



## Annexe 4-1 : Bilan hydrique – Note de calcul (ARCADIS)



Sita Sud

# Pôle de Recyclage et d'Elimination des Déchets Non Dangereux de la Roseraie - Commune de Bellegarde (Gard)

## Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter

### Bilan Hydrique

Note de Calcul

**Emetteur** Arcadis  
Agence de Marseille  
Centre GVio – Bâtiment D3  
Impasse du Paradou  
13009 MARSEILLE  
Tél. : +33 (0)4 96 14 08 90  
Fax : +33 (0)4 91 72 36 84

**Réf affaire Emetteur** FR0110.001447  
**Chef de Projet** Marilou VALE  
**Auteur principal** Thomas WOHLHUTER  
**Nombre total de pages** 9

Indice	Date	Objet de l'édition/révision	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par
A01	02/03/2012	Première diffusion	T.WOHLHUTER	M.VALE	M. COLLOMP
A02	22/03/2012	Ajout production post-exploitation	T.WOHLHUTER	M.VALE	M. COLLOMP

Il est de la responsabilité du destinataire de ce document de détruire l'édition périmée ou de l'annoter « Edition périmée ».

Document protégé, propriété exclusive d'ARCADIS ESG.  
Ne peut être utilisé ou communiqué à des tiers à des fins autres que l'objet de l'étude commandée.

**Emetteur** AFR **Phase / cat** DIV **Num** 3041.A04 **Type** NOT **Indice** A01 **Statut** V2  
Réf Aff. Arcadis / FR0110.001447 FR0110.001447-DIV-3041.A04-NOT-A01-v2-FINAL-bis.docx



## Table des Matières

<b>1</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Méthodologie et hypothèses de travail .....</b>	<b>4</b>
2.1	Méthodologie .....	4
2.2	Estimation de chaque terme de la formule - Approche retenue pour l'ISDND de la Roseraie .....	5
2.2.1	Quantité théoriquement produite : « Volume annuel infiltré » ( <b>L</b> ) .....	5
2.2.2	Infiltration potentielle par le fond du site (« I ») .....	5
2.3	Données d'entrée du projet .....	6
2.3.1	Données météorologiques.....	6
2.3.2	Surfaces concernées pour le projet de l'ISDND de la Roseraie .....	6
<b>3</b>	<b>Résultats des simulations .....</b>	<b>9</b>
3.1	Estimation de la production de lixiviats sur l'ISDND .....	9

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Données de pluviométrie – Moyennes mensuelles et annuelles (en mm).....	6
Tableau 2 : Surfaces prises en compte dans la réalisation du bilan hydrique .....	8

## Liste des figures

Figure 1: Modélisation de la production de lixiviats .....	9
Figure 2 : Evolution du rapport lixiviats collectables / précipitations interceptées.....	10

# 1 Introduction

Dans le cadre de son projet de création d'un Pôle de Recyclage sur la commune de Bellegarde (30), SITA Sud a mandaté ARCADIS pour la réalisation du Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter (DDAE)

La présente demande d'autorisation concerne notamment :

- Une activité de tri et valorisation des DIB et encombrants provenant des collectivités et des entreprises ;
- Une activité de stockage pour la part ultime des Déchets Non Dangereux ;
- Des unités connexes au stockage telles qu'une unité de traitement des lixiviats et un équipement d'élimination du biogaz.

Dans ce cadre, ARCADIS a réalisé une estimation de la production de lixiviats en fonction du phasage d'exploitation envisagé.

Cette note de calcul en présente la teneur. Elle comporte 2 parties :

- Méthodologie utilisée et synthèse des hypothèses prises en compte ;
- Résultats de la simulation prédictive.

## 2 Méthodologie et hypothèses de travail

### 2.1 Méthodologie

L'outil « Bilan Hydrique » développé par SITA France, dont les principes et hypothèses de fonctionnement sont publiés<sup>1</sup>, a été utilisé pour estimer la quantité de lixiviats à traiter en période d'exploitation et en période de suivi long-terme.

L'équation générale considérée est la suivante :  $VL = L - I$ .

Avec

**VL** : volume de lixiviats qu'il est possible de collecter

**L** : précipitations infiltrées à travers la couverture

**I** : lixiviats infiltrés à travers le fond du casier

- La formule empirique utilisée pour le calcul de la production théorique de lixiviats (**L**) a été établie à partir de sites français. Elle est extrapolable en climat tempéré et reste à valider dans le cas de climats très différents (secs, tropicaux,...).
- L'influence des pentes de couverture est prise en compte « statistiquement » dans l'estimation de « **L** ». La projection horizontale est prise en compte dans le cas de surfaces fortement inclinées.
- Le site de stockage est considéré comme situé dans une couche de terrain non saturée en eau.
- Les caractéristiques hydrauliques des déchets (notamment perméabilité et chemins préférentiels) ne sont pas prises en compte dans la formule retenue qui peut donc s'avérer moins adaptée dans le cas d'un site très épais ou bien recevant des déchets particulièrement imperméables.
- La méthode proposée ne rend pas compte des possibles variations du stock de lixiviats dans la masse de déchets. Notamment, on fait l'hypothèse que la quantité de lixiviats produite (**VL**) est évacuée sur la durée considérée. Le niveau de lixiviats est donc considéré comme constant dans le site.
- Le cas échéant, les volumes recirculés dans les déchets ne sont pas pris en compte.

---

<sup>1</sup> T.GISBERT, C.BLOQUET, G.BARINA and C.PETIPAS, 2003, Assessing the quantity of leachate: a simple tool for short and long term prediction and its evaluation on real size landfill sites, Proceedings Sardinia 2003, Ninth International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy; 6-10 October 2003

## 2.2 Estimation de chaque terme de la formule - Approche retenue pour l'ISDND de la Roseraie

### 2.2.1 Quantité théoriquement produite : « Volume annuel infiltré » (L)

L'équation utilisée, reconnue par plusieurs experts du groupe SITA, est connue en France sous le nom de « Redevance AESN ». La méthode retenue s'est appuyée initialement sur un traitement statistique de données obtenues sur plusieurs ISDND, dans le cadre de recherches dédiées à ce sujet depuis 1995. Le groupe SITA a souvent pris part à ces travaux.

L'équation retenue, et reprise dans le tableur, est la suivante :

- Pour une surface de déchets non recouverts :

$$L = P \times S \times 0,6$$

- Pour différents types de couvertures recouvrant les déchets :

$$L = P \times S \times 0,4 \times Cr$$

Avec :

**L** = Quantité annuelle d'eau ayant percolé à travers la couverture et les déchets (m<sup>3</sup>)

**P** = Pluviométrie annuelle (m)

**S** = Surface concernée (m<sup>2</sup>)

**Cr** = coefficient de réaménagement (sans unité)

Et

**Cr** = 0,7 si la couverture est en terre (> 0,3 mètre)

**Cr** = 0,5 si la couverture est constituée uniquement d'argile (1 mètre d'épaisseur)

**Cr** = 0,25 si couverture est constituée d'argile (1 m), d'un dispositif de drainage et de terre végétale

**Cr** = 0,05 si couverture est constituée d'argile (1 m), d'une géomembrane, d'un dispositif de drainage et de terre végétale

### 2.2.2 Infiltration potentielle par le fond du site (« I »)

Les débits de fuite au travers d'une étanchéité composite de type « géomembrane sur niveau argileux » sont évalués à partir des équations proposées par Bonaparte et al., et Giroud. (Bonaparte et al., 1989 ; Giroud, 1997).

On considère ici la présence de 15 trous d'1 cm de diamètre par hectare de géomembrane, ce qui correspond à un niveau de qualité standard lors de la mise en œuvre (les trous sont principalement liés à la mise en œuvre du massif granulaire drainant). Le contact entre la géomembrane et l'argile sous-jacente est considéré comme « moyen » (cas standard). En appliquant les équations citées en référence, on obtient un flux diffusif au travers de la membrane, au-dessus de la barrière passive sous-jacente

(Infiltration potentielle) de : 70 litres/ha/jour à travers la membrane pour 1 mètre de lixiviats en fond soit, environ 25 m<sup>3</sup>/ha/an. Cette hypothèse est majorante car le système de collecte des lixiviats se fera par pompage asservi à une sonde de niveau avec présence en permanence d'une pompe de secours ; il est donc peu probable qu'une charge en lixiviats supérieure à 1 mètre soit observable, notamment sur les zones en pente. Rappelons que l'arrêté ministériel du 9 septembre 1997 limite la charge en lixiviats à 0,30 m en fond de casier.

## 2.3 Données d'entrée du projet

### 2.3.1 Données météorologiques

Les données de pluviométrie décadaires de la station de Nîmes Courbesac (30), sur la période 1998-2007, ont été prises en compte. Elles sont présentées dans le Tableau 1.

**Tableau 1 : Données de pluviométrie – Moyennes mensuelles et annuelles (en mm)**

Année	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Moyenne
<b>Janvier</b>	67	95.9	6.6	131.8	44.2	56.2	34	1	95.4	15.6	<b>54.8</b>
<b>Février</b>	18	0.6	7.6	36	73.6	16.8	46	2.4	16.6	32.2	<b>25.0</b>
<b>Mars</b>	1.4	48.6	15.4	92.4	53.4	14.8	31.8	8.4	21.2	8.0	<b>29.5</b>
<b>Avril</b>	139.2	38.6	109.6	30.4	32.2	88	77.6	89	3.8	40.2	<b>64.9</b>
<b>Mai</b>	160.6	93	79.6	70.4	73.6	18.8	13.6	61	23.8	180.2	<b>77.5</b>
<b>Juin</b>	57.6	36.2	90.4	16.4	61	0.6	3.2	10.8	0.8	75	<b>35.2</b>
<b>Juillet</b>	9.0	70.6	42.2	121.2	77.8	6.2	1.4	4.6	4.2	3.0	<b>34</b>
<b>Août</b>	20.6	92.8	56	14	135	23.4	172.2	12.4	24.8	5.2	<b>55.6</b>
<b>Septembre</b>	103.4	129.2	87.2	85.2	218.2	121.8	37.8	354.6	127.2	92.8	<b>135.7</b>
<b>Octobre</b>	26.4	207.6	80.6	148.4	73.6	59.8	123.4	102.8	71.6	33.6	<b>92.8</b>
<b>Novembre</b>	15	73.2	99.6	22.8	141.6	175.8	107.8	72.4	82.8	93.6	<b>88.5</b>
<b>Décembre</b>	70.8	20.6	102	0.6	56.6	177	77.8	11.2	18.4	10.6	<b>54.6</b>
<b>Moyenne</b>	<b>689.0</b>	<b>906.9</b>	<b>776.8</b>	<b>769.6</b>	<b>1040.8</b>	<b>759.2</b>	<b>726.6</b>	<b>730.6</b>	<b>490.6</b>	<b>590</b>	<b>748</b>

### 2.3.2 Surfaces concernées pour le projet de l'ISDND de la Roseraie

Les surfaces considérées sont les surfaces projetées selon le plan horizontal. Elles sont indiquées pour chaque phase et pour chaque année dans les paragraphes suivants.

- Surface de type 1 : déchets sans couverture ; CR = 0,7
- Surface de type 2 : couverture provisoire (0,5 mètres matériaux du site de perméabilité 1.10<sup>-7</sup> m/s) ; CR = 0,6 (car situation intermédiaire entre une couverture en terre (> 0,3 mètre) dont le CR est fixé à 0,7 et une couverture constituée uniquement d'argile (1 mètre d'épaisseur) dont le CR est fixé à 0,5
- Surface de type 3 : couverture finale (environ 1 m de matériaux argileux du site, dispositif de drainage et environ 50 cm de matériaux terreux), CR = 0,25



**Tableau 2 : Surfaces prises en compte dans la réalisation du bilan hydrique**

ANNEE	PHASE(S)	Surface des différents types de couverture (en m <sup>2</sup> )			
		Type 1	Type 2	Type 3	Surface totale
1	Phase1	5 000	25 000	0	30 000
2	Phase 1	5 000	35 000	0	40 000
3	Phases 1 et 2	5 000	41 117	4 400	50 517
4	Phases 2 et 3	5 000	52 250	7 200	64 450
5	Phase 3	5 000	79 300	7 200	91 500
6	Phase 3	5 000	79 300	7 200	91 500
7	Phase 3	5 000	79 300	7 200	91 500
8	Phase 4	5 000	90 000	7 200	102 200
9	Phase 4	5 000	100 500	7 200	112 700
10	Phase 4	5 000	111 000	7 200	123 200
11	Phases 4 et 5	5 000	116 927	8 533	130 460
12	Phase 5	5 000	125 360	10 800	141 160
13	Phases 5 et 6	5 000	128 425	12 700	146 125
14	Phase 6	5 000	125 050	17 200	147 250
15	Phase 6	5 000	122 350	21 000	148 350
16	Phases 6 et 7	5 000	125 067	21 700	151 767
17	Phase 7	5 000	130 260	21 700	156 960
18	Phase 7	5 000	134 820	21 700	161 520
19	Phase 7	5 000	139 380	21 700	166 080
20	Phase 7	5 000	143 940	21 700	170 640
21	Phases 7 et 8	5 000	147 372	22 233	174 605
22	Phase 8	5 000	130 000	40 200	175 200
23	Phases 8 et 9	5 000	121 358	49 046	175 404
24	Phase 9	5 000	113 900	57 250	176 150
25	Phase 9	5 000	107 900	63 850	176 750
26	Phases 9 et 10	5 000	99 650	72 500	177 150
27	Phase 10	5 000	85 400	87 100	177 500
28	Phase 11	5 000	64 000	108 500	177 500
29	Phase 11	5 000	42 500	130 000	177 500
30	Phase 11	5 000	21 300	151 200	177 500
31	Fin d'exploitation	0	0	177 500	177 500
32 à 60	Post-exploitation	0	0	177 500	177 500

Le modèle de calcul se basant sur des données de pluviométrie annuelles, il a été pris en compte dans les simulations, pour chaque année où une nouvelle phase est entamée, les moyennes pondérées (par les durées d'exploitation correspondantes) des surfaces de chaque phase concernée.

## 3 Résultats des simulations

### 3.1 Estimation de la production de lixiviats sur l'ISDND

La Figure 1 présente les résultats des simulations effectuées.

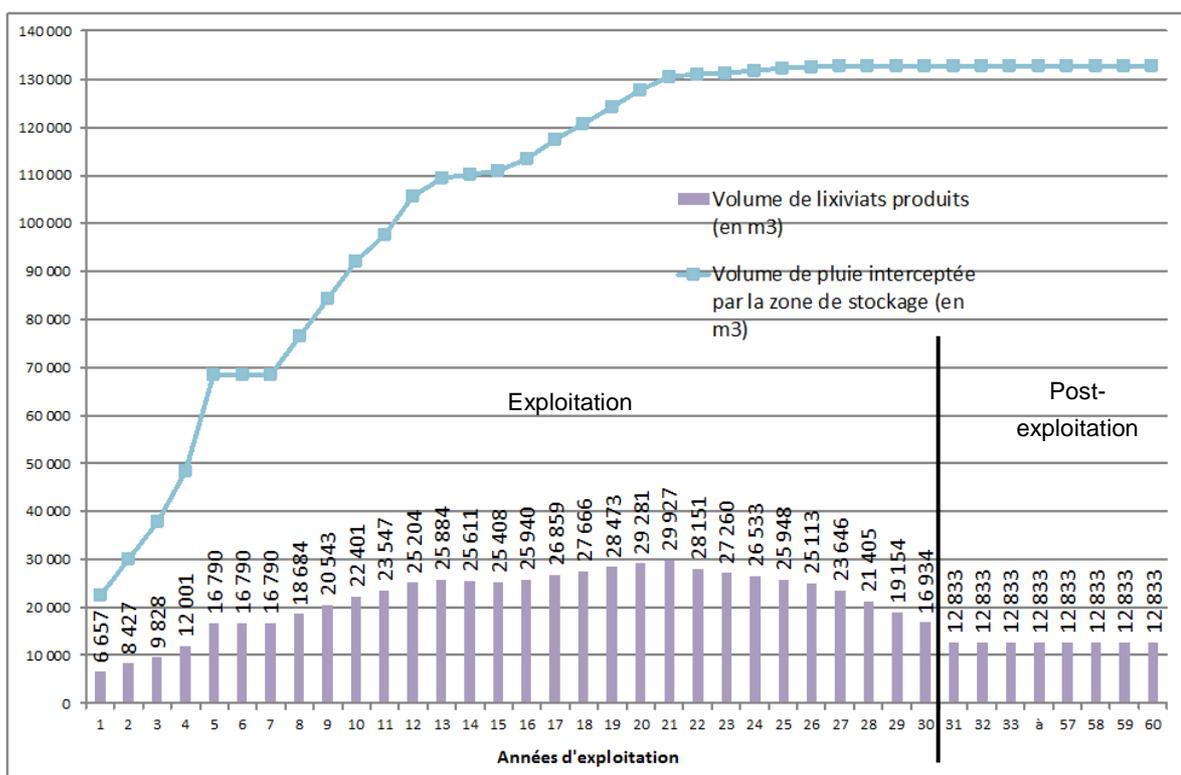


Figure 1: Modélisation de la production de lixiviats

La production annuelle prévisionnelle de lixiviats varie entre 33% et 13% de la quantité de précipitations interceptées par les différents types de couvertures de l'ISDND. La Figure 2 illustre l'évolution de la quantité de lixiviats collectables en fonction de la quantité de précipitations interceptées par la surface de l'ISDND. On constate, sans surprise, que la mise en place de la couverture définitive moins perméable (à partir de l'année 3), entraîne une diminution de la production de lixiviats malgré l'augmentation de la surface totale du site.

En période de post-exploitation, on considère que le massif de déchets atteint un état d'équilibre hydrique pour lequel la production de lixiviats ne dépend que de la pluviométrie. En toute rigueur, la production de lixiviats dépend également de l'état de conservation de la couverture (absence de fentes de dessiccation, peu de tassements différentiels, état du couvert végétal...). Ces derniers paramètres sont toutefois difficiles à modéliser.

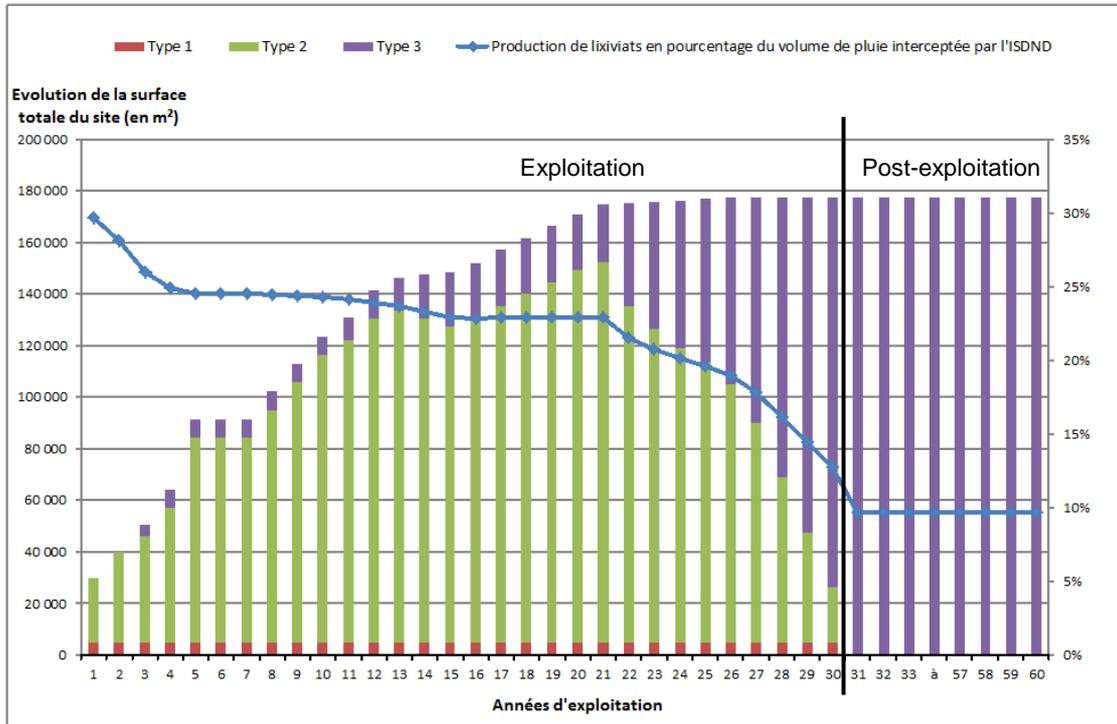


Figure 2 : Evolution du rapport lixiviats collectables / précipitations interceptées



## Annexe 4-2 : Equivalence de la perméabilité en fond et flanc de cassier – Note de calcul (ARCADIS)



SITA SUD

# Pôle de Recyclage et d'Élimination des déchets non dangereux de La Roseraie

Commune de Bellegarde (30)

Etude technique

## Note d'équivalence de perméabilité - Fond et Flanc de casier





## Table des Matières

<b>1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Description du site .....</b>	<b>6</b>
2.1	Rappel du contexte géologique du site .....	6
2.2	Rappel des perméabilités des formations.....	9
2.2.1	Mesure des perméabilités horizontales en forage .....	9
2.2.2	Essais de laboratoire (essais de perméabilité à l'oedomètre).....	13
2.3	Rappel du contexte hydrogéologique .....	14
2.3.1	Rappel concernant la piézométrie .....	14
2.3.2	Usage des eaux souterraines .....	17
2.4	Synthèse du contexte par rapport au projet.....	18
2.4.1	Concernant les épaisseurs et les perméabilités du sous-sol .....	18
2.4.2	Concernant l'hydrogéologie.....	18
<b>3</b>	<b>La géométrie du projet.....</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>Réglementation et recommandations.....</b>	<b>21</b>
4.1	Le contexte réglementaire .....	21
4.2	Les recommandations .....	22
<b>5</b>	<b>Solution proposée .....</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>Calcul d'équivalence .....</b>	<b>25</b>
6.1	Les équivalences de perméabilité verticale.....	25
6.2	Les phénomènes de dispersion.....	25
6.3	Conséquence en termes de temps de transfert.....	27
6.4	Synthèse sur la justification de l'équivalence .....	28
<b>7</b>	<b>Modalités de mise en œuvre.....</b>	<b>29</b>
7.1	Reconstitution de la couche de perméabilité inférieure à $1.10^{-9}$ m/s.....	29
7.2	Mise en œuvre du Géosynthétique Bentonitique (GSB).....	29
<b>Annexe 1</b>	<b>: Coupes interprétatives .....</b>	<b>30</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des profondeurs des horizons rencontrés	8
Tableau 2 : Résultats des essais de perméabilité à l'œdomètre	13

## Liste des figures

Figure 1 : Plan d'investigations des sondages (2007 et 2011) et localisation des coupes	7
Figure 2 : Suivi piézométrique du site entre 2003 et 2009 –piézomètres 1 -2 -3 -6-7 et 8	15
Figure 3 : Suivi piézométrique du site entre 2003 et 2009 –piézomètres 4 et 5	16
Figure 4 : Illustration des prescriptions de l'article 11 de l'arrêté de 1997 modifié	21

# 1 Introduction

Dans le cadre de la création d'un pôle de recyclage et d'élimination des déchets non dangereux sur le site de La Roseraie à Bellegarde, SITA Sud souhaite proposer une solution équivalente pour l'aménagement de la barrière d'étanchéité passive sur les fonds et flancs de l'ISDND.

L'arrêté ministériel du 09 septembre 1997 (modifié le 19 janvier 2006) relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux, stipule (art. 11) que :

*« La barrière de sécurité passive est constituée du terrain naturel en l'état. Le fond de forme du site présente, de haut en bas, une perméabilité inférieure à  $1.10^{-9}$  m/s sur au moins 1 mètre et inférieure à  $1.10^{-6}$  m/s sur au moins 5 mètres. Les flancs sont constitués d'une couche minérale de perméabilité inférieure à  $1.10^{-9}$  m/s sur au moins 1 mètre. »*

L'arrêté ministériel du 09 septembre 1997 (modifié le 19 janvier 2006) relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux, précise (art. 11) que :

*« Lorsque la barrière géologique ne répond pas naturellement aux conditions précitées, elle peut être complétée artificiellement et renforcée par d'autres moyens présentant une protection équivalente. L'épaisseur de la barrière ainsi reconstituée ne doit pas être inférieure à 1 mètre pour le fond de forme et à 0,5 mètre pour les flancs jusqu'à une hauteur de deux mètres par rapport au fond. En tout état de cause, l'étude montrant que le niveau de protection sur la totalité du fond et des flancs de la barrière reconstituée est équivalent aux exigences fixées au premier alinéa, figure dans le dossier de demande d'autorisation. »*

Au regard des éléments de l'étude géologique et hydrogéologique réalisée dans le cadre de la qualification du site, il apparaît que la barrière de sécurité passive telle que mentionnée dans l'arrêté ministériel de 1997 modifié n'est pas intégralement présente. SITA Sud propose donc de mettre en œuvre une solution équivalente qui atteint un niveau de protection au moins équivalent à celui défini par la réglementation.

La présente note présente :

- Une synthèse du contexte géologique et hydrogéologique, ainsi que la vulnérabilité du site ;
- Une présentation de la géométrie du casier ;
- Un rappel du contexte réglementaire ;
- Le calcul d'équivalence de la solution proposée ;
- Les principes de mise en œuvre de la barrière de sécurité passive.

## 2 Description du site

Le contexte géologique et hydrogéologique présenté ci-après reprend les principaux éléments détaillés dans la qualification géologique et hydrogéologique (rapport ARCADIS n° 155-ETU-3041-A03-QUALIF-01A de novembre 2011) présentée dans son intégralité en Annexe 5-1 du cahier des annexes. Ce dossier de qualification a consisté à analyser les résultats d'une qualification réalisée en 2007 pour le compte de SITA FD dans le cadre d'un projet d'extension qu'elle envisageait sur la même zone que le projet actuel, ainsi qu'en la réalisation des reconnaissances complémentaires liées au nouveau projet porté par SITA Sud.

### 2.1 Rappel du contexte géologique du site

En 2007, dans le cadre du projet d'extension du site de Bellegarde 2 de SITA FD (sur le site du projet « La Roseraie » actuel), les investigations menées consistaient en :

- une cartographie de terrain ;
- 8 sondages carottés ;
- 13 sondages destructifs ;
- 65 essais d'eau (40 de type Lugeon et 25 de type Lefranc) pour l'estimation de la perméabilité des terrains rencontrés ;
- 12 essais de laboratoire pour estimation des caractéristiques granulométriques et des perméabilités des matériaux rencontrés.

Les investigations de 2011 complétant les précédentes consistaient en :

- 7 sondages destructifs ;
- 5 sondages carottés ;
- 45 essais d'eau à charge variable par injection pour l'estimation de la perméabilité des terrains rencontrés.

La localisation des investigations est précisée sur la Figure 1.

Le tableau ci-après présente les coupes lithologiques des sondages réalisés dans le cadre des reconnaissances de 2007 et 2011.



Figure 1 : Plan d'investigations des sondages (2007 et 2011) et localisation des coupes

**Tableau 1 : Synthèse des profondeurs des horizons rencontrés**

Année du sondage	Nom	Altitude du TN au droit de l'ouvrage (m NGF)	Sables et Argiles de l'Astien (m)	Sables et graves (m)	Profondeur des marnes (m)	Altitude du toit des marnes (m NGF)	Profondeur de l'ouvrage /TN
2007	SD20	16.7	de 0 à 22	de 22 à 30	nr	nr	30.0
2007	SD21	20.4	de 0 à 21.0	-	21.0	-0.6	22.5
2007	SD22	18.9	de 0 à 23.5	de 23.5 à 26.5	26.5	-7.6	35.0
2007	SD23	21.5	de 0 à 17.0	-	17.0	4.5	51.5
2007	SD24	22.7	de 0 à 8.2	-	8.2	14.5	51.3
2007	SD25	26.2	de 0 à 14.7	-	14.7	11.5	46.0
2007	SD26	30.0	de 0 à 9.2	-	9.2	20.8	15.0
2007	SD27	16.5	de 0 à >18.0	de 18.0 à 24.0	nr	nr	30.5
2007	SD28	21.0	de 0 à 8.5	-	8.5	12.5	51.5
2007	SD29	27.2	de 0 à 7.5	-	7.5	19.7	17.0
2007	SD30	31.2	de 0 à 10.2	-	10.2	21.0	11.0
2007	SD31	19.3	de 0 à >10.0	-	nr	nr	10.0
2007	SD300	31.8	de 0 à 7.5	-	7.5	24.3	30.3
2007	SC10	24	de 0 à 9.8	-	9.8	14.2	74.0
2007	SC11	20.8	de 0 à 30.7	-	30.7	-9.9	70.5
2007	SC12	31.9	de 0 à 9.5	-	9.5	22.4	16.7
2007	SC1	19.3	de 0 à 25.4	de 25.4 à 28.8	28.8	-9.5	50.2
2007	SC2	26.5	de 0 à 7.3	-	7.3	19.2	56.0
2007	SC3	19.8	de 0 à 17.5	-	17.5	2.3	91.0
2007	SC4	24.3	de 0 à 6.2	-	18.1	6.2	54.0
2007	SC5	16.3	de 0 à 30.5	de 18 à 30.5	30.5	-14.2	50.0
2011	SD32	23	de 0 à 9	nr	9	14	50
2011	SD33	22	de 0 à 15	nr	15	7	50
2011	SD34	25	de 0 à 15	nr	15	10	51
2011	SD35	34	de 0 à 7	nr	7	27	54
2011	SD36	37	de 0 à 6.3	nr	6.3	30.7	60
2011	SD37	22	de 0 à 10.8	nr	10.8	11.2	25
2011	SD38	19	de 0 à 27.1	nr	27.1	-8.1	29
2011	SD39	18	de 0 à 22.6	nr	22.6	-4.6	26
2011	SD40	20	de 0 à 17.3	de 25.7 à 33	de 17.3 à 25.7	nr	33
2011	SD41	21	de 0 à 16.3	nr	16.3	4.7	17
2011	SD42	23.5	de 0 à 5.6	nr	5.6	17.9	55
2011	SD43	66					
2011	SD44	20.5	de 0 à 21	nr	21	-0.5	45

Nr : non rencontré

La synthèse de ces reconnaissances détaillées est présentée sous forme de coupes interprétatives présentées en Annexe 1 de ce document (profils localisés sur la Figure 1).

Le substratum marneux a été recoupé à des profondeurs comparables à celles du site de « Bellegarde 2 » exploité par SITA FD. Le fond de casier et une grande partie des flancs du projet seront installés dans les marnes grises imperméables, présentes sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur au droit du site. Les sondages réalisés dans le cadre des investigations de 2011 confirment bien cette présence jusqu'à minimum 40 mètres en dessous du fond de forme (50 m observés au droit de SC36).

Par ailleurs, des alluvions sablo-graveleux ont été mis en évidence à l'Est du site, au droit du sondage SC40 au sein des marnes grises. Elles n'ont pas été recoupées au droit du sondage SC44. Leur présence peut s'expliquer par l'existence d'un paléorelief comme en témoigne les stratifications entrecroisées d'angles importants de l'ordre de 30° de banc à banc ; de fait, la présence d'un bloc marneux dans les formations astiennes sus-jacentes n'est pas surprenante. A noter que de tels blocs avaient été observés lors de l'ouverture de la fouille sur le site de Bellegarde 2.

En 2007, des alluvions avaient également été observées à l'extérieur de l'emprise du projet de casier et s'intercalaient entre les sables argileux et argiles sableuses astiennes et les marnes grises.

## 2.2 Rappel des perméabilités des formations

Des essais d'eau ont été réalisés en 2007 et 2011 au droit du site afin de déterminer la perméabilité locale des terrains rencontrés. Le chapitre ci-dessous présente la synthèse des résultats obtenus.

### 2.2.1 Mesure des perméabilités horizontales en forage

Les résultats obtenus au droit du site en 2007 et 2011, sont présentés dans les tableaux suivant :

Année du sondage	Nom du sondage	Cote altimétrique de la poche testée en m NGF		Nature lithologique du terrain testé	Perméabilité équivalente déterminée (m/s) Lugeon	Perméabilité équivalente déterminée (m/s) Lefranc
		de	à			
2007	SC10	-16	-18	Marnes grises	3.70E-09	2.50E-09
		-18	-20	Marnes grises	4.50E-09	<1.00E-09
		-20	-22	Marnes grises	4.10E-09	1.90E-09
		-22	-24	Marnes grises	<1.00E-09	1.20E-09
		-24	-26	Marnes grises	2.00E-09	9.40E-09
2007	SC11	-19.2	-21.2	Marnes grises	2.50E-09	2.50E-09
		-21.2	-23.2	Marnes grises	2.50E-09	2.20E-08
		-23.2	-25.2	Marnes grises	2.50E-09	<1.00E-09
		-25.2	-27.2	Marnes grises	1.00E-09	<1.00E-09
		-27.2	-29.2	Marnes grises	<1.00E-09	1.80E-09
2007	SD23	-16	-18	Marnes grises	7.00E-08	2.20E-09
		-18	-20	Marnes grises	2.30E-08	3.90E-09
		-20	-22	Marnes grises	2.80E-09	<1.00E-09
		-22	-24	Marnes grises	9.10E-08	6.40E-09
		-24	-26	Marnes grises	1.50E-08	5.70E-09
2007	SD28	-16	-18	Marnes grises	1.00E-09	<1.00E-09
		-18	-20	Marnes grises	2.00E-09	<1.00E-09
		-20	-22	Marnes grises	2.00E-09	<1.00E-09
		-22	-24	Marnes grises	2.50E-09	<1.00E-09
		-24	-26	Marnes grises	2.10E-09	<1.00E-09
2007	SD300	11.5	9.5	Marnes grises	1.00E-09	5.80E-08
		9.5	7.5	Marnes grises	2.10E-08	4.40E-08
		7.5	5.5	Marnes grises	1.40E-08	3.40E-08
		5.5	3.5	Marnes grises	1.00E-09	3.70E-09
		3.5	1.5	Marnes grises	9.30E-09	5.20E-08
2007	SD25	-5.8	-7.8	Marnes grises	<1.00E-09	-
		-7.8	-9.8	Marnes grises	<1.00E-09	-
		-9.8	-11.8	Marnes grises	<1.00E-09	-
		-11.8	-13.8	Marnes grises	<1.00E-09	-
		-13.8	-15.8	Marnes grises	<1.00E-09	-
2007	SD29	24.2	22.2	Limons silteux beiges +/- argileux	2.40E-08	-
		22.2	20.2	Limons silteux beiges +/- argileux	1.80E-08	-
		20.2	18.2	Marnes grises	1.60E-09	-
		18.2	16.2	Marnes grises	2.50E-09	-
		16.2	14.2	Marnes grises	2.00E-09	-

Année du sondage	Nom du sondage	Cote altimétrique de la poche testée en m NGF		Nature lithologique du terrain testé	Perméabilité équivalente déterminée (m/s) Lugeon	Perméabilité équivalente déterminée (m/s) Lefranc
		de	à			
2007	SD31	18.1	16.3	Sables argileux beiges	<1.00E-09	-
		16.3	14.5	Argiles sableuses beiges	1.00E-09	-
		14.5	12.7	Argiles sableuses beiges	2.50E-09	-
		12.7	11	Argiles sableuses beiges	<1.00E-09	-
		11	9.2	Argiles sableuses beiges	1.80E-09	
2011	SD32	6	5	Marnes grises	-	<1.00E-09
		5	4		-	<1.00E-09
		4	3		-	<1.00E-09
		3	2		-	<1.00E-09
		2	1		-	<1.00E-09
		-22	-23		-	<1.00E-09
		-23	-24		-	<1.00E-09
		-24	-25		-	<1.00E-09
		-25	-26		-	<1.00E-09
-26	-27	-	<1.00E-09			
2011	SD33	-23	-24	Marnes grises	-	<1.00E-09
		-24	-25		-	<1.00E-09
		-25	-26		-	<1.00E-09
		-26	-27		-	<1.00E-09
		-27	-28		-	<1.00E-09
2011	SD34	-21	-22	Marnes grises	-	<1.00E-09
		-22	-23		-	<1.00E-09
		-23	-24		-	<1.00E-09
		-24	-25		-	<1.00E-09
		-25	-26		-	<1.00E-09
2011	SC35	27	26	Marnes grises argilo-silteuses	-	<1.00E-09
		26	25		-	<1.00E-09
		25	24		-	<1.00E-09
		24	23		-	<1.00E-09
		23	22		-	<1.00E-09
2011	SD38	7	6	Alternance d'argile sableuse et de passées sableuses	-	4.00E-08
		6	5		-	3.00E-08
		5	4		-	3.00E-08
		4	3		-	4.00E-08
		3	2		-	2.00E-08

Année du sondage	Nom du sondage	Cote altimétrique de la poche testée en m NGF		Nature lithologique du terrain testé	Perméabilité équivalente déterminée (m/s) Lugeon	Perméabilité équivalente déterminée (m/s)
		de	à			
2011	SC40	7	6	Marnes beiges jaunâtres à passées sableuses	-	<1.00E-09
		6	5		-	<1.00E-09
		5	4		-	<1.00E-09
		4	3		-	<1.00E-09
		3	2		-	<1.00E-09
		-3	-4	Marnes grises argilo-silteuses	-	<1.00E-09
		-4	-5		-	<1.00E-09
		-5	-6		-	<1.00E-09
		-6	-7	Passage des marnes grises argilo-silteuses aux sables	-	3.00E-09
-7	-8	Sables fins et galets	-	5.00E-09		
2011	SC42	-22	-23	Marnes grises argilo-silteuses	-	<1.00E-09
		-23	-24		-	<1.00E-09
		-24	-25		-	<1.00E-09
		-25	-26		-	<1.00E-09
		-26	-27		-	<1.00E-09

Tableau 2 : Synthèse des résultats des essais de perméabilité des investigations de 2007 et 2011

Les perméabilités in-situ, mises en évidence au droit du site, en 2007, sont les suivantes :

- Dans les limons silteux beiges superficiels, les 2 essais de perméabilité donnent des résultats compris entre  $1,8$  et  $2,4 \cdot 10^{-8}$  m/s (essais uniquement réalisés au droit du sondage SD29) ;
- Dans les sables argileux et argiles sableuses beiges, les résultats des 5 essais réalisés sont compris entre  $2,5 \cdot 10^{-9}$  m/s et une perméabilité inférieure à  $1 \cdot 10^{-9}$  m/s (essais uniquement réalisés au droit du sondage SD31) ;
- Dans les marnes grises, les résultats des 58 essais sont compris entre  $9 \cdot 10^{-8}$  m/s et une perméabilité inférieure à  $1 \cdot 10^{-9}$  m/s avec majoritairement des perméabilités inférieures à  $5 \cdot 10^{-9}$  m/s (75 %). La moyenne arithmétique des perméabilités mesurées dans les marnes grises est de  $8,8 \cdot 10^{-9}$  m/s (moyenne des essais Lugeon – les plus pénalisants).

Les perméabilités in-situ, mises en évidence au droit du site, en 2011, sont les suivantes :

- Dans les sables et argiles beiges, comprises entre  $2$  et  $4 \cdot 10^{-8}$  m/s ;
- Dans les marnes grises, inférieures à  $1 \cdot 10^{-9}$  m/s ; légèrement supérieures à  $1 \cdot 10^{-9}$  m/s à l'interface des marnes grises et des sables et galets (du Quaternaire) observés au droit de SC40.

Ces résultats montrent la très faible perméabilité à l'échelle mésoscopique, du substratum marneux constituant l'assise du casier.

## 2.2.2 Essais de laboratoire (essais de perméabilité à l'oedomètre)

En 2007, dans le cadre du projet d'extension du site de Bellegarde 2 (sur le site du projet « La Roseraie » actuel), 6 essais de laboratoire ont été réalisés afin d'estimer la perméabilité des matériaux rencontrés et de corrélérer ces résultats avec ceux obtenus sur site.

Six échantillons intacts prélevés dans les sondages carottés SC10, SC11 et SC12 ont été testés en laboratoire par six essais oedométriques (deux essais par sondage).

Dans un premier temps, en l'absence d'indication particulière concernant le potentiel de gonflement des argiles constituant la formation marneuse, ces 6 essais ont été réalisés sans compensation de la pression lithostatique – **Essai 1**.

Les essais ainsi réalisés, mettent en évidence une perméabilité de laboratoire des marnes gris beiges à grises comprises entre  $1.2 \cdot 10^{-7}$  m/s (niveaux à dominante silteuse) à  $6 \cdot 10^{-9}$  m/s (niveaux plus argileux).

Afin d'évaluer la perméabilité de cette formation dans des conditions qui se rapprochent plus des conditions de fonctionnement en place, trois essais complémentaires de mesures de perméabilité à l'oedomètre ont été réalisés, mais cette fois en appliquant à l'échantillon, une pression verticale permettant soit de maintenir l'indice des vides avant imprégnation, soit correspondant au poids des roches qu'il supporte, et donc dans les deux cas, en contenant le gonflement ; pour chaque essai, 2 mesures ont été réalisées :

- 1 mesure effectuée en maintenant l'indice des vides à son état initial, par application de charges destinées à contenir le gonflement – **Essai 2**,
- 1 mesure effectuée en soumettant l'éprouvette à la pression effective estimée, soit 950 ou 980 KPa selon l'échantillon – **Essai 3**.

Sondage	Profondeur échantillon (m)	Ks (m/s) Essai 1	Ks (m/s) Essai 2	Ks (m/s) Essai 3
SC10	44.00 à 45.00	7.1E-08 m/s	4.5E-09 m/s	2.3E-09 m/s
SC10	48.00 à 49.00	6.0E-09 m/s	4.8E-09 m/s	1.2E-09 m/s
SC11	43.80 à 44.70	1.2E-07 m/s		
SC11	47.00 à 47.65	5.0E-08 m/s	5.2E-09 m/s	2.2E-09 m/s
SC12	6.30 à 7.90	2.7E-08 m/s		
SC12	8.90 à 9.90	1.3E-08 m/s		

**Tableau 2 : Résultats des essais de perméabilité à l'oedomètre**

### **Commentaire sur les essais et les valeurs de perméabilité mesurées :**

Ces essais mesurent la perméabilité verticale des terrains, contrairement aux essais en forage qui mesurent théoriquement une perméabilité horizontale. Les valeurs obtenues dans les deux cas ne sont donc pas strictement identiques en termes de nature de la mesure (bien que concernant les même matériaux mesurés à la même profondeur).

Ces essais de laboratoire ont également mis en évidence le caractère gonflant des matériaux, confirmant la nature argileuse des marnes qui formeront l'encaissant du projet de fond de forme.

Aussi note-t-on une diminution significative de la perméabilité sur les échantillons testés lorsque l'on contient le gonflement. En moyenne, sur les trois échantillons testés, la perméabilité passe de  $4.2 \cdot 10^{-8}$  m/s (essai 1) à  $4.8 \cdot 10^{-9}$  m/s (essai n°2) et  $1.9 \cdot 10^{-9}$  m/s (essai n°3), soit une diminution d'un facteur 10 à 20. Ces valeurs sont proches des valeurs mesurées par essais Lugeon qui sont centrées autour de 4 à  $5 \cdot 10^{-9}$  m/s. Les valeurs les plus représentatives des conditions naturelles sont donc comprises entre 1,2 et  $2,3 \cdot 10^{-9}$  m/s. Cependant, les essais en laboratoire sont réalisés sur des éprouvettes de taille réduite et classiquement, l'effet d'échelle tend à sous-évaluer la perméabilité. En outre les essais en laboratoire mesurent la perméabilité verticale alors que les essais en forage mesurent une perméabilité horizontale. En terrain sédimentaire, la perméabilité verticale est classiquement inférieure à la perméabilité horizontale.

A titre indicatif le tableau suivant permet de comparer les résultats des différents essais pour des échantillons prélevés à peu près aux mêmes endroits :

Sondage	Profondeur échantillon (m)	Ks (m / s) Essai 3	Profondeur échantillon (m)	Ks (m / s) Lugeon	Ks (m / s) Lefranc
SC10	44.00 à 45.00	2.3E-09 m/s	44.00 à 46.00	4.1E-09 m/s	1.9E-09 m/s
SC10	48.00 à 49.00	1.2E-09 m/s	48.00 à 50.00	2.0E-09 m/s	9.4E-09 m/s
SC11	47.00 à 47.65	2.2E-09 m/s	46.00 à 48.00	1.0E-09 m/s	<1.10E-09 m/s

On observe une assez grande cohérence des résultats ce qui semble indiquer une relative isotropie des marnes.

## 2.3 Rappel du contexte hydrogéologique

### 2.3.1 Rappel concernant la piézométrie

Le site d'étude se situe entre la nappe d'accompagnement du Rhône et la nappe perchée des Costières, sur un seuil hydrogéologique exondé.

Lors des investigations de 2007, aucun aquifère constitué n'a été identifié dans l'emprise du projet. Seuls en limite Est, les piézomètres SD20 et SD27 ont intercepté la nappe d'accompagnement du Rhône, nappe dont le niveau piézométrique oscille entre +2.5 m NGF et -3.5 m NGF selon les saisons.

En 2007, il est donc apparu que les marnes du Plaisancien constituaient :

- un substratum imperméable présent sous l'ensemble du projet de fond de forme retenu à l'époque, à différentes profondeurs selon le niveau d'érosion anté-astienne dont il a été affecté ;
- un mur hydrogéologique pour les rares écoulements qui sont ponctuellement constatés à leur interface avec les sables de l'Astien.

Lors des investigations de 2011, la profondeur de l'eau a été mesurée au droit du piézomètre SD27 à la cote + 0,30 m NGF (juin 2011).

Au vu des coupes géologiques des ouvrages SD20 et SD27 (présentées en annexe du dossier de qualification géologique et hydrogéologique du site, joint au dossier d'autorisation), les niveaux d'eau enregistrés se situent au niveau du toit de l'horizon sablo-graveleux (observé à l'Est entre les sables et argiles de l'Astien et les marnes grises plaisanciennes). Le niveau graveleux n'apparaît pas en charge, ce qui est une situation favorable par rapport à l'environnement hydraulique sous-terrain du site.

### Campagne piézométrique au droit du site de Bellegarde 2

Des campagnes piézométriques trimestrielles sont réalisées depuis 2003 sur 8 ouvrages piézométriques situés en amont et en aval du site de Bellegarde 2 de SITA FD.

Un plan d'implantation des ouvrages du site de Bellegarde 2 et leurs caractéristiques (altitudes des ouvrages, profondeur) est présenté dans le dossier de qualification géologique et hydrogéologique du site, joint au dossier d'autorisation.

Deux graphiques présentant les variations piézométriques 2003 et 2009 sont présentés en Figure 2 et 3. Le niveau varie globalement entre -3.5 m NGF et 2.5 m NGF.

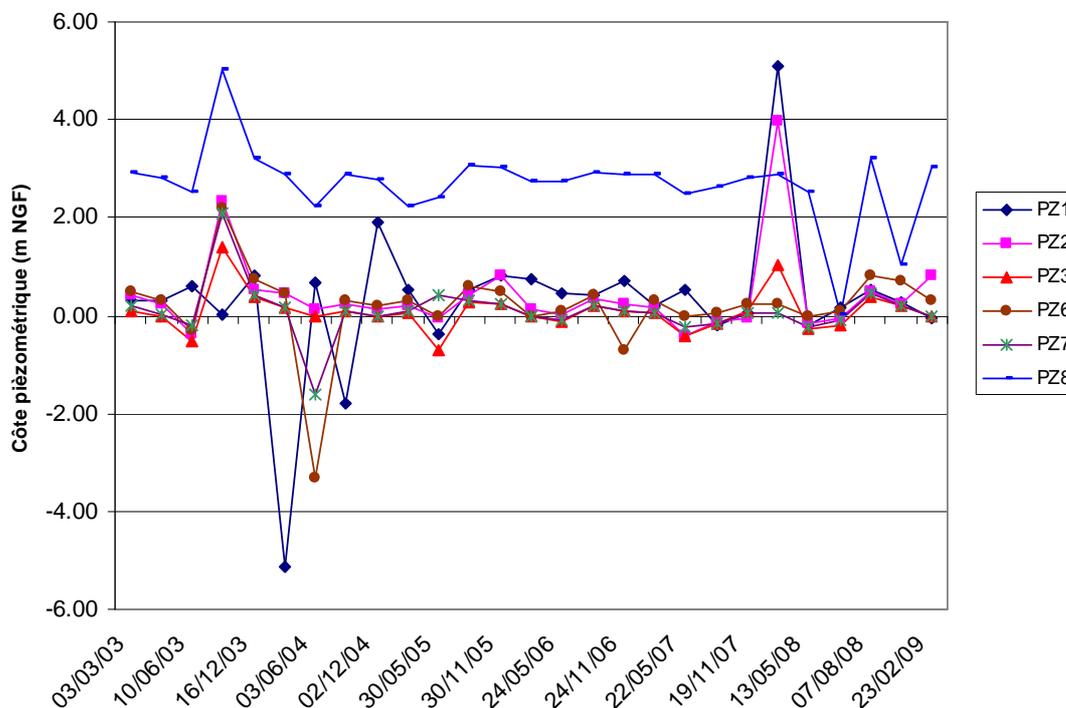


Figure 2 : Suivi piézométrique du site entre 2003 et 2009 –piézomètres 1 -2 -3 -6-7 et 8

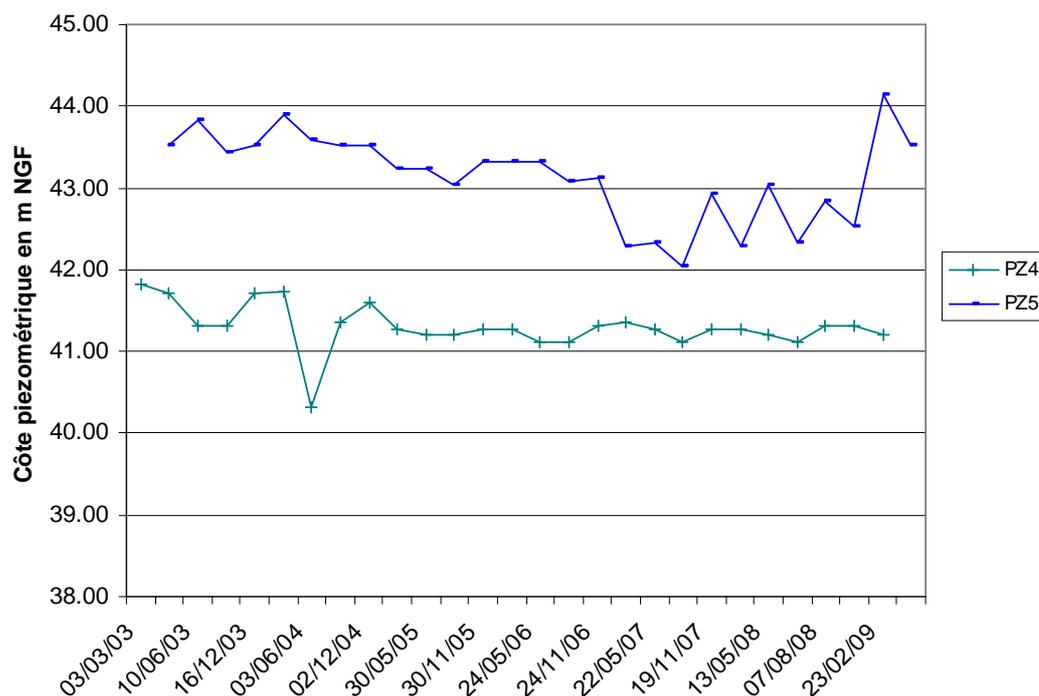


Figure 3 : Suivi piézométrique du site entre 2003 et 2009 –piézomètres 4 et 5

Les piézomètres situés à l'Est du site de Bellegarde 2 et du site de la « Roseraie » (Pz1, Pz2, Pz3, Pz6, Pz7, Pz8, SD20 et SD27) interceptent les terrains alluvionnaires sablo-graveleux, terrains aquifères de la nappe d'accompagnement du Rhône qui parcourt les plaines de Camargue notamment. Cependant, cette couche se biseaute et n'est plus présente dans l'emprise du projet. L'altitude piézométrique de ce niveau oscille autour de 0 m NGF avec un battement de la nappe de l'ordre de 5 mètres.

D'après les données du BRGM (notice de la carte géologique de Nîmes au 1/50 000), en rive droite du Rhône, on observe une alimentation des terrains par le Rhône, et, à un moindre degré par la bordure des Costières, le drainage se faisant selon un axe NE-SW, emprunté par le canal du Rhône à Sète (ce dernier ne paraît pas toutefois être à l'origine de ce drainage qui serait plutôt lié à l'existence d'un chenal souterrain de forte perméabilité).

Le sens d'écoulement en bordure Est de la zone d'étude serait donc globalement NW-SE.

Des circulations d'eau ponctuelles ont été mises en évidence (plus particulièrement en 2007) au droit des terrains sablo-argileux de l'Astien. Ces terrains, localement perméables au droit des passées à dominante sableuses, sont en relation en amont avec les terrains alluvionnaires du Villafranchien (cailloutis silico-carbonatés), ensemble perméable. Ce complexe est alimenté par les eaux météoriques. Des résurgences apparaissent à l'interface entre ces terrains et les marnes du Plaisancien. La morphologie du toit des marnes conditionne les écoulements de ce niveau. Ces eaux ne sont pas exploitables du fait de leur circulation aléatoire dans les formations, de la très faible capacité du réservoir qui les abrite, et ne constituent donc pas une nappe.

### 2.3.2 Usage des eaux souterraines

La carte des captages AEP les plus proches du site est présentée dans le dossier de demande d'autorisation en pièce 5.

D'après les données de l'ARS et de l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, concernant l'alimentation en eau potable, il n'existe pas de captage AEP à proximité immédiate du site. La commune de Bellegarde est alimentée par des sources situées au Nord de l'agglomération, qui émergent des cailloutis plio-quadernaires à la faveur de l'affleurement des marnes (Mas Sauzette et Sources de la route de Redessan, à plus de 5 km au Nord-Est du site et en amont hydraulique).

L'alimentation de Saint Gilles est assurée par deux points de prélèvements : l'un au Sud-Ouest de l'agglomération (Route de Vauvert), l'autre au Nord-Est (Route de Bellegarde) à la sortie du village, à plus de 5 km du site.

## 2.4 Synthèse du contexte par rapport au projet

### 2.4.1 Concernant les épaisseurs et les perméabilités du sous-sol

Les résultats de l'étude de 2011 sont donc homogènes avec ceux obtenus lors des différents essais et reconnaissances antérieurs sur le site La Roseraie en 2007, mais aussi sur Bellegarde 1 et 2 lors de leurs études de qualification respectives.

Il ressort de ces campagnes de mesures in situ, que les assises marneuses du site présentent une très faible perméabilité à l'échelle mésoscopique, confirmant ainsi le caractère confinant et de fait sécurisant de cet encaissant, vis-à-vis du projet, puisqu'il en constituera l'assise du fond de forme, et d'une grande partie des flancs.

Au vu des sondages de grandes profondeurs recensées à la banque du sous-sol (BSS) dans le secteur d'étude, l'épaisseur des marnes grises au droit du site pourrait atteindre plusieurs centaines de mètres (plus de 600 mètres au droit de la commune de Générac). En tout état de cause, les sondages réalisés dans le cadre de cette étude confirment bien cette présence jusqu'à 50 m en dessous du fond de forme projeté.

#### **Pour le calcul d'équivalence, la configuration suivante est prise en compte :**

La moyenne des perméabilités mesurées in situ (marnes, sables argileux et argiles sableuses), retenue, est de  $8.8.10^{-9}$  m/s : moyenne arithmétique des perméabilités mesurées dans les marnes grises en 2007 étant la moyenne des essais Lugeon, les plus pénalisants et les valeurs de 2011 étant inférieures.

Remarque : au droit des flancs (partie supérieure), la perméabilité maximum mesurée en forage était de  $2,5.10^{-9}$  m/s. Afin d'être sécuritaire, il a été pris en compte pour l'évaluation de l'équivalence une perméabilité homogène à celle des marnes grises.

### 2.4.2 Concernant l'hydrogéologie

Aucun aquifère constitué n'a été identifié au droit du futur casier. Le projet se trouve installé au droit d'un seuil hydrogéologique, calé entre la nappe des Costières à l'Ouest et la nappe d'accompagnement du Rhône à l'Est. Cette dernière est interceptée par le piézomètre SD27 en limite Est du site, son niveau piézométrique moyen se trouve à environ + 0.3 m NGF.

Ces résultats confirment les observations faites lors des travaux d'excavation du site de Bellegarde 2, où seuls quelques lentilles d'eau fossile, piégées dans des interlits silteux de la frange superficielle des marnes, et s'essorant lentement avant de se tarir, ont été observées lors de l'ouverture des fouilles. Ils confirment également les observations faites en 2007 lors de la qualification pour le projet d'extension de Bellegarde 2 sur le site La Roseraie : les niveaux d'eau observés au droit de SD27 et SD20 étaient alors de -0.2 et -0.25 m NGF respectivement.

Le contexte hydrogéologique de la zone d'étude est donc très favorable à la réalisation du projet.

De plus, compte tenu de l'absence de véritable aquifère au droit du site et de l'éloignement des captages AEP en présence (distances supérieures à 5 km), tout risque de contamination entre le site et ces installations est donc exclu.

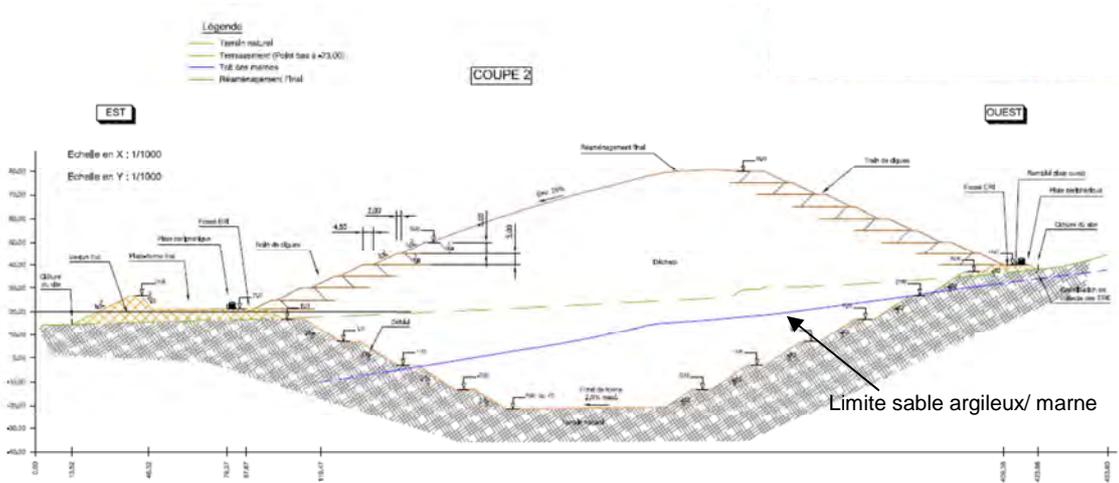
## 3 La géométrie du projet

La géométrie globale du casier est illustrée par le plan et la coupe ci-après.



La structure du fond de casier présentera une pente globale orientée vers le Nord/Nord-Est, pour converger vers l'angle Nord-Est, où sera placé le puits de relevage des lixiviats. Le fil d'eau principal sera situé côté Est du casier et aura une pente d'au moins 2% vers le Nord. Le réseau secondaire aura une pente d'environ 1,5% dirigé vers le fil d'eau principal. Cela conduit globalement à un fond de casier situé entre les cotes -17 mNGF au Sud et -23 mNGF dans l'angle Nord-Est.

Les talus terrassés présenteront une pente de 3H/2V. Afin de diminuer les longueurs de rampant, une risberge de 8 m sera mise en œuvre tous les 10 m d'altitude environ. Elles seront localisées à : 37, 27, 17, 7, -3 et -13 mNGF et présenteront une légère pente vers l'intérieur du casier afin de permettre une collecte des eaux centralisée.



## 4 Réglementation et recommandations

### 4.1 Le contexte réglementaire

L'arrêté ministériel du 09 septembre 1997 (modifié le 19 janvier 2006) relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux, stipule (art. 11) que :

« La barrière de sécurité passive est constituée du terrain naturel en l'état. Le fond de forme du site présente, de haut en bas, une perméabilité inférieure à  $1.10^{-9}$  m/s sur au moins 1 mètre et inférieure à  $1.10^{-6}$  m/s sur au moins 5 mètres. Les flancs sont constitués d'une couche minérale de perméabilité inférieure à  $1.10^{-9}$  m/s sur au moins 1 mètre. »

L'arrêté ministériel du 09 septembre 1997 (modifié le 19 janvier 2006) relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux, précise (art. 11) que :

« Lorsque la barrière géologique ne répond pas naturellement aux conditions précitées, elle peut être complétée artificiellement et renforcée par d'autres moyens présentant une protection équivalente. L'épaisseur de la barrière ainsi reconstituée ne doit pas être inférieure à 1 mètre pour le fond de forme et à 0,5 mètre pour les flancs jusqu'à une hauteur de deux mètres par rapport au fond. En tout état de cause, l'étude montrant que le niveau de protection sur la totalité du fond et des flancs de la barrière reconstituée est équivalent aux exigences fixées au premier alinéa, figure dans le dossier de demande d'autorisation. »

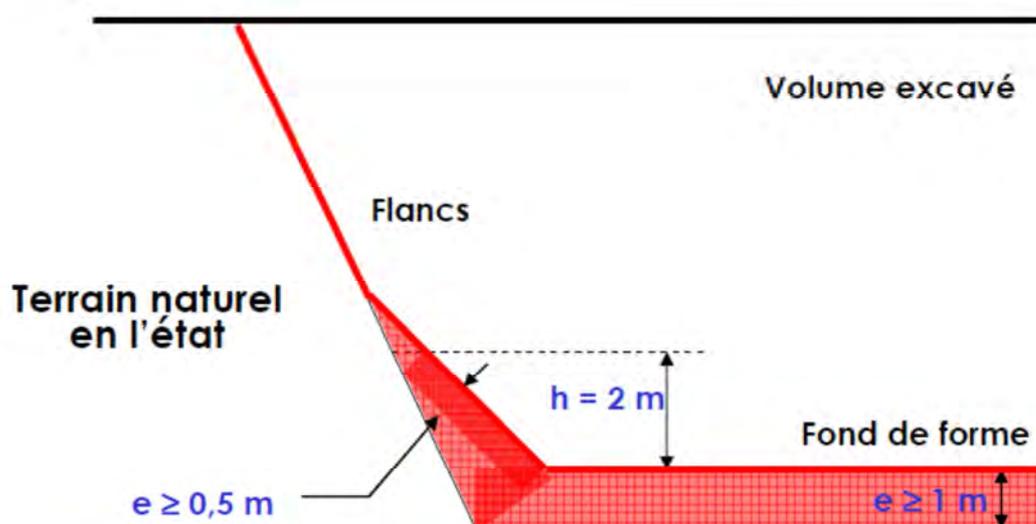


Figure 4 : Illustration des prescriptions de l'article 11 de l'arrêté de 1997 modifié

## 4.2 Les recommandations

Afin de compléter ces exigences un guide de recommandations a été réalisé par un groupe de travail à l'initiative du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD), aujourd'hui Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, du Logement et des Transports (MEDDLT).

La première version de ce guide date de Juillet de 2002. Aujourd'hui, la version de référence de ce guide est la version 2 de février 2009 et s'intitule :

« Guide de recommandations pour l'évaluation de « l'équivalence » en étanchéité passive d'installation de stockage de déchets. »

Ce guide rappelle le contexte réglementaire. Il précise quelques définitions et explicite le rôle de la barrière de sécurité passive.

Il traite ensuite des éléments justificatifs de l'équivalence et le contenu de la note justificative.

## 5 Solution proposée

Afin de se conformer aux exigences de la réglementation, il est donc prévu de renforcer la barrière de sécurité passive naturelle sur le fond et les flancs. La solution proposée s'inspire également des recommandations du guide mentionné ci-dessus.

Les reconnaissances in situ réalisées par ARCADIS et synthétisées dans le chapitre 2 ont permis de déterminer que le sous-sol naturel répond à l'exigence d'une perméabilité inférieure à  $1.10^{-6}$  m/s sur une profondeur de plus de 40 mètres sous l'emprise des futurs casiers. En revanche, toutes les valeurs de perméabilité mesurées ne sont pas inférieures à  $1.10^{-9}$  m/s.

### La solution proposée en fond est la suivante :

- **en tirant profit du « substratum » du casier qui est constitué sur la totalité de la surface du fond par des matériaux présentant des valeurs de perméabilité  $<1.10^{-6}$  m/s sur une épaisseur d'au moins 5 mètres,**
- **de renforcer cette barrière en place par ajout ou reconstitution d'une couche de 0,5 m de matériaux argileux (y compris relevé d'étanchéité de 2 m sur les flancs) de perméabilité inférieure à  $1.10^{-9}$  m/s surmontée d'un géocomposite bentonitique, dont l'épaisseur en place en conditions humectées sera de plus de 0,5 cm et de perméabilité inférieure à  $1.10^{-11}$  m/s ; l'objectif de cette couche étant d'obtenir un fond de fouille étanche et homogène, avec, en outre des caractéristiques « cicatrisantes » en dessous de la barrière de sécurité active.**

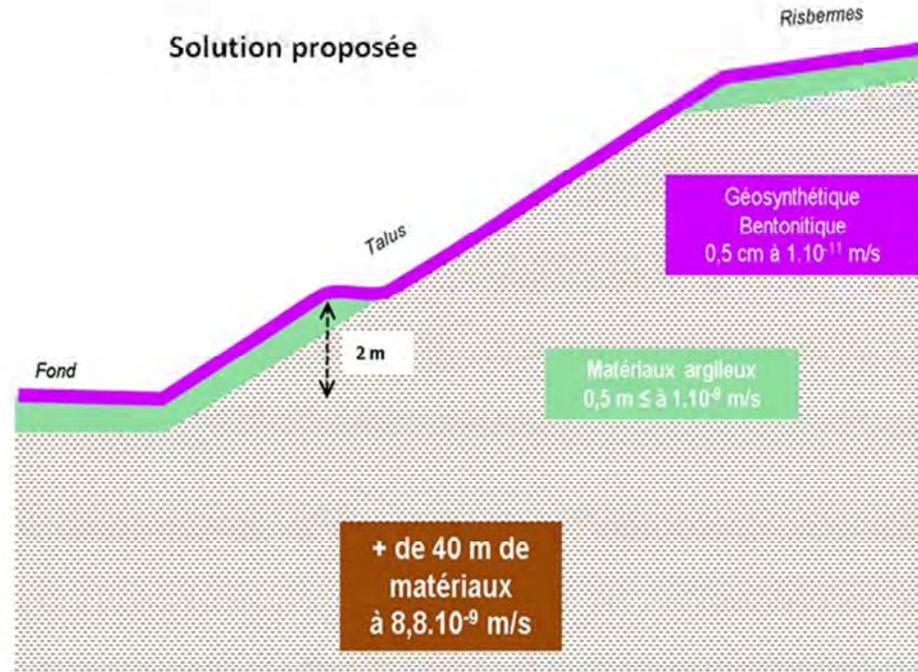
Rappel de par ailleurs que le casier sera équipé d'un dispositif de drainage respectant la réglementation (réseau drainage assurant une charge hydraulique en fond de casier inférieure ou égale à 30 cm).

### La solution proposée en flanc est la suivante :

- **de tirer profit des terrains naturels :** ces terrains présentent une perméabilité faible naturelle même si la perméabilité d'objectif ( $1.10^{-9}$  m/s) n'est atteinte que sur une partie des essais. La perméabilité moyenne est de  $8,8.10^{-9}$  m/s. En outre son épaisseur est supérieure à 40 mètres ;
- **de renforcer cette barrière naturelle par ajout d'un géocomposite bentonitique, dont l'épaisseur en place en conditions humectées sera de plus de 0,5 cm et de perméabilité inférieure à  $1.10^{-11}$  m/s. Les risbermes seront renforcées par ajout de 0,5 m de matériaux argileux à  $1.10^{-9}$  m/s et par 1 m de relevé d'étanchéité sur le flanc.**

Cette solution permet d'assurer à la fois un niveau de protection accru sur ces zones de flanc à faible pente et d'une mise en œuvre simplifiée par rapport à un remblai sur 1 m.

L'objet de la présente note est de vérifier l'équivalence de la solution proposée par rapport aux exigences réglementaires, en termes de perméabilité.



## 6 Calcul d'équivalence

### 6.1 Les équivalences de perméabilité verticale

Pour le dispositif réglementaire, et d'après la formule de Schneebeli, la perméabilité équivalente moyenne sur les 6 mètres de barrière passive est de **5,97.10<sup>-9</sup> m/s**, soit la perméabilité verticale moyenne du substratum naturel.

En flanc, dans la solution alternative proposée, il est prévu de renforcer la barrière d'étanchéité naturelle par :

- un géosynthétique bentonitique, qui présente une épaisseur d'environ 0,5 cm et une perméabilité minimale garantie de  $1.10^{-11}$  m/s,
- une couche minimale de 6 mètres de perméabilité inférieure à  $8,8.10^{-9}$  m/s.

La perméabilité équivalente sur une épaisseur de 6 mètres est donc, dans l'alternative proposée, estimée à **5,1.10<sup>-9</sup> m/s**.

En fond, et sur les zones de risbermes, il est proposé de consolider la barrière naturelle par :

- un géosynthétique bentonitique dont l'épaisseur en place en conditions humectées sera de plus de 0,5 cm et de perméabilité inférieure à  $1.10^{-11}$  m/s,
- un ajout ou reconstitution d'une couche de 0,5 mètre de matériaux argileux de perméabilité inférieure à  $1.10^{-9}$  m/s,
- une couche minimale de 5 mètres de perméabilité  $8,8.10^{-9}$

La perméabilité équivalente sur une épaisseur de 6 mètres est donc, dans l'alternative proposée, estimée à **3,69.10<sup>-9</sup> m/s**.

En équivalence de perméabilité verticale, la solution proposée est un peu plus performante que la solution réglementaire.

La perméabilité verticale ne permet de décrire que les phénomènes d'advection qui résulte d'une circulation de l'eau sous l'effet d'un gradient de pression hydraulique. Cependant, dans des milieux à faible perméabilité, les vitesses de transfert dues à l'advection deviennent faibles et les phénomènes de diffusion moléculaire, et donc de dispersion qui résultent d'une différence de concentration des molécules, peuvent devenir prépondérants.

### 6.2 Les phénomènes de dispersion

D'après Guyonnet and Côme (1995), l'équation décrivant l'advection et la dispersion d'un polluant en milieu poreux, en une dimension est la suivante :

$$R \times \frac{\partial C}{\partial t} + k \times \frac{\partial C}{\partial z} - D \times \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} + \lambda \times C = 0$$

Où :

C (M/L<sup>3</sup>) : est la concentration en polluant dans la barrière à une profondeur z et au temps t.

R (sans dimension) : est le facteur de retard qui prend en compte les phénomènes instantanés et réversibles de l'adsorption.

k (L/T) : est la vitesse linéaire de l'eau.

D (L<sup>2</sup>/T) : est le coefficient de dispersion effective.

Z (L) : est la profondeur dans la barrière.

λ (1/T) : est la constante de décroissance de premier ordre due à la dégradation biochimique ou physico-chimique.

L'adsorption est réversible et ne fait que retarder le transit des polluants au sein de la barrière d'étanchéité passive. La dégradation diminue également les transferts de polluants.

Dans notre calcul, nous nous placerons uniquement dans le cas le plus défavorable, c'est à dire, un polluant non-adsorbable et non dégradable.

L'équation devient donc :

$$\frac{\partial C}{\partial t} + k \times \frac{\partial C}{\partial z} - D \times \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} = 0$$

En reprenant les hypothèses faites par Guyonnet and Côme (1995) :

- Concentration en polluant au dessus de la barrière constante en fonction du temps ;
- Concentration en polluant nulle dans l'ensemble de la barrière à l'instant 0 ;
- Concentration en polluant nulle à une profondeur infinie.

La solution de cette équation devient donc :

$$C = \operatorname{erfc} \left( \frac{z - kt}{2\sqrt{Dt}} \right)$$

Dans cette équation les deux seules variables descriptives du matériau constitutif de la barrière sont k et D.

Or  $D = D_0 \times \tau + k \times \alpha$

Où :

D<sub>0</sub> (L<sup>2</sup>/T) : est le coefficient de diffusion du polluant dans l'eau.

$\tau$  (sans dimension) : est la tortuosité (fonction de la répartition spatiale de la porosité du matériau).

$\alpha$  (L) : est la dispersivité longitudinale (dispersion mécanique, dépendante des hétérogénéités du milieu à différentes échelles et des champs de vitesse).

$\tau$  et  $\alpha$  sont des paramètres descriptifs du matériau et  $D_0$  est caractéristique du polluant considéré.

La tortuosité et la dispersivité n'étant pas précisées de manière réglementaire, les marnes du site sont donc supposées présenter des caractéristiques similaires à celles des matériaux argileux.

Pour une profondeur (par exemple, la base de la barrière d'étanchéité passive réglementaire) et un temps donné, la concentration de polluant sera donc dépendante de  $k$  et des caractéristiques du polluant.

Or la fonction erreur complémentaire (erfc) est décroissante. D'autre part la fonction  $f$ , définie comme suit est une fonction décroissante pour  $x$  positif :

$$f(x) = \frac{z - tx}{2 \sqrt{Dt}}$$

Pour un polluant et une profondeur donnée (même épaisseur de la barrière de sécurité passive), la concentration sera donc d'autant plus faible que la perméabilité sera réduite.

**La solution préconisée sera donc plus performante que la solution réglementaire si l'on tient compte des phénomènes d'advection et de dispersion. En outre, dans ce calcul, il n'a pas été tenu compte des 34 mètres non saturés supplémentaires, de faible perméabilité sous-jacent.**

### 6.3 Conséquence en termes de temps de transfert

Il a donc été démontré au préalable que la solution d'équivalence proposée était plus performante concernant la diffusion que la conformation minimale réglementaire.

Pour évaluer le bénéfice de la forte épaisseur de terrains sous-jacent faiblement perméables, les temps de transfert par advection ont été estimés.

D'après les préconisations de l'arrêté ministériel, le temps de transfert, au sein d'une barrière passive classique, est le suivant :

- 1 mètre de perméabilité inférieure ou égale à  $1.10^{-9}$  m/s : 6,33 ans ;
- 5 mètres de perméabilité inférieure ou égale à  $1.10^{-6}$  m/s : 0,03 ans.

Donc un temps de transfert global de 6,36 ans.

- Dans la solution proposée, le temps de transfert est le suivant :
- 0,005 mètre de perméabilité de  $1.10^{-11}$  m/s : 6,33 ans ;
- 40 mètres de terrains non saturés de perméabilité de  $8,8.10^{-9}$  m/s : 28,83 ans.

Donc un temps de transfert global de 35,16 ans.

## 6.4 Synthèse sur la justification de l'équivalence

La barrière de sécurité passive reconstituée proposée pour l'ISDND de la Roseraie apporte une solution qui présente sur le plan hydraulique des performances au moins équivalentes pour le fond, les flancs et les risbermes, aux conditions minimales exigées par la réglementation (arrêté ministériel du 9 septembre 1997 modifié). De plus, la hauteur importante de terrains non saturés et de très faible perméabilité vient renforcer le caractère confinant, apportant un facteur de sécurité supplémentaire par rapport à celui de la structure réglementaire demandée.

## 7 Modalités de mise en œuvre

Un PAQ sera réalisé par l'entreprise.

### 7.1 Reconstitution de la couche de perméabilité inférieure à $1.10^{-9}$ m/s

En cas d'absence, cette couche sera soit recompressée pour atteindre la perméabilité requise, soit reconstituée suivant l'étude d'équivalence.

En effet, la création de la partie supérieure de la barrière de sécurité passive (BSP) pourra s'effectuer simplement après ajustement de la teneur en eau et compactage ou par adjonction de liant hydraulique (bentonite ou kaolinite) en fonction du faciès en présence, sous réserve que leurs propriétés mécaniques et physico-chimiques le permettent.

Pendant la phase de travaux une planche d'essai de compactage et de perméabilité par type de matériaux identifiés pour la reconstitution de la BSP sera réalisée. Des contrôles de perméabilités seront effectués pour valider la conformité des objectifs de perméabilité.

### 7.2 Mise en œuvre du Géosynthétique Bentonitique (GSB)

L'état du support sera contrôlé et compatible avec la mise en œuvre du GSB afin de ne pas le perforer ou l'endommager.

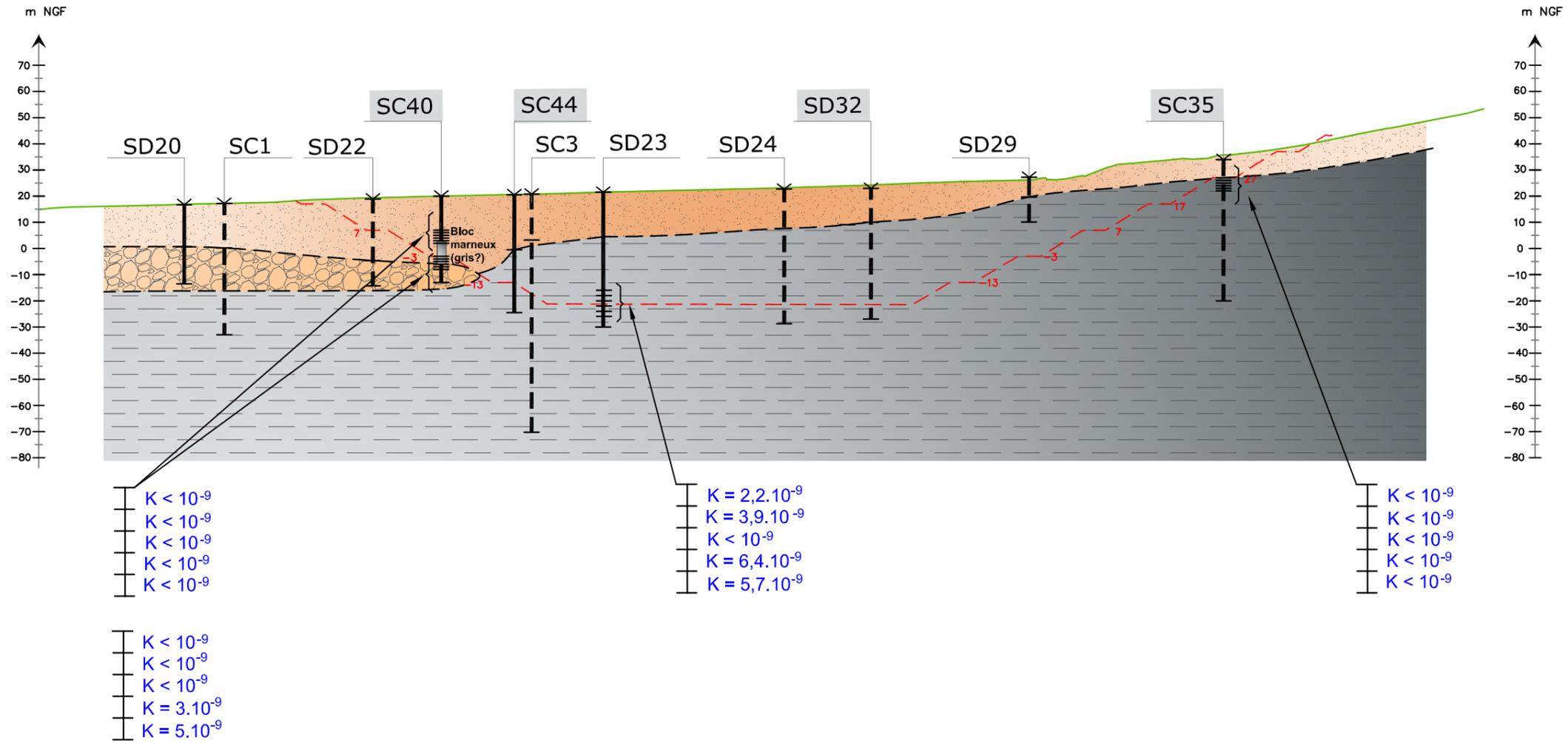
Les conditions météorologiques de travaux seront également compatibles avec la pose du géocomposite. Le GSB sera déroulé sur les flancs du stockage et un ancrage sera réalisé sur chaque pallier intermédiaire de manière à assurer la stabilité géotechnique de l'ouvrage.

La perméabilité, l'épaisseur, la densité et teneur en liant hydraulique, ainsi que la résistance à la traction et au poinçonnement seront contrôlés par l'entreprise qui réalisera la mise en œuvre.

## Annexe 1 : Coupes interprétatives

SE

NW



**LEGENDE**

<b>SD32</b>	Sondages réalisés en 2011	<b>T</b>	Sondage sur la coupe
	Sables et argiles beiges	<b>:</b>	Sondage projeté
	Sables et graves		Cote du projet (m NGF) (hypothèse 1 APT 2010)
	Marnes grises		Cote du TN (m NGF)
			Perméabilité équivalente en m/s (Interprétation type Lefranc)

J:\151515-10-0024\_SITA MEDIT APT ISDND\12\_ETU\_QUALIF\3-CAO\Résultat\_qualif\_2011\_V0.dwg



DDAE du Pôle multi-filières de la Roseraie - Bellegarde (30)  
 SITA MEDITERRANEE  
**ETUDE DE QUALIFICATION GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE**

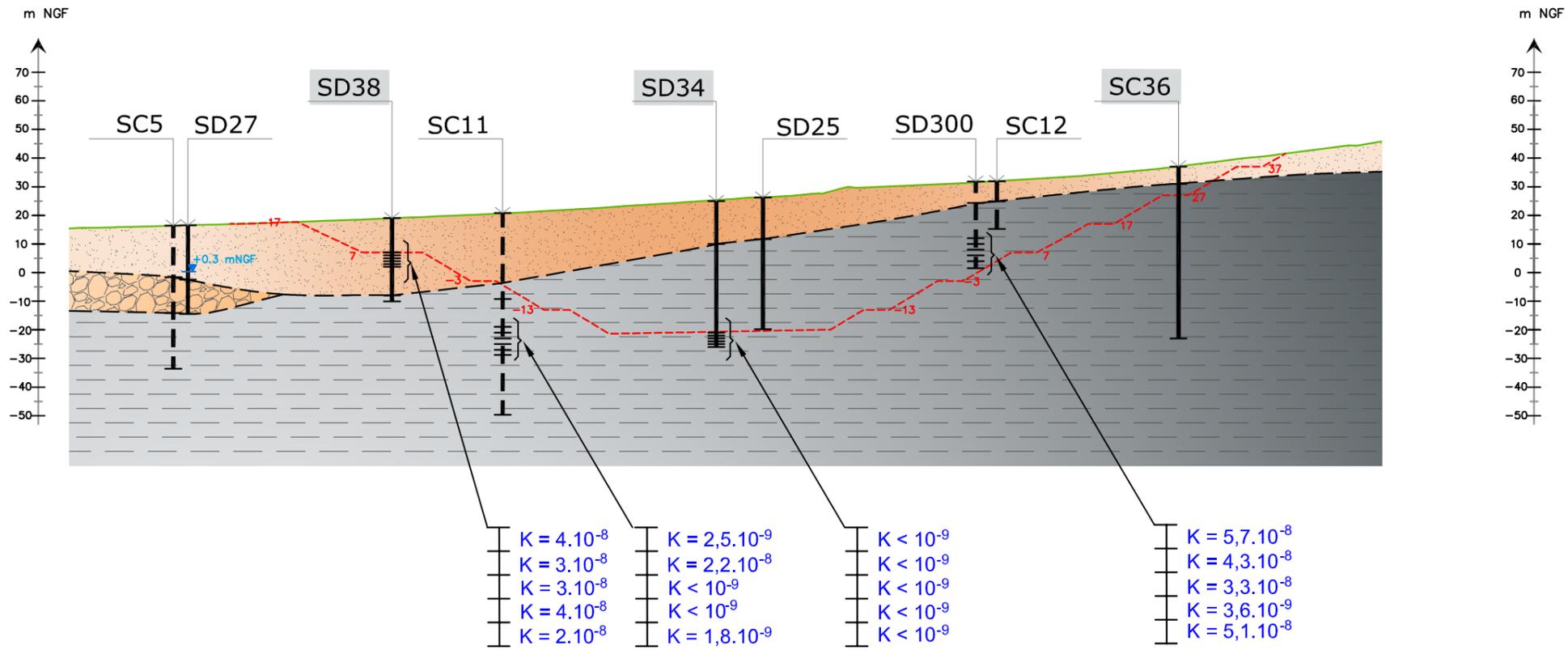
**Figure 22 :**  
**COUPE INTERPRETATIVE PROFIL 1**  
**AVEC ESSAIS D'EAU**

Echelle: 1/2000



SE

NW



<b>SD32</b>	Sondages réalisés en 2011		Sondage sur la coupe
	Sables et argiles beiges		Sondage projeté
	Sables et graviers		Cote du projet (m NGF) (hypothèse 1 APT 2010)
	Marnes grises		Cote du TN (m NGF)
	Niveau piézométrique		Perméabilité équivalente en m/s (Interprétation type Lefranc)

J:\515\515-10-0024\_SITA MEDIT APT ISDND\12\_ETU\_QUALIF\3-CAO\Résultat\_qualif\_2011\_V0.dwg

**DDAE du Pôle multi-filières de la Roseraie - Bellegarde (30)**  
**SITA MEDITERRANEE**  
**ETUDE DE QUALIFICATION GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE**

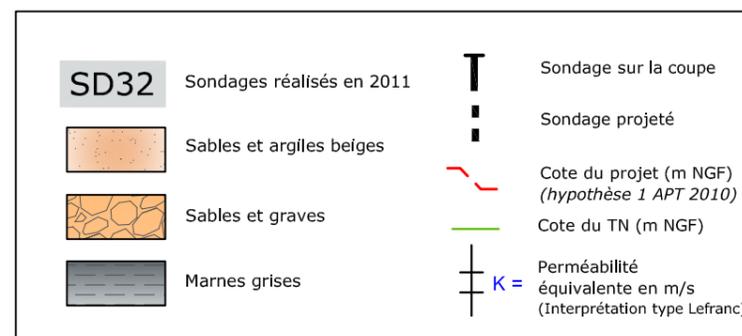
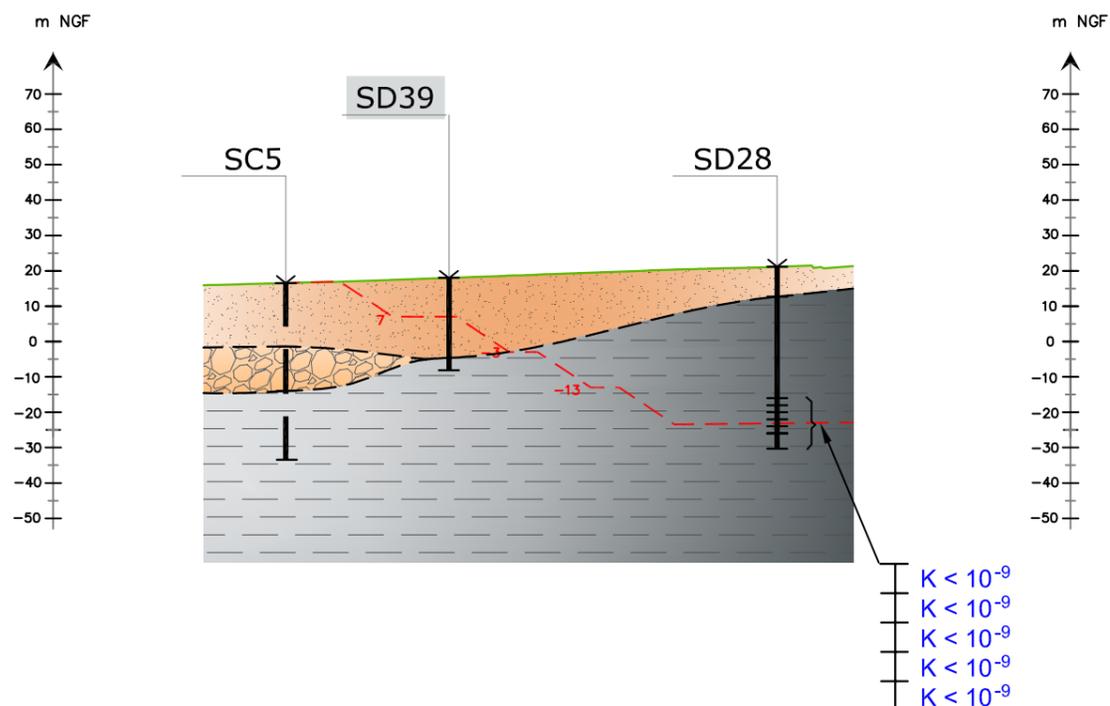
**Figure 23 :**  
**COUPE INTERPRETATIVE PROFIL 2**  
**AVEC ESSAIS D'EAU**

Echelle: 1/2000



NE

SW



J:\151515-10-0024\_SITA MEDIT APT ISDND\12\_ETU\_QUALIF\3-CAOI\Résultat\_qualif\_2011\_V0.dwg



DDAE du Pôle multi-filières de la Roseraie - Bellegarde (30)  
 SITA MEDITERRANEE  
**ETUDE DE QUALIFICATION GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE**

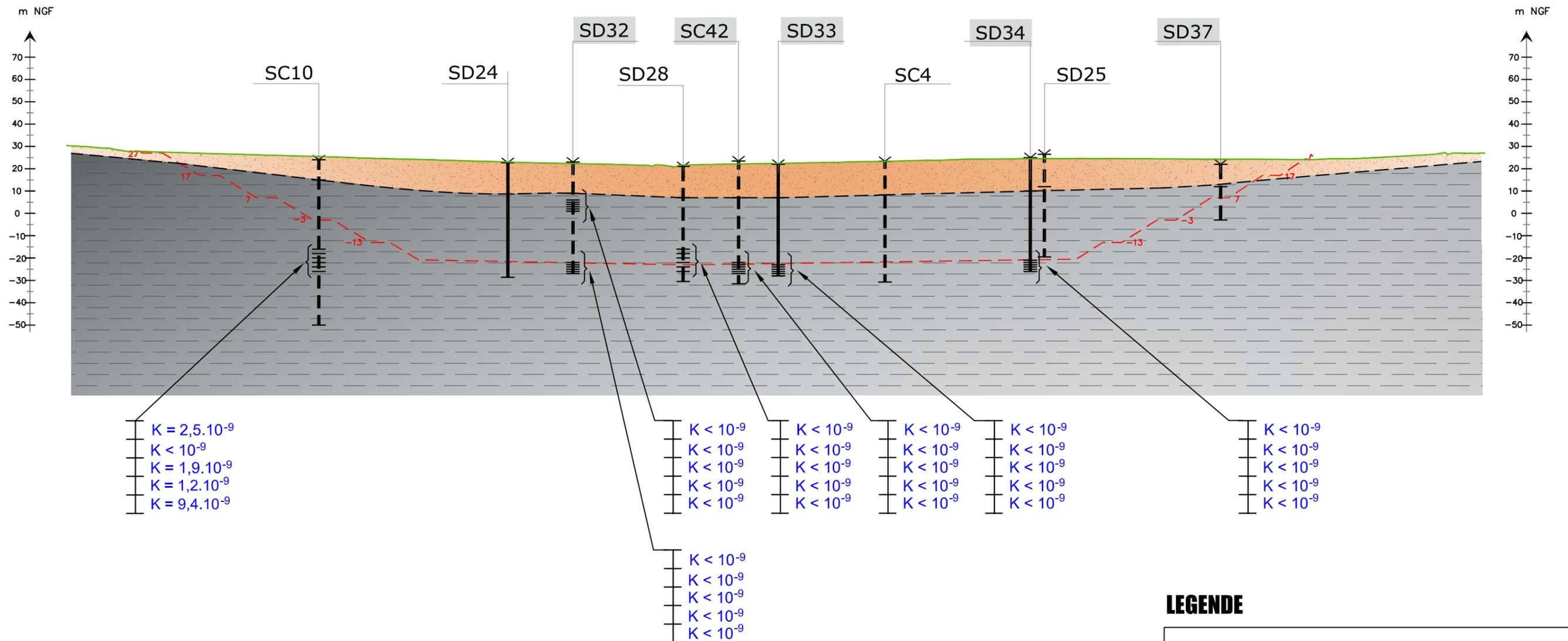
**Figure 24 :**  
**COUPE INTERPRETATIVE PROFIL 3**  
**AVEC ESSAIS D'EAU**

Echelle: 1/2000



S

N



**LEGENDE**

<b>SD32</b>	Sondages réalisés en 2011	<b>T</b>	Sondage sur la coupe
	Sables et argiles beiges	<b>:</b>	Sondage projeté
	Sables et graves		Cote du projet (m NGF) (hypothèse 1 APT 2010)
	Marnes grises		Cote du TN (m NGF)
			Perméabilité équivalente en m/s (Interprétation type Lefranc)

J:\151515-10-0024\_SITA MEDIT APT ISDND\12\_ETU\_QUALIF\3-CAOI\Résultat\_qualif\_2011\_V0.dwg



DDAE du Pôle multi-filières de la Roseraie - Bellegarde (30)  
 SITA MEDITERRANEE  
**ETUDE DE QUALIFICATION GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE**

**Figure 25 :**  
**COUPE INTERPRETATIVE PROFIL 4**  
**AVEC ESSAIS D'EAU**

Echelle: 1/2000



## Annexe 4-3-1 : Réseau de drainage des lixiviats – Note de calcul (ARCADIS)



SITA SUD

# Pôle de Recyclage et d'Elimination des Déchets Non Dangereux de la Roseraie - Commune de Bellegarde (Gard)

## Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter

### GESTION DES LIXIVIATS

Note de Calcul

**Emetteur** ARCADIS  
Agence de Marseille  
Immeuble CAP AZUR ILôt M3 Euromed  
67 Rue Chevalier Paul  
CS 30321  
13236 Marseille cedex 02  
Tél. : +33 (0)4 96 14 59 59  
Fax : +33 (0)4 91 72 36 84

**Réf affaire Emetteur** FR0110.001447  
**Chef de Projet** Marilou VALE  
**Auteur principal** Patrick BASTIDE  
**Nombre total de pages** 9

Indice	Date	Objet de l'édition/révision	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par
A01	23/08/2012	Première diffusion	P.BASTIDE	M.VALE	M. COLLOMP

Il est de la responsabilité du destinataire de ce document de détruire l'édition périmée ou de l'annoter « Edition périmée ».

Document protégé, propriété exclusive d'ARCADIS ESG.  
Ne peut être utilisé ou communiqué à des tiers à des fins autres que l'objet de l'étude commandée.

**Emetteur** AFR **Phase / cat** DIV **Num** **Type** NOT **Indice** A01 **Statut** V1

Réf Aff. ARCADIS / FR0110.001447 Note calcul lixiviats-v1.docx



## Table des Matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Contexte réglementaire et technique</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Hypothèses retenues</b> .....	<b>5</b>
3.1	Volume de lixiviats .....	5
3.2	Données géométriques, hydrauliques et mécaniques .....	5
<b>4</b>	<b>Dimensionnement</b> .....	<b>6</b>
4.1	Méthodologie .....	6
4.1.1	Détermination du nombre de drains .....	6
4.1.2	Détermination du diamètre intérieur des drains .....	7
4.1.3	Type de drains et résistance mécanique .....	7
<b>5</b>	<b>Implantation des équipements</b> .....	<b>8</b>

# 1 Introduction

Dans le cadre de son projet de création d'un Pôle de Recyclage sur la commune de Bellegarde (30), SITA SUD a mandaté ARCADIS pour la réalisation du Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter (DDAE)

La présente demande d'autorisation concerne notamment :

- Une activité de tri et valorisation des DIB et encombrants ;
- Une activité de stockage pour la part ultime des Déchets Non Dangereux (Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux – ISDND) ;
- Des unités connexes au stockage telles qu'une unité de traitement des lixiviats et un équipement d'élimination du biogaz.

Dans ce cadre, ARCADIS a réalisé un dimensionnement des équipements de drainage des lixiviats en fond de casier de l'ISDND en fonction des éléments techniques contenus dans le DDAE.

Cette note de calcul comporte 4 parties :

- Rappel du contexte réglementaire,
- Rappel des hypothèses retenues,
- Dimensionnement du réseau de drainage,
- Caractéristiques des équipements.

## 2 Contexte réglementaire et technique

Le drainage des lixiviats en fond de casier d'une ISDND est régi par l'arrêté ministériel de 1997 relatif aux Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux, modifié en 2001, 2006 et 2012, et notamment par les articles suivant :

### Article 14 :

« La barrière de sécurité active est normalement constituée, du bas vers le haut, par une géomembrane, ou tout dispositif équivalent, surmontée d'une couche de drainage.

La couche de drainage est constituée de bas en haut :

- d'un réseau de drains permettant l'évacuation des lixiviats vers un collecteur principal ;
- d'une couche drainante, d'épaisseur supérieure ou égale à 0,5 mètre, ou tout dispositif équivalent.

La géomembrane ou le dispositif équivalent doit être étanche, compatible avec les déchets stockés et mécaniquement acceptable au regard de la géotechnique du projet. Sa mise en place doit en particulier conduire à limiter autant que possible toute sollicitation mécanique en traction et en compression dans le plan de pose, notamment après stockage des déchets ».

### Article 18 :

« Des équipements de collecte et de stockage avant traitement des lixiviats sont réalisés pour chaque catégorie de déchets faisant l'objet d'un stockage séparatif sur le site. L'installation comporte ainsi un ou plusieurs bassins de stockage des lixiviats correctement dimensionnés.

L'ensemble de l'installation de drainage et de collecte des lixiviats est conçu de façon à limiter la charge hydraulique de préférence à 30 cm, sans toutefois pouvoir excéder l'épaisseur de la couche drainante mesurée au droit du regard et par rapport à la base du fond du casier et de façon à permettre l'entretien et l'inspection des drains.

La conception de l'installation de drainage, de collecte et de traitement de lixiviats doit faire l'objet d'une étude qui est jointe au dossier de demande d'autorisation. Cette étude tient compte, le cas échéant, des conditions de fonctionnement destinées à accroître la cinétique de production du biogaz, notamment par recirculation des lixiviats, pendant la période de suivi ».

Il en ressort que les équipements de drainage devront être inclus dans l'horizon drainant de 0,50 m mis en place en fond de casier et que ces équipements devront permettre de conserver une charge hydraulique de lixiviats en fond de casier inférieure à 0,30 m.

Le système de drainage devra également pouvoir être entretenu et inspecté.

Dans le cas du site de La Roseraie, la réalisation du fond de forme telle que projetée permettra de réaliser un point bas à partir duquel les lixiviats seront pompés et envoyés vers leur exutoire.

Le système de drainage de fond de casier, sera donc conçu et dimensionné pour permettre un écoulement de l'ensemble des lixiviats en gravitaire vers le point bas.

## 3 Hypothèses retenues

### 3.1 Volume de lixiviats

Dans le cadre de la réalisation du DDAE, un bilan hydrique a été réalisé.

Ce bilan hydrique fait ressortir une production annuelle moyenne de lixiviats pendant toute la durée de l'exploitation du site d'environ 21 900 m<sup>3</sup> avec un maximum de 29 930 m<sup>3</sup> aux environs de la 20<sup>ième</sup> année d'exploitation.

Nous prendrons cette valeur maximale comme base du dimensionnement.

### 3.2 Données géométriques, hydrauliques et mécaniques

Le projet d'ISDND de La Roseraie prévoit un fond de forme développant une surface d'environ 23 360 m<sup>2</sup> avec une pente générale Sud – Nord d'environ 2% vers le puits principal de pompage des lixiviats prévu dans l'angle Nord – Est, et une pente secondaire d'environ 1,5% dans le sens Ouest – Est.

Ainsi en tout point du fond de forme, la pente sera orientée vers le point bas facilitant le drainage des lixiviats.

La constitution projetée du fond de forme nous amènera à mettre en place un réseau de drainage secondaire orienté Ouest-Nord Ouest / Est-Sud Est relié à un drain principal orienté suivant la plus grande pente c'est-à-dire Sud / Nord.

La longueur maximale du fond de forme sera d'environ 310 m.

Les drains mis en place pourront être réalisés à l'aide de conduites fentées en polyéthylène haute densité (PeHD) à paroi intérieure lisse. Les différents éléments constituant les conduites (tubes) seront assemblés par polyfusion bout à bout ou par manchons électrosoudables.

La hauteur de déchets maximale projetée (réaménagement final) pour ce site sera de l'ordre de 104 m (cote de fond maximale à -23 m NGF, cote maximale du réaménagement final +81 m NGF).

La couche drainante de fond de casier constituée de matériaux de granulométrie 20/40 à 20/80 mm, lavés, aura une épaisseur de 0,50 m pour répondre aux exigences de l'Arrêté Ministériel ISDND.

La perméabilité de ces matériaux sera prise, par défaut, égale à 1.10<sup>-4</sup> m/s (valeur moyenne constatée dans ce type de matériaux).

Nota bene, lors de la réalisation de la couche drainante, la mise en place d'un matériau de perméabilité supérieure à 1.10<sup>-4</sup> m/s (par exemple des matériaux de granulométrie supérieure 20/120 à 60/200) apporterait un facteur de sécurité supplémentaire quant à la conservation d'une charge hydraulique inférieure à 0,30 m.

L'ensemble des calculs de dimensionnement sera fait en considérant une répartition homogène des lixiviats sur l'ensemble du massif de déchets, donc sur l'ensemble de la surface du fond de forme, sans rétention ni relargage.

## 4 Dimensionnement

### 4.1 Méthodologie

Afin de dimensionner un réseau de drainage des lixiviats en fond de casier d'ISDND, il convient de :

- Déterminer le nombre de drains nécessaire pour respecter la hauteur maximale de lixiviats en fond de casier (charge hydraulique  $\leq 0,30$  m),
- Déterminer le diamètre intérieur des drains permettant d'évacuer vers l'exutoire (ici le point bas de collecte des lixiviats par pompage) les volumes de lixiviats concernés,
- Déterminer le type de matériaux et leur classe de résistance pour réaliser le réseau de drainage afin que celui-ci résiste à la charge du massif de déchets.

#### 4.1.1 Détermination du nombre de drains

Le système de drainage doit être conçu de manière à ce que la hauteur des lixiviats susceptibles de s'accumuler en fond de casier soit si possible inférieure à la hauteur de la charge hydraulique maximale de 0,30 m sans qu'elle ne soit supérieure à l'épaisseur de la couche drainante de 0,50 m.

Afin de calculer le nombre de drains nécessaire nous utiliserons une formule dérivée des travaux de J-P. Giroud et Houlihan (1995) qui nous donne pour une hauteur maximale de lixiviats en fond de casier, une distance à respecter entre les différents drains.

Comme vu précédemment, le système sera constitué d'un drain principal et de drains secondaires, nous déterminerons ici le nombre de drains secondaires nécessaires.

La formule utilisée est la suivante :

$$H_{max} \leq f \times (1/8) \times (Q/T) \times L^2$$

$$\text{D'où } L \leq \sqrt{(H_{max} \times 8 \times T) / (f \times Q)}$$

Avec

$H_{max}$  : Hauteur maximale de lixiviats en fond de casier en m, ici  $H_{max} = 0,30$  m.

$T$  : Transmissivité de la couche drainante en  $m^2/s$ ,  $T = K \times e$ .

où  $K$  est la perméabilité de la couche drainante et  $e$  son épaisseur, et  $T = 1.10^{-4} \times 0,5 = 5.10^{-5} m^2/s$ .

$Q$  : Débit unitaire en  $m^3 / (m^2/s)$ , ici  $Q = 4,06 \cdot 10^{-8} m^3 / (m^2/s)$ .

$L$  : Distance entre deux drains en m.

$f$  : Facteur de sécurité sans unité, ici  $f$  est pris égal à 4.

En prenant  $H_{max} = 0,30$  m, nous obtenons une distance entre deux drains  $L = 27, 20$  m.

Sur la longueur maximale du casier (310m) nous aurons donc 11 drains secondaires afin de respecter la hauteur maximale de lixiviats en fond de casier.

#### 4.1.2 Détermination du diamètre intérieur des drains.

Comme vu précédemment, les tubes fentés seront en PeHD que ce soit pour le drain principal ou les drains secondaires.

Pour déterminer le diamètre intérieur des drains, il faut déterminer la capacité hydraulique des conduites qui se calcule à l'aide de l'équation de Manning et Strickler modifiée suivante :

$$Q = S \times K \times Rh^{2/3} \times \text{pente}^{1/2}$$

Où

**Q** est le débit en m<sup>3</sup>/s

**S** est la section mouillée en m<sup>2</sup>

**K** le coefficient de rugosité de Strickler sans unité

**Rh** est le rayon hydraulique en m,  $Rh = S / P$  où **P** est le périmètre mouillé en m

**pente** est la pente de la conduite en m/m

Les données pour le site de La Roseraie sont les suivantes :

débit maximum de lixiviats (en m <sup>3</sup> /an)	29930
nombre de drains	11
débit maximum de lixiviats par drain secondaire à évacuer (en m <sup>3</sup> /an)	2721
débit horaire maximum de lixiviats à évacuer par drain secondaire (en m <sup>3</sup> /h)	0.31
débit horaire maximum de lixiviats à évacuer par le drain principal (en m <sup>3</sup> /h)	3.43
pente des drains secondaires (en m/m)	0,015
pente du drain principal (en m/m)	0,02
coefficient de rugosité K	50
hauteur de remplissage de la conduite	½ diamètre intérieur

De plus, le diamètre choisi devra permettre d'obtenir les conditions minimales d'auto curage afin de limiter les dépôts dans les collecteurs, ces conditions minimales sont données par une vitesse d'écoulement dans la conduite remplie à ½ diamètre intérieur (½ section) supérieure ou égale à 0,7 m/s.

En appliquant la formule de Manning et Strickler, en vérifiant les conditions d'auto curage et en surdimensionnant les conduites pour permettre, comme demandé dans l'Arrêté Ministériel ISDND, d'entretenir et inspecter les conduites nous obtenons :

- Pour les drains secondaires un diamètre intérieur de 130 mm qui permet d'évacuer un débit de l'ordre de 18 m<sup>3</sup>/h à une vitesse d'environ 0,7 m/s à ½ section (capacité hydraulique environ 50 fois supérieure à la capacité requise).
- Pour le drain principal un diamètre intérieur de 200 mm permettant d'évacuer un débit de l'ordre de 54 m<sup>3</sup>/h à une vitesse de 1 m/s à ½ section (capacité hydraulique environ 15 fois supérieure à la capacité requise).

#### 4.1.3 Type de drains et résistance mécanique

Comme vu ci-dessus, les collecteurs seront constitués de tubes PeHD fentés de diamètre intérieur 130 mm ou 200 mm.

Le choix du type de matériaux devra permettre de s'assurer que la conduite "résiste" à la charge mécanique appliquée au-dessus d'elle par le massif de déchets et l'exploitation de celui-ci.

Cette charge se compose en théorie de :

- Une charge apparente due à la mise en dépression de la conduite.

Dans notre cas, nos hypothèses de calcul considèrent que les drains ne sont pas soumis à dépression, donc aucune charge apparente ne sera prise en compte,

- Une charge ponctuelle appliquée à la conduite lors d'un passage d'engin au-dessus

Cette charge s'atténuant en profondeur, elle est considérée comme nulle au-delà de 1m à 1,20 m de profondeur, dans notre cas, le massif de déchets étant bien plus épais, aucune charge ponctuelle ne sera prise en compte ,

- Une charge statique due au poids du massif de déchets et de la couverture.

La charge prise en compte dans notre calcul sera la charge maximale au-dessus des conduites après réaménagement final.

Le tableau suivant présente la charge maximale sur le réseau de drainage en fin de réaménagement final (cas le plus défavorable) :

	Épaisseur (en m)	Poids (KN/m <sup>2</sup> )	Charge (kPa)
Couverture finale	1,5	17	25,5
Déchets	102	10	1 020
Horizon drainant	0,5	20	10
		Total	1 055,5 kPa

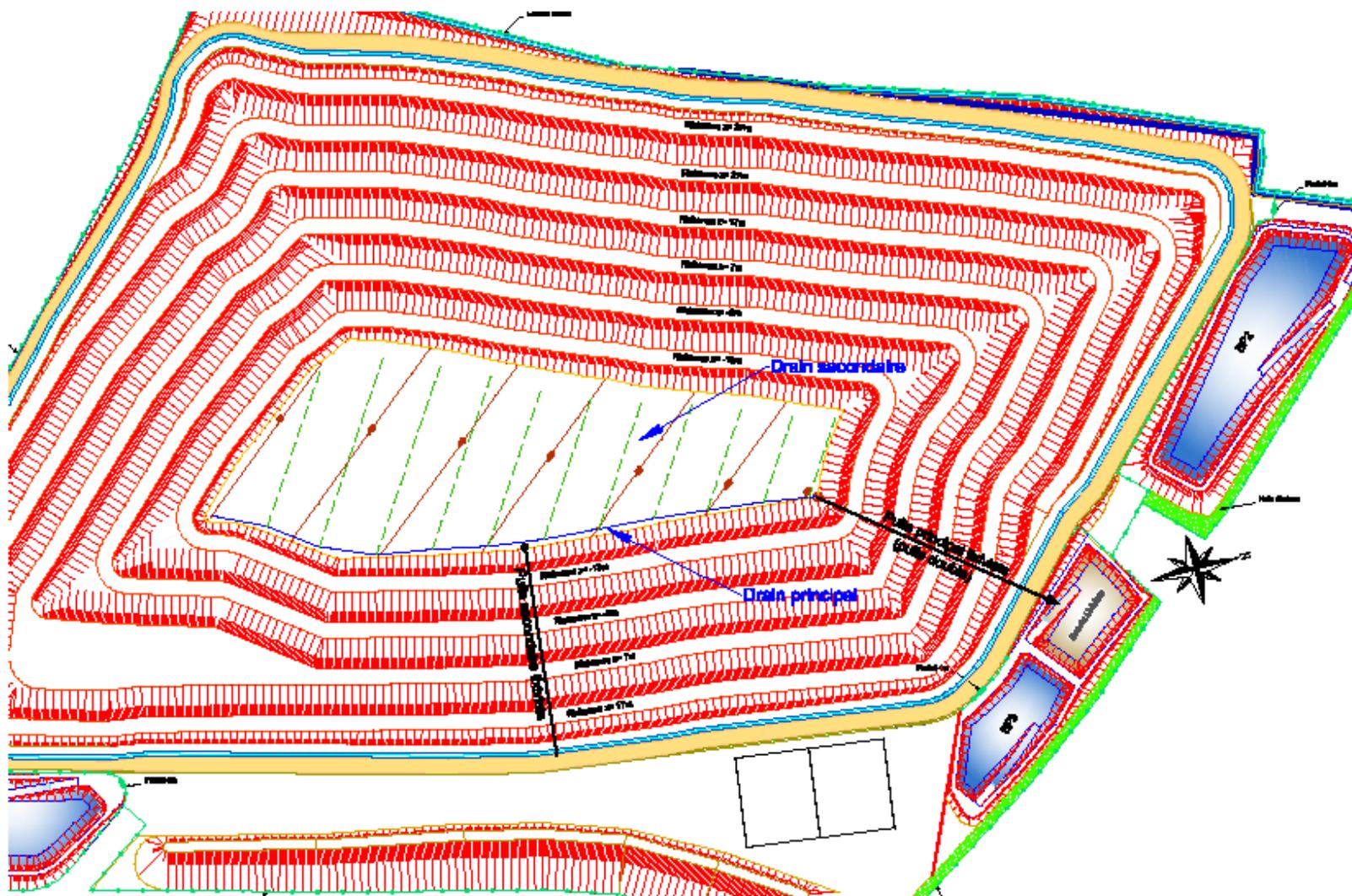
Lors du choix définitif des matériaux, le fournisseur devra vérifier la résistance mécanique du matériel envisagé en fonction des contraintes déterminées ci-dessus.

En première approche, les drains pourraient être constitués de tubes fentés 2/3 :

- PeHD PE 80/100 SDR 11 Ø 160 mm (Ø<sub>Int</sub> 130,8 mm) pour les drains secondaires,
- PeHD PE 80/100 SDR 11 Ø 250 mm (Ø<sub>Int</sub> 204,6 mm) pour le drain principal.

## 5 Implantation des équipements

Ci-après, un plan projet présente l'implantation du réseau de drainage.







## Annexe 4-3-2 : Caractéristiques techniques des tubes PeHD



## CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES TUBES PeHD

### Caractéristiques et applications des tubes (pleins ou fentés) PeHD

-  Tubes et raccords pour les conduites d'eau potable et des eaux usées ainsi que pour le dégazage et le drainage des effluents de décharges,
-  Température d'utilisation de -40°C jusqu'à +80°C,
-  Faible masse spécifique,
-  Innocuité physiologique,
-  Bonne résistance aux chocs,
-  Résistant à la lumière et aux intempéries,
-  Pas de reprise d'eau ni de gonflement,
-  Très bonne résistance aux acides, bases et solvants,
-  Grande résistance à l'abrasion,
-  Remarquables propriétés électro-isolantes,
-  Facilité d'assemblages par soudage.

### Données générales

Propriété (unité)	Norme/ Référence	PE 80	PE 100
Densité, g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183	0,95	0,958
Résistance au seuil de fluage, MPa	DIN EN ISO 527	22	23
Allongement au seuil de fluage, %	DIN EN ISO 527	9	9
Allongement à la rupture, %	DIN EN ISO 527	>=300	>=300
Module "E" à la traction, MPa	DIN EN ISO 527	800	900
Résistance aux chocs sur éprouvette lisse, kJ/m <sup>2</sup>	DIN EN ISO 179	sans casse	sans casse
Résistance aux chocs sur éprouvette entaillée, kJ/m <sup>2</sup>	DIN EN ISO 179	12	-
Dureté à la bille, MPa	DIN EN ISO 2039-1	40	-
Dureté Shore D	ISO 868	63	61
Coefficient de dilatation thermique, K <sup>-1</sup>	DIN 5375-2	1,8 x 10 <sup>-4</sup>	1,8 X 10 <sup>-4</sup>
Conductibilité thermique, W/m×K	DIN 52612	0,38	-
Rigidité diélectrique, kV/mm	VDE 0303 - 21	47	22
Résistivité transversale, Ohm·cm	DIN IEC 93	> 1016	-
Résistivité superficielle, Ohm	DIN IEC 167	1014	-
Résistivité au cheminement d'arc KC,V	DIN IEC 112	600	-
Comportement au feu, classe	DIN 4102	B2	B2
Absorption d'eau, %/24 h	DIN 53495	négligeable	négligeable
innocuité physiologique selon	BgVV1	oui	oui
Résistance chimique	DIN 8075	oui <sup>2</sup>	oui

## Fiche technique de sécurité

Composition / Indications sur les composants	polymère d'éthylène
Dangers possibles	inconnus
Premiers secours Indications générales	Une surveillance médicale n'est pas nécessaire
Mesures à prendre en cas d'incendie Produits d'extinction:	brouillard d'eau, mousse, poudre d'extinction, CO2
Manutention et stockage	Manutention: Pas de prescriptions particulières à observer Stockage: illimité
Limite d'exposition	Équipement de protection du personnel non nécessaire
Caractéristiques physiques et chimiques	forme: produit semi-ouvert couleur: noir odeur: sans odeur
Changement d'état:	Interv. fusion cristallites: 126 - 130 °C point d'inflammation: sans objet température d'inflammation: environ 350°C (selon littérature) Densité: 0,95 g/cm <sup>3</sup>
Stabilité et réactivité	Décomposition thermique: supérieure à 300°C Produits de décomposition: Par combustion il se produit des suies, du dioxyde de carbone, de l'eau ainsi que des dérivés de poids moléculaires inférieurs de PE. La combustion incomplète produit du gaz carbonique.
Indications sur la toxicité	Après plusieurs années d'utilisation de ce produit aucun effet nuisible sur la santé n'a été observé.
Indications sur l'écologie	Aucune dégradation biologique, insoluble dans l'eau, aucun effet négatif sur l'environnement n'a été observé.
Indications sur le traitement des déchets	Peut être recyclé ou éliminé avec les ordures ménagères (observer les prescriptions locales). Code déchet du produit inutilisé: EAK-Code 120 105 Nom du déchet: déchet de polyoléfine
Indications pour le transport	Produit sans danger selon la régulation du transport
Classe de danger pour d'eau:	classe 0
Indications diverses	Les indications sont basées sur nos connaissances actuelles. Elles sont destinées à décrire le produit selon des exigences de sécurité.

1Selon 91/155/EWG



## Annexe 4-3-3 : Exemple de mode opératoire SITA SUD pour le suivi des lixiviats



## **MODE OPERATOIRE SITA SUD - SUIVI DES LIXIVIATS**

### **INSTALLATION DE STOCKAGE ENTRAIGUES SUR LA SORGUE**

#### But :

- Respecter la réglementation sur la gestion des eaux (Cf Arrêté Préfectoral)
- Surveiller le niveau de lixiviats dans les puits, permettant de prévoir un pompage
- Surveiller le niveau des lixiviats dans les bassins, permettant de prévoir des analyses avant une évacuation
- Permettre d'établir les **bilans trimestriels et annuels** de l'installation de stockage

#### Moyens :

- Sonde pour mesurer la hauteur des lixiviats dans les puits et dans le bassin de lixiviats
  - Appareil de mesure de la résistivité, du pH et DCO
  - Flacon d'échantillonnage des lixiviats
- Les appareils de mesure sont entretenus et contrôlés par des organismes agréés aux fréquences prescrites (procédure « Maîtrise des appareils de mesure, de contrôle et d'essai »).

Réalisé par : Agent d'entretien, l'attaché d'exploitation et le responsable d'exploitation

#### Fonctionnement :

La récupération des lixiviats sur le site se fait par pompage.

Chaque alvéole, hydrauliquement indépendante, est munie de puits dans lesquels sont collectés les lixiviats en point bas.

Lorsque les lixiviats atteignent des hauteurs supérieures à 30 cm, ils sont pompés vers le bassin de lixiviats.

Lorsque ce bassin atteint à son tour la valeur limite de 200 m<sup>3</sup>, on procède à des enlèvements vers une station de traitement agréée.

#### **Mesure de la profondeur des lixiviats dans les puits :**

1. Placer l'enrouleur de la sonde sur le rebord de chaque puits et lâcher la sonde
2. Un signal sonore et lumineux indique que la sonde touche l'eau
3. Remonter soigneusement la sonde jusqu'à l'arrêt définitif du signal sonore et lumineux
4. Relever la profondeur indiquée et la noter sur la fiche terrain

#### **Enregistrement des mesures des puits :**

1. Enregistrer les mesures sur le système informatique, qui traduit cette profondeur en hauteur de lixiviats dans le puits
2. Si la hauteur est supérieure à 30 cm, informer l'attaché d'exploitation.
3. Enregistrer ces mesures sur le système informatique, qui les traduit en volume prélevé

#### **Enregistrement des mesures du bassin :**

- 5 Enregistrer les mesures sur le système informatique, qui traduit cette profondeur en volume de lixiviats dans le bassin
- 6 Si le volume est supérieur à 200m<sup>3</sup>, informer le Responsable d'exploitation, arrêter le pompage des puits et prélever un échantillon de lixiviats afin de procéder à une analyse complète.
- 7 Pendant que le pompage des puits est arrêté, la mesure des puits se fera deux fois par semaine. En cas de hauteur supérieur à 45 cm, prévenir l'attaché d'exploitation.

8 Le responsable d'exploitation programme les jours d'évacuation par un prestataire une fois les résultats d'analyses réceptionnés.

Si les résultats sont en dessous des seuils indiqués dans l'arrêté préfectoral les lixiviats peuvent être dirigés vers une STEP urbaine. Sinon ils devront être éliminés en STEP industrielle.

9 Enregistrer ces mesures sur le système informatique, qui les traduit en volume prélevé

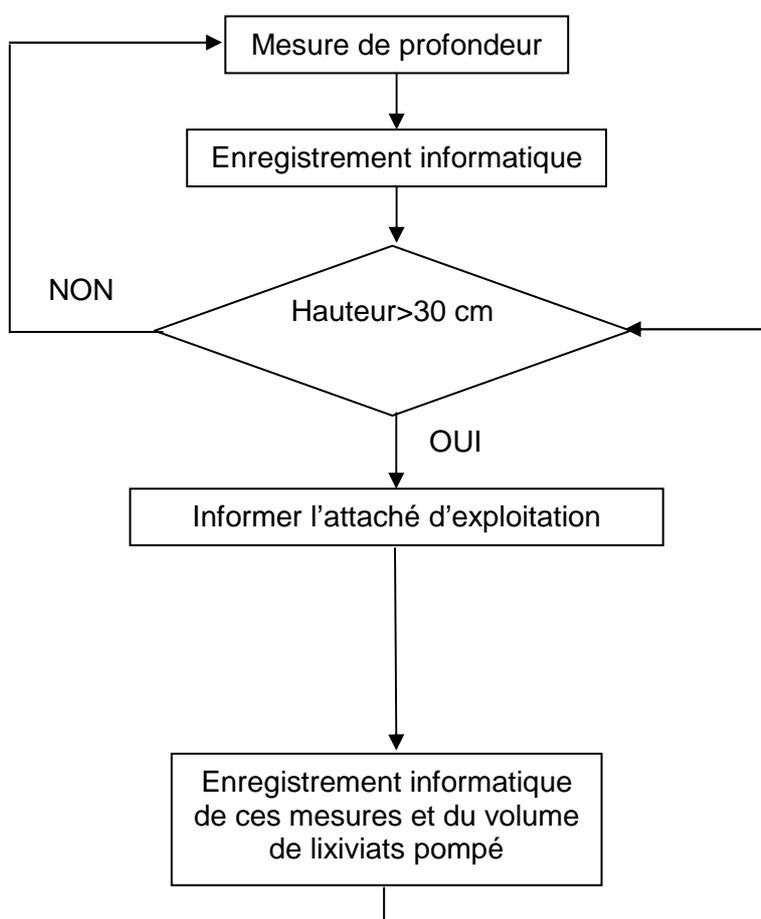
Hebdomadairement, l'agent d'entretien effectue les mesures et les reporte sur la fiche terrain. Il enregistre ensuite les informations de la fiche terrain sous informatique. En période de pluie, ces opérations sont effectuées quotidiennement.

Une sauvegarde informatique est effectuée ainsi qu'un archivage papier pendant une durée de 1 an dans un classeur adapté.

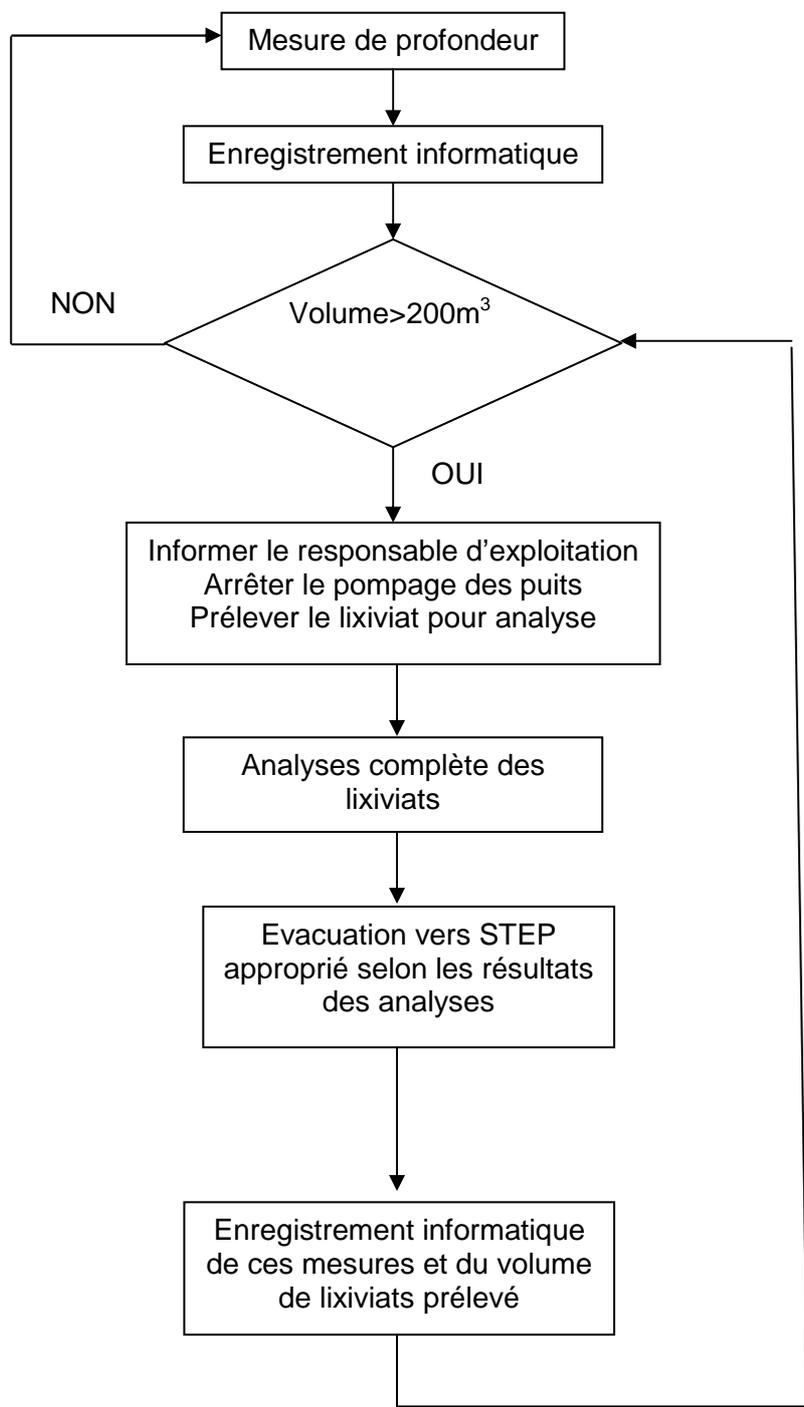
Les BSD sont également classés puis archivés pour une durée de 3 ans.

### SCHEMA DE PRINCIPE

Puits



Bassin







## Annexe 4-4 : Étude hydraulique du site de La Roseraie (BRL Ingénierie)



# ETUDE HYDRAULIQUE DU POLE DE RECYCLAGE ET D'ELIMINATION DES DECHETS NON DANGEREUX DE LA ROSERAIE – BELLEGARDE SITA SUD

<b>1. DIMENSIONNEMENT DES BASSINS DE RETENTION INTERNES .....</b>	<b>3</b>
1.1 Analyse des pluies	3
1.2 Analyse de la capacité de rétention du sol	7
1.3 Calcul du volume de stockage nécessaire	7
<b>2. RETABLISSEMENT DU BASSIN VERSANT EXTERNE ET EXUTOIRES.....</b>	<b>8</b>
2.1 Rétablissement du bassin versant externe	8
2.2 Capacité des exutoires	13
2.2.1 Fossé Nord (exutoire A)	14
2.2.2 Fossé Sud (exutoire B)	15
<b>3. SYNTHESE GENERALE .....</b>	<b>16</b>

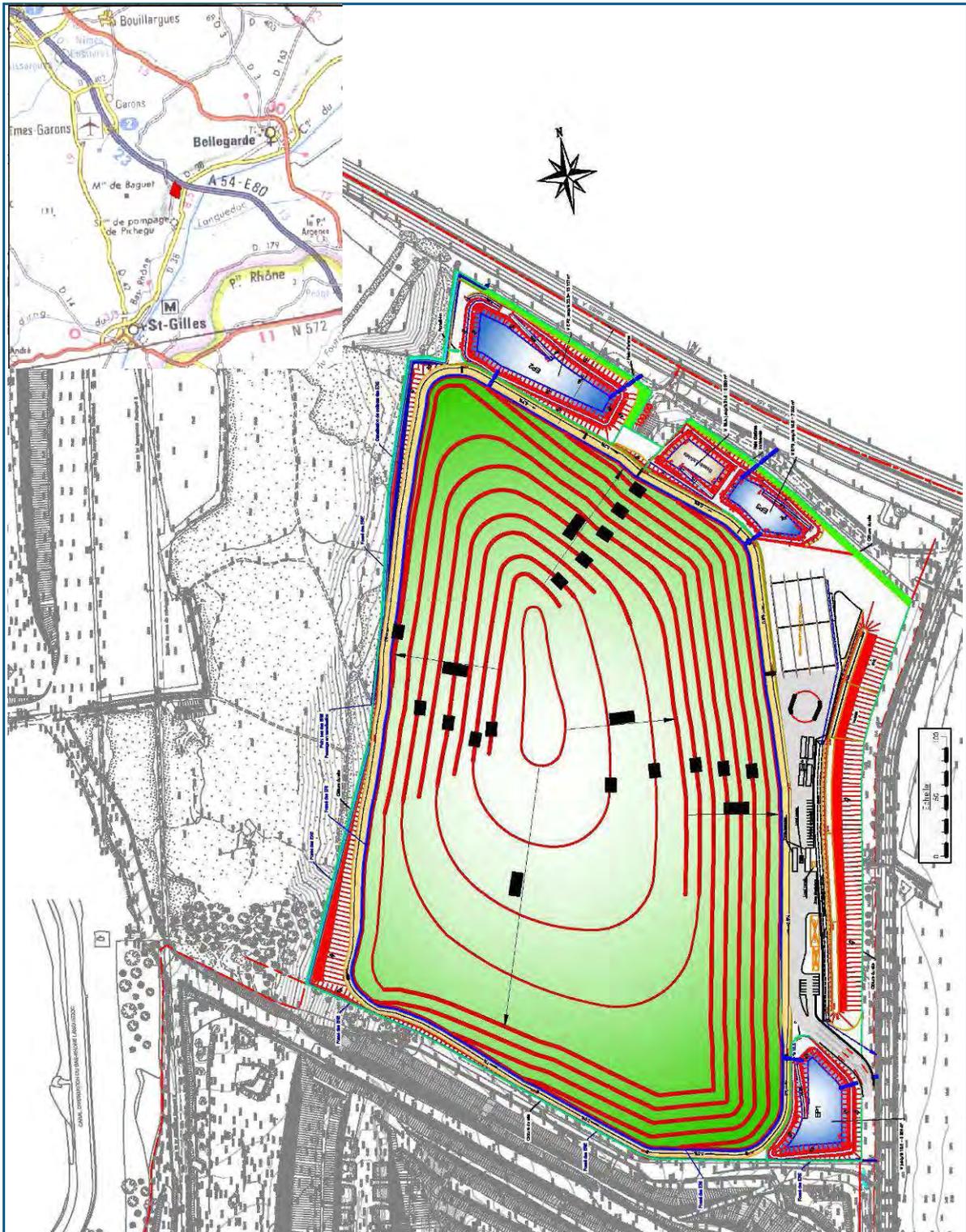
## PREAMBULE

Cette étude hydraulique a pour vocation d'être intégrée dans le dossier de demande d'autorisation d'exploiter du Pôle de Recyclage et d'Élimination des déchets non dangereux de la Roseraie réalisé par ARCADIS. Elle porte uniquement sur la configuration finale du site.

Le site de la Roseraie représente, en situation finale d'exploitation, 25.2 ha environ. Il s'agira d'un dôme réaménagé sous forme d'un dispositif multicouche constituée de bas en haut de :

1. 1m d'argile du site (coefficient de perméabilité proche de  $10^{-9}$ m/s)
2. 1 couche de terre végétalisée de 50 cm

Figure 1 : Zone étudiée



L'étude hydraulique a pour but de :

- Définir le volume des bassins récepteurs qui devront stocker l'intégralité des eaux de pluie tombant sur la zone d'exploitation pour une période de retour à définir ; la présente analyse est orientée uniquement sur le volume global des bassins.
- Analyser le bassin versant externe amont, le rétablissement à travers le projet et les exutoires en aval.

## 1. DIMENSIONNEMENT DES BASSINS DE RETENTION INTERNES

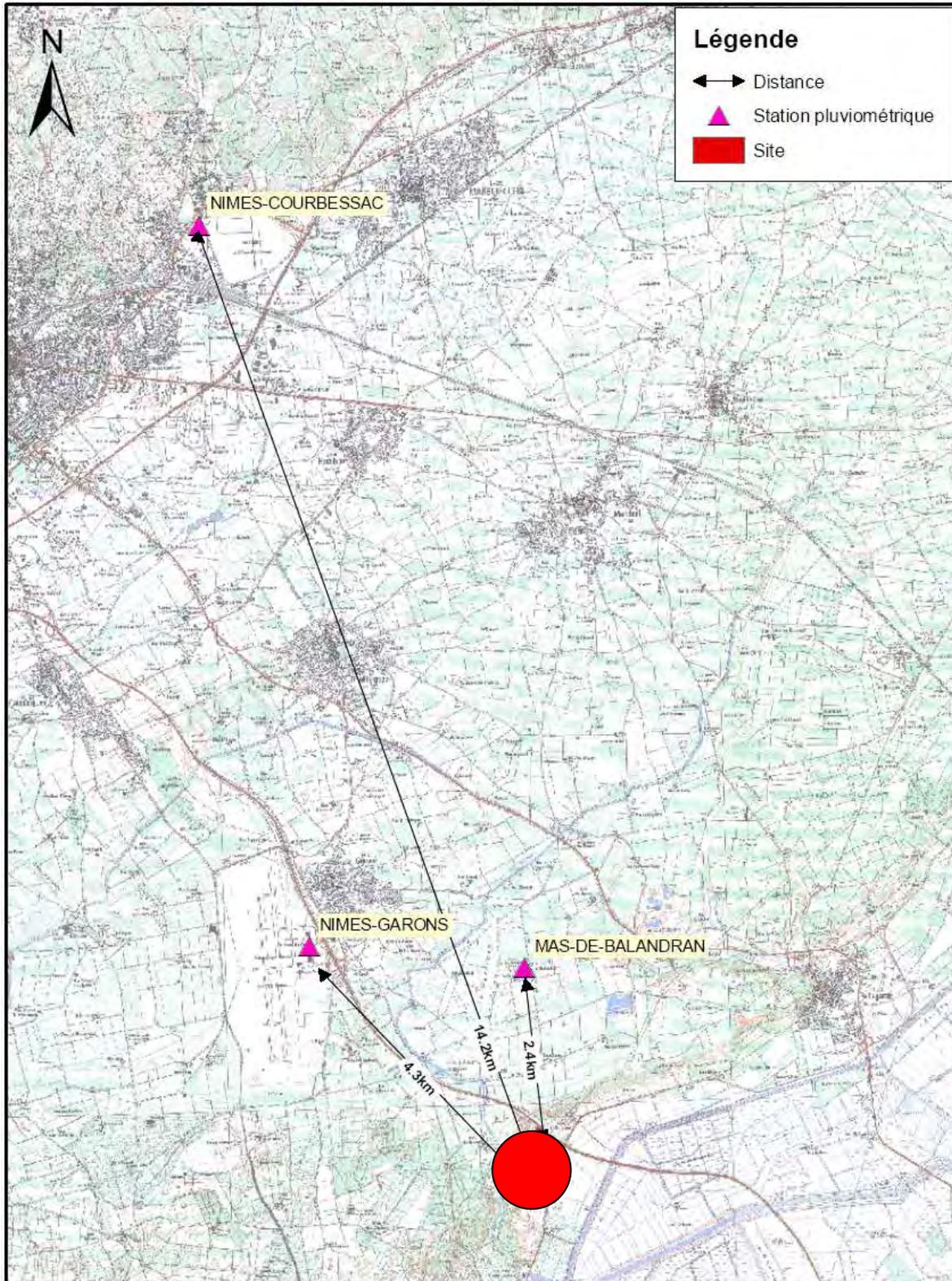
Afin de maîtriser les eaux de ruissellement interne au site (à la fois sur le plan quantitatif et qualitatif), des bassins de rétention doivent être mis en place en aval du site, avant le rejet dans le milieu récepteur. Ces bassins devront stocker l'intégralité d'une pluie de période de retour à définir qui peut se produire sur l'ensemble du site.

### 1.1 ANALYSE DES PLUIES

Une analyse sur les stations pluviographiques les plus proches a été réalisée. Les pluies maximales journalières des 3 stations étudiées (Nîmes-Courbessac, Nîmes-Garons, Bellegarde-Balandran) ont été ajustées par des lois de Gumbel, Log-Pearson et Jenkinson.

La localisation des stations de mesure par rapport au site étudié est présentée sur la carte en page suivante. Les distances séparant le site des 3 stations sont :

Distance Site étudié / station de Nimes Courbessac	Distance Site étudié / station de Nimes Garons	Distance Site étudié / station de Bellegarde-Balandran
14,2 km	4,3 km	2,4 km



L'ajustement par la loi de Gumbel ne donne pas un résultat satisfaisant (test du  $\chi^2$  non acceptable). Les lois de Log-Pearson et de Jenkinson conviennent mieux. Pour information, les graphes d'ajustement de ces trois lois sur les valeurs de pluie journalière (Pj) de Balandran sont situés en annexe.

L'utilisation de la loi de Jenkinson pour l'ajustement des pluies de Nîmes Courbessac avait déjà été retenue dans les analyses hydrologiques réalisées suite à l'épisode extrême de 1988. C'est donc celle qui a été ici privilégiée.

#### COMPARAISON DES PJ SUR LES TROIS STATIONS SUR LA PERIODE 1964-2004

La comparaison a été menée sur une même période avec un ajustement de Jenkinson qui est plus adapté à ce type d'échantillon.

Période de retour (ans)	Pj Nîmes (mm)	Pj Garons (mm)	Pj Balandran (mm)	Ecart Nîmes/garons (%)	Ecart Nîmes/Balandran (%)	Ecart Garons/Balandran (%)
10	135	115	120	15	11	4
20	168	144	153	14	9	6
30	190	164	176	14	7	7
100	270	242	265	10	2	10

Ces données sont comparables. Le poste de Balandran est retenu car c'est le poste le plus proche de la zone d'étude.

Les valeurs obtenues sur des pluies de 1, 2 et 4 jours (3 jours est une interpolation entre 2 et 4 jours) avec un ajustement de Jenkinson sont les suivantes :

Période de retour (ans)	Pj Balandran (mm)	Pluie 2 jours Balandran (mm)	Pluie 3 jours Balandran (mm)	Pluie 4 jours Balandran (mm)
10	120	147	157	165
20	153	179	190	198
30	176	200	211	220
100	265	273	282	290

Les pluies de courtes durées ne sont pas disponibles sur le poste de Balandran. Elles peuvent s'exprimer à l'aide de la formulation de Montana qui s'écrit :

$$P_{24h} = a * 24^{(1-b)}$$

Le paramètre b est un paramètre régional supposé représentatif d'une zone géographique autour de Nîmes. Les valeurs b de la station de Nîmes sont utilisées sur Bellegarde. Le paramètre a est ajusté (à partir des pluies journalières calculées localement) pour définir les pluies de courtes durées applicables au bassin versant étudié.

Les coefficients de Montana de Nîmes-Courbessac ajustés aux Pj à Balandran pour des durées de pluies inférieures à 3h sont les suivants :

Période de retour (ans)	b	a
10	0.461	52.206
20	0.431	63.536
30	0.416	71.001
100	0.363	96.332

$$i = a t^{-b}$$

avec :

- $i$  = intensité pluviométrique en mm/h pour la période de retour T
- $t$  = durée de la pluie en h
- a et b coefficients de Montana correspondants

Ces données de pluies de courtes durées seront utilisées dans le calcul des débits du bassin versant amont (2<sup>ème</sup> partie)

## 1.2 ANALYSE DE LA CAPACITE DE RETENTION DU SOL

Le volume de pluie qui va ruisseler vers les bassins de rétention est :

$$\text{Pluie nette} = \text{le volume de pluie tombée} - \text{la part non ruisselée retenue par le sol}$$

(=ruisselée)                      (=pluie brute)

Les valeurs de pluie brute ont été déterminées dans le paragraphe précédent. Il s'agit ici d'estimer la part non ruisselée pour en déduire le volume de rétention nécessaire.

Le site sera recouvert de 50 cm de terre végétale positionnée sur une couche argileuse.

La capacité de rétention d'un sol, lié à la porosité de celui-ci, dépend de plusieurs paramètres, à savoir sa nature, sa composition, sa pente, l'antécédent pluviométrique, l'enherbement...

Classiquement, une valeur de 1mm/cm de sol est admise. En considérant une épaisseur de terre végétale de 50 cm et un abattement de 50% qui tient compte de l'incertitude des paramètres précités, la rétention du sol serait de **25 mm**.

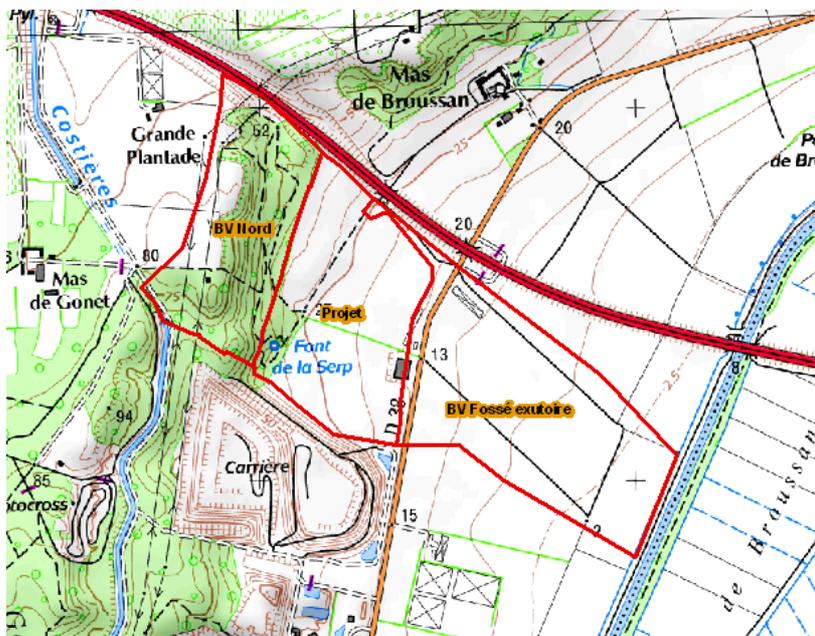
## 1.3 CALCUL DU VOLUME DE STOCKAGE NECESSAIRE

Le volume de stockage nécessaire est :

La pluie nette (ruisselée) X la superficie du bassin versant interne

Avec pluie nette = pluie brute – 25 mm

Selon le tracé proposé ci-après le bassin versant interne au site présente une surface de 224 712 m<sup>2</sup>:



En appliquant le principe de calcul ci-dessus, les résultats sont les suivants :

Période de retour (ans)	Durée (jours)	Volume produit par le bassin versant « Dôme réaménagé » (m <sup>3</sup> )
20 ans	2	34606
	3	37078
	4	38876
30 ans	2	39325
	3	41796
	4	43819

Les volumes des bassins de rétention nécessaires pour stocker l'intégralité du volume ruisselé sur le bassin versant interne au site sont variables en fonction du type d'événement qui sera retenu pour le dimensionnement.

Ainsi le volume des bassins de rétention prévus dans le projet SITA SUD (avec une capacité de stockage de l'ordre de 35 000 m<sup>3</sup>) est cohérent avec les volumes ruisselés pour une occurrence vicennale 2 jours.

## 2. RETABLISSEMENT DU BASSIN VERSANT EXTERNE ET EXUTOIRES

### 2.1 RETABLISSEMENT DU BASSIN VERSANT EXTERNE

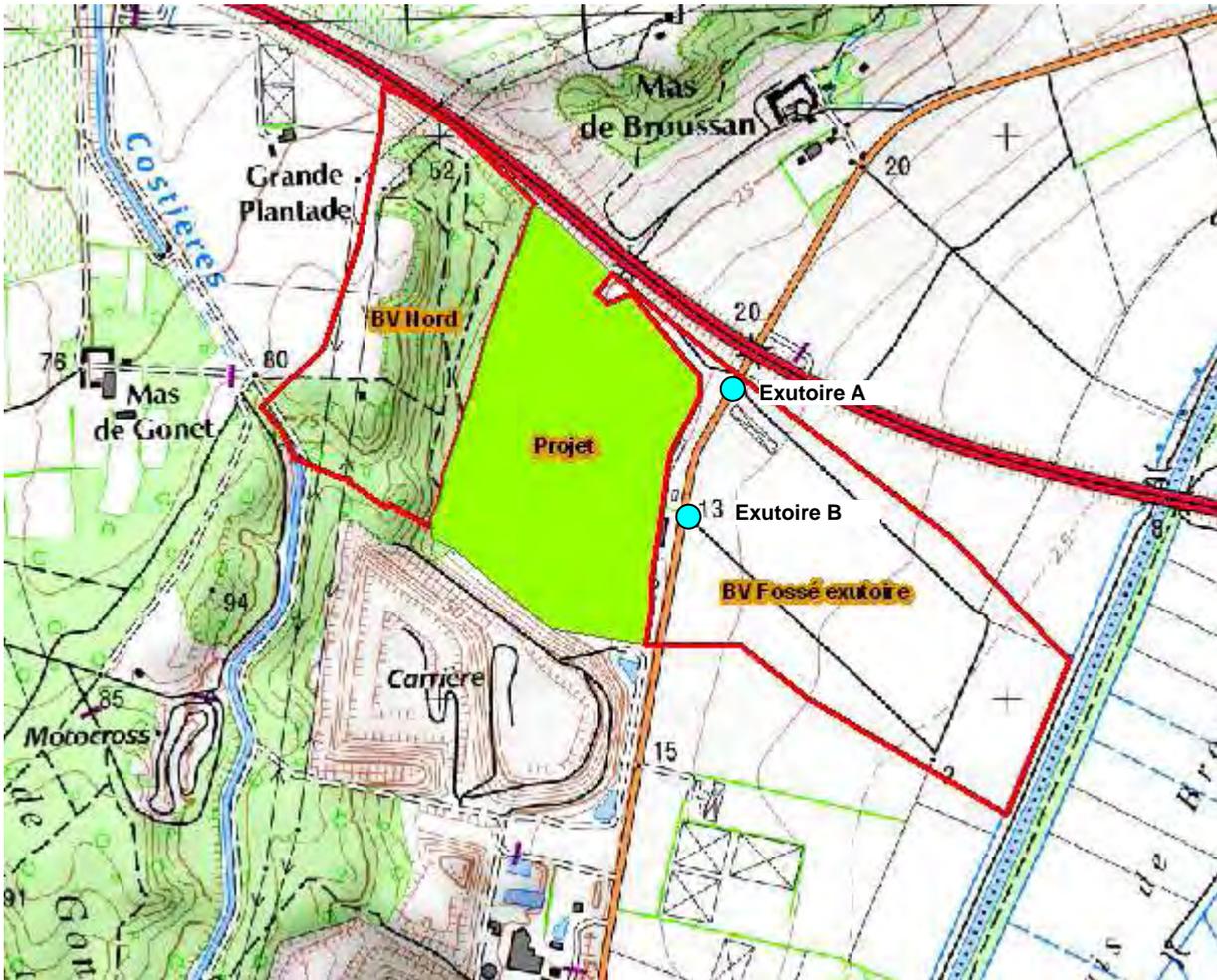
Le site intercepte un bassin versant qui doit être rétabli au travers du projet sans interférer avec les ruissellements internes gérés par les bassins de rétention évoqués au paragraphe précédent.

Une reconnaissance de terrain a été effectuée afin de déterminer précisément le cheminement des écoulements jusqu'aux futurs exutoires (voir carte en page suivante).

Les eaux du BV Nord seront récupérées dans un fossé périphérique, puis acheminées :

- En majorité en direction d'un fossé qui longe l'autoroute (via une conduite de pente 0.5%) puis qui rejoint le fossé exutoire A au nord acheminant les eaux jusqu'au canal du Rhône à Sète.
- Et d'autre part vers un fossé qui longe le dôme par le sud puis rejoint le fossé exutoire B au sud acheminant les eaux jusqu'au canal du Rhône à Sète.

Figure 2 : Découpage en sous bassins versants



### DEBIT DE CRUE DU BASSIN VERSANT EXTERNE

Les débits de pointe 10, 30 et 100 ans du bassin versant Nord ont été déterminés grâce à la méthode rationnelle, qui s'exprime par :

$$Q = (C \times I \times A) / 3.6 \quad \text{avec} \quad Q = \text{débit en m}^3/\text{s}$$

C = coefficient de ruissellement  
I = intensité de la pluie en mm/h  
A = superficie du bassin versant considéré (km<sup>2</sup>)

Des coefficients de ruissellement classiques ont été choisis pour 10 ans (0.5), 30 ans (0.6) et 100 ans (0.7).

Le temps de concentration d'un bassin versant se définit comme le temps mis par un volume élémentaire de pluie qui ruisselle sur l'élément de surface le plus éloigné hydrauliquement de l'exutoire, pour atteindre cet exutoire.

C'est ce temps de concentration  $t_c$  que l'on prendra pour caractériser l'écoulement d'un bassin versant. Il est lié à la vitesse de l'écoulement du ruissellement et dépend notamment de la pente et de la longueur du parcours hydraulique. Le temps de concentration des différents bassins versants a ici été calculé par la formule de Richards :

$$t_{c_h} = \sqrt[3]{1.8639 \frac{L_{Km}^2}{P_{m/m}} (C \times a_{mm/h} \times t_{c_h}^{-b})^{-1.63} \times (t_{c_h} + 1)^{-0.63}} \quad \text{résolution par itérations}$$

L'application de la formule rationnelle décrite ci-dessus avec les valeurs de pluies déterminées au 1.1 conduit aux résultats suivants :

*Tableau 1 : Caractéristiques et débits des sous-bassins versants externes au site*

BV	S (ha)	L (m)	p (%)	Tc (h)	Q10 (m <sup>3</sup> /s)	Q30 (m <sup>3</sup> /s)	Q100 (m <sup>3</sup> /s)
BV Nord	18.6	400	10.5	0.25	2.6	3.9	5.7
BV Fosse Exutoire	30	750	1.6	0.5	2.9	4.2	7.1

#### LEGENDE DU TABLEAU :

- ◆ S la superficie du bassin versant (en hectare),
- ◆ L la longueur du plus long thalweg (en mètre),
- ◆ p la pente (en pourcent)
- ◆ Tc le temps de concentration du bassin versant (en heure),
- ◆ Q10 le débit de pointe décennal du bassin versant (en m<sup>3</sup>/s),
- ◆ Q30 le débit de pointe tricennal du bassin versant (en m<sup>3</sup>/s),
- ◆ Q100 le débit de pointe centennal du bassin versant (en m<sup>3</sup>/s).

#### RETABLISSEMENT DES RUISSELLEMENTS DES BASSINS VERSANTS EXTERNES

Le bassin versant (BV Nord) est à rétablir entre l'amont et l'aval du site de la Roseraie (comme décrit ci-avant).

Le débit de pointe de ce bassin versant est estimé à :

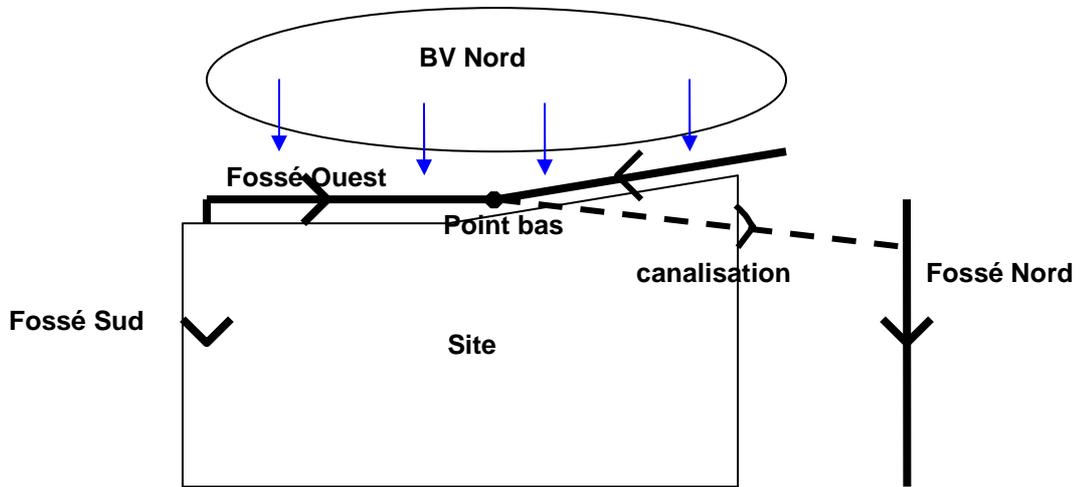
	S (ha)	Q10 (m <sup>3</sup> /s)	Q30 (m <sup>3</sup> /s)	Q100 (m <sup>3</sup> /s)
Exutoire Nord	18.6	2.6	3.9	5.7

Ce débit arrive dans un fossé périphérique et se répartit entre le nord et le sud avant de rejoindre l'aval du site. Le fossé périphérique ouest présente un point bas, dont les eaux sont évacuées vers le fossé nord par une canalisation de pente 0.5%.

Le fossé sud prend une infime partie du bassin versant nord ainsi que les eaux qui n'ont pas pu être évacuées par la canalisation.

Les dimensions de la canalisation vers le fossé nord et le fossé sud peuvent donc être ajustées :

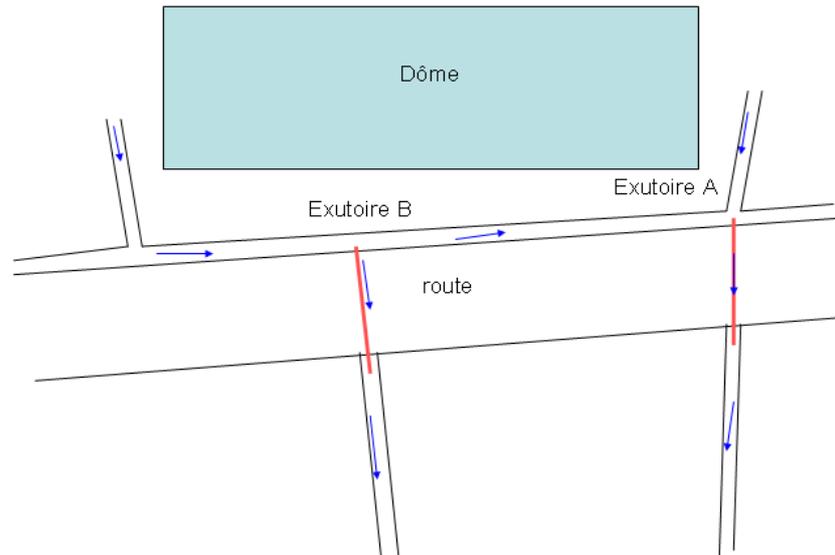
	Dimension 1	Dimension 2
Canalisation vers le fossé nord (pente 0.5%)	1 m <sup>2</sup> : 2.5 m <sup>3</sup> /s	1.5 m <sup>2</sup> : 4.2 m <sup>3</sup> /s
Fossé Sud (pente 1 %)	1 m <sup>2</sup> : 3.2 m <sup>3</sup> /s	0.6 m <sup>2</sup> : 1.5 m <sup>3</sup> /s



## 2.2 CAPACITE DES EXUTOIRES

A l'aval du site SITA SUD, les débits ruisselés rejoignent le fossé routier puis transitent par 2 fossés exutoires (A et B) acheminant les eaux jusqu'au canal du Rhône à Sète.

Les exutoires A et B sont reliés par le fossé qui longe la route à l'ouest.



Le présent chapitre est destiné à fournir les éléments de comparaison entre les débits produits par le bassin versant en période de crue avec les capacités de ces fossés exutoires.

A noter que la partie la plus aval de ces 2 fossés exutoires est incluse dans une zone identifiée au PLU comme inondable (par le Rhône). La présente analyse est réalisée hors crue du Rhône (sans influence aval de ce dernier).

Un levé topographique partiel a été réalisé sur l'un des fossés exutoire (A).

Les calculs de capacité ci-dessous sont effectués par la formule de Manning Strickler qui donne la capacité propre du fossé sans influence aval :

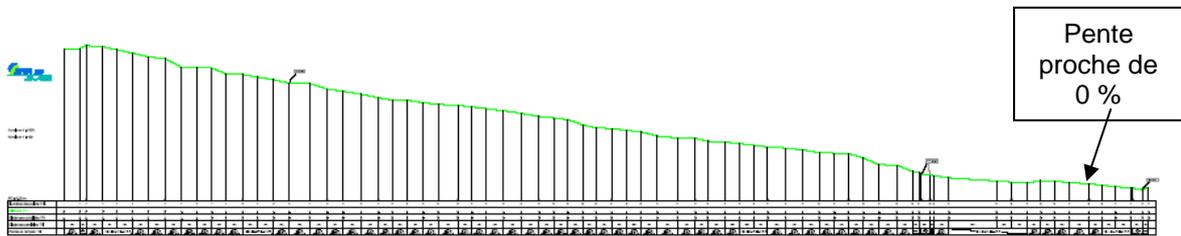
$$Q = K S R^{3/2} \sqrt{i}$$

où :

- Q désigne le débit en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,
- K est le coefficient de Strickler, fonction de la rugosité des berges et du fond du fossé,
- S est l'aire mouillée de la section en  $\text{m}^2$ ,
- R est le rayon hydraulique de la section en m,
- i est la pente du fossé en m/m.

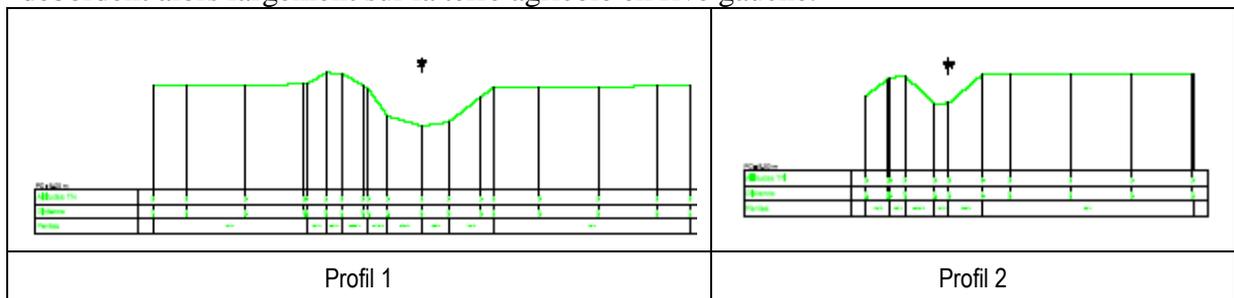
Un coefficient K de 20 a été choisi. Cela correspond à un niveau d'entretien moyen des fossés.

### 2.2.1 Fossé Nord (exutoire A)



Concernant le fossé Nord, sa pente générale est de 1.4% environ. L'ouvrage d'acheminement des eaux du site SITA SUD vers ce fossé sous la route est un ovoïde de 2.85\*1.76m avec une pente de 0.4%, soit une capacité de **13 m<sup>3</sup>/s environ, largement suffisant pour transiter la crue centennale sur 15 min de la totalité du bassin versant amont dont le débit de pointe est de 5.7 m<sup>3</sup>/s.**

La capacité du fossé en sortie de cet ouvrage est d'environ 4.5 m<sup>3</sup>/s, puis elle se réduit à 2 m<sup>3</sup>/s dès le profil n°2 (soit 55 m en aval). Puis, sur les 400 m suivants, le fil d'eau du fossé se trouve au dessus de la cote du terrain naturel en rive gauche, les écoulements débordent alors largement sur la terre agricole en rive gauche.



En considérant qu'une partie du bassin versant externe peut s'écouler dans l'exutoire B, ce fossé **pourrait transiter une crue décennale en situation finale de l'aménagement du site** (crue du bassin versant externe au site).

### 2.2.2 Fossé Sud (exutoire B)

Aucun relevé n'a été réalisé sur ce fossé.



L'ouvrage d'acheminement des eaux du site SITA SUD vers ce fossé sous la route est une buse  $\phi$  800 mm, de pente inconnue. Supposons que la pente soit équivalente à celle de l'exutoire A (1,4%), soit une capacité de **1.3 m<sup>3</sup>/s environ, pouvant soulager l'exutoire A.**

En aval de cet ouvrage, on peut noter la présence d'un fossé très mal entretenu dont la capacité actuelle semble être proche de 0. Il conviendrait de curer ce fossé pour pouvoir évacuer le débit transité dans l'ouvrage existant (1.3 m<sup>3</sup>/s).

Notons que le débit qui arrive au droit de la RD38 sera moins important qu'en situation actuelle puisqu'une grande partie des eaux qui y arrivaient seront traitées sur place par un système de bassins.

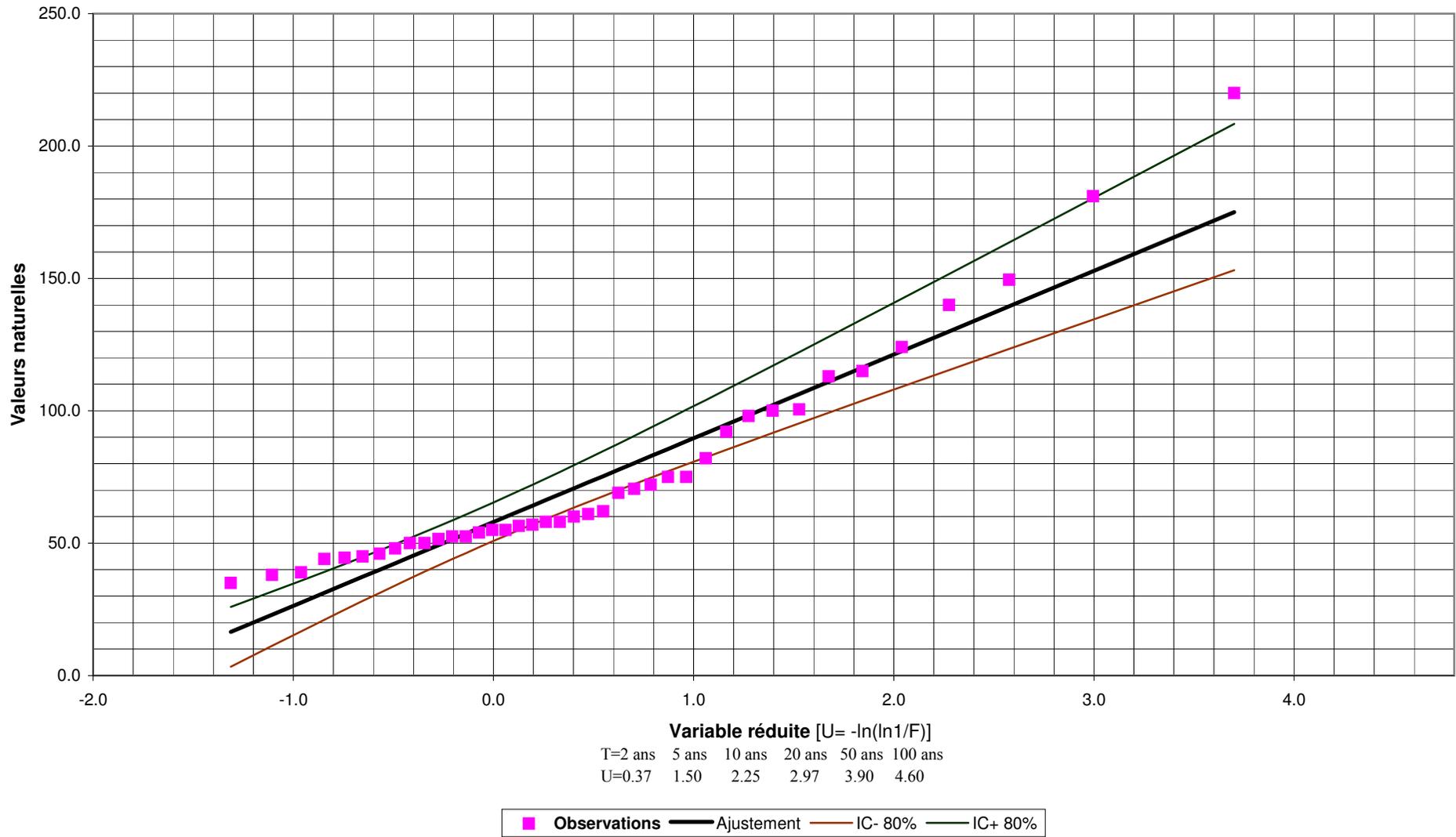
### 3. SYNTHÈSE GÉNÉRALE

L'analyse réalisée a permis :

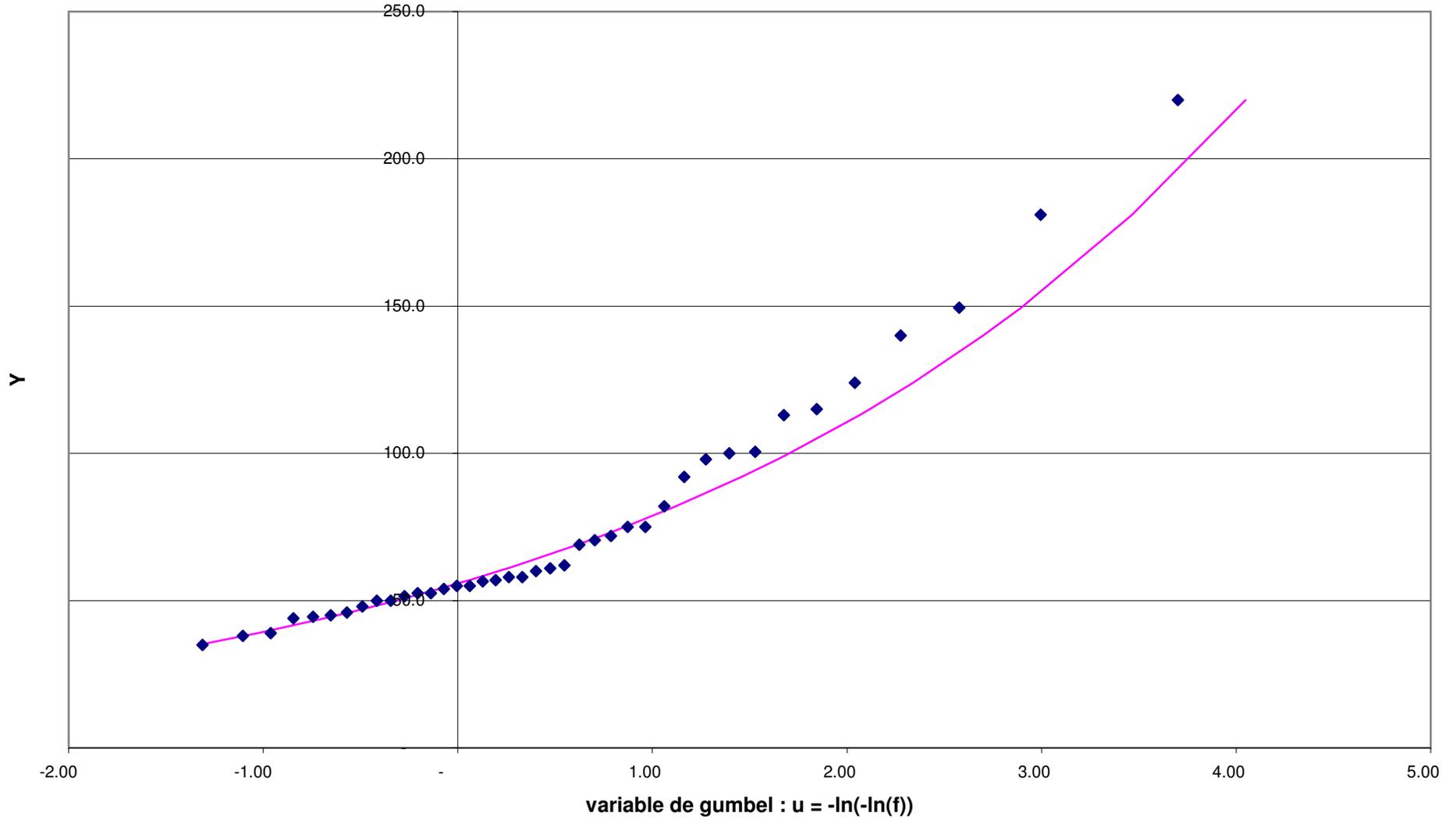
- De définir les données pluviométriques applicables sur le site SITA SUD de la Roseraie à Bellegarde.
- D'identifier d'une part les bassins versants internes au site (en situation finale) et d'autre part les bassins versants externes mais dont les eaux transitent à travers le site SITA SUD.
- Pour les bassins versants internes, le projet SITA SUD prévoit la réalisation d'un système bassins de stockage dont le volume total est de l'ordre de **35 000 m<sup>3</sup>**. L'analyse hydrologique a montré que ce volume permet le stockage intégral des débits ruisselés sur les bassins versants internes au site pour des événements vicennaux allant jusqu'à des durées de 2 jours ;
- Pour les bassins versants externes, le projet SITA SUD ne modifie pas les débits ruisselés qui ne feront que transiter à travers le site sans modification. L'analyse de la capacité des exutoires aval a permis de montrer que :
  - \* Le fossé exutoire Nord (A) a une capacité de 4.5 à 2 m<sup>3</sup>/s sur les 50 premiers mètres, ce qui correspond à un débit de pointe décennal du bassin versant externe au site situé en amont de ce fossé,
  - \* Le fossé exutoire Sud (B) a une capacité (s'il était curé et entretenu) de l'ordre de 1.3 m<sup>3</sup>/s
  - \* Au niveau de ces exutoires, le débit en situation aménagée finale du site sera moindre pour les crues courantes. En effet, l'intégralité des eaux qui ruissellent sur les 22.5 ha du site sont intégralement stockées dans les bassins jusqu'à la pluie 20 ans de 2 jours. La situation est donc améliorée pour les crues inférieures à la période de retour de dimensionnement de ces bassins.

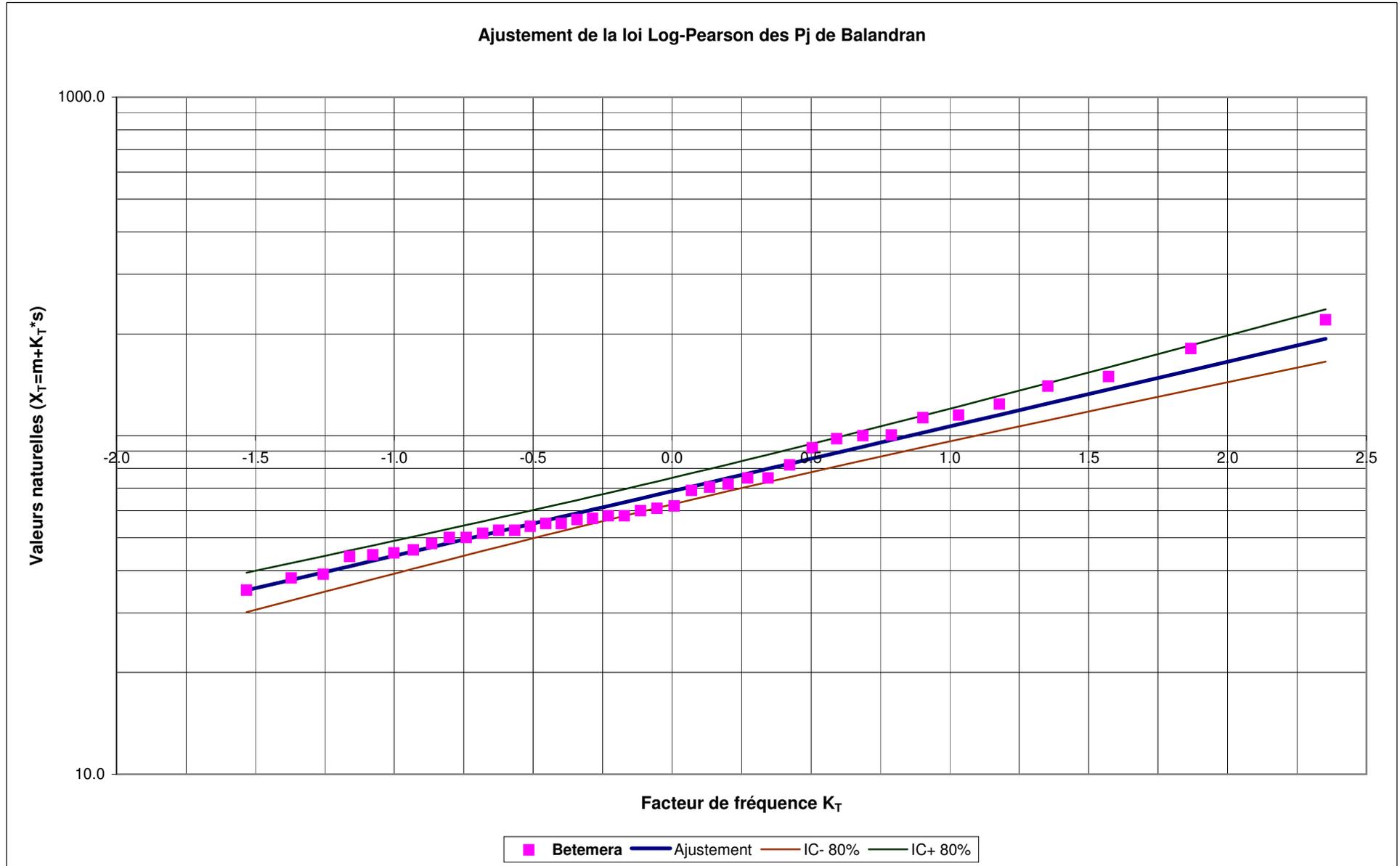
# ANNEXES

### Ajustement de la loi de Gumbel des Pj de Balandran



Ajustement par la loi de Jenkinson des Pj de Balandran









Annexe 4-5 : Exemple d'équipement pouvant être mis  
en place : Notice technique du procédé EVALIX<sup>®</sup>  
envisageable





**EXEMPLE DE PROCEDE POUVANT ETRE MIS EN PLACE SUR LE SITE**

**NOTE TECHNIQUE  
PRESENTATION DU PROCEDE EVALIX®**

EXEMPLE DE PROCEDE

**NOTE TECHNIQUE : PRESENTATION GENERALE DU PROCEDE**

<b>1</b>	<b>CONTEXTE.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIPTION DU PROCEDE .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Description du traitement selon le procédé EVALIX® .....</b>	<b>8</b>
2.1.1	Combustion .....	8
2.1.2	Pulvaporisation .....	9
2.1.3	Séparation .....	9
2.1.4	Filtration.....	9
2.1.5	Abattement de panache.....	10
<b>2.2</b>	<b>Description technique de l'installation EVALIX® .....</b>	<b>12</b>
2.2.1	Description des équipements.....	12
2.2.2	Organes de sécurité de l'installation .....	13
2.2.3	Les différents modèles.....	14
2.2.4	Données chiffrées.....	15
2.2.5	Taux de marche nominal .....	15
<b>3</b>	<b>CONDITIONS D'ACCEPTATION EN ENTREE DU PROCEDE .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>Biogaz.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2</b>	<b>Normes en sortie .....</b>	<b>16</b>
3.2.1	Rejets liquides .....	16
3.2.2	Rejets atmosphériques .....	16
3.2.3	Résidus secs .....	18
<b>4</b>	<b>IMPLANTATION DE L'EVALIX® .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1</b>	<b>Exigences techniques .....</b>	<b>19</b>
4.1.1	Plate-forme .....	19
4.1.2	Branchements .....	19
	ANNEXE.....	20

**NOTE TECHNIQUE : PRESENTATION GENERALE DU PROCEDE**

## 1 CONTEXTE

Cette note est une présentation du procédé de traitement des lixiviats EVALIX®, développé par FAIRTEC.

FAIRTEC – ingénierie de SITA, Pôle Environnement de SUEZ – conçoit, construit et exploite des unités de traitements de lixiviats. Plusieurs « Evalix » sont en fonctionnement sur différents sites, depuis une quinzaine d'année.

Une nouvelle génération, destinée à améliorer tant les aspects conduite, exploitation que sûreté de fonctionnement a été développée. Cette nouvelle génération dénommée EVALIX® remplace les anciens matériels dénommés Lixivalt.

## 2 DESCRIPTION DU PROCEDE

Le procédé EVALIX® propose un traitement thermique des lixiviats (évaporation-séchage des lixiviats) à partir de la chaleur produite par la combustion du biogaz.

Il constitue une solution intéressante pour le traitement des lixiviats car il permet de valoriser une partie du biogaz du site et de ne générer aucun rejet liquide hors du site.

Une unité de traitement est constituée de deux grands ensembles qui correspondent aux deux phases de traitement suivantes :

- une partie « Evaporation - Séchage » ;
- une partie « Filtration ».

Ce traitement peut être complété par un équipement supplémentaire :

- une installation « abattement de panache et d'odeurs ».

La partie **Evaporation - Séchage** comprend :

- un brûleur où s'effectue la combustion d'un mélange d'air et de biogaz sous pression,
- un injecteur situé au niveau du col de sortie des gaz de combustion du brûleur qui permet l'évaporation des lixiviats pulvérisés sous forme de gouttelettes au contact des gaz chauds
- un système de séparation qui sépare :
  - le concentrat (2 à 3% de la masse initiale, recyclé en tête de procédé),
  - la phase gazeuse contenant des résidus secs (environ 1% de la masse initiale, composées essentiellement de sels minéraux).

**NOTE TECHNIQUE : PRESENTATION GENERALE DU PROCEDE**

La partie **Filtration** comprend :

- une série de filtres à manches permettant l'épuration de la phase gazeuse avant rejet à l'atmosphère ;
- un dispositif de décolmatage des manches par air comprimé,
- une installation de collecte et de conditionnement des résidus secs en big-bags.

La partie **Abatement de panache et d'odeurs** comprend :

- une torchère spéciale fonctionnant en pré-mélange biogaz/air sous pression et générant des gaz chauds à plus de 1 000 °C ;
- une cheminée rejetant la vapeur réchauffée à l'atmosphère.

L'annexe présente les schémas des flux du procédé sans et avec l'abattement de panache.

EXEMPLE DE PROCEDE

La photo suivante présente une installation « Evalix » :

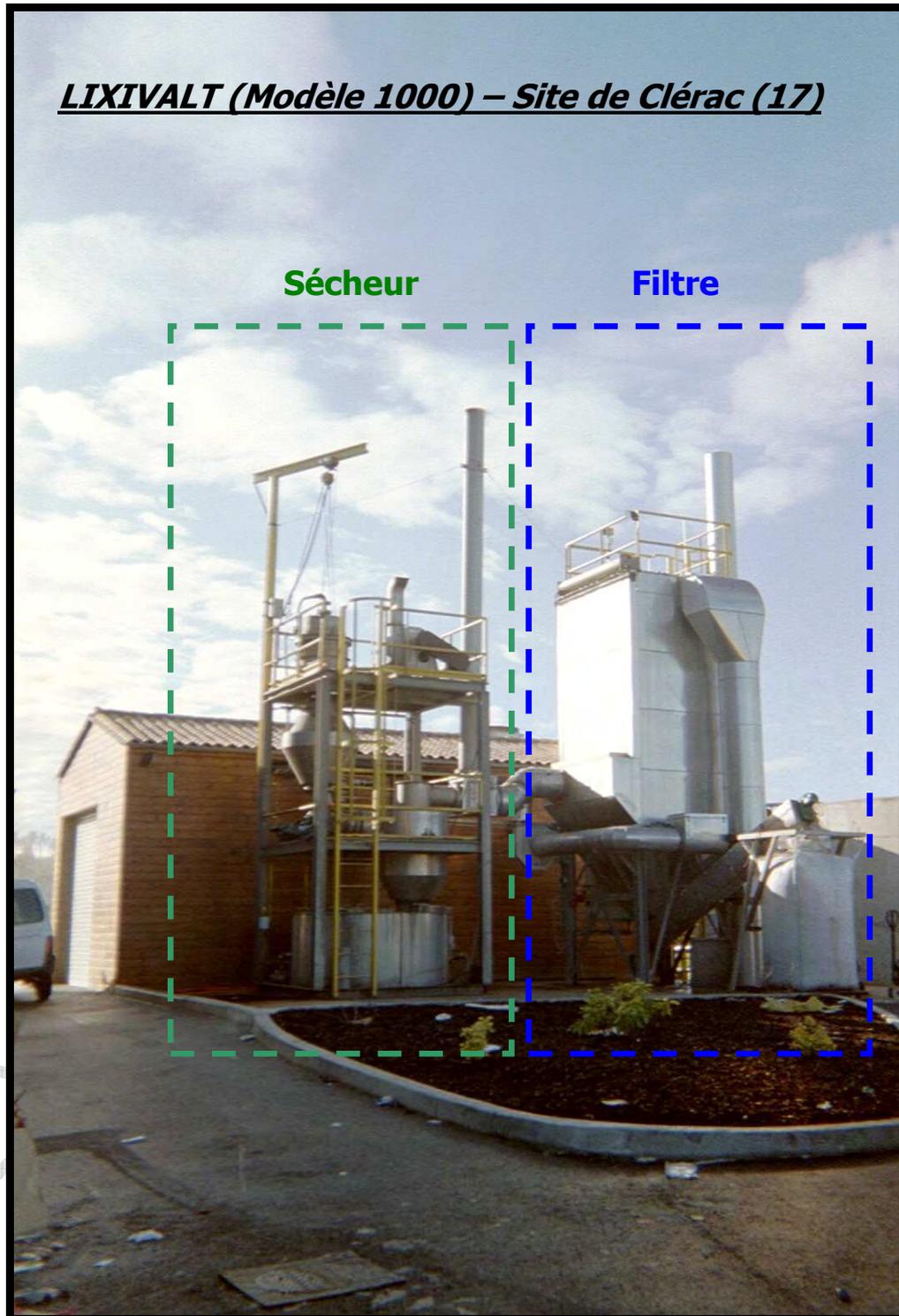


Photo 1 - Vue de l'EvaLix de Clérac

NOTE TECHNIQUE : PRESENTATION GENERALE DU PROCEDE

Photo 2 - Vue du EvaLix de MENARMONT (88)



Partie Evaporation-Séchage

Partie Filtration

Photo 3 - Vue de l' EVALIX® de Férolles (77)



Partie Evaporation-Séchage

Partie Filtration

## 2.1 *Description du traitement selon le procédé EVALIX®*

Le traitement du biogaz et des lixiviats par le procédé EVALIX® se réalise suivant les étapes suivantes :

- la combustion,
- la pulvaporisation,
- la séparation,
- la filtration,
- l'abattement de panache.

Ces étapes sont décrites ci-après. La figure 1 schématise ce procédé.

### **Combustion**

L'énergie thermique nécessaire au traitement du lixiviat est libérée grâce à la combustion d'un mélange gazeux biogaz / air :

- le carburant est le biogaz, composé d'environ 50% de méthane. Il est aspiré dans le massif de déchets via un réseau de collecte adapté, puis surpressé.
- le comburant est de l'air atmosphérique surpressé.

Ces deux gaz sont envoyés vers le brûleur. Leur mélange et leur combustion s'effectuent dans une chambre de combustion. La réaction de combustion du biogaz libère une forte quantité d'énergie à très haute température (> 950°C). La combustion est entretenue par une alimentation continue en biogaz et en air.

Le brûleur est équipé d'un système de refroidissement par air.

Un automate permet de réguler les arrivées des différents flux afin d'obtenir un fonctionnement optimal de l'installation.

- Le ratio air/biogaz du mélange gazeux dépend du pourcentage volumique de méthane présent dans le biogaz. La richesse optimale de méthane se situe entre 45% et 55% volumique.
- Le débit d'entrée du mélange gazeux dépend du débit de lixiviat à traiter (plus le débit de lixiviat à traiter est élevé plus la quantité de gaz doit également être importante).

**NOTE TECHNIQUE : PRESENTATION GENERALE DU PROCEDE*****Pulvaporisation***

Les gaz de combustion sont éjectés à grande vitesse en partie basse du brûleur à travers une section annulaire appelée « col ». Ils entrent alors en contact avec le lixiviat injecté, sous forme de gouttelettes.

Le contact du lixiviat en fines gouttelettes avec les gaz à très haute température provoque la vaporisation instantanée des gouttelettes, on parle de *pulvaporisation*.

Après vaporisation, on obtient un mélange de gaz de combustion, de vapeur d'eau ainsi que des résidus secs qui concentrent la quasi-totalité des composés organiques et minéraux, c'est à dire l'essentiel de la charge polluante contenue dans les lixiviats. Cette réaction a lieu dans le sécheur à une température voisine de 140°C.

***Séparation***

Le mélange gazeux résultant de la pulvaporisation est ensuite envoyé dans un séparateur où s'effectue la séparation des phases gazeuses et liquides, grâce à leurs différences de densité.

Il en résulte :

- une phase gazeuse à 140°C environ, récupérée par aspiration en sortie de séparateur, puis dirigée vers la partie « filtre »,
- une phase liquide visqueuse appelée concentrat : le concentrat est récupéré dans une cuve agitée, dans laquelle il est mélangé au lixiviat entrant et retourné en tête de brûleur.

***Filtration***

Après séparation, la phase gazeuse est épurée de ses résidus secs par passage dans un filtre à manches. Les manches sont constituées d'un feutre spécial qui retient les résidus secs. Il se forme à leur surface un agglomérat de résidus secs appelé « gâteau ». La formation puis la croissance de ce gâteau participe au phénomène de filtration. La perméabilité du système [feutre + gâteau] diminue avec l'augmentation de l'épaisseur du gâteau.

Les gaz épurés sont ensuite rejetés à l'atmosphère au moyen d'une cheminée. En ce qui concerne le gâteau, un jet d'air comprimé bref, puissant et à contre-courant permet le décolmatage des manches filtrantes, de manière automatique et régulièrement. L'effet conjugué de choc et de gonflement des manches décolle le gâteau, qui tombe dans une trémie puis est évacué dans des big-bags étanches.

Lors des phases d'arrêt de l'EVALIX® et afin d'éviter les problèmes de condensation, la température du filtre est maintenue au moyen d'un système de batterie de chauffe et d'un ventilateur de circulation.

**NOTE TECHNIQUE : PRESENTATION GENERALE DU PROCEDE*****Abatement de panache***

Le principe est basé sur un procédé thermique de réduction de panache et d'odeurs par un réchauffage des vapeurs avant rejet à l'atmosphère avec oxydation thermique de l'ammoniac lors de ce réchauffage (odeurs en partie dues à l'ammoniac présente dans les lixiviats et que les températures atteintes lors de l'évaporation flash ne permettent pas de détruire).

Cette étape permet donc de rendre l'EVALIX® plus discret en réduisant le panache et les odeurs générées, sans nuire à ses qualités intrinsèques de traitement et de destruction des lixiviats.

Les vapeurs en sortie de filtration rencontrent le mélange chaud et oxydant généré par la torchère dans un mélangeur spécial à faible perte de charge, ce qui permet de réduire l'ammoniac et les odeurs. Un système de réchauffage et d'injection d'air permet d'enrichir en air comburant les gaz de combustion.

La température à la sortie empêche une recondensation immédiate de cette vapeur au contact du milieu naturel ambiant et permet sa diffusion progressive sans apparition de panache visible dans la plupart des conditions atmosphériques.

EXEMPLE DE PROCEDE

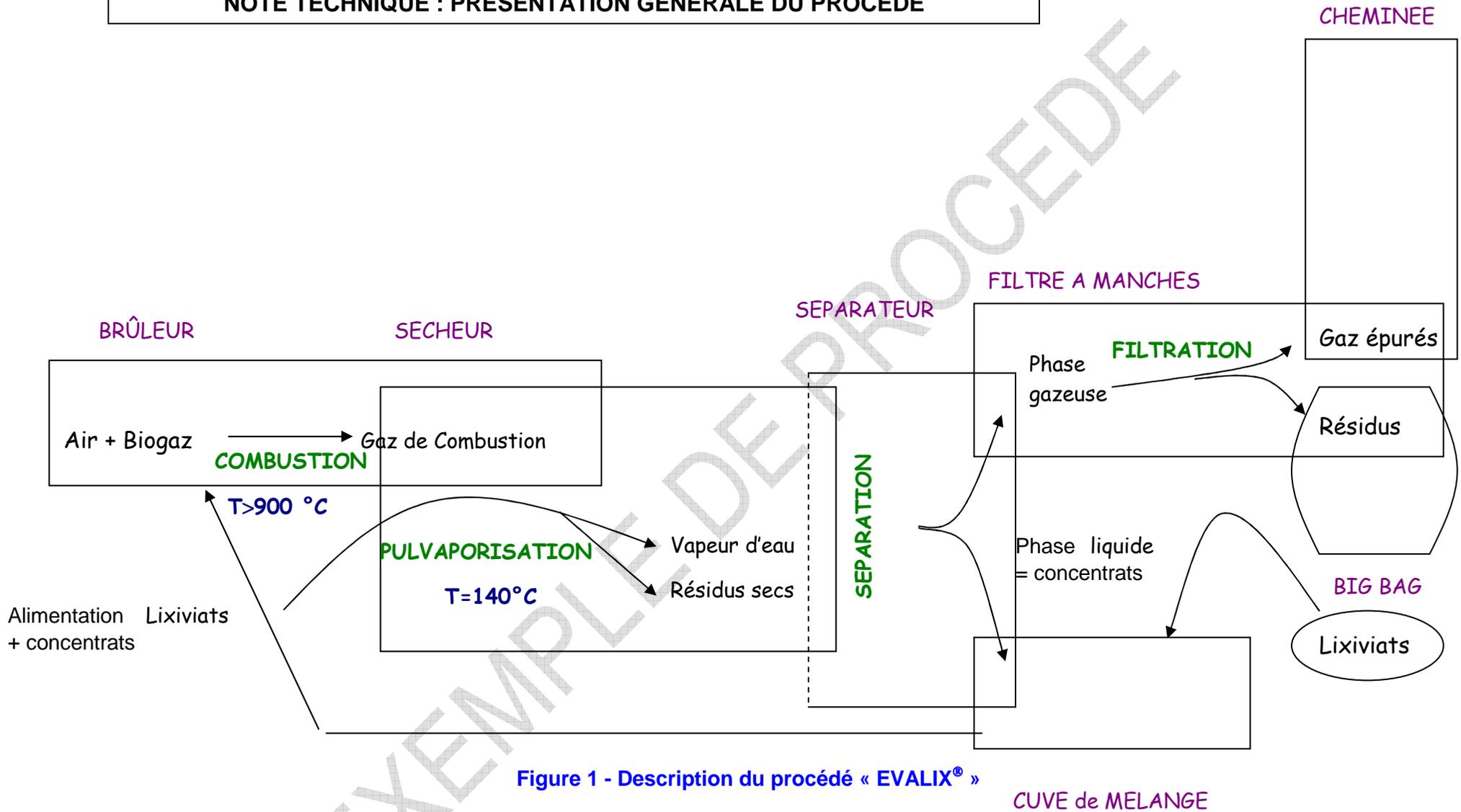


Figure 1 - Description du procédé « EVALIX® »

**NOTE TECHNIQUE : PRESENTATION GENERALE DU PROCEDE**

## 2.2 Description technique de l'installation EVALIX®

L'installation EVALIX® se compose de quatre unités :

- une unité atelier-stockage abritant également la production d'air comprimé
- une unité de pilotage et de contrôle,
- le skid de la partie brûleur / sécheur / séparateur,
- le skid de la partie filtre.

### *Description des équipements*

#### **Matériaux utilisés**

L'ensemble des équipements et des canalisations en contact avec le biogaz, les lixiviats, les gaz de combustion, les vapeurs et les résidus secs peuvent être (suivant les fluides en contact et les températures) :

- en inox 304L,
- en acier réfractaire 253MA (partie brûleur),

Sont calorifugés :

- le séparateur, les tuyauteries de vapeur
- le filtre et son circuit de chauffe,
- la liaison filtre-ventilateur d'extraction ainsi qu'une partie de la cheminée.

#### • **Unité "machines tournantes"**

L'unité « machines tournantes » est composée de :

- un surpresseur biogaz en extérieur
- un surpresseur d'air,
- une pompe d'alimentation des lixiviats,
- un circuit d'air comprimé avec compresseur à pistons pour le décolmatage du filtre (cf. partie filtre ci-dessous).

#### • **Poste de contrôle**

Le poste de contrôle est constitué d'une armoire électrique scindée en deux parties :

- une armoire puissance pour l'alimentation électrique de l'ensemble des équipements de la plate-forme EVALIX®,
- une armoire de commande avec automate qui permet le fonctionnement automatique du process, la gestion des défauts et le contrôle des différents paramètres de la machine :

**NOTE TECHNIQUE : PRESENTATION GENERALE DU PROCEDE**

- débits (biogaz, air, lixiviats),
  - températures (brûleur, température de refroidissement du réacteur, batterie de chauffe, etc...),
  - pressions (biogaz, air, gaz de combustion).
- un PC accueille le logiciel de supervision (TOPKAPI) qui permet le suivi et le contrôle de la machine avec affichage de différents paramètres et des historiques.

**• Unité "brûleur"**

L'unité « brûleur » est constituée de :

- un brûleur,
- un sécheur,
- un séparateur,
- une cuve de mélange des lixiviats et des concentrats.

**• Unité "filtre"**

L'unité « filtre » se compose d'un caisson en acier inoxydable comportant :

- un compartiment de sortie des gaz filtrés,
- une batterie de chauffe, pour le maintien en température du caisson de filtres avant les phases de redémarrage,
- une trémie avec un système d'extraction des résidus secs vers des big-bags,
- un système de décolmatage des manches par air comprimé
- un ventilateur d'extraction des gaz et une cheminée de rejet équipée de deux trappes d'analyses normalisées.

**• Unité "abattement de panache" (optionnelle)**

L'unité « abattement de panache » est composée d'une torchère spéciale fonctionnant en pré-mélange biogaz/air et d'un système spécial assurant le mélange homogène de la vapeur et des gaz de combustion de la torchère. .

***Organes de sécurité de l'installation******Sécurité lors des démarrages, du fonctionnement et des arrêts***

L'ensemble des cycles de démarrage, de fonctionnement et d'arrêt est géré par un automate qui contrôle les sécurités suivantes :

- Protection thermique des moteurs,
- Surtension, sous-tension du réseau électrique,

**NOTE TECHNIQUE : PRESENTATION GENERALE DU PROCEDE**

- Courts-circuits de machine électrique défectueuse,
- Haute température de flamme dans le brûleur
- Haute température vapeur
- Haute pression air ou biogaz,
- Contrôle de l'étincelage,
- Contrôle de la présence de flamme,
- Contrôle des températures de la vapeur entrée filtre,
- Contrôle de la pression de l'air comprimé,
- Contrôle de position des vannes et clapets,
- Contrôle de la fermeture et de l'ouverture de l'électrovanne Biogaz.

Si une seule de ces sécurités est activée, il y a impossibilité de démarrer l'unité.

Si l'EVALIX® est en marche lors de l'activation de l'une de ces sécurités, celui-ci est aussitôt mis en arrêt, avec fermeture rapide de l'électrovanne biogaz.

Au démarrage, une pré-ventilation du brûleur et du circuit vapeur est effectuée, alors que lors de l'arrêt, une post-ventilation du brûleur permet son refroidissement et assure l'évacuation de tous les gaz de combustion, de la vapeur et les résidus secs.

***Équipement de sécurité***

- Installation reliée à la terre,
- Présence de sécurité sur les ballons d'air comprimé,
- Electrovanne de sécurité sur l'alimentation biogaz,
- Arrêts d'urgence à réarmement.

***Capacité nominale***

EVALIX® se décline en différents modèles, suivant leur capacité de traitement et le modèle proposé ici est le modèle « 2000 » d'une capacité nominale de traitement de 2 m<sup>3</sup>/h de lixiviats.

**NOTE TECHNIQUE : PRESENTATION GENERALE DU PROCEDE**

**Données chiffrées**

**Données de procédé**

	Modèle 2000
Capacité horaire	2 tonne/h
Consommation de biogaz: (avec un biogaz à 50 % de CH <sub>4</sub> ) *	
- Avec abattement de panache	650 m <sup>3</sup> /h
Température de combustion au niveau de la flamme de l'evalix	supérieure à 900°C au niveau de la flamme  Cet appareil est une installation de procédé et ne rentre pas dans les caractéristiques des torchères sur le respect des 0,3 s de durée de brûlage à 900°C
Température du traitement des lixiviats après la phase de pulvaporisation	> 120 °C
Masse de concentrats (après séparation) les concentrats sont mélangés aux lixiviats et réintroduits en tête de procédé	Inférieure à 100 kg/h (soit au maximum 5 % de la masse entrante*).
Masse de résidus secs (sortie filtre à manche)	Inférieure à 20 kg (soit au maximum 1 % de la masse entrante*)

\* : Variation possible en fonction de la qualité du lixiviat à traiter.

**Tableau 1 – Récapitulatif de données sur l'EVALIX®**

**Bilan de puissance électrique**

Modèle	Capacité nominale	Σ puissances électriques installées*	Σ puissances électriques consommées moyennes*
2000	2 t/h	210 kW	120 kW

\*Chiffres indicatifs

**Tableau 2 – Bilan puissances et consommations électriques**

**Taux de marche nominal**

Le Taux de Marche Nominal de l'EVALIX® est de 82 % (valeur indicative). Avec ce taux nominal, les capacités de traitement sont :

- Modèle 2000            15 000 m<sup>3</sup> par an

### 3 CONDITIONS D'ACCEPTATION EN ENTREE DU PROCEDE

#### 3.1 Biogaz

Le débit et la teneur en méthane du biogaz sont déterminants dans la quantité de lixiviat traitée par l'EVALIX®. Plus le débit de gaz est important et/ou plus sa teneur en méthane est élevée, plus le débit de lixiviat à traiter pourra être important.

- Pour un fonctionnement optimal de l'EVALIX®, le biogaz doit avoir un pourcentage de méthane supérieur à 45 %,
- Le fonctionnement de l'installation peut néanmoins être assuré pour une teneur en méthane inférieure à 45%, jusqu'à 35%, mais les conditions de fonctionnement ne sont pas optimales et les quantités de lixiviats traitées sont moindres.

Les polluants du biogaz ont également leur importance en particulier pour la qualité des rejets (Cf tableau N°3 rejets atmosphériques réglementaires. Ce t appareil suit scrupuleusement la loi de Lavoisier sur la conservation de la matière, ainsi l'un des polluants majeur du biogaz, l'H<sub>2</sub>S et les mercaptans, se transforme pendant la combustion en SOX (majoritairement en SO<sub>2</sub>) et se retrouve intégralement sous cette forme au rejet.

#### 3.2 Lixiviat

La nature du lixiviat influ également sur la qualité du rejet, en particulier suite à la présence de composés azotés (sous forme d'ammoniaque principalement). Il peut ainsi être nécessaire de prétraiter le lixiviat pour respecter les normes de rejet.

#### 3.3 Normes en sortie

##### **Rejets liquides**

L'EVALIX® n'entraîne **pas de rejets liquides vers le milieu naturel**.

Les concentrats récupérés en sortie du séparateur sont récupérés dans la cuve de mélange concentrats-lixiviats et retraités en tête de procédé.

##### **Rejets atmosphériques**

Les rejets atmosphériques concernent les gaz de combustion filtrés, après passage dans les manches filtrantes. Ces rejets doivent respecter les limites fixées par **l'arrêté ministériel du 9 septembre 1997, modifié le 31 décembre 2001**. L'article 44 de cet arrêté donne la valeur seuil pour le CO, à 150 mg/Nm<sup>3</sup>.

Certains arrêtés préfectoraux pour des installations similaires, reprennent des seuils de rejet (résidus secs, les COV, le HCl, le HF et les métaux) inspiré des seuils figurant **à l'article 27 de l'arrêté du 02 février 1998**.

**NOTE TECHNIQUE : PRESENTATION GENERALE DU PROCEDE**

Paramètres	Evalix avec abattement de panache à 250 Nm <sup>3</sup> /h de biogaz (valeurs garanties)	Arrêté du 09/09/97 Art 44	Arrêté du 02/02/98 Art 27
<b>Poussières totales</b>	Si seuil exigé <ul style="list-style-type: none"> <li>• 40mg/m<sup>3</sup></li> </ul>	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 mg/m<sup>3</sup> si flux horaire &lt; 1 kg/h</li> <li>• 40 mg/m<sup>3</sup> si flux horaire &gt; 1kg/h</li> </ul>
<b>CO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 150 mg/Nm<sup>3</sup></li> </ul>	150	/
<b>SOX</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour atteindre le flux de 25 kg/heures il faut 18547 mg H<sub>2</sub>S/NM<sup>3</sup> biogaz</li> <li>• 300 mg/m<sup>3</sup> tenus si H<sub>2</sub>S dans le biogaz &lt; à 1800 mg/Nm<sup>3</sup> de gaz brûlé</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de seuil si flux horaire &lt; 25 kg/h</li> <li>• 300 mg/m<sup>3</sup> si flux horaire &gt; 25 kg/h</li> </ul>
<b>NOX</b>	Si seuil exigé <ul style="list-style-type: none"> <li>• 500 mg/m<sup>3</sup></li> </ul> Concentration donnée par la combustion		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de seuil si flux horaire &lt; 25 kg/h</li> <li>• 500 mg/m<sup>3</sup> si flux horaire &gt; 25 kg/h</li> </ul>
<b>COV Non méthaniques</b>	Si seuil exigé <ul style="list-style-type: none"> <li>• 150 mg/m<sup>3</sup></li> </ul>	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de seuil si flux horaire &lt; 2 kg/h</li> <li>• 150 mg/m<sup>3</sup> si flux horaire &gt; 2 kg/h</li> </ul>
<b>HCl</b>	Si seuil exigé <ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 mg/m<sup>3</sup></li> </ul>	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de seuil si flux horaire &lt; 1 kg/h</li> <li>• 50 mg/m<sup>3</sup> si flux horaire &gt; 1 kg/h</li> </ul>
<b>HF</b>	Si seuil exigé <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 mg/m<sup>3</sup></li> </ul>	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de seuil si flux horaire &lt; 500 g/h</li> <li>• 5 mg/m<sup>3</sup> gaz si flux horaire &gt; 500 g/h</li> <li>• Et 5 mg/m<sup>3</sup> pour l'ensemble des particules et vésicules</li> </ul>
<b>Cd+Hg+Tl</b>	Si seuil exigé <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,2 mg/m<sup>3</sup></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de seuil si flux horaire &lt; 1 g/h</li> <li>• 0,2 mg/m<sup>3</sup> &gt; 1 g/h</li> </ul>
<b>As+Se+Te</b>	Si seuil exigé <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1mg/m<sup>3</sup></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de seuil si flux horaire &lt; 5 g/h</li> <li>• 1 mg/m<sup>3</sup> &gt; 1 g/h</li> </ul>
<b>Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+Pb+V+Zn</b>	Si seuil exigé <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5mg/m<sup>3</sup></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de seuil si flux horaire &lt; 25 g/h</li> <li>• 5 mg/m<sup>3</sup> &gt; 5 g/h</li> </ul>
<b>Pb</b>	Si seuil exigé <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1mg/m<sup>3</sup></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de seuil si flux horaire &lt; 10 g/h</li> <li>• 1 mg/m<sup>3</sup> &gt; 5 g/h</li> </ul>
<b>Phosphine, Phosgène</b>	Si seuil exigé <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1mg/m<sup>3</sup></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de seuil si flux horaire &lt; 10 g/h</li> <li>• 1 mg/m<sup>3</sup> &gt; 10 g/h par produit</li> </ul>
<b>HCN / HBr</b>	Si seuil exigé <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5mg/m<sup>3</sup></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de seuil si flux horaire &lt; 50 g/h</li> <li>• 5 mg/m<sup>3</sup> &gt; 50 g/h par produit</li> </ul>
<b>Ammoniac</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour atteindre le flux de 100 g/heures il faut 50 mg NH<sub>4</sub>/ litre de lixiviat</li> <li>• Les 50 mg/m<sup>3</sup> sont tenus si le taux d'NH<sub>4</sub> dans le lixiviat est inférieur à 225 mg/l de lixiviat</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de seuil si flux horaire &lt; 100 g/h</li> <li>• 50 mg/m<sup>3</sup> &gt; 50 g/h</li> </ul>

**Tableau 3 – Rejets atmosphériques réglementaires**

**NOTE TECHNIQUE : PRESENTATION GENERALE DU PROCEDE**

Le respect de ces normes est garanti dans des conditions normales d'exploitation :

- Fonctionnement correct de l'installation, entretien et maintenance réguliers des équipements sont réalisés dans les règles de l'art.
- Mais aussi est conditionné par la teneur en certains des constituants du Biogaz et des lixiviats, en particulier en ce qui concerne la teneur en **H2S pour le biogaz** et en **ammoniaque pour le lixiviat**

**Un prétraitement des effluents (biogaz et lixiviats) pourra être ainsi nécessaire en fonction des seuils exigés par l'arrêté préfectoral**

Le fonctionnement de l'unité EVALIX® est assimilable à un évaporateur-sécheur et ne peut être considéré comme un incinérateur car le traitement du lixiviat s'effectue à une température voisine de 140 °C, et par conséquent les composés carbonés des lixiviats entrants se retrouvent dans les résidus secs.

### **Résidus secs**

Les résidus secs en sortie du filtre ont une siccité élevée (siccité comprise entre 80 et 90%) et de ce fait se présentent sous un aspect pulvérulent. Pour cette raison, ces résidus sont conditionnés en big-bags.

Nous proposons que ceux-ci soient stockés, puis enfouis sur le centre de stockage pour les raisons suivantes :

- **les résidus secs ont des teneurs très faibles en métaux et toxiques.** selon les analyses réalisées sur d'autres sites utilisant le procédé EVALIX®. A titre de comparaison, les concentrations en éléments traces métalliques et composés, traces organiques des résidus secs sont inférieures aux seuils retenus pour l'épandage des boues en agriculture. De plus la fraction potentiellement solubilisable de ces métaux et toxiques est également faible,
- les résidus secs sont peu évolutifs, leur capacité de dégradation biologique est faible. **Leur caractère fortement minéral, les rangent dans la catégorie E3** des déchets admissibles en CSD de classe 2,
- Du fait des résultats d'analyse, les résidus sont considérés comme non dangereux. D'un point de vue réglementaire, les déchets sont classifiés par décret en date du 18/04/02. La rubrique 19 correspond aux déchets provenant d'installation de traitement de déchets, des stations d'épuration d'eaux usées hors site et de l'industrie de l'eau. Le code déchets proposé pour les résidus de l'EVALIX® est le : 19 08 99 (déchets non spécifiés dans la catégorie des déchets provenant d'installations de traitement des eaux usées).

De plus :

- **ces résidus ne peuvent pas être acceptés en CSD de classe 1** réglementairement du fait de leur concentration en matière organique (COT > valeur seuil de 2000 mg/kg MS) et

**NOTE TECHNIQUE : PRESENTATION GENERALE DU PROCEDE**

techniquement du fait des problèmes rencontrés pour le traitement par stabilisation de ce déchet,

- Les lixiviats sont la résultante des différents processus qui ont lieu au sein du massif de déchets et sont donc générés par les déchets stockés. Le résidu sec est le résultat du séchage des lixiviats ne subissant pas de transformation du fait du process. De ce fait, on peut considérer qu'il n'y a pas de polluant supplémentaire ramené au sein du CSD.
- **La production de résidus secs est faible** et représente moins de 1 % de la quantité de lixiviat traité.
- Les résidus secs déjà conditionnés en big bag, seront enfouis de façon à éviter tout contact avec les eaux météoriques et ainsi **éviter toute redissolution des substances** contenues dans ces déchets.

## 4 IMPLANTATION DE L'EVALIX®

### 4.1 Exigences techniques

#### **Plate-forme**

L'ensemble EVALIX® (abri + unité de traitement complète) doit être mis en place sur une dalle de béton armé dimension 12 m X 12 m .

La zone de la dalle béton sur laquelle repose le filtre doit être renforcée pour l'ancrage du filtre qui présente une prise au vent non négligeable.

L'ensemble des eaux de la plate-forme doit pouvoir être recueilli dans un réseau collecteur. Les eaux issues des opérations de nettoyage/maintenance sont traitées par l'installation (env.2m<sup>3</sup>/mois).

#### **Branchements**

La plate-forme doit être reliée aux réseaux de biogaz et de lixiviat. Elle doit être alimentée en électricité (réseau EDF) (380/660 V – triphasé + Neutre – 50 Hz).

Un point d'amenée d'eau (hors gel) doit être aménagé pour le nettoyage de l'EVALIX®. Il faut également prévoir l'installation d'une prise téléphonique.

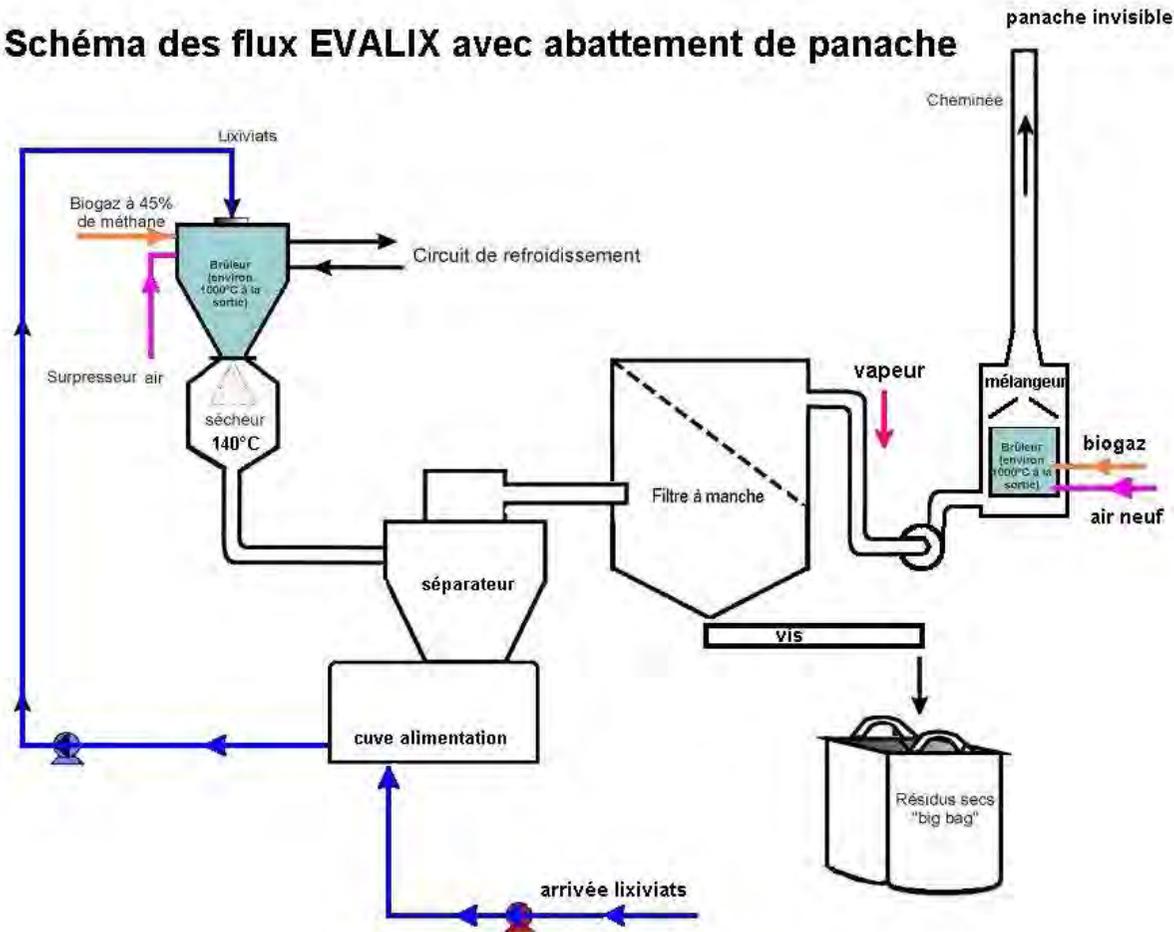
*Note* : Dans le cas de l'EVALIX®, le débit de traitement de lixiviat ne peut que très faiblement varier ( $\pm 10\%$  du régime nominal). Dans le cas où la production de lixiviat serait inférieure à la capacité de traitement de l'EVALIX®, un traitement par bâchée doit être envisagé. Il est donc nécessaire de dimensionner en conséquence un bassin amont de stockage des lixiviats et de prévoir un système d'élimination du biogaz pendant les périodes d'arrêt de l'EVALIX®.

En aucun cas, l'EVALIX® ne pourra assurer l'élimination totale des quantités de biogaz produites par l'ISDND, une unité annexe d'élimination du biogaz doit compléter le système.

**SCHEMA DES FLUX EVALIX®**  
**Avec abattement de panache**

EXEMPLE DE PROCEDE

Schéma des flux EVALIX avec abattement de panache







Annexe 4-6 : Exemple d'équipement pouvant être mis  
en place : Notices Techniques des torchères  
envisageables



**STATION DE POMPAGE  
ET DE  
COMBUSTION DU BIOGAZ  
TYPE BG 1000**

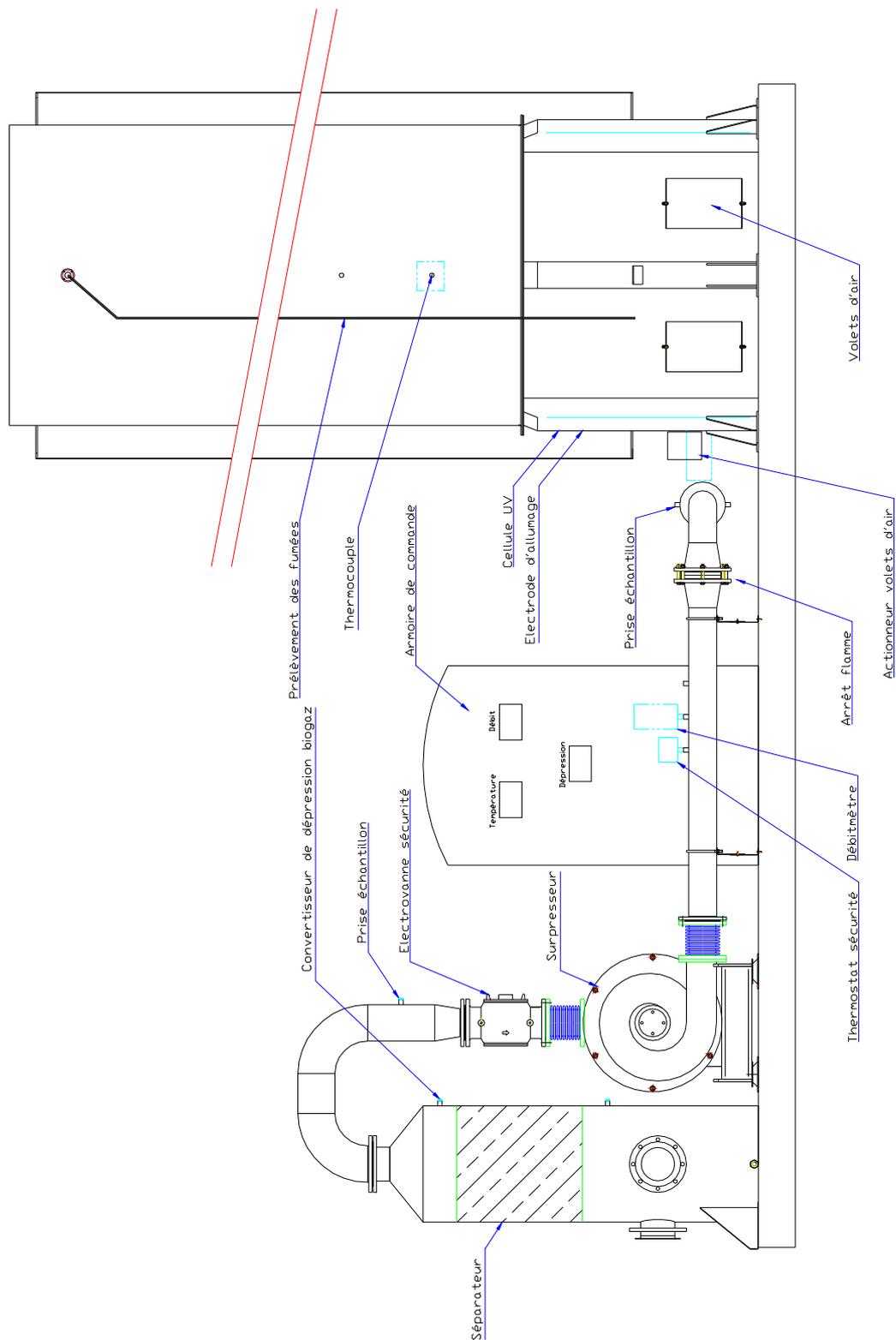
# TABLE DES MATIERES

<b>1. Descriptif</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Caractéristiques générales</b>	<b>3</b>
<i>Descriptif</i>	3
1.1.2. <i>Plan d'encombrement</i>	4
<b>1.2. Brûleur</b>	<b>5</b>
1.2.1. <i>Caractéristiques</i>	5
1.2.2. <i>Constitution</i>	5
<b>1.3. Surpresseur</b>	<b>5</b>
<b>1.4. Séparateur de condensats</b>	<b>6</b>
<b>1.5. Tube de liaison et équipement</b>	<b>6</b>
1.5.1. <i>Liaison séparateur - surpresseur</i>	6
1.5.2. <i>Liaison surpresseur – brûleur</i>	6
<b>1.6. Puissance électrique installée</b>	<b>6</b>
<b>1.7. Armoire de Commande</b>	<b>6</b>
<b>2. Cycle de fonctionnement</b>	<b>8</b>
2.1. <b>Phase de démarrage :</b>	<b>8</b>
2.2. <b>Phase allumage :</b>	<b>8</b>
2.3. <b>Phase de régulation de température :</b>	<b>9</b>
<b>3. Télésurveillance</b>	<b>10</b>
<b>4. Maintenance</b>	<b>11</b>
<b>5. Limites de fournitures</b>	<b>12</b>

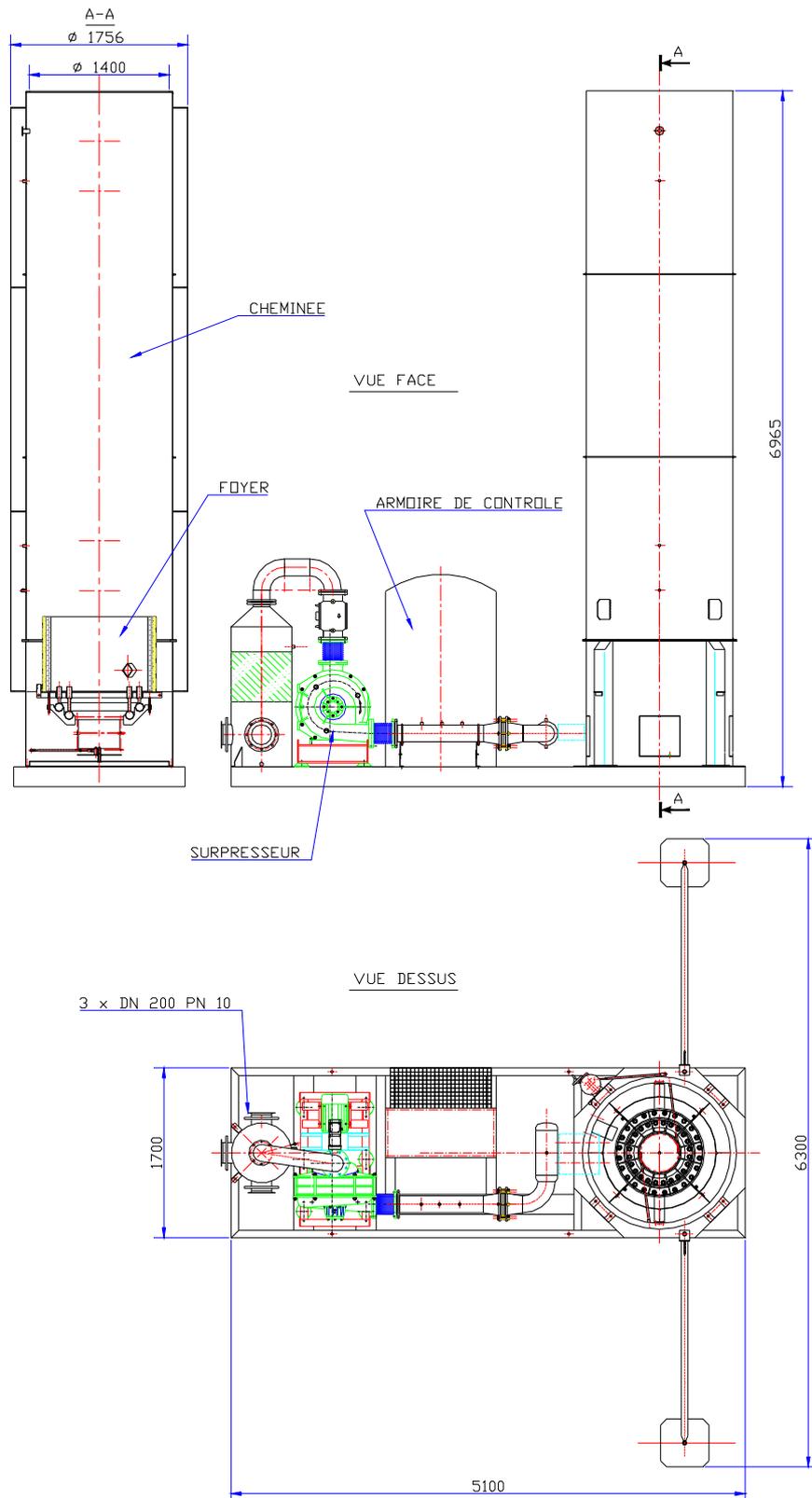
# 1. Descriptif

## 1.1. Caractéristiques générales

### 1.1.1. Descriptif



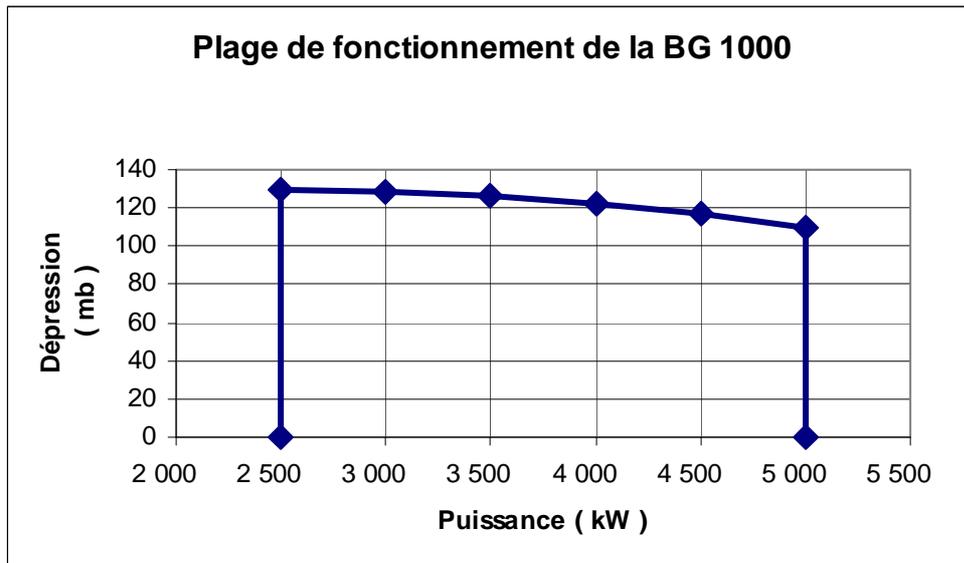
1.1.2. Plan d'encombrement



## 1.2. Brûleur

### 1.2.1. Caractéristiques

Puissance	max. : 5.000 kW min. : 2.500 kW
Capacité	: 500 à 1000 Nm <sup>3</sup> /h de biogaz à 50 % CH <sub>4</sub>
Température de flamme	: > 900°C
Flamme	: non apparente
Temps de rétention	: > 0,6 seconde.



### 1.2.2. Constitution

Foyer inox NS 30 revêtu de brique réfractaire.  
 Tube de flamme inox NS 30 revêtu de fibre céramique (1260°C max.).  
 Habillage extérieur en acier inox 304L.  
 Brûleur tout inox à faible bruit, constitué d'injecteurs à effet venturi.  
 Régulateur de la température : par contrôle du débit d'air comburant à l'aide d'un servomoteur moteur électrique 230V.  
 Commande manuelle de secours.  
 Contrôle de température de flamme : Thermocouple type S chemisé.  
 Contrôle de la présence flamme : Cellule de détection du rayonnement U.V.  
 Allumage : par 2 électrodes sous une tension de 7.5 kV.

## 1.3. Surpresseur

Type : Centrifuge multi – étagé.  
 Enveloppe : fonte d'aluminium moulée.  
 Etanchéité spéciale gaz,  
 Diamètre de raccordement DN 150,  
 Puissance électrique : 11 kW.

## 1.4. Séparateur de condensats

Tout inox 304L

Capacité : 400 litres

Filtre dévésiculeur d'un volume de 400 litres en inox 304L fixé sur le châssis en 3 points

Evacuation des condensats par piquage 1".

Connexions réseau sur 3 piquages DN200.

## 1.5. Tube de liaison et équipement

### 1.5.1. Liaison séparateur - surpresseur

- Tuyauterie inox 304L DN 150.
- 1 capteur de dépression.
- 1 électrovanne de sécurité.

### 1.5.2. Liaison surpresseur – brûleur

- Tuyauterie inox 304L DN 150.
- 1 débitmètre de 0 à 1500m<sup>3</sup>/h.
- 1 thermostat sécurité température biogaz.
- 1 prise de prélèvement du gaz pour analyse.
- 1 arrête flamme, monté entre brides et raccord coniques.

## 1.6. Puissance électrique installée

12 kW avec armoire de commande.

## 1.7. Armoire de Commande

Installée dans une enveloppe en tôle inox 304L.

\*En façade armoire.

- 1 interrupteur <MARCHE / ARRET>.
- 1 voyant <SOUS TENSION>.
- 1 indicateur <TEMPERATURE FLAMME>.
- 1 indicateur <DEBIT BIOGAZ>.
- 1 indicateur <DEPRESSION BIOGAZ>.
- 1 Compteur heures de fonctionnement <COMPTEUR HORAIRE>.
- 1 bouton poussoir <REARMEMENT>.
- 1 bouton poussoir <TEST LAMPES>.
- 1 potentiomètre <-BIOGAZ+> débit nominal du surpresseur de 50% à 100%.

\*Voyant lumineux

- 1 électrovanne ouverte <ELECTROVANNE>.

- 1 torchère <ARRET PROVISOIRE>.
- 1 torchère <HAUTE TEMPERATURE>.
- 1 torchère <EN DEFAULT>.
- 1 défaut <DEBIT DEPRESSION>.
- 1 défaut <TEMPERATURE BIOGAZ>.
- 1 défaut <THERMIQUE MOTEUR>.

\*Sur coté droit armoire.

- 1 sectionneur général.

\*A l'intérieure de l'armoire.

- 1 parafoudre.
- 1 alimentation 24vcc entrées sorties automate.
- 1 disjoncteur <D1> primaire transformateur.
- 1 disjoncteur <D2> secondaire transformateur.
- 1 disjoncteur <D3> protection PC télésurveillance.
- 1 transformateur <T1> de séparation des circuits.
- 1 variateur de vitesse <V1>.
- 1 transformateur <TR> haute tension pour allumage.
- 1 relais <KA1> fermeture vantelle.
- 1 relais <KA2> ouverture vantelle.
- 1 prise de courant pour ordinateur.
- 1 résistance chauffante.
- 1 ventilateur.
- 2 thermostat de régulation climatisation armoire.
- 1 automate.
- 1 carte pour automate.
- 1 carte de télésurveillance <CLIP 6200>.
- 1 carte extension télésurveillance <CLIP 0040>.
- 5 relais auxiliaires <KA10/KA11/KA12/KA13/KA14> pour entrées <TOR> télésurveillance.
- 1 prise téléphonique pour branchement télésurveillance.

## 2. Cycle de fonctionnement

### 2.1. Phase de démarrage :

Conditions requises pour le démarrage de la torchère :

- L'armoire doit être sous tension depuis plus de 15 secondes.
- Le thermique du moteur ne doit pas être déclenché.
- Les volets d'air doivent être en position ouverte.
- La température à l'intérieure de la torchère doit être inférieure à 350°.  
(Si cela n'est pas le cas le voyant «**ARRET PROVISoire** » clignote.

**Après action sur l'interrupteur «ARRET / MARCHE ».**

- Démarrage du surpresseur biogaz ( temps de lancement = 15 secondes).
- Prétincelage ( temps = 3 secondes).
- Ouverture de l'électrovanne de sécurité.
- Phase d'allumage activée.

### 2.2. Phase allumage :

- Durée maximum d'un cycle d'allumage = 240 secondes.

Durant ce cycle, des phases d'étincelage et de contrôle de l'allumage s'enchaînent comme d'écrits ci-dessous.

- Etincelage de 10 secondes.
- Arrêt de l'étincelage, et contrôle de l'allumage (5 secondes) puis retour à l'étincelage.
- Ces cycles vont se répéter pendant 240 secondes maximum.
- Les volets d'air vont se fermer par impulsions, jusqu'à détection de l'allumage.  
Impulsion fermeture = 1 seconde  
Temps entre chaque impulsion = 13 secondes

Deux cas de figures peuvent se produire durant ce cycle :

- 1) Après plusieurs essais d'allumages celui-ci ne s'est pas produit (cycle de 240 s).  
Température inférieure à 350°.  
Pas de détection de flamme à la cellule UV.

Arrêt provisoire de la machine, le voyant « **ARRET PROVISoire** » clignote.

Un compteur de détection de « non allumage » s'incrémente.

Une temporisation de 5 minutes est lancée.

Après l'écoulement de ce temps, le cycle de démarrage recommence.

Cette séquence se répétera 4 fois de suite si aucun allumage n'est détecté.

Si plus de 4 séquences d'allumages se produisent à la suite, la machine s'arrête définitivement. Le voyant « **TORCHERE EN DEFaUT** » s'allume.

- 2) A une période donnée, le mélange air / gaz est correct et l'allumage se produit :

Arrêt de l'étincelage.

Les volets d'air restent à leur dernière position, la phase de préchauffage est lancée.

Descriptif de la phase de préchauffage :

Le but de cette phase de préchauffage est la montée en température de l'installation pour obtenir une meilleure régulation de la température.

- Dès que l'allumage est détecté, lancement d'une temporisation.
- Les volets d'air restent à leur dernière position.

Fin de la séquence de préchauffage :

L'ordre de régulation automatique de température se fait sous une de ses deux conditions:

- Le point de consigne de température est atteint
- Le point de consigne de température n'est pas atteint après une durée de temps.

**2.3.Phase de régulation de température :**

La combustion du biogaz s'effectue avec l'air induit à travers les volets d'air, il en ressort la définition de la régulation suivante :

En fonctionnement normal, la température doit osciller entre 2 points.

Par exemple:

- Si température < à 1000° = fermeture des volets d'air
- Si température > à 1025° = ouverture des volets d'air

L'automate gère par son programme cette régulation.

### **3. Télésurveillance**

Une surveillance permanente de tous les paramètres de fonctionnement de l'installation peut-être activée.

\*Paramètre :

- Présence alimentation générale
- Présence auto alimentation 12volt (Télésurveillance)
- Etat interrupteur (Marche/ Arrêt)
- Etat électrovanne sécurité
- Etat température flamme (Normal / Défaut )
- Etat de fonctionnement torchère
- Etat température du biogaz
- Etat thermique moteur

\*Action :

- Réinitialisation ( Réarmement à distance pour des défauts mineurs )

\*Recopie :

- Température flamme
- Débit biogaz
- Dépression

Tous les éléments nécessaires a cette télésurveillance sont installées dans l'armoire de commande. Pour activer celle-ci il suffit de relier l'installation à une ligne téléphonique.

#### 4. Maintenance

EQUIPEMENTS	OBSERVATIONS	FREQUENCE				
		1 mois	3 mois	6 mois	1 an	autre
Thermocouple	Changement					Panne
Bougies d'allumage	Réglage Changement			X		Panne
Arrête flamme	Contrôle perte de charge Nettoyage		X		X	
Débitmètre	Nettoyage Etalonnage			X	X	
Thermostat gaz	Contrôle déclenchement				X	
Surpresseur	Graissage paliers Vérification accouplement Remplacement des paliers Resserrage bornes Moteurs	X			X X	5ans
Electrovanne sécurité (VK)	Vérifier étanchéité Remplacement de la garniture Remise en état du siège					2 ans
Séparateur	Démonter et réviser l'évacuation des condensats Vérifier la perte de charge			X X		
Armoire de Commande	Resserrer les connexions Vérifier l'isolement Vérifier les thermostats et le chauffage Dépoussiérer les équipements Essayer les sécurités			X X	X X	
Télésurveillance	Contrôle batterie Essai (passage) d'alarmes			X X		

## **5. Limites de fournitures**

-L'ensemble du matériel défini ci-dessus.

\*Non fourni:

- Le déchargement, montage et les branchements.
- Le transport de nos ateliers à votre site.
- La location de la grue de manutention pour le déchargement de la torchère.
- La plate-forme de réception de la torchère.
- Le câble électrique vers la torchère.
- L'installation de la ligne téléphonique.

**STATION DE POMPAGE  
ET DE  
COMBUSTION DU BIOGAZ  
TYPE BG 2000**



## TABLE DES MATIERES

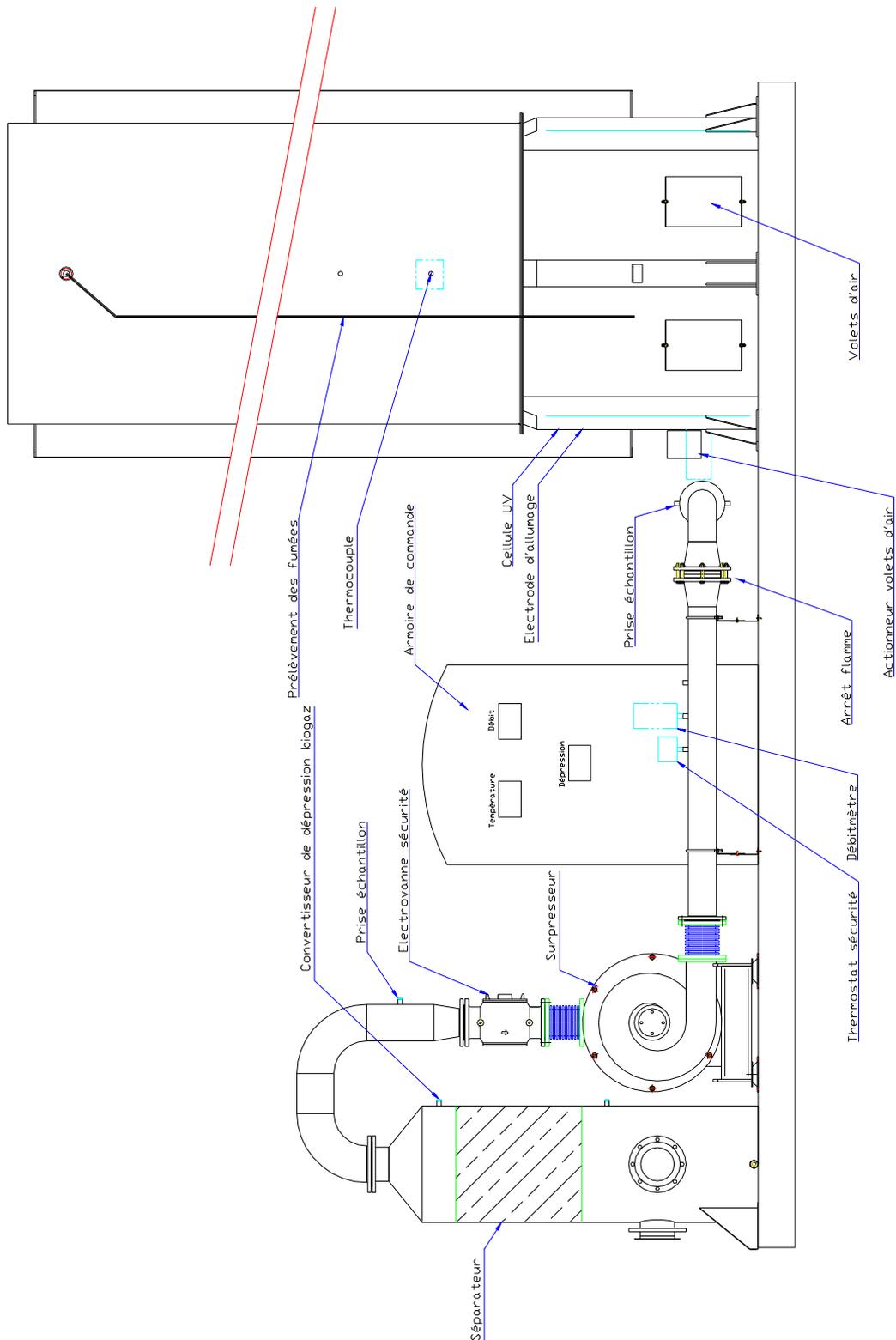
<b>1. Descriptif</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Caractéristiques générales</b>	<b>3</b>
1.1.1. Descriptif	3
Plan d'encombrement	4
<b>1.2. Brûleur</b>	<b>5</b>
1.2.1. Caractéristiques	5
1.2.2. Constitution	5
<b>1.3. Surpresseur</b>	<b>5</b>
<b>1.4. Séparateur de condensats</b>	<b>6</b>
<b>1.5. Tube de liaison et équipement</b>	<b>6</b>
1.5.1. Liaison séparateur - surpresseur	6
1.5.2. Liaison surpresseur – brûleur	6
<b>1.6. Puissance électrique installée</b>	<b>6</b>
<b>1.7. Armoire de Commande</b>	<b>6</b>
<b>2. Cycle de fonctionnement</b>	<b>8</b>
2.1. Phase de démarrage :	8
2.2. Phase allumage :	8
2.3. Phase de régulation de température :	9
<b>3. Télésurveillance</b>	<b>10</b>
<b>4. Maintenance</b>	<b>11</b>
<b>5. Limites de fournitures</b>	<b>12</b>



# 1. Descriptif

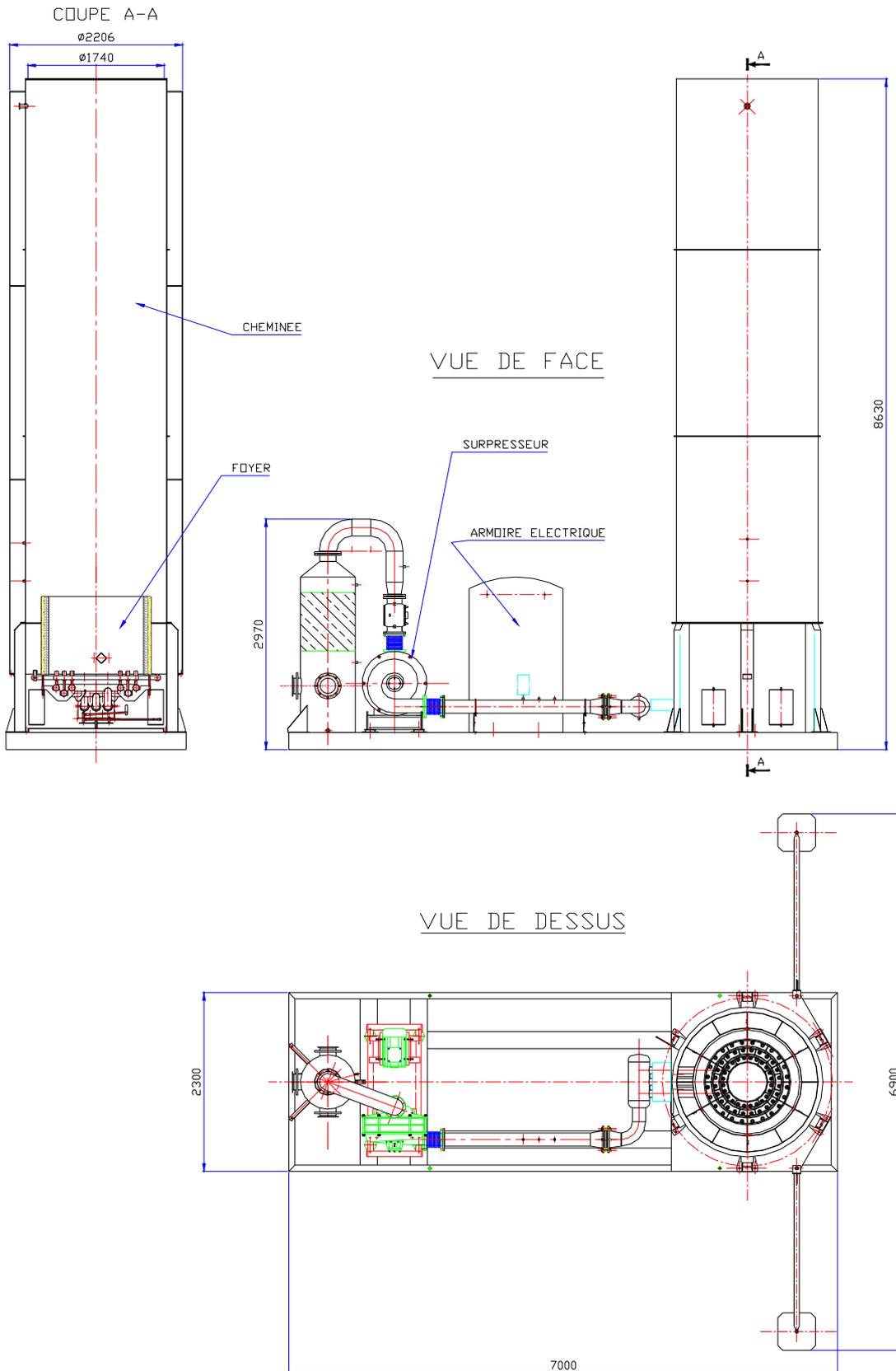
## 1.1. Caractéristiques générales

### 1.1.1. Descriptif





1.1.2. Plan d'encombrement

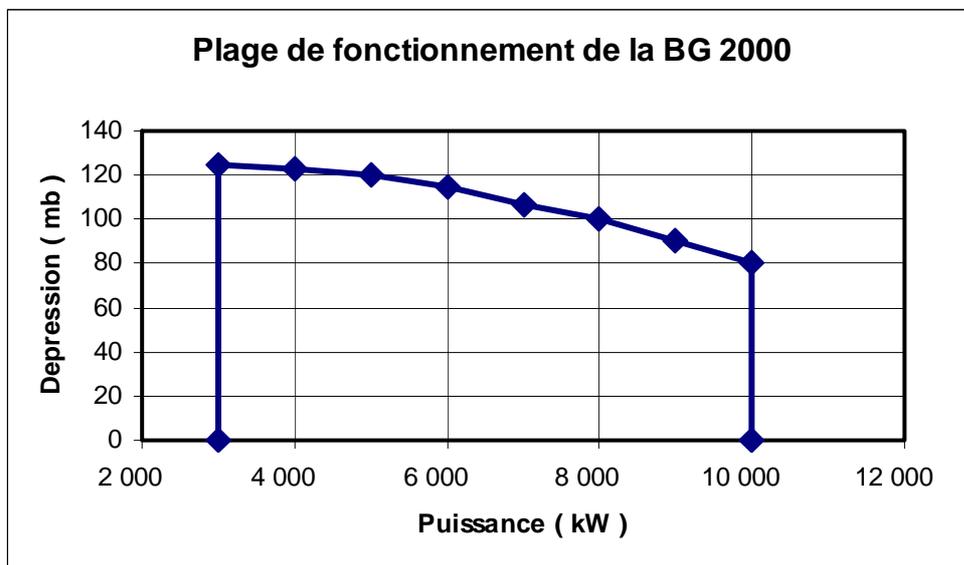




## 1.2. Brûleur

### 1.2.1. Caractéristiques

Puissance	max. : 10.000 kW min. : 3.000 kW
Capacité	: 600 à 2000 Nm <sup>3</sup> /h de biogaz à 50 % CH <sub>4</sub>
Température de flamme	: > 900°C
Flamme	: non apparente
Temps de maintien	: > 0,6 seconde.



### 1.2.2. Constitution

Foyer inox NS 30 revêtu de brique réfractaire.  
 Tube de flamme inox NS 30 revêtu de fibre céramique (1260°C max.).  
 Habillage extérieur en acier inox 304L.  
 Brûleur tout inox à faible bruit, constitué de 72 injecteurs à effet venturi.  
 Régulateur de température : par contrôle du débit d'air comburant par servomoteur moteur électrique 230V.  
 Commande manuelle de secours.  
 Contrôle de température : Thermocouple type S chemisé.  
 Contrôle de flamme : Cellule de détection du rayonnement U.V.  
 Allumage : par 2 électrodes sous une tension de 7.5KW.

## 1.3. Surpresseur

Type : Centrifuge multi - étagé



Enveloppe : fonte d'aluminium moulée  
Etanchéité spéciale gaz  
Diamètre de raccordement DN 150  
Puissance électrique : 15 kW.

#### **1.4. Séparateur de condensats**

Tout inox 304L  
Capacité : 800 litres  
Filtre dévésiculeur d'un volume de 800 litres en inox 304L fixé sur le châssis en 3 points.  
Evacuation des condensats par piquage 1"  
Connexions réseau sur 3 piquages DN200.

#### **1.5. Tube de liaison et équipement**

##### ***1.5.1. Liaison séparateur - surpresseur***

- Tuyauterie inox 304L DN 150
- 1 capteur de dépression
- 1 électrovanne de sécurité

##### ***1.5.2. Liaison surpresseur – brûleur***

- Tuyauterie inox 304L DN 150
- 1 débitmètre de 0 à 3000m<sup>3</sup>/h
- 1 thermostat sécurité température arrivée biogaz
- 1 prise de prélèvement du gaz pour analyse
- 1 arrête flamme, monté entre brides et raccords coniques

#### **1.6. Puissance électrique installée**

16 kW avec armoire de commande.

#### **1.7. Armoire de Commande**

Installé dans une enveloppe en tôle inox 304L

\*En façade armoire

- 1 interrupteur <MARCHE / ARRET>
- 1 voyant <SOUS TENSION>
- 1 indicateur <TEMPERATURE FLAMME>
- 1 indicateur <DEBIT BIOGAZ>
- 1 indicateur <DEPRESSION BIOGAZ>



- 1 Compteur heures de fonctionnement <COMPTEUR HORAIRE>
- 1 bouton poussoir <REARMEMENT>
- 1 bouton poussoir <TEST LAMPES>
- 1 potentiomètre <-BIOGAZ+> débit nominal du surpresseur de 50% à 100%

\*Voyant lumineux

- 1 électrovanne ouverte <ELECTROVANNE>
- 1 torchère <ARRET PROVISOIRE>
- 1 torchère <HAUTE TEMPERATURE>
- 1 torchère <EN DEFAUT>
- 1 défaut <DEBIT DEPRESSION>
- 1 défaut <TEMPERATURE BIOGAZ>
- 1 défaut <THERMIQUE MOTEUR>

\*Sur coté droit armoire

- 1 sectionneur général

\*A l'intérieure de l'armoire

- 1 parafoudre
- 1 alimentation 24vcc entrées sorties automate
- 1 disjoncteur <D1> primaire transformateur
- 1 disjoncteur <D2> secondaire transformateur
- 1 disjoncteur <D3> protection PC télésurveillance
- 1 transformateur <T1> de séparation des circuits
- 1 variateur de vitesse <V1>
- 1 transformateur <TR> haute tension pour allumage
- 1 relais <KA1> fermeture vantelle
- 1 relais <KA2> ouverture vantelle
- 1 prise de courant pour ordinateur
- 1 résistance chauffante
- 1 ventilateur
- 2 thermostat de régulation climatisation armoire
- 1 automate TSX 3710
- 1 carte pour automate TSX 28 DR
- 1 carte de télésurveillance <CLIP 6200>
- 1 carte extension télésurveillance <CLIP 0040>
- 5 relais auxiliaires <KA10/KA11/KA12/KA13/KA14> pour entrées <TOR> télésurveillance
- 1 prise téléphonique pour branchement télésurveillance



## 2. Cycle de fonctionnement

### 2.1. Phase de démarrage :

#### Conditions requises pour le démarrage de la torchère :

- L'armoire doit être sous tension depuis plus de 15 secondes
- Le thermique du moteur ne doit pas être déclenché
- Les volets d'air doivent être en position ouverte
- La température à l'intérieure de la torchère doit être inférieure à 350°  
(Si cela n'est pas le cas le voyant «**ARRET PROVISOIRE** » clignote.

#### **Après action sur l'interrupteur «ARRET / MARCHE »**

- Démarrage du surpresseur biogaz ( temps de lancement = 15 secondes)
- Préétincelage ( temps = 3 secondes)
- Ouverture de l'électrovanne de sécurité
- Phase d'allumage activée

### 2.2. Phase allumage :

- Durée maximum d'un cycle d'allumage = 240 secondes

Durant ce cycle, des phases d'étincelage et de contrôle de l'allumage s'enchaînent comme d'écrits ci-dessous.

- Etincelage de 10 secondes
- Arrêt de l'étincelage, et contrôle de l'allumage (5 secondes) puis retour à l'étincelage.
- Ces cycles vont se répéter pendant 240 secondes maximum
- Les volets d'air vont se fermer par impulsions, jusqu'à détection de l'allumage.  
Impulsion fermeture = 1 seconde  
Temps entre chaque impulsion = 13 secondes

#### Deux cas de figures peuvent se produire durant ce cycle :

- 1) Après plusieurs essais d'allumages celui-ci ne s'est pas produit (cycle de 240 s)  
Température inférieure à 350°  
Pas de détection de flamme à la cellule UV

Arrêt provisoire de la machine, le voyant « **ARRET PROVISOIRE** » clignote.

Un compteur de détection de « non allumage » s'incrémente.

Une temporisation de 5 minutes est lancée.

Après l'écoulement de ce temps, le cycle de démarrage recommence.

Cette séquence se répétera 4 fois de suite si aucun allumage n'est détecté.

Si plus de 4 séquences d'allumages se produisent à la suite, la machine s'arrête définitivement. Le voyant « **TORCHERE EN DEFAUT** » s'allume.



2) A une période donnée, le mélange air / gaz est correct et l'allumage se produit :

Arrêt de l'étincelage

Les volets d'air restent à leur dernière position, la phase de préchauffage est lancée.

Descriptif de la phase de préchauffage :

Le but de cette phase de préchauffage est la montée en température de l'installation pour obtenir une meilleure régulation de la température.

- Dès que l'allumage est détecté, lancement d'une temporisation.
- Les volets d'air restent à leur dernière position.

Fin de la séquence de préchauffage :

L'ordre de régulation automatique de température se fait sous une de ses deux conditions:

- Le point de consigne de température est atteint
- Le point de consigne de température n'est pas atteint après une durée de temps.

### **2.3. Phase de régulation de température :**

La combustion du biogaz s'effectue avec l'air induit à travers les volets d'air, il en ressort la définition de la régulation suivante :

En fonctionnement normal, la température doit osciller entre 2 points.

Par exemple:

- Si température < à 1000° = fermeture des volets d'air
- Si température > à 1025° = ouverture des volets d'air

L'automate gère par son programme cette régulation.



### **3. Télésurveillance**

Une surveillance permanente de tous les paramètres de fonctionnement de l'installation peut-être activée.

\*Paramètre :

- Présence alimentation générale
- Présence auto alimentation 12volt (Télésurveillance)
- Etat interrupteur (Marche/ Arrêt)
- Etat électrovanne sécurité
- Etat température flamme (Normal / Défaut )
- Etat de fonctionnement torchère
- Etat température du biogaz
- Etat thermique moteur

\*Action :

- Réinitialisation ( Réarmement à distance pour des défauts mineurs )

\*Recopie :

- Température flamme
- Débit biogaz
- Dépression

Tous les éléments nécessaires a cette télésurveillance sont installées dans l'armoire de commande. Pour activer celle-ci il suffit de relier l'installation à une ligne téléphonique.



#### 4. Maintenance

EQUIPEMENTS	OBSERVATIONS	FREQUENCE				
		1 mois	3 mois	6 mois	1 an	autre
Thermocouple	Changement					Panne
Bougies d'allumage	Réglage Changement			X		Panne
Arrête flamme	Contrôle perte de charge Nettoyage		X		X	
Débitmètre	Nettoyage Etalonnage			X	X	
Thermostat gaz	Contrôle déclenchement				X	
Surpresseur	Graissage paliers Vérification accouplement Remplacement des paliers Resserrage bornes Moteurs	X			X X	5ans
Electrovanne sécurité (VK)	Vérifier étanchéité Remplacement de la garniture Remise en état du siège					2 ans
Séparateur	Démonter et réviser l'évacuation des condensats Vérifier la perte de charge			X X		
Armoire de Commande	Resserrer les connexions Vérifier l'isolement Vérifier les thermostats et le chauffage Dépoussiérer les équipements Essayer les sécurités			X X	X X	
Télésurveillance	Contrôle batterie Essai (passage) d'alarmes			X X		



## **5. Limites de fournitures**

-L'ensemble du matériel défini ci-dessus.

\*Non fourni:

- Le déchargement, montage et les branchements.
- Le transport de nos ateliers à votre site.
- La location de la grue de manutention pour le déchargement de la torchère.
- La plate-forme de réception de la torchère.
- Le câble électrique vers la torchère.
- L'installation de la ligne téléphonique.



**SITA SUD** – Pôle de Recyclage et d'Élimination des déchets non dangereux de la Roseraie  
Commune de Bellegarde (30)

**D.D.A.E.** – Dossier technique

Annexe 4-7 : Notice biogaz (ARCADIS)



SITA SUD

# CREATION DE l'ISDND de la Roseiraie

DDAE

## Notice biogaz



Emetteur  
**AFR**

Phase / cat  
**ETU**

Num  
**00001**

Type  
**ETU**

Indice  
**A03**

Statut



## Table des Matières

<b>1</b>	<b>Préambule</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Estimation du potentiel Biogaz</b> .....	<b>5</b>
2.1	Principe, hypothèses et limite du modèle de calcul .....	5
2.1.1	Formules de calcul .....	5
2.1.2	Paramétrage .....	5
2.2	Production théorique de biogaz .....	8
2.2.1	Données d'entrée : Tonnage .....	8
2.2.2	Résultats et commentaires .....	8
<b>3</b>	<b>Réseau de captage des biogaz</b> .....	<b>14</b>
3.1	Principes de réalisation .....	14
3.2	Réalisation des réseaux .....	14
3.2.1	Généralités .....	14
3.2.2	Systèmes de dégazage .....	15
	<b>Table des annexes</b> .....	<b>17</b>
<b>Annexe 1</b>	<b><i>Plan projet du réseau biogaz</i></b> .....	<b>18</b>

# 1 Préambule

La présente étude a pour objet de définir la gestion des biogaz dans le cadre du projet de création de l'ISDND de la Roseraie à Bellegarde (30).

Cette étude portera sur la détermination du potentiel biogaz du futur site et sur l'organisation du dégazage des biogaz.

## 2 Estimation du potentiel Biogaz

Les calculs de production prévisionnelle de biogaz portent sur la production totale de l'ensemble de l'ISDND.

### 2.1 Principe, hypothèses et limite du modèle de calcul

#### 2.1.1 Formules de calcul

L'étude théorique de gisement de biogaz est basée sur des simulations de la production dans le temps de biogaz natif (production biologique) issu de la fermentation des déchets.

Cette simulation est réalisée à partir des équations et des lois de cinétique chimique liées à la dégradation de la matière organique.

Cette étude théorique tient compte :

- Des tonnages reçus sur le site,
- de la distribution des différentes catégories de déchets,
- des paramètres d'exploitation tels que le compactage, l'étanchéité de la couverture,...
- de la durée de vie du site.

Le modèle est basé sur la loi des gaz parfaits et sur le principe qu'une gazéification complète d'une masse donnée de carbone organique fournit, un volume de biogaz constitué de CO<sub>2</sub> et de CH<sub>4</sub> (si les conditions normales de pression et température sont présentes).

Notre modèle a été développé à partir de l'équation de Tabasaran et Rettenberger (1987).

$$P_{CH_4} = \sum FE_0 * \left( \sum A_i * p_i * k_i * \exp(-k_i * (t-x)) \right)$$

Avec les paramètres suivants :

- P<sub>CH<sub>4</sub></sub> : la production de méthane en Nm<sup>3</sup>/t de déchets
- A<sub>i</sub> : le facteur de normalisation assurant que la somme des valeurs discrètes sur chaque année équivaut au potentiel méthane pouvant être produit par un déchet pour une dégradation complète avec :

$$A_i = ((1 - \exp(-k_i)) / k_i)$$

- p<sub>i</sub> : fraction de déchets ayant une constante de dégradation k<sub>i</sub>
- k<sub>i</sub> : constante de dégradation (an<sup>-1</sup>) associée à la fraction p<sub>i</sub>
- x : année d'enfouissement des déchets
- FE<sub>0</sub> : le potentiel de méthane pouvant être produit par une tonne de déchet correspond à une dégradation totale (maximum de production) en m<sup>3</sup>/tonnes de déchets

$$FE_0 = 0,934 * C_0 * (0,014 * T + 0,28)$$

- C<sub>0</sub> : teneur en carbone organique biodégradable
- T : température en °C

#### 2.1.2 Paramétrage

Les résultats de cette simulation sont représentés sous forme de courbes indiquant le débit de biogaz rapporté à 50% de méthane (CH<sub>4</sub>), aux conditions normales de T° et de Pression.

Il faut noter que ce modèle n'intègre pas certains paramètres pouvant impacter la production réelle de biogaz et créer des écarts avec la production théorique.

En effet, une saturation du massif de déchets (présence de nappes perchées de lixiviats) entrainera une baisse de la production réelle de biogaz (blocage de la dégradation de la matière organique), il en est de même si le taux d'humidité trop faible qui peut, également, entrainer une dérive par rapport au modèle par annihilation de la fermentation, donc de la production de biogaz.

Dans ces cas, pour limiter l'influence du paramètre humidité, il conviendra de gérer le taux d'humidité du massif et de maintenir la charge hydraulique la plus faible possible.

De même, toutes les conditions de stockage des déchets peuvent influencer sur la production de biogaz, il conviendra donc d'ajuster le modèle notamment en le corrélant avec les données de terrain réelles.

Dans notre calcul, nous prendrons une température interne du massif de déchets égale à 35°C, valeur moyenne couramment admise dans la littérature

#### 2.1.2.1 Taux de récupération du biogaz

Dans le cadre de l'établissement du registre EPER relatif aux émissions de gaz polluants, l'ADEME a proposé des taux de captage de biogaz selon le type de couvertures mis en place. En effet, la couverture peut présenter une plus ou moins grande porosité au biogaz selon sa constitution et ceci malgré la mise en place obligatoire de dispositif de captage et de collecte à l'avancement.

Type de couverture	Taux de captage
Zone en exploitation (pas de couverture et surface réduite de <5000 m <sup>2</sup> )	35%
Zone avec une couverture semi-perméable : (constituée de matériaux naturels de faible imperméabilité : 1.10 <sup>-6</sup> m/s)	65%
Zone avec une couverture imperméable naturelle (comprenant des matériaux argileux d'épaisseur d'au moins 50 cm avec un coefficient de perméabilité inférieur à 1.10 <sup>-9</sup> m/s)	85%
Zone avec une géomembrane	90%
Production théorique captable de biogaz = Production théorique / taux de captage	

#### Taux de récupération du biogaz selon la couverture. ADEME

En couplant ces données avec celles issues du phasage d'exploitation présenté dans le dossier technique du DDAE, on obtient les taux de récupération ci-après.

Années	Phases	Surfaces en m2				taux de récupération
		Surface en exploitation	Surface en couverture semi perméable	Surface en couverture finale	Surface totale de l'exploitation	Moyenne annuelle
1	Phase1	5000	25 000	0	30 000	60%
2	Phase 1	5000	35 000	0	40 000	61%
3	Phases 1 et 2	5000	41 117	4 400	50 517	64%
4	Phases 2 et 3	5000	52 250	7 200	64 450	65%
5	Phase 3	5000	79 300	7 200	91 500	65%
6	Phase 3	5000	79 300	7 200	91 500	65%
7	Phase 3	5000	79 300	7 200	91 500	65%
8	Phase 4	5000	90 000	7 200	102 200	65%
9	Phase 4	5000	100 500	7 200	112 700	65%
10	Phase 4	5000	111 000	7 200	123 200	65%
11	Phases 4 et 5	5000	116 927	8 533	130 460	65%
12	Phase 5	5000	125 360	10 800	141 160	65%
13	Phases 5 et 6	5000	128 425	12 700	146 125	66%
14	Phase 6	5000	125 050	17 200	147 250	66%
15	Phase 6	5000	122 350	21 000	148 350	67%
16	Phases 6 et 7	5000	125 067	21 700	151 767	67%
17	Phase 7	5000	130 260	21 700	156 960	67%
18	Phase 7	5000	134 820	21 700	161 520	67%
19	Phase 7	5000	139 380	21 700	166 080	67%
20	Phase 7	5000	143 940	21 700	170 640	67%
21	Phases 7 et 8	5000	147 372	22 233	174 605	67%
22	Phase 8	5000	130 000	40 200	175 200	69%
23	Phase 8 et 9	5000	121 358	49 046	175 404	70%
24	Phase 9	5000	113 900	57 250	176 150	71%
25	Phase 9	5000	107 900	63 850	176 750	71%
26	Phases 9 et 10	5000	99 650	72 500	177 150	72%
27	Phase 10	5000	85 400	87 100	177 500	74%
28	Phase 11	5000	64 000	108 500	177 500	76%
29	Phase 11	5000	42 500	130 000	177 500	79%
30	Phase 11	5000	21 300	151 200	177 500	81%
	post exploitation	0	0	177 500	177 500	85%

### 2.1.2.2 Teneur en carbone organique

Le modèle mathématique utilisé nécessite également l'estimation de la teneur en carbone organique des déchets fermentescibles. La bibliographie et les derniers développements à ce sujet nous donnent comme valeur :

- 180 kg/tonne pour les déchets fermentescibles (OM, OMR)

Les autres fractions de déchets étant constituées de matière considérée comme non fermentescible

Notons que de nombreuses simulations utilisent les même équations et formules de calcul, les différences entre les résultats de ces modèles résident principalement dans les valeurs retenues pour chaque paramètre (potentiel méthane des différentes fractions et constantes cinétiques associées).

Les valeurs que nous avons attribuées à ces paramètres sont fonction de notre retour d'expérience sur les nombreuses simulations de production de biogaz et les mesures sur sites que nous avons réalisé tant en France qu'à l'étranger.

## 2.2 Production théorique de biogaz

### 2.2.1 Données d'entrée : Tonnage

Tonnage entrant hypothèse 1 – fourchette basse :

Année	OMR (t)	Refus de process OMR (t)	Refus ultimes (t)	filière minérale (t)	Proportion de fermentescibles (%)	Total tonnage entrant
1 à 30	60 000	65 000	67 000	8 000	30 %	200 000

Tonnage entrant hypothèse 2 – fourchette haute

Année	OMR (t)	Refus de process OMR (t)	Refus ultimes (t)	filière minérale (t)	Proportion de fermentescibles (%)	Total tonnage entrant
1 à 30	100 000	47 000	45 000	8 000	50 %	200 000

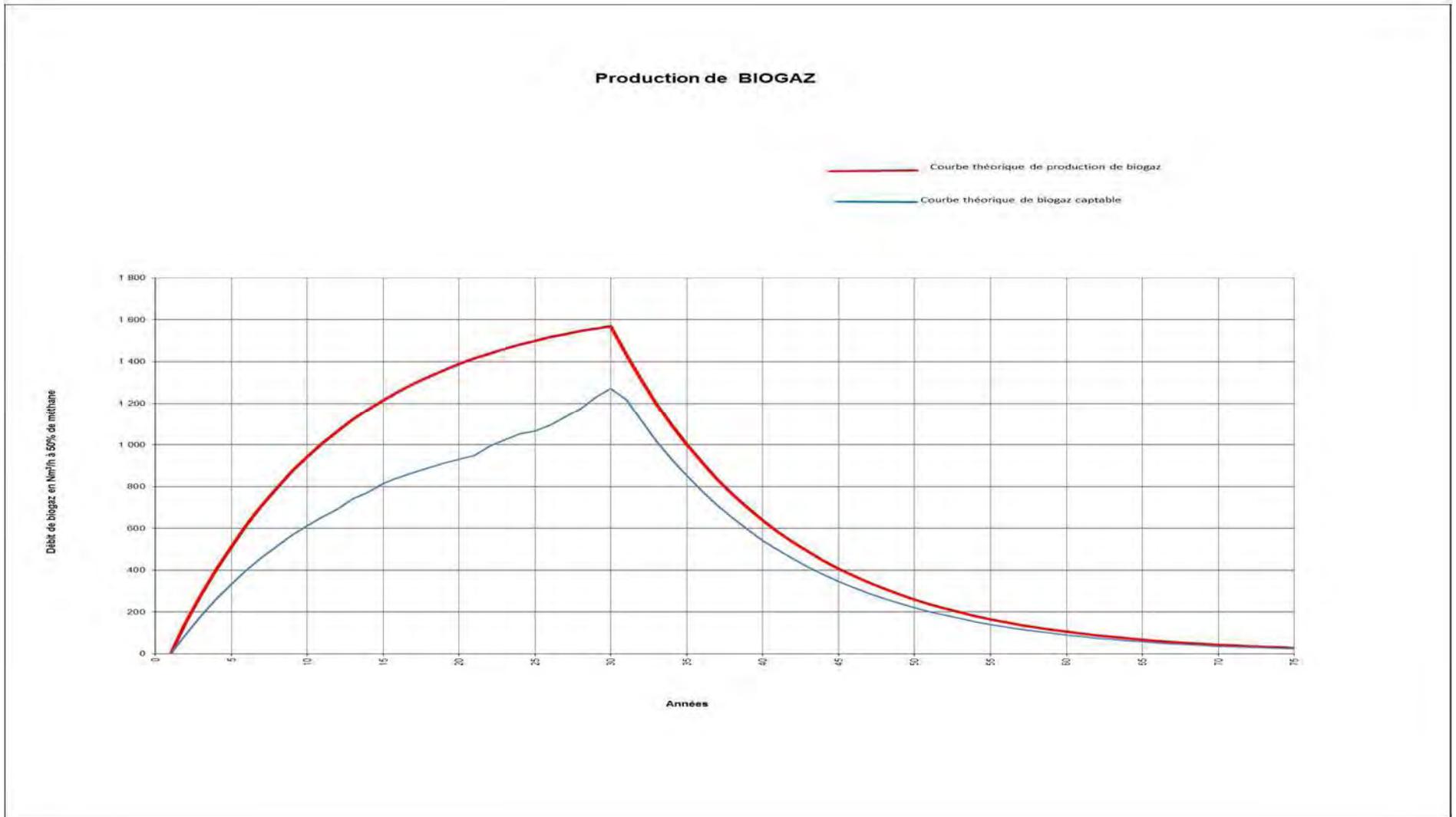
### 2.2.2 Résultats et commentaires

Les résultats sont présentés sous la forme de courbes (ci-après) :

- une courbe rouge présentant la production théorique maximale de biogaz de l'ensemble du site,
- une courbe bleue présentant le débit théorique maximal de biogaz captable en fonction des taux de récupération calculé sur l'ensemble du site.

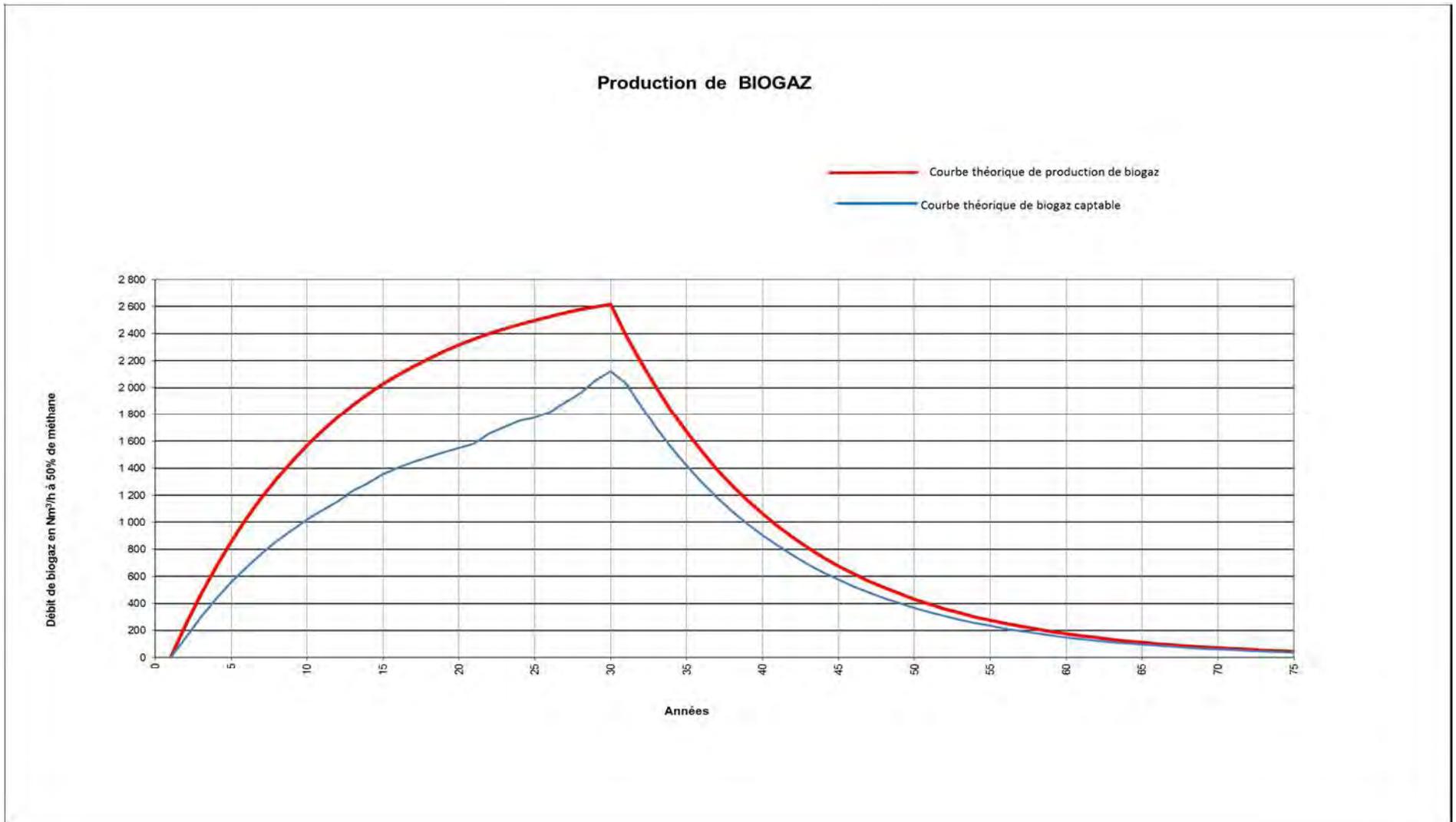
Hypothèse 1

Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Total théorique en Nm3/h	0	146	279	401	513	615	708	793	870	941	1006	1066	1120	1169	1215	1256	1294	1328	1360	1389	1415	1439	1461	1481	1500
Total fonct taux de récup	0	89	179	261	333	400	460	515	566	612	654	693	739	772	814	842	867	890	911	930	948	993	1023	1052	1065
Années	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Total théorique en Nm3/h	1516	1532	1546	1559	1570	1435	1311	1198	1095	1001	915	836	764	698	638	583	533	487	445	406	371	339	310	283	259
Total fonct taux de récup	1092	1134	1175	1231	1272	1220	1115	1019	931	851	777	710	649	593	542	495	453	414	378	345	316	289	264	241	220
Années	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
Total théorique en Nm3/h	237	216	198	181	165	151	138	126	115	105	96	88	80	73	67	61	56	51	47	43	39	36	33	30	27
Total fonct taux de récup	201	184	168	154	140	128	117	107	98	89	82	75	68	62	57	52	48	43	40	36	33	30	28	25	23
Années	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Total théorique en Nm3/h	25	23	21	19	17	16	14	13	12	11	10	9	8	8	7	6	6	5	5	4	4	0	0	0	0
Total fonct taux de récup	21	19	18	16	15	13	12	11	10	9	9	8	7	7	6	5	5	5	4	4	3	0	0	0	0



Hypothèse 2

Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Total théorique en Nm3/h	0	243	466	669	855	1024	1180	1321	1451	1569	1677	1776	1866	1949	2024	2093	2156	2214	2267	2315	2359	2399	2435	2469	2500
Total fonct taux de récup	0	148	298	435	556	666	767	859	943	1020	1090	1155	1232	1286	1356	1403	1445	1483	1519	1551	1580	1655	1705	1753	1775
Années	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Total théorique en Nm3/h	2527	2553	2576	2598	2617	2392	2186	1997	1825	1668	1524	1393	1273	1163	1063	971	888	811	741	677	619	566	517	472	432
Total fonct taux de récup	1820	1889	1958	2052	2120	2033	1858	1698	1551	1418	1296	1184	1082	989	904	826	755	690	630	576	526	481	439	402	367
Années	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
Total théorique en Nm3/h	395	361	329	301	275	251	230	210	192	175	160	146	134	122	112	102	93	85	78	71	65	59	54	50	45
Total fonct taux de récup	335	306	280	256	234	214	195	178	163	149	136	124	114	104	95	87	79	72	66	61	55	51	46	42	39
Années	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Total théorique en Nm3/h	41	38	35	32	29	26	24	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	9	8	7	7	0	0	0	0
Total fonct taux de récup	35	32	29	27	25	22	21	19	17	16	14	13	12	11	10	9	8	8	7	6	6	0	0	0	0



La lecture des courbes nous montre que le maximum de production (théorique et captable) de biogaz sera atteint la 30<sup>ème</sup> année avec un pic théorique de production à 1570 Nm<sup>3</sup>/h de biogaz à 50 % de CH<sub>4</sub> et un débit de biogaz captable d'environ 1272 Nm<sup>3</sup>/h de biogaz à 50 % de CH<sub>4</sub> pour l'hypothèse 1 et 2617 Nm<sup>3</sup>/h de biogaz à 50 % de CH<sub>4</sub> en pic de production pour 2120 Nm<sup>3</sup>/h de biogaz à 50 % de CH<sub>4</sub> captable suivant l'hypothèse 2.

Il faut noter toutefois que ces valeurs sont données pour un biogaz ayant une concentration en CH<sub>4</sub> de 50 % (valeur de référence utilisée) et qu'il convient, pour obtenir le débit réel de biogaz de rapporter ces valeurs à leurs concentrations réelles en CH<sub>4</sub>.

Ainsi pour un biogaz ayant une concentration de 35 % (qualité standard pour un biogaz non valorisé) le débit "captable" maximum en 30<sup>ème</sup> année sera d'environ 1800 Nm<sup>3</sup>/h en hypothèse 1 et 3000 Nm<sup>3</sup>/h en hypothèse 2..

Ces valeurs, supérieures aux valeurs théoriques à 50 % de CH<sub>4</sub> sont la conséquence de la dilution du biogaz "natif" (production biologique) par de l'air atmosphérique provenant principalement des techniques et matériaux utilisés pour la réalisation du réseau de captage et sa mise en dépression. Ce phénomène pouvant être accentué par le type d'exploitation (qualité de la couverture, compactage, ...).

Néanmoins une optimisation des futurs réseaux de captage (dimensionnement, organisation, qualité des matériaux ...) associée à une couverture efficace conduira à limiter fortement la dilution et permettra d'optimiser le captage réel pour le faire tendre vers les valeurs de la courbe théorique de biogaz "captable".

## 3 Réseau de captage des biogaz

### 3.1 Principes de réalisation

L'organisation du réseau de dégazage devra, à minima, répondre aux principes suivant :

- rayon d'action des puits et forages 25 m,
- mise en place d'équipements complémentaires de dégazage suivant besoin (tranchées drainantes, puits « borgnes » ...),
- limitation du linéaire de tuyauterie (moins de pertes de charge, plus de disponibilité de dépression pour une optimisation des réglages),
- dimensionnement des canalisations en fonction des débits maximaux attendus,
- un puits, une antenne de collecte, une connexion au collecteur principal, une prise d'échantillonnage, une vanne de réglage,
- orientation (optimisation des pentes) des canalisations vers les puits ou les points de rejets dédiés (purges) pour limiter la présence de flashes de condensats perturbateurs d'un bon dégazage,
- étanchéification des têtes de puits (notamment au niveau de la jonction avec la couverture),
- mise en place des équipements connexes suivant les règles de l'art (points fixes, manchons de dilatation, épingles de maintien,...),
- utilisation de matériaux compatibles avec le milieu ambiant (PeHD, tubes souples renforcés ...),
- mise en place de matériel permettant la compensation des tassements différentiels et d'optimisation des pentes notamment dans la zone du dôme.

Il faut noter que le réseau de biogaz, une fois réalisé, devra être maintenu régulièrement (changement des pièces d'usure, amélioration des pentes, vérification de son intégrité et de son étanchéité vis-à-vis de l'atmosphère ...) et que des campagnes de mesures et réglage devront être périodiquement réalisées.

### 3.2 Réalisation des réseaux

#### 3.2.1 Généralités

Les résultats de l'étude de production nous donnent un probable débit maximum de l'ordre de 2600 Nm<sup>3</sup>/h en hypothèse 2.

Avec ce débit et en fonction de la surface totale de l'ISDND nous pouvons penser que le réseau de captage comprendra :

- 95 puits de dégazage de biogaz :

En raison de l'évolution des débits de production de biogaz l'intégralité du réseau de captage du biogaz sera raccordée à un ensemble de torchères (unité de destruction).

Celui-ci pourra au fur et à mesure de l'évolution du captage être modifié pour adapter son débit de fonctionnement optimal au débit réellement capté.

- le réseau, organisé en « arête de poisson » sera constitué in fine d'un collecteur principal PeHD (diamètre 315 mm) et de collecteurs secondaires PeHD (diamètre 200 ou 160 mm), les antennes de collecte individuelles, elles aussi en PeHD et raccordées aux puits via des systèmes de vannage seront en diamètre 90 mm.

### 3.2.2 Systèmes de dégazage

#### 3.2.2.1 Puits de captage

Pour permettre un dégazage efficace du site, deux types de puits seront mis en place.

- Des puits mixtes biogaz / lixiviats réalisés au fur et à mesure de l'avancée de l'exploitation par empilage de buses béton percées ou de tubes PeHD fendés d'un diamètre suffisant pour permettre la mise en place de système de pompage des lixiviats et mis en place dans les règles de l'art pour assurer la stabilité des puits sur toute la hauteur du massif.

Ces puits seront connectés au réseau de dégazage des biogaz.

- Des puits forés dans le massif de déchets.

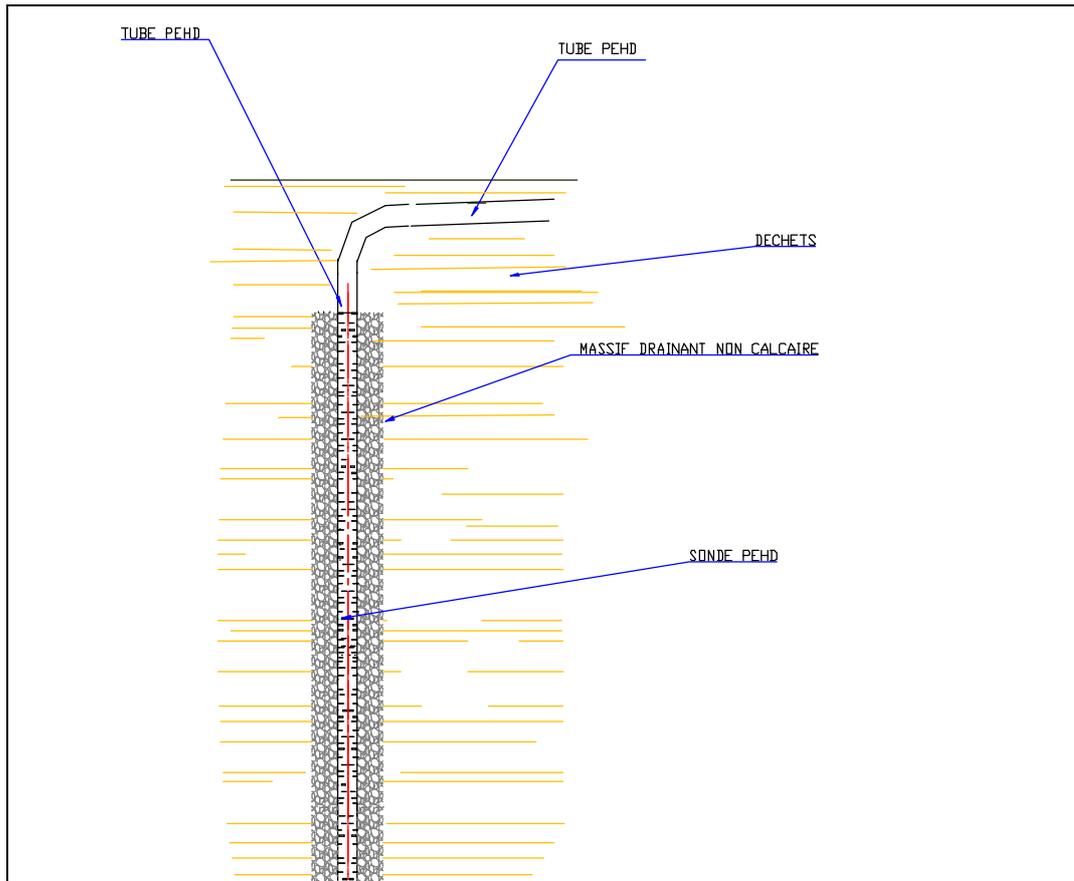
Ces puits seront forés au fur et à mesure de l'évolution de l'exploitation. La contrainte de grande hauteur de déchets obligera à réaliser des puits de type « borgnes ».

Le principe des puits « borgnes » consiste à réaliser un forage « classique » dont sa conception particulière permet à la tête de puits et à l'antenne de collecte individuelle d'être enfouies dans le massif de déchets.

Ainsi l'exploitation des déchets peut continuer sans contraintes vis-à-vis des biogaz.

Ces puits permettent aussi de diminuer les hauteurs de forages, de réaliser un dégazage à l'avancement efficace et ainsi de limiter les nuisances olfactives.

En règle générale, les campagnes de mise en place de puits borgnes sont réalisées par « couches » superposées successives d'environ 20 à 25 m de hauteur.



Principe d'un puits « Borgne »

In fine, une fois les casiers à cote finale, le réseau de puits « borgnes » sera complété par un réseau de puits « classique » forés, depuis le TN. Ce dernier réseau constituera le réseau définitif pour le suivi trentenaire. Ce réseau final est reporté sur le plan projet joint..

### 3.2.2.2 Tranchées drainantes

Le captage du biogaz par un réseau de puits tel que décrit ci-dessus devra également être complété par d'autres dispositifs.

En effet, le maillage de puits, même efficace et réalisé au fur et à mesure de l'avancée de l'exploitation ne permettra pas de collecter le maximum de biogaz et un risque de nuisances olfactives est possible.

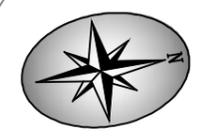
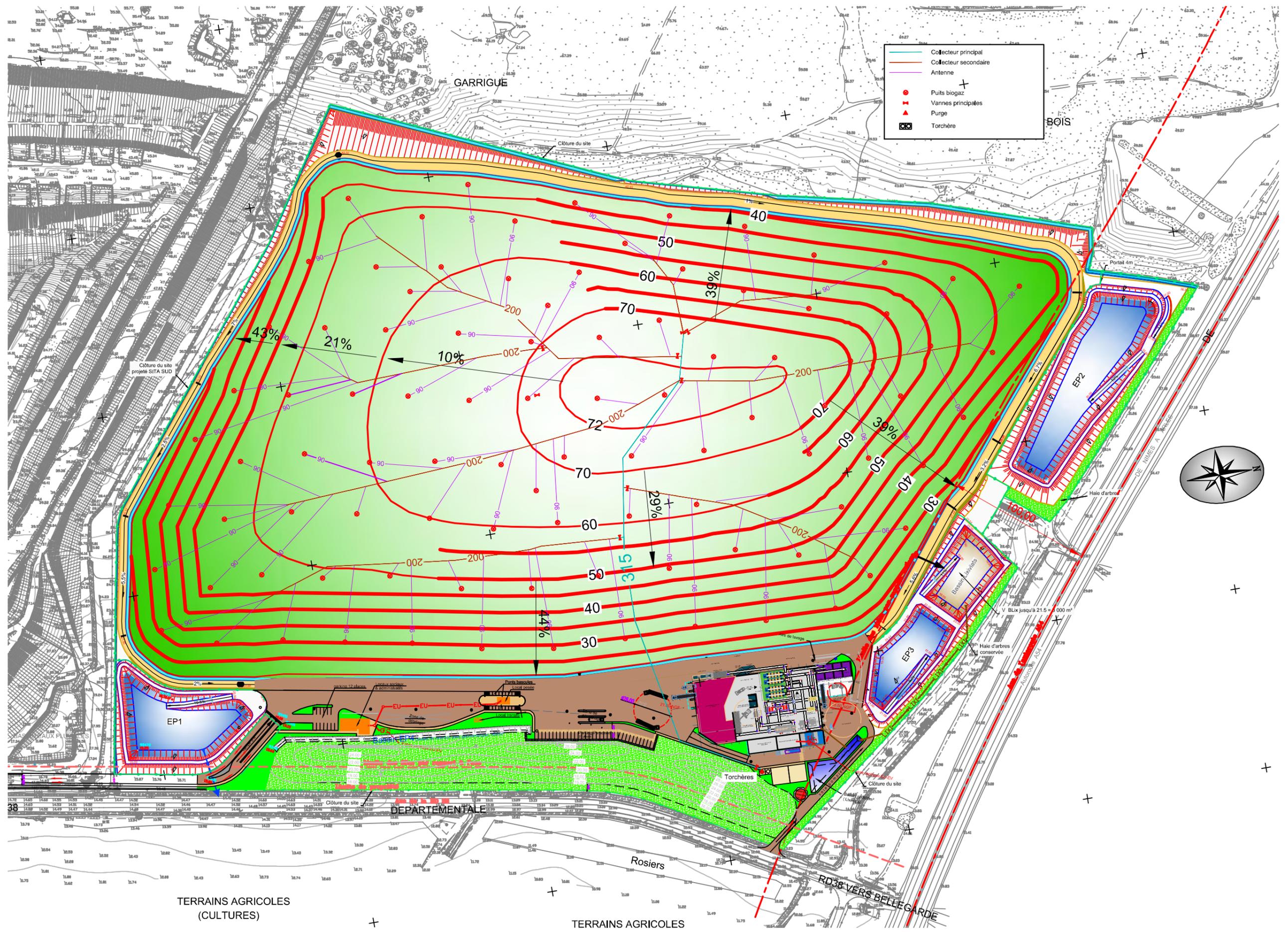
En conséquence un réseau de tranchées drainantes sera mis en place, ces tranchées réalisées suivant les règles de l'art (60 m de long maximum, tube fenté PeHD, massif drainant ...) au cœur du massif de déchets, seront reliées à l'unité de destruction via un réseau de collecteurs.

Généralement, il est admis qu'une tranchée drainante est efficace pour une couche d'environ 10 m de déchets, il conviendra donc de mettre en place au cours de l'exploitation un maillage de tranchées de drainage tous les 10 m de haut, sur la totalité des zones exploitées.

De même, en bordure de la zone de stockage, des tranchées de drainage permettront de collecter les biogaz produit en périphérie de façon plus efficace que des puits.

# Table des annexes

# Annexe 1 Plan projet du réseau biogaz



TERRAINS AGRICOLES  
(CULTURES)

TERRAINS AGRICOLES





## Annexe 4-8 : Exemple de bordereau de suivi des déchets (SITA SUD)





