déchets.....	38
Figure 22 : Extrait du plan de tassement : présentation des deltas de cotes entre deux levés topographiques .....	39

## TABLEAUX

Tableau 1 : Prescriptions techniques issues des arrêtés du site.....	15
Tableau 2 : Tonnages et type de déchets mis en dépôt de 1980 à 2004.....	20
Tableau 3 : Coefficient partiel de sécurité : approche 3 NFP 94-270 .....	35
Tableau 4 : paramètres des matériaux pris en compte pour le calcul de stabilité.....	35
Tableau 5. Résultats de calculs de stabilité.....	36



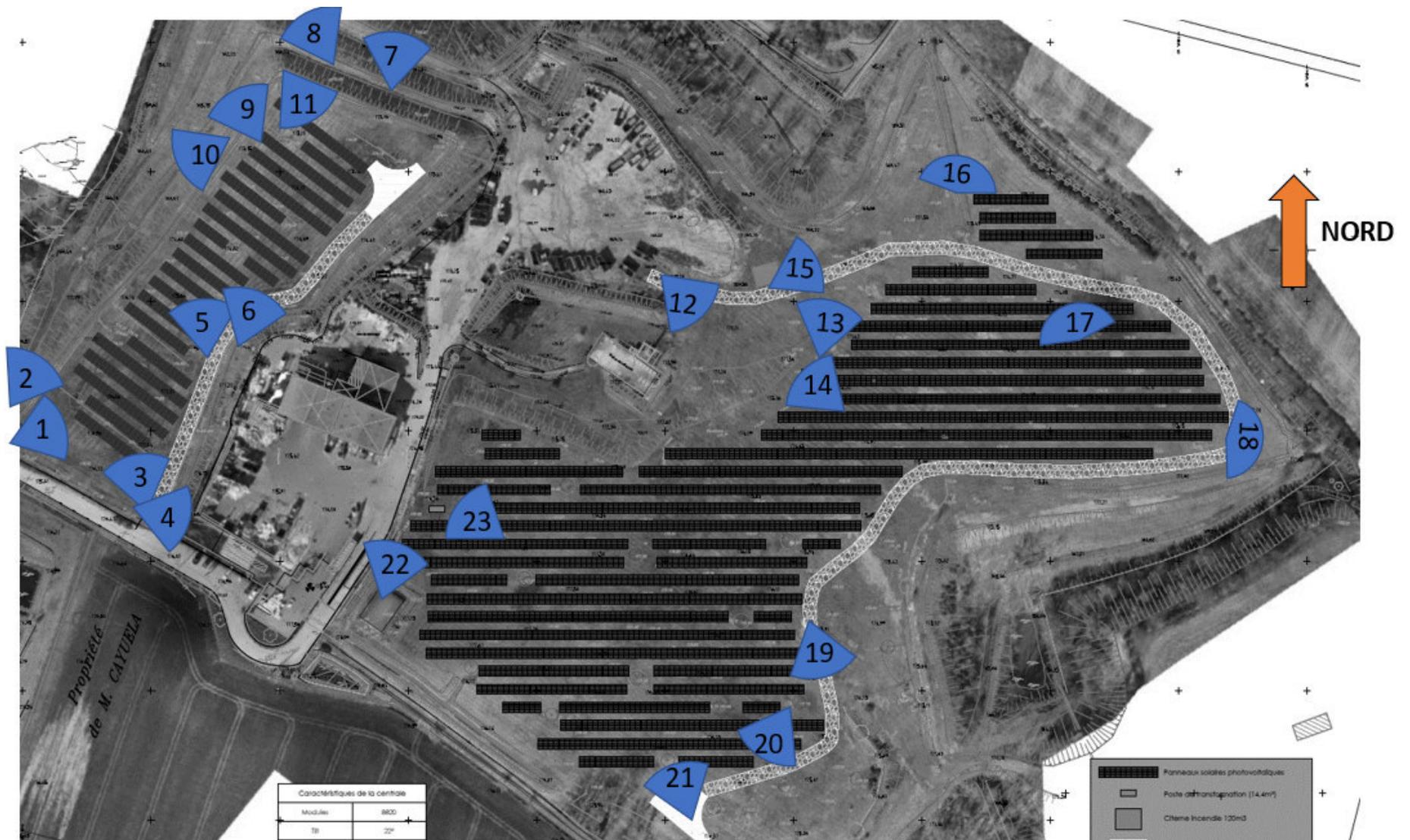
# ANNEXES



# Annexe 1

## Planche photographique







Vue 1



Vue 2



Vue 3



Vue 4



Vue 5



Vue 6



Vue 7



Vue 8



Vue 9



Vue 10



Vue 11



Vue 12



Vue 13



Vue 14



Vue 15



Vue 16



Vue 17



Vue 18



Vue 19



Vue 20



Vue 21



Vue 22



Vue 23



## Annexe 2

### Résultats TALREN



# Données du projet

Numéro d'affaire : MPYP180246

Titre du calcul : coupe AA

Lieu : Montauty

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m<sup>3</sup>

γw : 10.0

## Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	couverture		18,0	25,00	20,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	Déchets		10,0	22,00	14,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
3	Substrat		20,0	35,00	15,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

## Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe
1	couverture		-	-	-	Effective	Linéaire
2	Déchets		-	-	-	Effective	Linéaire
3	Substrat		-	-	-	Effective	Linéaire

## Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0,000	174,000	2	10,000	173,000	3	15,000	172,500	4	20,000	169,500	5	26,000	168,000
7	43,000	162,685	8	57,500	154,500	9	36,000	162,289	10	54,000	150,000	11	65,000	154,000
13	90,000	151,000	14	0,000	151,000	15	0,000	173,000	16	10,000	172,000	17	14,755	171,424
19	21,788	167,000	20	25,819	167,000	21	35,791	161,020	22	42,816	161,500	23	56,738	153,500

## Segments

	Point 1	Point 2																
1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	6	5	6	5	6	5	9	7
8	7	8	10	8	11	11	11	12	12	12	13	13	10	14	15	14	15	
17	16	15	18	16	17	19	17	18	20	18	19	21	19	20	22	20	21	
24	22	23	25	10	23	26	23	8										

## Surcharges réparties

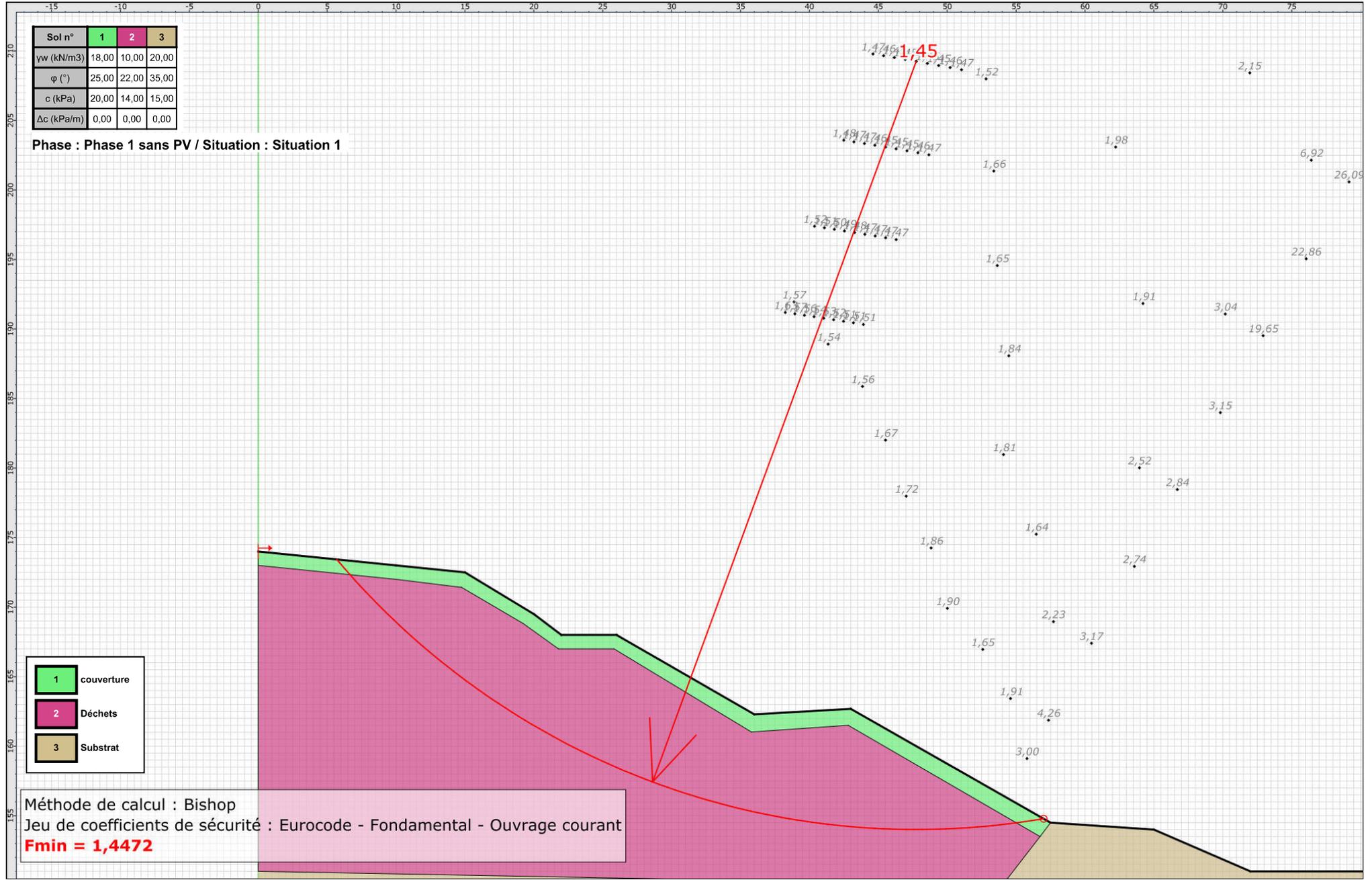
	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droite	Y droite	q droite	Ang/horizontale
1	panneaux PV	6,808	173,319	0,5	9,886	173,011	0,5	90,00

Sol n°	1	2	3
γw (kN/m3)	18,00	10,00	20,00
φ (°)	25,00	22,00	35,00
c (kPa)	20,00	14,00	15,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00

Phase : Phase 1 sans PV / Situation : Situation 1

1	couverture
2	Déchets
3	Substrat

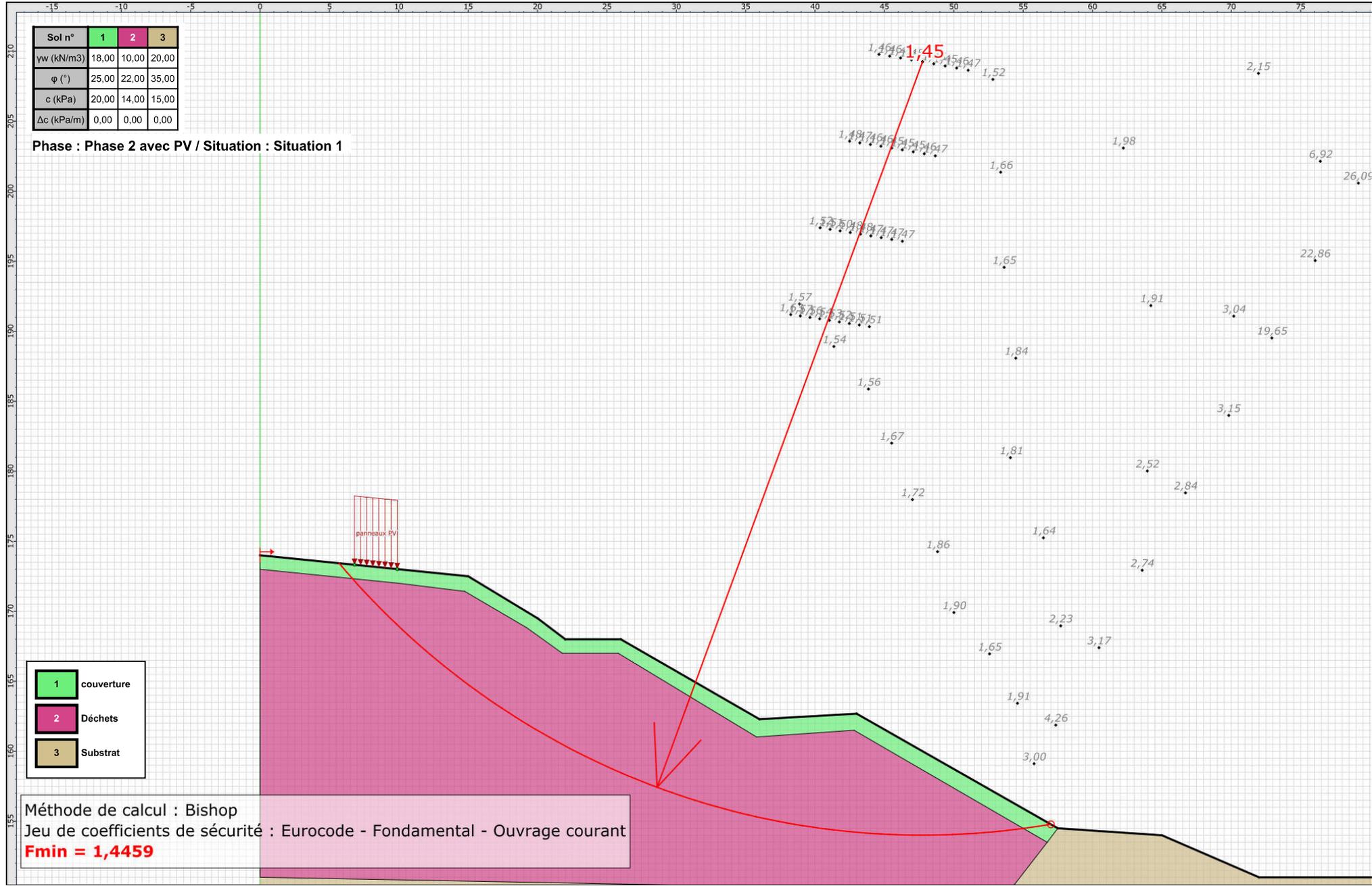
Méthode de calcul : Bishop  
 Jeu de coefficients de sécurité : Eurocode - Fondamental - Ouvrage courant  
**Fmin = 1,4472**



Talren v5  
v5.2.4

Imprimé le : 11 févr. 2019 10:06:50  
Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : coupe AA



Talren v5  
v5.2.4

Imprimé le : 11 févr. 2019 10:06:50  
Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : coupe AA

# Données du projet

Numéro d'affaire : MPYP180246

Titre du calcul : coupe BB

Lieu : Montauty

Commentaires : N/A

Système d'unités : kN, kPa, kN/m<sup>3</sup>

γw : 10.0

## Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	couverture		18,0	25,00	20,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	Déchets		10,0	22,00	14,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
3	Substrat		20,0	35,00	15,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

## Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe
1	couverture		-	-	-	Effective	Linéaire
2	Déchets		-	-	-	Effective	Linéaire
3	Substrat		-	-	-	Effective	Linéaire

## Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y	X	Y
1	0,000	176,000	2	23,000	175,000	3	32,000	173,000	4	60,000	170,000		

## Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2
1	1	2	2	2	3	3	3	4									

## Surcharges réparties

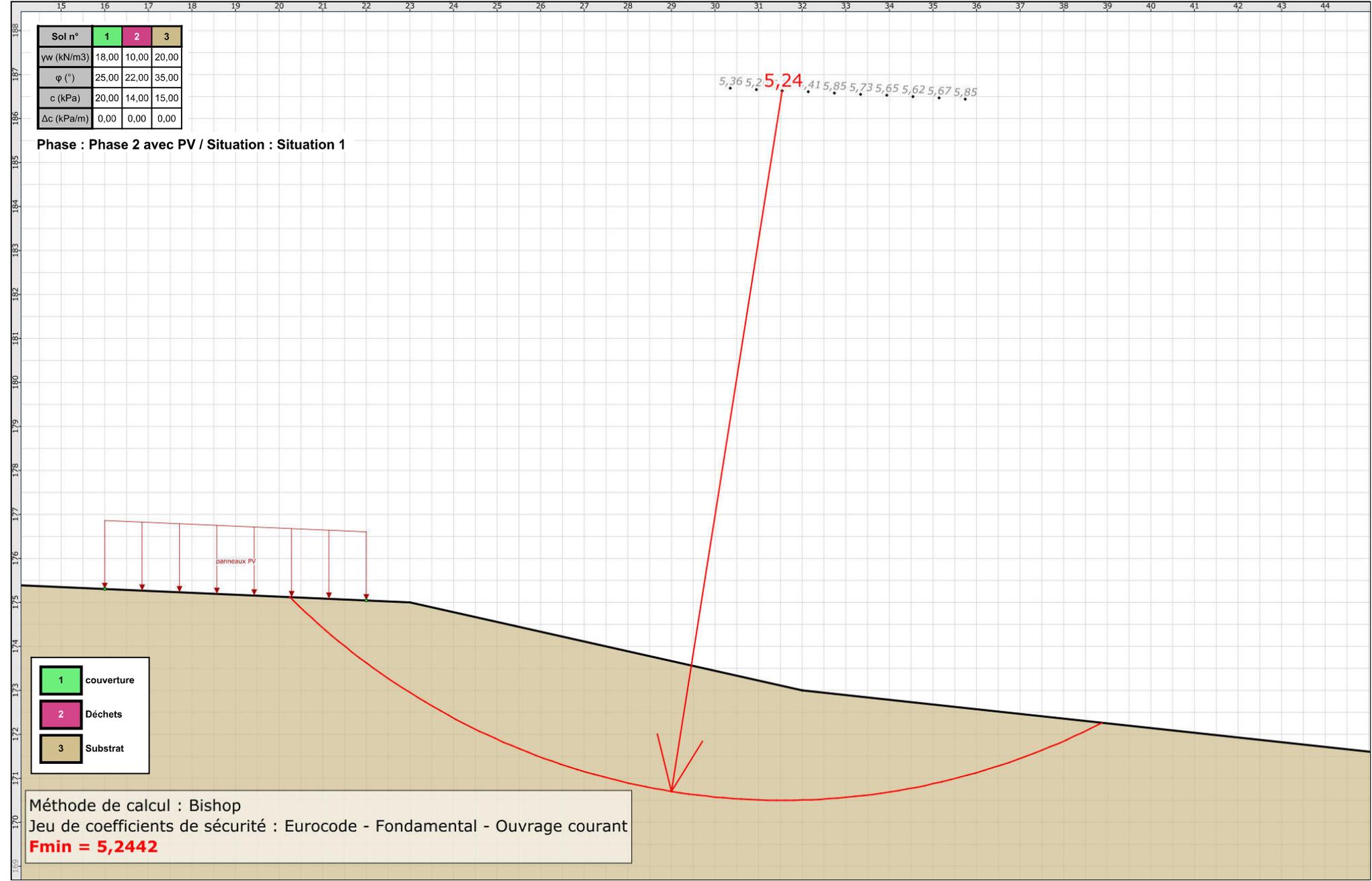
	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droite	Y droite	q droite	Ang/horizontale
1	panneaux PV	16,000	175,304	2,0	22,000	175,046	2,0	90,00

15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44

Sol n°	1	2	3
γw (kN/m3)	18,00	10,00	20,00
φ (°)	25,00	22,00	35,00
c (kPa)	20,00	14,00	15,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00

Phase : Phase 2 avec PV / Situation : Situation 1

5,36 5,2 5,24 5,41 5,85 5,73 5,65 5,62 5,67 5,85



- 1 couverture
- 2 Déchets
- 3 Substrat

Méthode de calcul : Bishop  
 Jeu de coefficients de sécurité : Eurocode - Fondamental - Ouvrage courant  
**Fmin = 5,2442**



Talren v5  
v5.2.4

Imprimé le : 11 févr. 2019 10:15:43  
Calcul réalisé par : ANTEA

Projet : coupe BB



  
antea<sup>®</sup>group