



Tunisie Ministère de l'Environnement



Agence Nationale de Gestion des Déchets -
ANGEd



KfW Bankengruppe

GESTION INTEGREE DES DECHETS MUNICIPAUX DANS LA VALLEE DE LA MEDJERDA

ETUDE DE FAISABILITE
Marché n° : 20 736

RAPPORT PHASE 3
DECEMBRE 2012
**Version finale / Original
Rapport**



IGIP
Consulting Engineers

Germany – www.igip.com

TABLE DES MATIERES

0	RESUME	XVII
1	INTRODUCTION	1
2	PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE	2
3	OBJECTIFS ET JUSTIFICATION DU PROJET	3
3.1	Analyse et identification des principaux problèmes	3
3.2	Justification du projet	5
3.3	Objectifs du projet	7
3.4	Groupes cibles	9
4	DONNEES DE BASE ET CRITERES DE CONCEPTION DU PROJET	10
4.1	Population dans la zone du projet	10
4.2	Composition et quantités de déchets actuelles et projetées	12
4.3	Potentiel de réduction des déchets à la source et de recyclage	13
4.3.1	Valorisation énergétique	13
4.3.2	Valorisation biologique et matérielle	14
4.3.3	Potentiel de réduction	15
4.4	Vérification et examen des hypothèses, des critères de conception et des horizons	16
5	CONCEPT GENERAL DE REALISATION DU PROJET	16
5.1	Concept général pour les déchets ménagers	16
5.1.1	Collecte et transport	16
5.1.2	Prétraitement et élimination des déchets – Deux scénarios retenus	19
5.2	Résumé du concept recommandé pour les autres flux de déchets	19
5.2.1	Boues de STEP de l’ONAS	19
5.2.2	DASRI	19
5.2.3	Déchets d’abattoirs	19
5.2.4	Déchets industriels banals (DIB)	19
5.2.5	Déchets inertes	20
6	CONCEPT DU SYSTEME DE TRANSPORT ET DES SYSTEMES DE TRANSFERT	20

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

6.1	conception du système de transport	20
6.1.1	Les engins de transport	21
6.1.2	Calcul de dimensionnement des centres de transfert	22
6.2	Conception des centres de transfert	31
6.2.1	Composantes d'un centre de transfert	31
6.2.2	Conception particulière	31
6.2.2.1	Les voies d'accès et de circulation interne	31
6.2.2.2	Les aires de manœuvres et de déchargement	31
6.2.2.3	Les réseaux divers	32
6.2.2.4	Les bâtiments	32
6.2.2.5	Pont bascule	33
6.2.3	Mode d'exécution des ouvrages	33
6.2.3.1	Déblais et remblais	33
6.2.3.2	Les voies d'accès et de circulation interne	33
6.2.3.3	Les aires de chargement et les zones de stockage des caissons	33
6.2.3.4	Réseaux divers	33
6.2.3.5	Bâtiments	34
6.3	Conception des points de transbordement	35
6.4	APS des centres de transfert	37
6.5	Coûts des investissements de genie civil	38
6.6	Exécution et risque opérationnels	40
7	CONCEPT DU PRE-TRAITEMENT MECANO-BIOLOGIQUE	42
7.1	Introduction	42
7.2	Principe et systèmes de PMB	43
7.2.1	Principe du PMB	43
7.2.2	Objectifs du PMB	44
7.2.3	Différents systèmes de PMB	45
7.3	Systèmes de PMB pour la vallee de la Medjerda	47
7.3.1	Spécificités des déchets de la vallée de la Medjerda	47
7.3.2	Technologie de PMB recommandée pour la vallée de la Medjerda	47
7.3.3	Avantages du PMB pour la vallée de la Medjerda	48
7.4	Valorisation des déchets	49
7.4.1	Valorisation matière	49
7.4.1.1	Matières recyclables	49
7.4.1.2	Amendement des sols	52
7.4.2	Valorisation énergétique	54
7.4.2.1	Combustible secondaire	54
7.4.3	Optimisation du système de PMB	57

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

7.5	Conception technique du système de PMB recommandé	60
7.5.1	Données de base pour la conception	60
7.5.2	Concept du PMB	62
7.5.3	Infrastructures de l'installation de PMB	64
7.5.3.1	Route d'accès et voiries internes	65
7.5.3.2	Bunker de déchargement	65
7.5.3.3	Plate-forme pour le traitement mécanique	65
7.5.3.4	Hall pour le traitement mécanique des déchets	65
7.5.3.5	Cabine de tri	65
7.5.3.6	Plate-forme pour le traitement biologique	66
7.5.3.7	Traitement biologique	66
7.5.3.8	Stockage des lixiviats	69
7.5.3.9	Rétention des eaux de surfaces	69
7.5.4	Exploitation de l'installation de PMB	70
7.5.4.1	Horaires d'ouverture	70
7.5.4.2	Livraison des déchets	70
7.5.4.3	Admission des déchets	70
7.5.4.4	Transport des déchets vers la zone de traitement	70
7.5.4.5	Traitement des déchets en PMB	70
7.5.4.6	Personnel d'exploitation requis	70
7.5.4.7	Equipements mobiles requis	71
7.5.4.8	Equipements fixes requis	73
7.5.4.9	Maintenance des installations pendant l'exploitation	77
7.5.4.10	Documents d'exploitation	78
8	CONCEPTION TECHNIQUE DES DECHARGES CONTROLEES	80
8.1	Contexte réglementaire	80
8.2	Données de base pour la conception	82
8.2.1	Quantité de déchets	82
8.2.2	Densité des déchets	83
8.2.3	Volumes des zones de stockage des déchets	83
8.2.3.1	Concept 1	83
8.2.3.2	Concept 2	84
8.3	Concept 1 : Les décharges contrôlées sans PMB	84
8.3.1	Infrastructures de la décharge	84
8.3.1.1	Route d'accès et voiries internes	85
8.3.1.2	Bâtiments	85
8.3.1.3	Station de lavage des véhicules et station service	86
8.3.1.4	Réseaux divers	86
8.3.1.5	Bassin de rétention des eaux de surface	87
8.3.1.6	Zones de stockage	87
8.3.1.7	Quais de transfert	89
8.3.1.8	Pont-bascule	89
8.3.1.9	Clôture et portail coulissant	89

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

8.3.1.10	Etanchéités de la décharge contrôlée	89
8.3.1.11	Système de drainage des lixiviats	95
8.3.1.12	Quantité de lixiviats	96
8.3.1.13	Bassins des lixiviats	98
8.3.1.14	Système de traitement des lixiviats adapté à la Tunisie	100
8.3.1.15	Captage et traitement des biogaz	106
8.3.2	Concept d'exploitation de la décharge sans PMB	110
8.3.2.1	Principe de l'exploitation	110
8.3.2.2	Personnel d'exploitation requis	112
8.3.2.3	Equipements mobiles requis	113
8.3.2.4	Equipements fixes requis	114
8.3.2.5	Maintenance des installations pendant l'exploitation	116
8.3.2.6	Documents d'exploitation	117
8.3.3	Fermeture de la décharge sans PMB	119
8.3.3.1	Concept de fermeture de la décharge	119
8.3.3.2	Plan de surveillance / maintenance après désaffectation	120
8.4	Concept 2 : Les décharges contrôlées avec PMB	121
8.4.1	Infrastructures de la décharge	121
8.4.1.1	Etanchéités de la décharge contrôlée	122
8.4.1.2	Système de drainage des lixiviats	123
8.4.1.3	Quantité de lixiviats	123
8.4.1.4	Bassins des lixiviats	124
8.4.1.5	Systèmes de traitement des lixiviats adapté à la Tunisie	125
8.4.2	Concept d'exploitation de la décharge avec PMB	126
8.4.2.1	Principe de l'exploitation	126
8.4.2.2	Personnel d'exploitation requis	128
8.4.2.3	Equipements mobiles requis	129
8.4.2.4	Equipements fixes requis	129
8.4.2.5	Maintenance des installations pendant l'exploitation	129
8.4.2.6	Documents d'exploitation	129
8.4.3	Fermeture de la décharge avec PMB	130
8.4.3.1	Concept de fermeture de la décharge	130
8.4.3.2	Plan de surveillance / maintenance après désaffectation	130
9	PRETRAITEMENT ET ELIMINATION AU SITE D'ERROMANI	131
9.1	Présentation du site	131
9.1.1	Localisation et caractéristiques du site	131
9.1.2	Météorologie	132
9.2	Option mise en décharge sans PMB	134
9.2.1	Conception générale	134
9.2.2	Description des installations	135
9.2.2.1	Route d'accès, zone d'entrée et voiries internes	135
9.2.2.2	Infrastructures	136

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

9.2.2.3	Gestion des eaux de surface	136
9.2.2.4	La décharge contrôlée	137
9.2.2.5	Gestion des lixiviats	138
9.2.2.6	Captage et traitement des biogaz	138
9.2.3	Plan d'exécution (APS)	139
9.2.4	Résumé des investissements et des coûts d'exploitation	139
9.2.4.1	Coûts actualisés	139
9.2.4.2	Frais post-opératoires	140
9.2.5	Assistance technique nécessaire	140
9.2.6	Exécution et risque opérationnels	141
9.3	Option mise en decharge avec PMB	141
9.3.1	Conception générale	141
9.3.2	Description des installations	142
9.3.2.1	Route d'accès, zone d'entrée et voiries internes	142
9.3.2.2	Infrastructures	143
9.3.2.3	Gestion des eaux de surface	144
9.3.2.4	Le Prétraitement Mécano Biologique	144
9.3.2.5	La décharge contrôlée	144
9.3.2.6	Gestion des lixiviats	145
9.3.3	Plan d'exécution (APS)	146
9.3.4	Résumé des investissements et des coûts d'exploitation	146
9.3.4.1	Coûts actualisés	146
9.3.4.2	Frais post-opératoires	147
9.3.5	Assistance technique nécessaire	148
9.3.6	Exécution et risque opérationnels	148
10	PRETRAITEMENT ET ELIMINATION AU SITE DES SALINES	150
10.1	Présentation du site	150
10.1.1	Caractéristiques et localisation du site	150
10.1.2	Météorologie	151
10.2	Option mise en décharge sans PMB	153
10.2.1	Conception générale de la décharge	153
10.2.2	Description des installations	154
10.2.2.1	Route d'accès, zone d'entrée et voiries internes	154
10.2.2.2	Infrastructures	154
10.2.2.3	Gestion des eaux de surface	155
10.2.2.4	La décharge contrôlée	155
10.2.2.5	Gestion des lixiviats	156
10.2.2.6	Captage et traitement des biogaz	157
10.2.3	Plan d'exécution (APS)	157
10.2.4	Résumé des investissements et des coûts d'exploitation	157

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

10.2.4.1	Coûts actualisés	158
10.2.4.2	Frais post-opérateurs	158
10.2.5	Assistance technique nécessaire	158
10.2.6	Exécution et risque opérationnels	159
10.3	Option mise en décharge avec PMB	160
10.3.1	Conception générale de la décharge	160
10.3.2	Description des installations	161
10.3.2.1	Route d'accès, zone d'entrée et voiries internes	161
10.3.2.2	Infrastructures	161
10.3.2.3	Gestion des eaux de surface	162
10.3.2.4	Le Prétraitement Mécano Biologique	162
10.3.2.5	La décharge contrôlée	162
10.3.2.6	Gestion des lixiviats	163
10.3.3	Plan d'exécution (APS)	164
10.3.4	Résumé des investissements et des coûts d'exploitation	164
10.3.4.1	Coûts actualisés	164
10.3.4.2	Frais post-opérateurs	165
10.3.5	Assistance technique nécessaire	166
10.3.6	Exécution et risque opérationnels	166
11	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS SUR LE CHOIX DU SCENARIO D'ELIMINATION	167
12	EVALUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	170
13	CONCEPT OPERATIONNEL / INSTITUTIONNEL	171
13.1	Cadre institutionnel actuel	171
13.2	Amélioration de la situation existante	172
13.2.1	Objectifs	172
13.2.2	Changements immédiats requis	173
13.2.3	Personnel de l'ANGed requis et description des tâches	174
13.2.4	Interface entre l'ANGed et les communes	177
13.2.4.1	Réunions hebdomadaires d'évaluation	177
13.2.4.2	Réunions mensuelles	178
13.2.5	Instance de contrôle et de surveillance	178
13.2.6	Schéma organisationnel	179
13.2.7	Coûts d'investissement et d'exploitation	180
13.2.7.1	Coûts d'investissement	180
13.2.7.2	Coûts d'exploitation	181
13.3	Phase ultime	182

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

13.3.1	Changements requis	182
13.3.2	Amendements légaux requis	182
13.3.3	Personnel requis et description des tâches	183
13.3.4	Interface avec les communes	183
13.3.5	Instance de contrôle et de surveillance	183
13.3.6	Schéma organisationnel	183
13.3.7	Coûts d'investissement et d'exploitation	186
13.3.7.1	Coûts d'investissement	186
13.3.7.2	Coûts d'exploitation	186
13.4	Participation du secteur privé	187
13.4.1	Le contrat de service	187
13.4.2	La concession	187
13.4.3	Le contrat DBO	188
13.5	Plan de réalisation	188
13.6	Résumé des coûts d'investissement et d'exploitation	188
13.7	Assistance institutionnelle requise	188
13.8	Risques de réalisation et d'encadrement	190
14	COUTS, FINANCEMENT, SYSTEME TARIFAIRE	191
14.1	Hypothèses sur l'analyse des coûts	191
14.1.1	Prix de référence	191
14.1.2	Taux de change	191
14.1.3	Coûts d'investissement	191
14.1.4	Coûts d'exploitation	191
14.1.4.1	Coûts fixes	191
14.1.4.2	Charges fixes d'exploitation	192
14.1.4.3	Charges variables d'exploitation	192
14.1.5	Fonds de roulement	192
14.1.6	Impôts et taxes	193
14.1.7	Date d'entrée en exploitation des installations	193
14.1.8	Durées de vie technique des installations	193
14.1.9	Durée d'analyse du projet	193
14.1.10	Valeur résiduelle	193
14.1.11	Taux d'actualisation	194
14.1.12	Détermination du coût de revient dynamique	194
14.2	Analyse économique	194
14.2.1	Investissements totaux – Collecte et centres de transfert	194

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

14.2.2	Investissements totaux – Concept 1 (2 centres d'enfouissement technique)	194
14.2.3	Investissements totaux – Concept 2 (2 centres d'enfouissement technique et 2 centres de prétraitement mécano-biologique)	195
14.2.4	Analyse du cash-flow	195
14.2.5	Coûts spécifiques	195
14.2.5.1	Concept 1 : centre d'enfouissement technique de Salines	196
14.2.5.2	Concept 1 : centre d'enfouissement technique de Erroumani	197
14.2.5.3	Concept 2 : centre d'enfouissement technique de Salines	198
14.2.5.4	Concept 2 : centre d'enfouissement technique de Erroumani	200
14.2.5.5	Concept 2 : centre de prétraitement mécano-biologique de Salines	202
14.2.5.6	Concept 2 : centre de prétraitement mécano-biologique de Erroumani	204
14.2.5.7	Concept 2 : centre de prétraitement mécano-biologique de Salines	206
14.2.5.8	Concept 2 : centre de prétraitement mécano-biologique de Erroumani	207
14.2.6	Coût de revient dynamique	209
14.2.6.1	Concept 1 : 2 centres d'enfouissement technique	210
14.2.6.2	Concept 2 : 2 centres d'enfouissement technique et 2 centres de prétraitement mécano-biologique	210
14.2.6.3	Concept 2 : 2 centres d'enfouissement technique et 2 centres de prétraitement mécano-biologique	210
14.2.7	Analyse de sensibilité	211
14.2.7.1	Taux d'actualisation de 0%	211
14.2.7.2	Taux d'actualisation de 8%	211
14.2.7.3	Réduction de 50% du tonnage collecté/traité	212
14.2.7.4	Augmentation de 30% du coût d'investissement initial	212
14.2.7.5	Augmentation de 50% du coût d'investissement de renouvellement et d'extension	213
14.2.7.6	Augmentation de 30% des charges d'exploitation	213
14.2.7.7	Conclusion sur l'analyse de sensibilité	214
14.3	Analyse financière	214
14.3.1	Contrat de service	215
14.3.2	Contrat DBO	215
14.3.3	Contrat BOO(T)	216
14.3.4	Conclusion sur l'analyse financière	216
14.4	Système de tarification proposé	216
14.4.1	Tarification phase 1 (tarif actuel actualisé)	217
14.4.2	Tarification phase 2 (couverture frais variables)	218
14.4.3	Tarification phase 3 (couverture OPEX)	218
14.4.4	Tarification phase 4 (couverture OPEX et CAPEX)	219
14.4.5	Détermination de l'impact financier sur les parties concernées	219
14.4.5.1	L'Etat	219
14.4.5.2	Les communes	221
14.4.6	Conclusion sur l'analyse tarifaire	223

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

15	EVALUATION SOCIO-ECONOMIQUE	224
16	RESUME DES MESURES D'ACCOMPAGNEMENT	225
17	PRESENTATION D'UN CONCEPT DE REALISATION	226
18	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS FINALES DU CONSULTANT	229

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

FIGURES

Figure 2-1	Plan de situation générale de la zone du projet	3
Figure 3-1	Cadre logique	5
Figure 4-1	Carte de la population communale par municipalité en 2004	10
Figure 4-2	Valorisation énergétique des déchets de la zone du projet	13
Figure 4-3	Valorisation biologique et matérielle des déchets de la zone du projet	14
Figure 4-4	Potentiel de réduction des déchets de la zone du projet	15
Figure 4-5	Répartition des fractions de déchets pouvant être réduites de la zone du projet	15
Figure 5-1	Localisation des 37 centres de transfert	17
Figure 5-2	Localisation des Points de transbordement	18
Figure 6-1	Tonnages annuels leur distribution vers les deux sites d'élimination	21
Figure 6-2	Camion hooklift avec remorque et deux conteneurs de 30 m ³	21
Figure 6-3	Comparaison entre conteneurs de 15 m ³ et 30 m ³	22
Figure 6-4	Exemple de quai de transbordement	36
Figure 7-1	Schéma du processus de prétraitement mécano-biologique	44
Figure 7-2	Réduction des composés organiques volatils (COV) lors du PMB	49
Figure 7-3	Valorisation matière des déchets de la zone du projet	50
Figure 7-4	Taux de matières recyclables contenu dans les déchets de la zone du projet	50
Figure 7-5	Valorisation énergétique des déchets de la zone du projet	55
Figure 7-6	Option 1 : Criblage des déchets après le séchage biologique	58
Figure 7-7	Option 2 : Criblage grossier des déchets avant le traitement biologique	59
Figure 7-8	Concept recommandé du PMB pour la vallée de la Medjerda	64
Figure 7-9	Photos de cabines de tri manuel (Aktid)	66
Figure 7-10	Coupe transversale d'une pile à aération active	67
Figure 7-11	Pile de décomposition avec membrane (source : Gore® Cover)	68
Figure 7-12	Enrouleur de membrane (source : Gore® Cover)	72
Figure 7-13	Retourneur d'andains	73
Figure 7-14	Crible (source : Komptech)	73
Figure 7-15	Prébroyeur (source : Vecoplan)	74
Figure 7-16	Crible à couteaux / trommel (source : PMB Kahlenberg, Allemagne)	75
Figure 7-17	Séparateur magnétique (source : Steinert)	76
Figure 7-18	Bande transporteuse (source : Austropressen)	76
Figure 7-19	Ventilateur (source : Elektror airsystems gmbH)	77
Figure 8-1	Schéma de remplissage de la décharge	90
Figure 8-2	Coupe d'un tuyau perforé de drainage pour la décharge	96
Figure 8-3	Schéma de process de la 1ère étape du traitement des lixiviats	103

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Figure 8-4	Schéma d'une installation de dégazage	107
Figure 8-5	Enfouissement des déchets	112
Figure 9-1	Localisation et limites de la zone de projet du site de la décharge d'Erroumani (Nord) – Source image : Google Earth	131
Figure 9-2	Précipitations et évaporation moyennes - Béja	133
Figure 9-3	Précipitations maximales et évaporation moyenne - Béja	134
Figure 10-1	Localisation et limites de la parcelle du site de la décharge des Salines (Sud) – Source image : Google Earth	150
Figure 10-2	Précipitations et évaporation moyennes – Le Kef	152
Figure 10-3	Précipitations maximales et évaporation moyennes - Le Kef	152
Figure 13-1	Schéma organisationnel – phase transitoire	180
Figure 13-2	Schéma organisationnel – phase ultime	185

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

TABLEAUX

Tableau 3-1	Problèmes rencontrés dans la gestion des déchets ménagers	3
Tableau 4-1	Projection de la production de déchets ménagers	12
Tableau 6-1	Coûts et besoins en personnel	24
Tableau 6-2	Hypothèses de calcul pour les engins de transfert	25
Tableau 6-3	Hypothèses de calcul pour les conteneurs	27
Tableau 6-4	Hypothèses de calcul des coûts de réinvestissement et d'exploitation	28
Tableau 6-5	Résumé des coûts d'équipements et d'exploitation des CT	29
Tableau 6-6	Coûts moyens actualisé du système de transport (en DNT/tonne)	30
Tableau 6-7	Investissement pour un point de transbordement	37
Tableau 6-8	Situation des études et investigations des CT en juillet 2012	37
Tableau 6-9	Résumé des coûts de travaux de GC des CT	39
Tableau 6-10	Tableau de synthèse des résultats de l'enquête d'acceptabilité des populations pour les sites de CT et de décharge	40
Tableau 7-1	Différents systèmes de PMB à aération active	46
Tableau 7-2	Prix moyen de vente des matières valorisables en 2011	51
Tableau 7-3	Coûts moyens du transport des matières valorisables vers Tunis	52
Tableau 7-4	Revenus générés par la vente des matières valorisables	52
Tableau 7-5	Revenus générés par la vente de l'amendement des sols	54
Tableau 7-6	Qualité requise pour la vente du RDF aux cimentiers	56
Tableau 7-7	Revenus générés par la vente du RDF aux cimentiers	56
Tableau 7-8	Coûts du transport du combustible secondaire vers Tajerouine	57
Tableau 7-9	Quantité de déchets à traiter en PMB [tonnes/an]	61
Tableau 7-10	Dimensionnement de la plate-forme du PMB des deux sites	66
Tableau 7-11	Nombre de piles dans chaque phase du traitement biologique	68
Tableau 7-12	Personnel nécessaire pour l'installation de PMB	71
Tableau 7-13	Equipements mobiles pour le traitement mécanique	71
Tableau 7-14	Equipements mobiles pour le traitement biologique	72
Tableau 7-15	Equipements fixes pour le traitement mécanique	73
Tableau 7-16	Dimensionnement du prébroyeur	74
Tableau 7-17	Dimensionnement du crible	75
Tableau 7-18	Equipements fixes pour le traitement biologique	76
Tableau 8-1	Lois et Règlements tunisiens, européens et allemands	80
Tableau 8-2	Quantité de déchets à enfouir sur les décharges [tonnes]	82
Tableau 8-3	Volume des décharges sans PMB	83
Tableau 8-4	Volume des décharges avec PMB	84

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 8-5	Dimensions de la zone de stockage des conteneurs en 2014	88
Tableau 8-6	Dimensions de la zone de stockage des conteneurs en 2033	88
Tableau 8-7	Systèmes d'étanchéités de base envisageables pour la décharge	90
Tableau 8-8	Coût des systèmes d'étanchéité de base de décharge	91
Tableau 8-9	Systèmes d'étanchéité de surface (capping)	93
Tableau 8-10	Coût des systèmes d'étanchéité de surface	94
Tableau 8-11	Quantité de lixiviats - concept 1	98
Tableau 8-12	Volume des bassins de lixiviats - concept 1	99
Tableau 8-13	Systèmes d'étanchéités de base envisageables pour les bassins	99
Tableau 8-14	Coût des systèmes d'étanchéité de base des bassins	100
Tableau 8-15	Qualité des lixiviats issus des déchets non traités	101
Tableau 8-16	Coût du capping de la décharge avec / sans PMB	123
Tableau 8-17	Quantité de lixiviats - concept 2	124
Tableau 8-18	Volume des bassins de lixiviats - concept 2	125
Tableau 8-19	Qualité des lixiviats issus des déchets traités	125
Tableau 9-1	Pluviométrie moyenne et maximale à la station de Béja - 2000 à 2009	132
Tableau 9-2	Coûts actualisés de la décharge d'Erroumani sans PMB	139
Tableau 9-3	Assistance technique requise pour la décharge d'Erroumani	140
Tableau 9-4	Risques de réalisation et d'exploitation, et les mesures à réaliser	141
Tableau 9-5	Coûts actualisés de la décharge d'Erroumani avec PMB – 20 ans	146
Tableau 9-6	Coûts actualisés de la décharge d'Erroumani avec PMB – 29 ans	147
Tableau 9-7	Assistance technique requise pour la décharge d'Erroumani	148
Tableau 9-8	Risques de réalisation et d'exploitation, et les mesures à réaliser	148
Tableau 10-1	Pluviométrie moyenne et maximale à la station du Kef - 2000 à 2009	151
Tableau 10-2	Coûts actualisés de la décharge des Salines sans PMB	158
Tableau 10-3	Assistance technique requise pour la décharge des Salines	159
Tableau 10-4	Risques de réalisation et d'exploitation, et les mesures à réaliser	159
Tableau 10-5	Coûts actualisés de la décharge des Salines avec PMB – 20 ans	165
Tableau 10-6	Coûts actualisés de la décharge des Salines avec PMB – 29 ans	165
Tableau 10-7	Assistance technique requise pour la décharge des Salines	166
Tableau 10-8	Risques de réalisation et d'exploitation, et les mesures à réaliser	166
Tableau 11-1	Tableau récapitulatif des coûts d'élimination en décharge sans PMB	167
Tableau 11-2	Tableau récapitulatif des coûts d'élimination en décharge avec PMB – 20 ans	168
Tableau 11-3	Tableau récapitulatif des coûts d'élimination en décharge avec PMB – 29 ans	168
Tableau 13-1	Profils et attributions du personnel chargé du suivi et du contrôle	175
Tableau 13-2	Coûts d'investissement	181

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 13-3 Coûts d'exploitation	181
Tableau 13-4 Coûts d'investissement	186
Tableau 13-5 Coûts d'exploitation	186
Tableau 13-6 Résumé des coûts d'investissement et d'exploitation	188
Tableau 13-7 Risques de réalisation et mesures compensatoires	190
Tableau 15-1 Evaluation de la main d'œuvre requise pour l'exploitation des infrastructures du projet	224
Tableau 17-1 Planning de Réalisation du Concept du Projet	226
Tableau 18-1 Investissements initiaux pour la réalisation du projet	230

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

ANNEXES

- Annexe 4-1** Population par municipalité et par année, de 2014 à 2033
- Annexe 4-2** Production de déchets ménagers par municipalité
- Annexe 5-1** Ensemble des PV de réunions et des courriers officiels
- Annexe 6-1** Détails des calculs des CT
- Annexe 6-2** APS des CT
- Annexe 6-3** Coûts des travaux de GC des CT
- Annexe 7-1** Dimensionnement du PMB
- Annexe 8-1** Durée de vie des décharges
- Annexe 8-2** Dimensionnement des bassins de rétention d'après ATV A 117
- Annexe 8-3** Dimensionnement de l'aire de stockage des conteneurs
- Annexe 8-4** Coûts des variantes d'étanchéité des décharges
- Annexe 8-5** Quantités de lixiviats et dimensionnement des bassins de lixiviats
- Annexe 8-6** Norme Tunisienne NT. 106.002 (1989) relative aux rejets d'effluents dans le milieu hydrique
- Annexe 8-7** Calcul du volume de gaz produit par les décharges (concept 1)
- Annexe 9-1** Données météorologiques INM
- Annexe 9-2** Tableau récapitulatif des caractéristiques des sites / concepts
- Annexe 9-3** Plans d'exécution APS de la décharge sans PMB à Erroumani (C1)
- Annexe 9-4** Coûts actualisés de la décharge sans PMB à Erroumani (C1)
- Annexe 9-5** Plans d'exécution APS de la décharge avec PMB à Erroumani (C2)
- Annexe 9-6** Coûts actualisés de la décharge (avec PMB) à Erroumani (C2)
- Annexe 9-7** Coûts actualisés du PMB à Erroumani (C2)
- Annexe 10-1** Plans d'exécution APS de la décharge sans PMB Les Salines (C1)
- Annexe 10-2** Coûts actualisés de la décharge Les Salines sans PMB (C1)
- Annexe 10-3** Plans d'exécution APS de la décharge avec PMB Les Salines (C2)
- Annexe 10-4** Coûts actualisés de la décharge (avec PMB) Les Salines (C2)
- Annexe 10-5** Coûts actualisés du PMB Les Salines (C2)

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

ACRONYMES ET ABREVIATIONS

ANGed	Agence Nationale de Gestion des Déchets
ANPE	Agence Nationale de Protection de l'Environnement
BE	Bureau d'Etudes
BOO(T)	Build, Operate, Own (Transfer)
BTP	Bâtiment & Travaux Publiques
CH4	Méthane
CT	Centre de transfert
DAS	Déchets d'activités sanitaires
DASRI	Déchets d'Activités Sanitaires à Risques Infectieux
DBO	Design, Build, Operate
DBO5	Demande Biologique en Oxygène (5 jours)
DCO	Demande Chimique en Oxygène
DIB	Déchet industriel banal
DNT	Dinar tunisien (1 Euro = 1.95 DNT)
EIE	Etudes d'Impacts sur l'Environnement
GC	Génie Civil
GDS	Gestion des Déchets Solides
GES	Gaz à effet de serre
GTZ (ou GiZ)	Coopération Technique Allemande
INRST	Institut National de la Recherche Scientifique et Technique
INS	Institut National de la Statistique
KfW	KfW Bankengruppe - Banque Allemande de Développement
MDNT	Millions de Dinars Tunisiens
MES	Matières en Suspension
ONAS	Office National de l'Assainissement
PMB	Prétraitement mécano-biologique (des ordures ménagères)
PV	Procès verbal
STEP	Station d'épuration (à priori des eaux d'égouts)
TMB	Traitement mécano-biologique = PMB (prétraitement mécano-biologique)
TNB	Taxe sur les terrains Non Bâties

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

0 RESUME

Le concept retenu pour la GDS des déchets de la Vallée de la Medjerda est celui de **36 centres de transfert qui alimentent deux centres d'élimination**. Ces centres consistent en une décharge, avec ou sans PMB. Ils sont situés à Erroumani pour les deux gouvernorats du Nord, et au site Les Salines pour les deux gouvernorats du Sud.

Le choix de la technologie du PMB n'est pas encore fait et il dépendra des résultats d'un pilote qui sera réalisé en 2013 sur le site de compostage de Béja.

Les zones rurales sont desservies par 40 points de transbordement.

Par conséquent, le nouveau système central de GDS desservira **en 2014 une population totale de 683.706 habitants** qui passera à 835.727 habitants en 2033. Environ la moitié de la population totale de la Vallée de la Medjerda sera donc bénéficiaire du projet.

Nous estimons que la production spécifique des déchets ménagers comme suit :

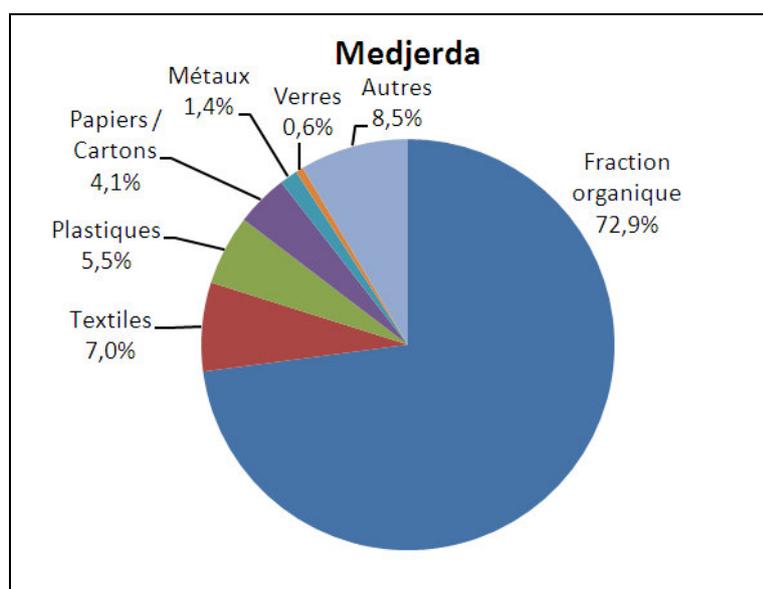
Tableau 0-1 Projection de la production de déchets ménagers

Année	Population	Production spécifique moyenne (kg/hab/j)	Production déchets ménagers (t)
2009	646.721	0,632	149.218
2014	683.706	0,673	167.986
2024	762.618	0,755	210.084
2033	835.727	0,827	252.255

Pour les quantités projetées de déchets, la production totale sera de :

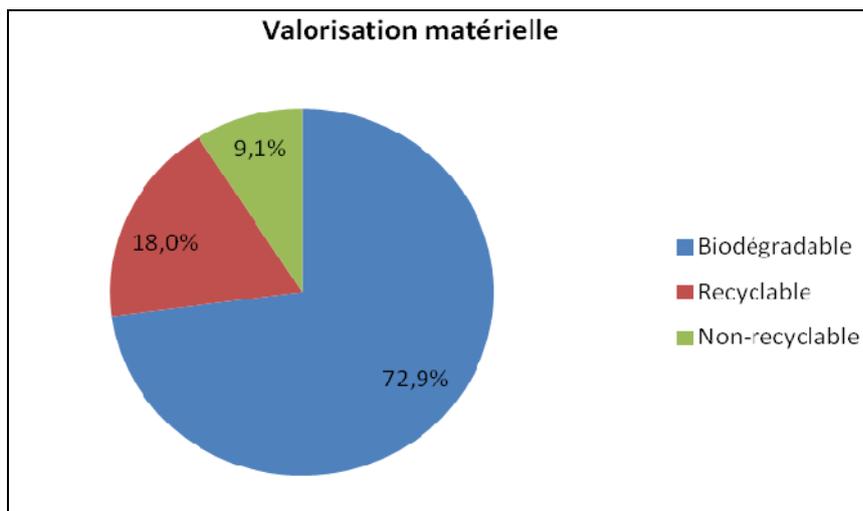
- 1.867.422 tonnes de 2014 à 2023
- 2.307.273 tonnes de 2024 à 2033 et
- 4.174.695 tonnes de 2014 à 2033

La **composition moyenne des déchets ménagers** dans la zone du projet est comme suit :

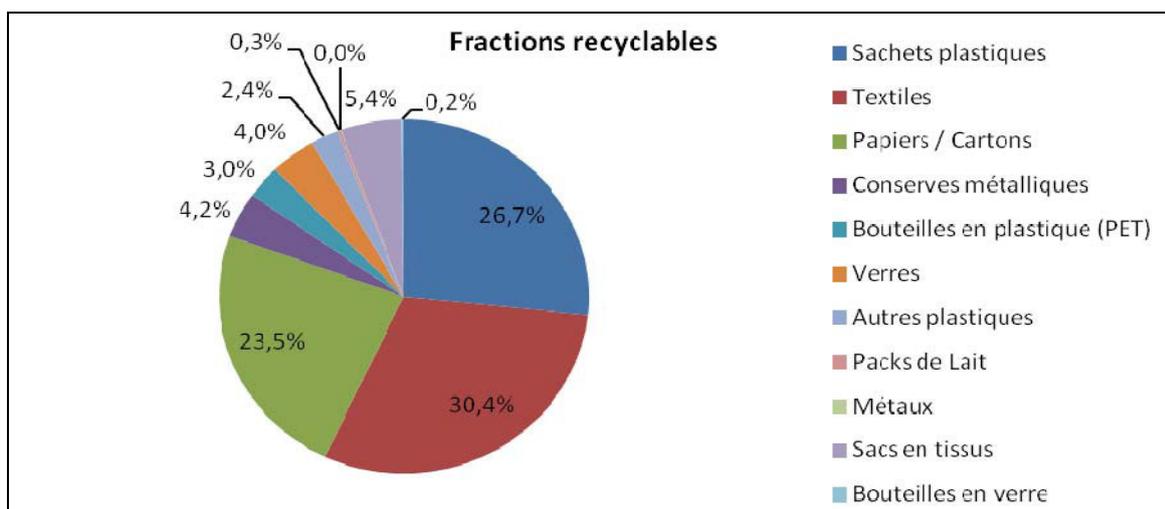


11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

La figure ci-dessous illustre la **valorisation matière** des déchets dans la zone du projet :



D'après l'analyse de la composition des déchets, le **potentiel des matières recyclables** contenu dans les déchets se répartit comme suit :



Nous estimons que la **vente des matières valorisables** dans la vallée de la Medjerda, en se basant sur un taux de recyclage de 5 % et un prix de vente moyen de 30 DNT/tonne, peut générer des revenus de l'ordre de 200.000 DNT par an sur le site d'Erroumani et de 140.000 DNT/an sur le site des Salines.

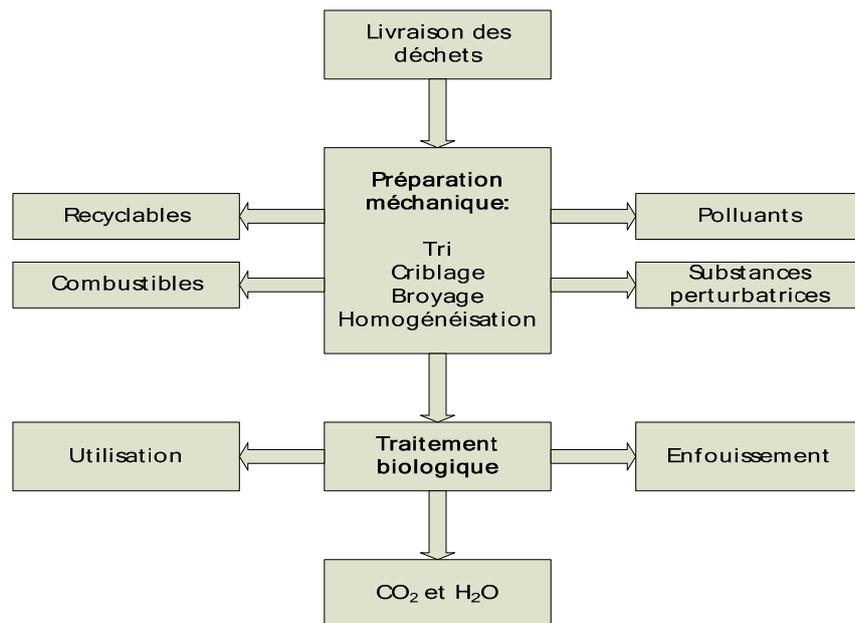
Le transport entre les centres de transfert, les points de transbordement et les deux sites d'élimination se fera au moyen de camions amplirol avec remorque, équipé de conteneurs ouverts 30 m³.

Les **investissements initiaux pour la construction de 36 centres de transfert** sont estimés à **8,2 MDNT (4.2 MEUR)**, et le **coût moyen actualisé du système de transport** (inclus les investissements de génie civil et de transport, et les coûts d'exploitation) s'élève à **26,2 DNT par tonne**. Il se décompose comme suit :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

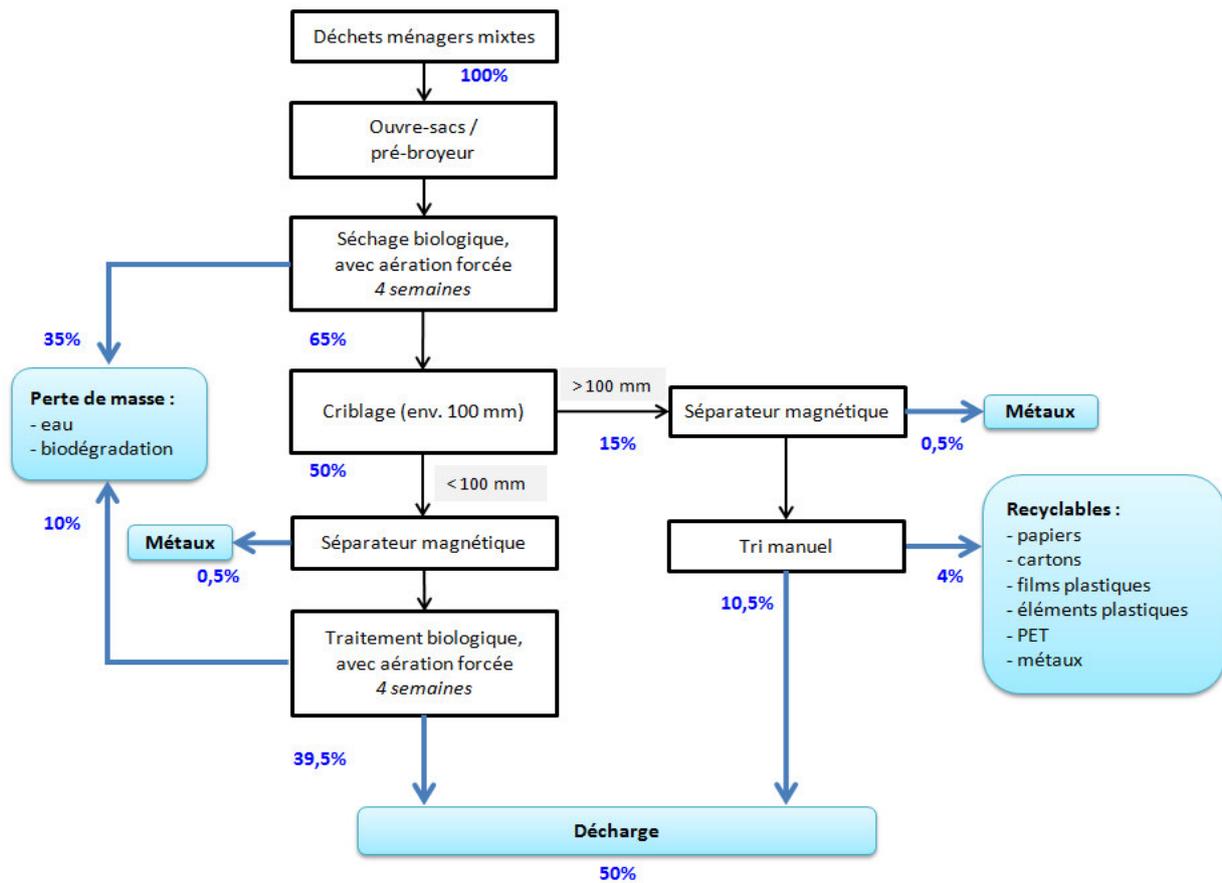
Objet	Erroumani (58%)	Salines (42%)	Coûts moyens du projet
Investissement du GC	3,181	5,125	3,997
Investissement camions + conteneurs	2,870	4,910	3,727
Exploitation CT et engins de transport	15,973	23,518	19,142
Total	21,481	32,834	26,249

Le **processus général du concept du PMB** peut être schématisé comme suit :



Dans la figure qui suit, nous présentons le **processus détaillé de PMB que nous recommandons** dans le cadre des déchets ménagers de la Vallée de la Medjerda. Il est flexible et il peut être optimisé afin de diminuer progressivement la quantité de déchets à enfouir en décharge, par exemple par l'obtention d'un combustible secondaire (RDF) ou d'un amendement des sols.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale



Toutes les infrastructures présentes sur le site de la décharge seront également mises à disposition pour l'installation de prétraitement : pont-bascule, bâtiment administratif, atelier, station de lavage des véhicules et station service, etc. **Les infrastructures du PMB sont les suivantes :**

- Route d'accès et voiries internes
- Bunker de déchargement
- Plate-forme pour le traitement mécanique : 3,2 ha
- Hall pour le traitement mécanique des déchets : 20 m x 60 m
- Cabine de tri
- Plate-forme pour le traitement biologique : 4,8 ha pour Erroumani et 3,3 ha pour les Salines.
- Traitement biologique : 56 piles en 2033 à Erroumani et 39 piles aus Salines
- Stockage des lixiviats
- Rétention des eaux de surfaces

L'installation de prétraitement au site d'**Erroumani** comptera environ **34 employés**, et **29** pour l'installation au site des **Salines**.

Deux scénarios de décharges ont été analysés : sans PMB et avec PMB.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Décharges sans PMB :

La **décharge d'Erroumani** recevra 2,46 millions de tonnes de déchets entre 2014 et 2033, soit un volume d'environ 2 millions de m³. Après 20 ans d'exploitation, le volume restant sera d'environ 300.000 m³.

La **décharge des Salines** recevra 1,7 millions de tonnes de déchets entre 2014 et 2033, soit un volume d'environ 1,4 m³. Après 20 ans d'exploitation, le volume restant sera d'environ 26.000 m³.

Ces volumes restants permettent aux deux décharges de fonctionner **encore 2 ans au maximum** après les 20 ans d'exploitation prévus.

La **conception des deux décharges** est classique et identique à ce qui est développé en Tunisie. Nous proposons l'étanchéité de fond de casier comme suit :

- Plate-forme compactée
- Etanchéité minérale en deux couches, chacune d'une épaisseur de 25 cm. Perméabilité $k \leq 1,0 \cdot 10^{-9}$ m/s
- Géomembrane en PEHD, épaisseur 2,5 mm
- Géotextile de protection de 2.000 gr/m²
- Couche de drainage en gravier (8/16 mm), épaisseur 30 cm

Les quantités de lixiviats ont été calculées ; elles devront pouvoir être traitées par l'installation de traitement des lixiviats : 93.000 m³/an au site d'Erroumani (255 m³/jour), et 45.000 m³/an au site des Salines (123 m³/jour).

Les bassins de stockage ont été dimensionnés de manière à pouvoir recevoir :

- le volume moyen mensuel de lixiviats produit par la décharge pendant 20 jours au cours d'une année très pluvieuse.
- le volume maximal mensuel de lixiviats produit par la décharge pendant 5 jours au cours d'une année très pluvieuse.

Les bassins de stockage des lixiviats auront la capacité suivante : 2 bassins, chacun présentant un volume de 2.540 m³ à Erroumani. Et deux bassins aux Salines, chacun d'un volume de 1.225 m³.

Nous proposons le **procédé de traitement des lixiviats** suivant, sachant que la dernière étape n'est pas utilisée actuellement en Tunisie, mais qu'elle permet de réduire le volume des concentrats qui ne peuvent être éliminés en décharge :

- Flottation par air dissous
- Ultra filtration
- Osmose inverse
- Nanofiltration.

Décharges avec PMB :

La décharge d'Erroumani recevra 1,23 millions de tonnes de déchets entre 2014 et 2033, soit un volume d'environ 0,9 millions de m³. Après 20 ans d'exploitation, le volume restant sera d'environ 0,5 millions m³.

La **décharge des Salines** recevra 0,86 millions de tonnes de déchets entre 2014 et 2033, soit un volume d'environ 0,6 millions de m³. Après 20 ans d'exploitation, le volume restant sera d'environ 0,35 millions de m³.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Ces volumes restants après 2033 permettent aux deux décharges de fonctionner **encore 9 ans** après les 20 ans d'exploitation planifiés.

Le système d'étanchéité de base du casier est identique à celui proposé pour la décharge sans PMB.

Les **quantités de lixiviats** ont été calculées ; elles devront pouvoir être traitées par l'installation de traitement des lixiviats : 40.250 m³/an au site d'Erroumani (110 m³/jour), et 25.400 m³/an au site des Salines (70 m³/jour).

Les **bassins de stockage des lixiviats** auront la capacité suivante : 2 bassins, chacun présentant un volume de 1.100 m³ à Erroumani. Et deux bassins aux Salines, chacun d'un volume de 700 m³.

En termes de **coûts actualisés à la tonne**, les **scénarios d'élimination** se comparent comme suit :

- Elimination sans PMB – 20 ans : 45,420 DNT/tonne
- Elimination avec PMB – 20 ans : 58,290 DNT/tonne
- Elimination avec PMB – 29 ans : 53,440 DNT/tonne.

Sous réserve du succès technique du pilote de PMB à Béja, le Consultant recommande d'opter pour le scénario d'élimination avec PMB sur une durée de 29 ans.

Renforcement institutionnel

En vue de la réussite du projet, l'ANGed devra affecter au moins les **ressources humaines** suivantes :

- Un (01) ingénieur chef de service
- Un (01) cadre spécialisé en communication, éducation publique et animation des amicales de quartiers
- Quatre (04) ou six (06) superviseurs (niveau licence ou technicien) (respectivement pour le concept 1 et le concept 2)
- Huit (08) contrôleurs et inspecteurs (niveau enseignement secondaire)

Durant la phase de réalisation du projet, un **comité régional de suivi pour la Vallée de la Medjerda** (regroupant les 4 gouvernorats concernés) sera mis en place, regroupant l'ensemble des communes concernées par le projet ainsi que des représentants des 4 gouvernorats et du Ministère de l'Environnement. Ce comité supervisera les activités de l'unité de suivi des performances (USP), logée dans un premier temps au sein de l'ANGed. L'ANGed par ailleurs exercera les fonctions de maître d'ouvrage délégué, et, à ce titre, passerait les appels d'offres pour la construction et l'exploitation des ouvrages et assurerait les missions de suivi et de contrôle des prestations des entreprises (travaux et services).

Participation du secteur privé

L'un des acteurs principaux de la gestion des déchets municipaux de la vallée de la Medjerda et, à ce titre, l'un des facteurs clefs de succès de ce nouveau système, est le secteur privé. Les partenariats public-privé peuvent prendre plusieurs configurations, mais nous nous limiterons pour la présente analyse aux trois les plus pertinentes :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- Le contrat de service

L'exploitation des installations est déléguée à un opérateur privé. Actuellement dans la politique suivie par l'ANGed, l'opérateur privé est également chargé de l'acquisition du matériel mobile. Toutefois, la conception, la construction et le financement desdites installations restent du ressort du maître d'ouvrage.

- La concession

La législation tunisienne a introduit récemment la concession, en définissant un cadre approprié pour les projets d'infrastructure nécessitant un know-how pointu et mobilisant des financements importants. Dans le cadre de contrats de BOO(T) (build, operate, own, transfer (éventuellement)), les opérateurs privés sont appelés à financer, concevoir, construire, exploiter et éventuellement transférer la propriété des infrastructures au terme du contrat (généralement de plus de 20 ans).

Dans le contexte actuel (instabilité politique et sociale, dégradation des comptes publics et des soldes courants, abaissement de la note souveraine de la Tunisie), il sera difficile d'attirer des investisseurs sur de tels projets pour des durées de 20 ans.

- Le contrat DBO

Il existe une alternative aux deux précédents schémas de partenariat public-privé : le contrat DBO (design, build, operate), où un seul et unique opérateur privé est chargé de concevoir, construire et exploiter les infrastructures. Le maître d'ouvrage assure le financement de l'opération (investissements et exploitation).

Ce schéma a pour avantage de concilier l'efficacité opérationnelle du secteur privé et l'unicité de la maîtrise d'œuvre du projet avec un coût de financement plus compétitif (l'Etat tunisien obtenant des crédits à des conditions de financement plus intéressantes (taux d'intérêt et durée)). Toutefois, le droit tunisien ne prévoit pas (encore ?) un tel mode de partenariat public-privé.

Analyse financière

Les schémas de financement considérés dans l'analyse financière sont les suivants :

	<i>Investissement initial</i>	<i>Extension</i>	<i>Renouvellement</i>	<i>Charges d'exploitation</i>	<i>Gestion post-opératoire (fermeture et réhabilitation)</i>
Contrat de service	ANGed	ANGed	Opérateur privé	Opérateur privé	ANGed
Contrat DBO	ANGed	ANGed	ANGed	Opérateur privé	ANGed
Contrat BOO(T)	Opérateur privé	Opérateur privé	Opérateur privé	Opérateur privé	Opérateur privé

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Les conditions de financement appliquées dans l'analyse sont :

	<i>Taux d'intérêt</i>	<i>Durée</i>	<i>Période de grâce</i>
Contrat de service (ANGed)	Euribor + 1%	30 ans	10 ans
Contrat de service (opérateur privé)	TMM + 2%	7 ans	1 an
Contrat DBO	Euribor + 1%	30 ans	10 ans
Contrat BOO(T)	TMM + 2%	10 ans	2 ans

- Contrat de service

<i>En TND/tonne</i>	<i>Collecte et transfert coût total</i>	<i>Concept 1 coût total</i>	<i>Concept 2 coût total</i>
Contrat de service	24,197 (Erroumani) 37,149 (Salines)	62,940	80,921

Le concept 2 est 28,6% plus cher que le concept 1.

- Contrat DBO

<i>En TND/tonne</i>	<i>Collecte et transfert coût total</i>	<i>Concept 1 coût total</i>	<i>Concept 2 coût total</i>
Contrat DBO	23,688 (Erroumani) 36,392 (Salines)	63,154	78,610

Le concept 2 est 24,5% plus cher que le concept 1.

- Contrat BOO(T)

<i>En TND/tonne</i>	<i>Collecte et transfert coût total</i>	<i>Concept 1 coût total</i>	<i>Concept 2 coût total</i>
Contrat BOO(T)	24,944 (Erroumani) 38,353 (Salines)	65,277	79,610

Le concept 2 est 22,0% plus cher que le concept 1.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Conclusion sur l'analyse financière

D'une façon générale, l'option concession (BOO(T)) est légèrement plus chère parmi tous les schémas de participation public-privé considérés. En outre, cette option comporte des risques (technologiques, techniques, commerciaux, financiers) non négligeables liés notamment à la durée du contrat, surtout dans le contexte économique et politique actuel.

L'option DBO apparaît la plus intéressante, notamment pour le concept 2, car elle permet de concilier moindres coûts de financement et efficacité opérationnelle. Cependant, le code des marchés publics ne prévoit pas ce type de partenariat public-privé.

Par conséquent, l'option « contrat de service » est, dans l'état actuel des choses, l'option la plus plausible en termes de coûts.

Enfin, le **planning de réalisation des tâches du projet**, en considérant que le choix se portera sur le PMB et que la réalisation des travaux / l'exploitation se fera sur base du schéma actuel, à savoir le contrat de service, est le suivant :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Objet	Remarques	2012		2013				2014				2015				2016			
		03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04
Projet pilote de PMB à Béja																			
Soumission et contrat																			
Projet Pilote																			
Décision ANGED >> PMB																			
Extension des 4 décharges existantes																			
Etudes et DAO																			
Soumissions et contrat travaux																			
Travaux																			
Fermeture des dépotoirs sauvages																			
Etudes																			
Travaux																			
Etude Faisabilité - Phase 3																			
Phase 3 version finale	Conclusions																		
Investigations terrain de 11 CT																			
APS des 17 CT restants	Progressivement																		
EIE des 37 CT	Progressivement																		
EIE des 2 CET + PMB																			
Campagne de sensibilisation																			
Etude Faisabilité - Phase 4																			
CT : APD et DAO																			
CET + PMB : APD et DAO																			
Travaux de Construction CT																			
Soumissions et contrats	Par lots					1	1	2	2	3	3	4	4						
Construction	Par lots					1	1	2	2	3	3	4	4						
Mise en exploitation	Progressivement									▶	▶	▶	▶						
Travaux de Construction CET + PMB																			
Soumissions et contrats																			
Construction																			
Assistance Technique																			
Renforcement des capacités de l'ANGed																			
Comité Régional de Suivi du Projet																			
DAO exploitation CET + PMB																			
Soumission et adjudication																			
Mise en exploitation																			
Assistance à l'exploitation																			▶ + 24 mois ->

1 En priorité, CT qui peuvent être attachés aux 4 décharges existantes

En conclusion, le projet, après avoir subi une période de ralentissement due à la révolution de janvier 2011 et à la difficulté de l'ANGed de se positionner vis-à-vis du choix technologique du PMB, est maintenant relancé et va pouvoir entrer dans sa phase de concrétisation.

Les coûts d'investissement initiaux sont :

Objet	Montants	
	DNT	EUR
Construction de 36 centres de transfert	8 201 259	4 205 774
GC des deux centres de PMB + décharge - Casier 1	22 996 055	11 792 849
Total investissements initiaux	31 197 314	15 998 623

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012	Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version : finale

Objet	Montants	
	DNT	EUR
Construction de 36 centres de transfert	8 201 259	4 205 774
GC des deux centres de PMB + décharge - Casier 1	22 996 055	11 792 849
Equipements fixes et mobiles de deux centres (décharge + PMB)	26 166 617	13 418 778
Total investissements initiaux	57 363 931	29 417 401

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

1 INTRODUCTION

L'étude a débuté avec la Phase 1 en mars 2009. Cette phase présente le diagnostic de l'état actuel de la zone d'étude. La version finale du rapport de la phase 1 a été remise en juillet 2010.

La version provisoire du rapport de Phase 2 a été remise en octobre 2010. Différentes options ont été déterminées pour le transport, le système de gestion des déchets (central, semi central, décentralisé) et pour l'élimination des déchets ménagers, avec ou sans prétraitement.

La réunion de présentation de la version provisoire de la Phase 2 de Medjerda s'est tenue le 25 Novembre 2010 au siège de l'ANGed en présence des responsables de l'ANGed, de l'ANPE et de la KfW. La principale conclusion fut de constater que le prétraitement anaérobique en général et sur le site de Tabarka en particulier, est très onéreux. Ce constat eut pour conséquence de demander au Consultant d'investiguer plus en détails les options de prétraitement mécano-biologique, compte tenu notamment des faibles surfaces disponibles pour la décharge d'Erromani.

A cette fin, le BE a jugé nécessaire de produire un rapport intermédiaire avant de rédiger la version finale de la Phase 2. Ce rapport intermédiaire devait permettre de faire le choix du scénario à retenir pour la GDS de la Vallée de la Medjerda.

Cinq scénarios ont donc été définis suite à la réunion du 25 novembre 2010. Les résultats de ces scénarios ont été présentés dans un premier rapport daté du 28 mars 2011. Une réunion a eu lieu le 7 avril 2011 avec les représentants de l'ANGed et de la KfW afin de discuter de ces résultats. Suite à cela, il a été demandé au BE de compléter le tableau de comparaison des 5 scénarios par 4 scénarios complémentaires.

Lors de la réunion du 7 avril, il a aussi été demandé au Consultant d'identifier des sites de PMB en exploitation à l'étranger, qui présentent des caractéristiques similaires à celles de la Tunisie (composition et caractéristiques physiques des déchets ménagers, climat, capacités technique et financière). De plus, la KfW a souhaité que le BE fasse appel à l'expertise de l'expert en PMB, le Professeur Wolfgang Müller.

Durant ces investigations complémentaires, le BE a pris contact avec différentes sociétés en Allemagne et en Autriche qui sont actives dans l'exploitation de centres de PMB.

C'est pourquoi, afin de mieux comprendre les techniques et les enjeux du PMB, deux jours de réunion ont été organisés le 12 et 13 juillet 2011 en présence des représentants de l'ANGed, du BE, et du Professeur Müller. De plus, deux sociétés spécialisées dans le PMB ont eu l'occasion de présenter leurs technologies, leur savoir faire et leur expérience internationale. Ces réunions ont permis d'avoir une idée plus précise sur le PMB, mais aussi sur les différentes technologies possibles.

Les versions finales du rapport de la phase 2 et du rapport intermédiaire ont été remises début du mois d'août 2011.

Une visite d'une unité de PMB de déchets ménagers non triés en Hongrie a été effectuée mi-octobre 2011 par les représentants de l'ANGed et du BE. Elle a permis aux représentants de l'ANGed d'avoir une meilleure idée sur le fonctionnement d'une telle technologie et d'aider à la décision pour la poursuite de l'étude.

Suite à la visite en Hongrie et aux différentes informations techniques reçues relatives au PMB, l'ANGed a marqué son accord pour la poursuite de l'étude de faisabilité, à savoir la présente Phase 3, en demandant au BE d'y développer deux scénarios d'élimination des déchets ménagers envisagés :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- **Scénario 1** : une décharge au site d'Erromani qui accueille les déchets des gouvernorats de Béja et de Jendouba, ainsi qu'une décharge au site des Salines qui accepte les déchets des gouvernorats du Kef et de Siliana.
- **Scénario 2** : sur les deux sites du Scénario 1, envisager le PMB des déchets avant leur enfouissement.

étant entendu que le choix du système de transport s'est porté sur la solution à 36 centres de transfert et 40 points de transbordement.

Les prestations relatives au complément d'investigations sur le PMB ont fait l'objet de l'**Avenant 2** au contrat du BE.

Toutefois, l'ANGed a fait savoir au BE et à la KfW que son choix pour l'un des deux scénarios ne se fera qu'après la réalisation d'un projet pilote de PMB : le pilote prévu à Kabouti (projet Tunis 2) n'a pu être réalisé suite aux événements de janvier 2011, et il a été décidé de transférer ce pilote sur le site de la station de compostage de Béja. Ce pilote devrait s'achever à la fin de 2013.

Compte tenu de la situation sociale du pays, suite aux événements de janvier 2011, l'ANGed a suspendu les prestations du BE relatives aux investigations de terrain des centres de transfert. A ce jour, le BE a été autorisé à investiguer sur 26 terrains. Dans l'attente des terrains restant, le BE a investigué 23 sites à la fin du mois de juin 2012. Les APS de 20 sites sont présentés dans le présent rapport ; les études détaillées des sites ayant fait l'objet de rapports séparés.

Afin de se faire une idée du climat social qui règne dans les 35 municipalités de la zone d'étude, et afin de mesurer l'acceptabilité du projet de GDS, il a été demandé au BE de réaliser un *sondage de l'acceptabilité des populations pour les sites de centres de transfert et de décharges*. Cette étude, menée début avril 2012 a fait l'objet de l'**Avenant 3**. L'étude a conclu à l'intérêt général des populations municipales, même si des mesures de sensibilisation devraient être entreprises dans certaines municipalités. Par conséquent, les investigations de terrain pourraient reprendre dans plusieurs sites, essentiellement dans le gouvernorat de Siliana (où aucun des 10 sites n'a encore été investigué).

Le présent rapport va développer au niveau des APS le système de transport (entre les CT et les deux sites d'élimination), les centres de transfert et les points de transbordement, ainsi que les deux scénarios d'élimination des déchets ménagers.

Les aspects financiers, institutionnels, environnementaux seront ensuite analysés.

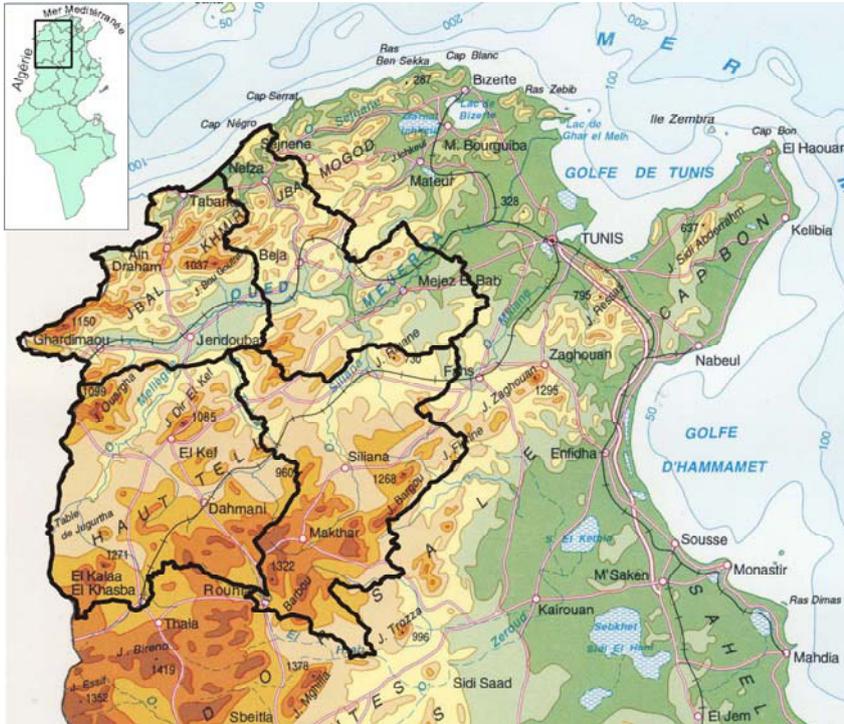
Le rapport se terminera sur les recommandations du BE sur le schéma de gestion des déchets à adopter dans la Vallée de la Medjerda, ainsi que sur les actions à mener en vue de la poursuite du projet.

2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude concerne les quatre gouvernorats du nord ouest de la Tunisie, à savoir ceux de Béja, Jendouba, Le Kef et Siliana. Ils sont regroupés sous la dénomination « Vallée de la Medjerda ».

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Figure 2-1 Plan de situation générale de la zone du projet



3 OBJECTIFS ET JUSTIFICATION DU PROJET

3.1 ANALYSE ET IDENTIFICATION DES PRINCIPAUX PROBLEMES

Les principaux problèmes rencontrés dans la gestion des déchets ménagers dans la région de la Medjerda ont été décrits au chapitre 16 du rapport de la Phase 1. On les résumera comme suit :

Tableau 3-1 Problèmes rencontrés dans la gestion des déchets ménagers

Domaines	Problèmes
Cadre technique	
Pré collecte et collecte des déchets municipaux	<ul style="list-style-type: none"> • Faible niveau de conteneurisation de la collecte • Mauvais état des équipements • Fréquence de collecte trop élevée • Pénibilité des opérations de collecte et faibles niveaux de rémunération du personnel • Manque de formation du personnel
Décharges et dépotoirs	<ul style="list-style-type: none"> • Décharges : non extraction et non traitement des lixiviats et des biogaz

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012	Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version : finale

Domaines	Problèmes
	<ul style="list-style-type: none"> • Dépotoirs municipaux : pollution par les lixiviats, dispersion des déchets, impacts visuels
Valorisation et recyclage	<ul style="list-style-type: none"> • Déchets ménagers : seuls sont récupérés les métaux et les déchets plastiques par ECO-Lef • Déchets ménagers : faibles quantités collectées par ECO-Lef • DIB : des quantités importantes de déchets valorisables et recyclables sont mises en décharge
Boues de l'ONAS	<ul style="list-style-type: none"> • Non élimination des boues dans des filières contrôlées.
Déchets de soin	<ul style="list-style-type: none"> • Déchets non triés et mal stockés dans les établissements de soin • Insuffisance de récipients adaptés pour les différents types de déchets • A l'extérieur des centres hospitaliers : stockage inadapté des déchets de soin • Pas de système d'élimination adapté dans la zone d'étude • Absence du secteur privé dans la zone du projet
Déchets d'abattoirs	<ul style="list-style-type: none"> • Les déchets ne sont pas stockés suivant les règles • Les engins de transport ne sont pas adaptés aux déchets d'abattoirs • Pas de traitement des déchets d'abattoirs avant élimination (en décharge)

Cadre institutionnel / organisationnel	
Planification stratégique	Le MIDL n'est pas associé au choix des options et techniques de traitement et d'élimination des déchets
Planification opérationnelle	Les communes concernées ne sont pas associées au choix final du site et des techniques de traitement et d'élimination des déchets
Réglementation	Manque de concertation et de coordination avec les autres départements ministériels et les organisations professionnelles
Exécution de l'investissement, exploitation et entretien, responsabilité de gestion, risque commercial	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de contrôle conjoint communes/ANPE de la bonne exécution financière et technique des marchés • Pas d'implication des communes au niveau de l'exploitation et entretien des ouvrages • L'ANGed assure en dernier ressort l'équilibre général des comptes
Cadre financier	<ul style="list-style-type: none"> • Insuffisance de recettes fiscales pour couvrir les coûts de la GDS

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012	Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version : finale

	<ul style="list-style-type: none"> • Absence d’ajustement entre recettes communales courantes (hors subvention) et coûts de la GDS • Absence d’incitation aux producteurs pour réduire la quantité de déchets produits
Cadre socio-économique	<ul style="list-style-type: none"> • La taxe municipale est faible et non équitable • Insatisfaction des populations des services communaux offerts en gestion des déchets et résistance au paiement de la taxe municipale

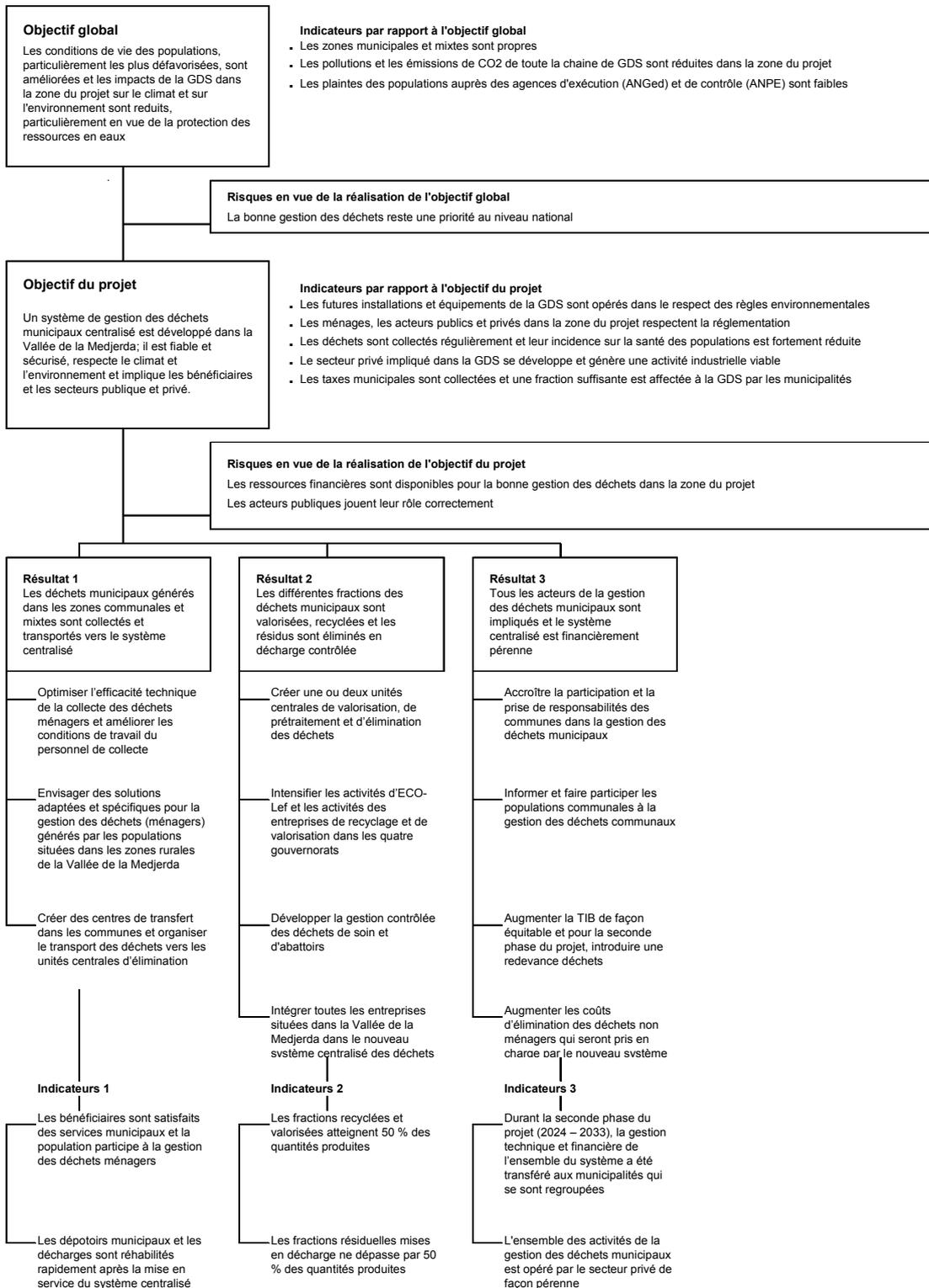
3.2 JUSTIFICATION DU PROJET

La justification du projet est donnée par son Cadre Logique :

Figure 3-1 Cadre logique

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Cadre Logique - Etude de GDS dans la Vallée de la Medjerda



11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

3.3 OBJECTIFS DU PROJET

Les objectifs de l'étude découlent de l'analyse des problèmes rencontrés. Ils visent à améliorer la situation existante et à apporter des solutions pérennes pour la gestion des déchets dans la zone de l'étude.

Le premier objectif général de l'étude de faisabilité de la gestion des déchets de la vallée de la Medjerda consiste en :

Objectif Général 1

Etablissement d'un système de gestion des déchets municipaux dans la Vallée de la Medjerda qui soit fiable et sécurisé et qui respecte le climat et l'environnement, en y impliquant les bénéficiaires et les secteurs publique et privé.

Tous les objectifs qui suivront devront respecter cet objectif principal.

Un autre objectif général du projet consiste à améliorer la situation de la couche la plus défavorisée de la population, à tout le moins pour ce qui concerne la gestion de ses déchets et de l'intégration de cette population à bas revenus dans le processus des activités de gestion des déchets solides. Par conséquent :

Objectif Général 2

Améliorer la situation des populations les plus défavorisées dans la zone du projet.

Les objectifs techniques concernent la collecte, le transport, le traitement et l'élimination des déchets pris en considération dans l'étude. Nous les avons définis comme suit :

Objectifs Généraux	Objectif 1 : Etablissement d'un système de gestion des déchets solides (à l'exception des déchets dangereux) dans la vallée de la Medjerda qui soit fiable et sécurisé et qui respecte le climat et l'environnement, en y impliquant le secteur privé et le secteur publique.	Objectif 2 : Améliorer la situation des populations les plus défavorisées dans la zone du projet
Objectifs spécifiques	Objectifs Techniques	
	Objectif 3	Augmenter la satisfaction des bénéficiaires des services municipaux
	Objectif 4	Envisager des solutions adaptées et spécifiques pour la gestion des déchets (ménagers) générés par les populations situées dans les zones rurales de la Vallée de la Medjerda

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

	<p>Objectif 5 Optimiser l'efficacité technique de la collecte des déchets ménagers et améliorer les conditions de travail du personnel de collecte</p> <p>Objectif 6 Créer des centres de transfert dans les communes et organiser le transport des déchets vers les unités centrales d'élimination</p> <p>Objectif 7 Créer une ou deux unités centrales de valorisation, de prétraitement et d'élimination des déchets</p> <p>Objectif 8 Après la mise en service des installations centralisées, réhabilitation des dépotoirs municipaux</p> <p>Objectif 9 Intensifier les activités d'ECO-Lef dans les quatre gouvernorats</p> <p>Objectif 10 Stimuler et accroître les activités des entreprises de recyclage et de valorisation dans les quatre gouvernorats</p> <p>Objectif 11 Mesure d'urgence pour les boues de l'ONAS : créer des zones de stockage intermédiaires au sein des STEP</p> <p>Objectif 12 Au sein des unités de santé de la zone, gestion selon les règles de l'art des déchets de soin</p> <p>Objectif 13 Collecte, prétraitement et élimination selon les règles de l'art des déchets de soin</p> <p>Objectif 14 Au sein des abattoirs, gestion selon les règles de l'art des différents types de déchets solides (et liquides)</p> <p>Objectif 15 Collecte, prétraitement et élimination selon les règles de l'art des déchets d'abattoirs</p> <p>Objectif 16 Intégrer toutes les entreprises situées dans la Vallée de la Medjerda dans le nouveau système centralisé des déchets municipaux.</p>
	Objectifs juridiques et institutionnels
	<p>Objectif 17 Promulguer les textes d'application des lois relatives à la gestion des déchets</p> <p>Objectif 18 Accroître la participation et la prise de responsabilités des communes dans la gestion des déchets municipaux et pour la seconde phase du projet (2024 – 2033), transfert de gestion technique et financière de l'ensemble du système aux municipalités</p>

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Objectifs socio-économiques	
Objectif 19	Informier et faire participer les populations communales à la gestion des déchets communaux
Objectif 20	Augmenter la TIB de façon équitable et pour la seconde phase du projet, introduire une redevance déchets
Objectif 21	Augmenter les coûts d'élimination des déchets non ménagers qui seront pris en charge par le nouveau système centralisé.

3.4 GROUPES CIBLES

Les groupes cibles sont les groupes de personnes ou les institutions qui sont concernées par le projet et qui sont donc des intervenants à sa réussite. Ils peuvent également en être les bénéficiaires. Nous avons identifiés les groupes cibles suivants :

- ▶ **Les communes de la zone du projet** : elles bénéficieront du projet d'un point de vue environnemental (suppression de l'élimination non contrôlée et pérenne) et financier (optimisation de la collecte, mais participation aux coûts du nouveau système).
- ▶ **Les Gouvernorats de la zone du projet** : en assurant un ramassage des déchets communaux dans les zones mixtes, les gouvernorats verront leur situation environnementale progresser.
- ▶ **L'ANGed** : l'agence étend la maîtrise de la gestion des déchets communaux à une nouvelle partie du territoire national et elle se libèrera de la gestion des quatre décharges.
- ▶ **L'ONAS** : des solutions seront développées pour l'élimination contrôlée des boues des STEP de la région.
- ▶ **L'ANPE** : le fait d'améliorer d'un point de vue environnemental la gestion des déchets solides dans la Vallée de la Medjerda, permettra à l'ANPE de jouer pleinement son rôle de contrôleur et de régulateur des activités liées à cette activité. La bonne gestion environnementale des différents flux de déchets va permettre de réduire leurs impacts sur les eaux de surface et les souterraine, ainsi que sur le climat (réduction des émissions de carbone).
- ▶ **Le secteur privé** actif dans la gestion des déchets solides : la création d'une solution centralisée devrait permettre l'implication du secteur privé pour la gestion et l'élimination des différents flux de déchets.
- ▶ **Les populations communales** : elles seront évidemment le principal bénéficiaire du projet qui vise à améliorer la situation existante, mais pour se faire il faudra qu'elle contribue activement à sa réussite, tant par des actions concrètes que par une participation financière accrue dans le système.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

4 DONNEES DE BASE ET CRITERES DE CONCEPTION DU PROJET

4.1 POPULATION DANS LA ZONE DU PROJET

La population totale de la zone d'étude (quatre gouvernorats) a été recensée en 2004 à 1 213 884 habitants, soit 12 % de la population totale du pays.

La densité de la population y est de 76 habitants au km² ; elle est supérieure à la moyenne nationale établie à 64 hab/km².

La proportion moyenne de la population communale en 2004 est d'environ 37%. Ce sont des gouvernorats qui demeurent fortement ruraux et ils s'inscrivent tous nettement en dessous de la moyenne nationale des zones communales, car cette moyenne est de 64,9 % selon le Recensement Général de la Population de 2004.

Bien que le projet ne concerne a priori que les zones communales, le fait que près des deux tiers de la population des quatre gouvernorats se situent en zones rurales nous incitent à considérer aussi cette population, du moins celles qui habitent dans les agglomérations des Conseils Ruraux.

Par conséquent, le nouveau système central de GD desservira en 2014 une population totale de 683.706 habitants qui passera à 835.727 habitants en 2033. Environ la moitié de la population totale de la Vallée de la Medjerda sera donc bénéficiaire du projet.

Nous avons considéré les taux d'accroissement des populations municipales comme suit :

- Gouvernorat de Béja : 0,75 % par an
- Gouvernorat de Jendouba : 1,4 % par an
- Gouvernorat du Kef : 0,6 % par an
- Gouvernorat de Siliana : 1,3 % par an

Soit un taux d'accroissement moyen annuel dans la zone du projet de 0,75 % par an. C'est un taux d'accroissement faible qui démontre que cette zone est délaissée par ses habitants qui s'exilent vers les zones côtières plus génératrices d'emplois.

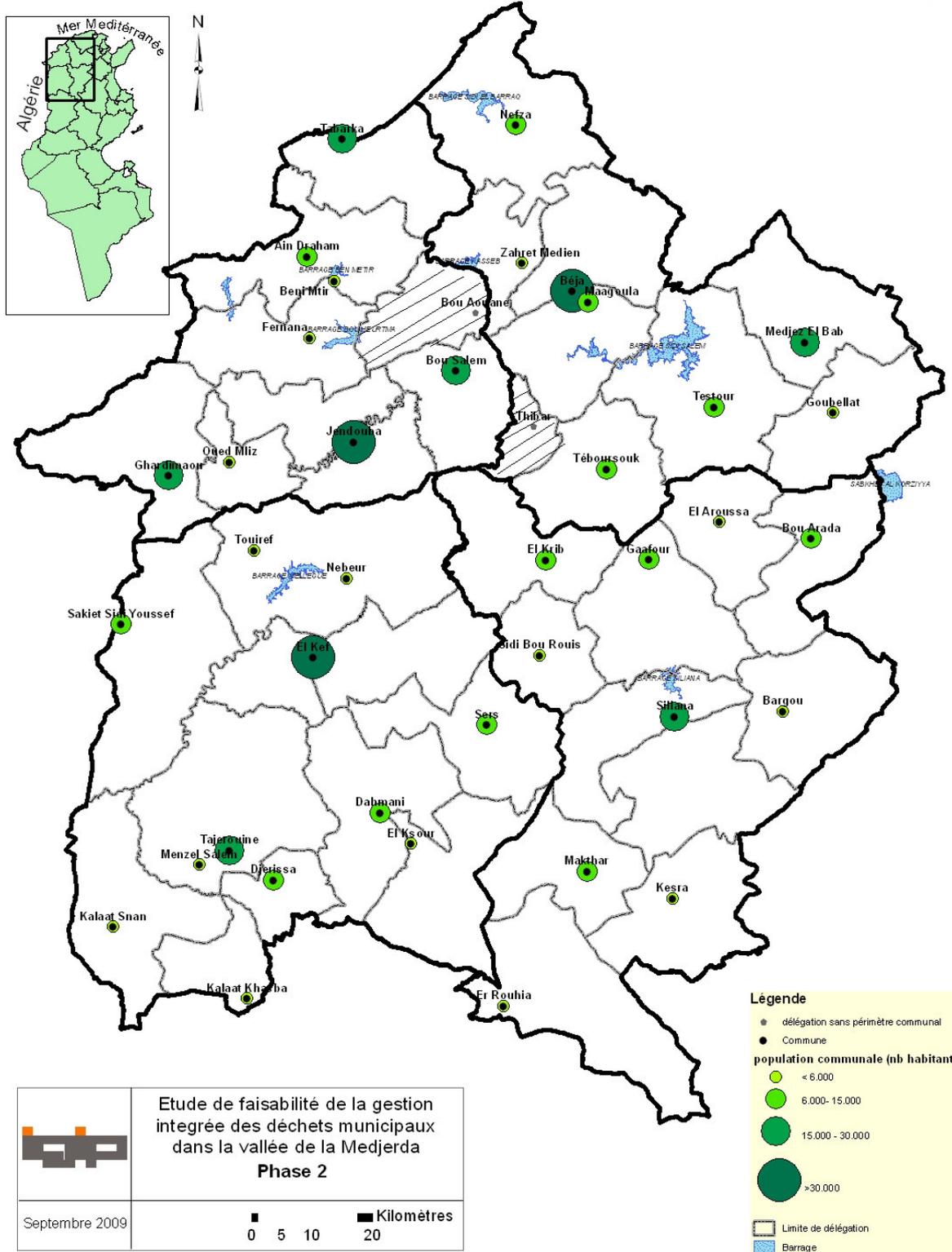
La figure suivante présente la carte de la population communale par municipalité en 2004.

Figure 4-1 Carte de la population communale par municipalité en 2004

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale



Données démographiques



Etude de faisabilité de la gestion intégrée des déchets municipaux dans la vallée de la Medjerda
Phase 2

Septembre 2009

0 5 10 20 Kilomètres

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Les détails des populations sont donnés en **Annexe 4-1**, par municipalité et par année, de 2014 à 2033.

4.2 COMPOSITION ET QUANTITES DE DECHETS ACTUELLES ET PROJETEES

La composition et les quantités de déchets actuelles et projetées ont été déterminées lors de la Phase 1 de l'étude.

Les détails des productions de déchets ménagers sont donnés par municipalité (y inclus les déchets générés par les Conseils Ruraux) et par année à l'**Annexe 4-2**.

En résumé, nous estimons que la production spécifique des déchets ménagers comme suit :

Tableau 4-1 Projection de la production de déchets ménagers

Année	Population	Production spécifique moyenne (kg/hab/j)	Production déchets ménagers (t)
2009	646.721	0,632	149.218
2014	683.706	0,673	167.986
2024	762.618	0,755	210.084
2033	835.727	0,827	252.255

Pour les quantités projetées de déchets, la production totale sera de :

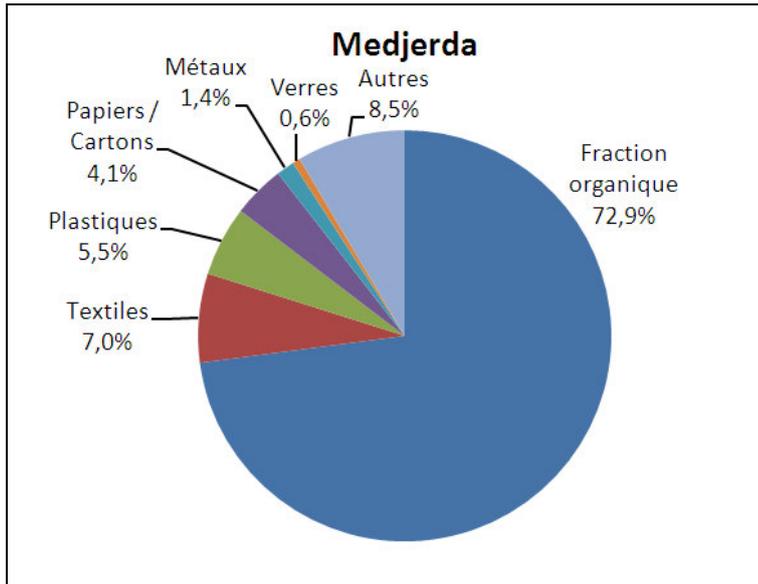
- 1.867.422 tonnes de 2014 à 2023
- 2.307.273 tonnes de 2024 à 2033
- 4.174.695 tonnes de 2014 à 2033

La production de tous les déchets municipaux (ménagers + plastiques + boues de STEP + DIB + DAS) atteindra 4.490.748 tonnes de 2014 à 2033, soit une moyenne annuelle de 224.537 tonnes.

Lors de la phase 1, des communes de la zone d'étude ayant différentes tailles ont été choisies afin de faire le tri des déchets ménagers et de déterminer la composition des déchets.

La composition moyenne des déchets ménagers dans la zone du projet est comme suit :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale



D'après la figure, les déchets ménagers dans la zone d'étude sont composés d'environ 73% de matières organiques.

4.3 POTENTIEL DE REDUCTION DES DECHETS A LA SOURCE ET DE RECYCLAGE

L'analyse détaillée des potentialités de réduction à la source et du recyclage des déchets ménagers et assimilés a été présentée dans le rapport de la Phase 1, chapitre 5.1. Elle se résume comme suit :

4.3.1 Valorisation énergétique

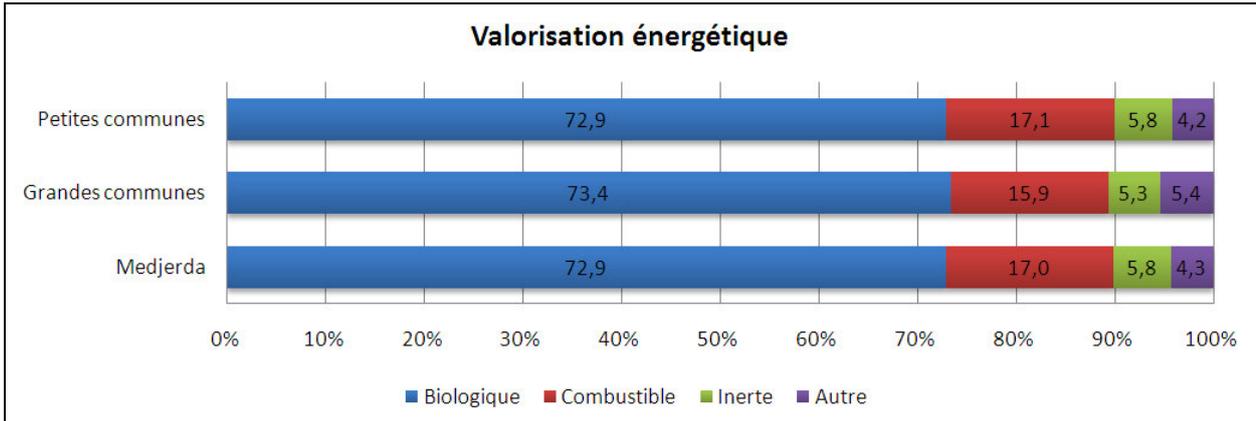
Nous avons considéré :

- La fraction combustible (p.ex. papiers, cartons, plastiques, etc. ; c'est à dire la fraction facilement triable à la main)
- La fraction biologique (p.ex. déchets de cuisines, de jardins, de parcs, de marchés, etc.)
- La fraction non combustible (inerte non modifiable, par ex. métaux, verres, pierres) et
- La fraction autre comme les restes (mélange non séparable de toutes sortes de déchets).

La figure ci-dessous illustre la valorisation énergétique des déchets dans la zone du projet.

Figure 4-2 Valorisation énergétique des déchets de la zone du projet

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale



Le potentiel énergétique des déchets dans la zone du projet se résume ainsi :

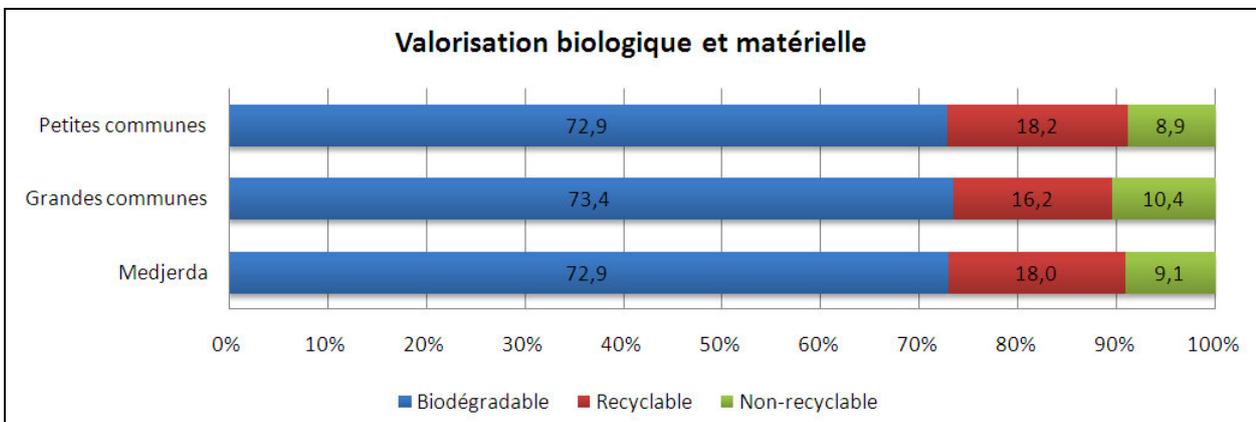
- la fraction combustible représente environ 17,0 %,
- la fraction non combustible représente 83,0 %,

4.3.2 Valorisation biologique et matérielle

Nous avons considéré la fraction matériellement recyclable (papiers, cartons, plastiques), la fraction biodégradable donc biologique et la fraction non recyclable.

La figure ci-dessous illustre la valorisation biologique et matérielle des déchets dans la zone du projet.

Figure 4-3 Valorisation biologique et matérielle des déchets de la zone du projet



Le potentiel de valorisation biologique et matérielle des déchets dans la zone du projet se résume ainsi :

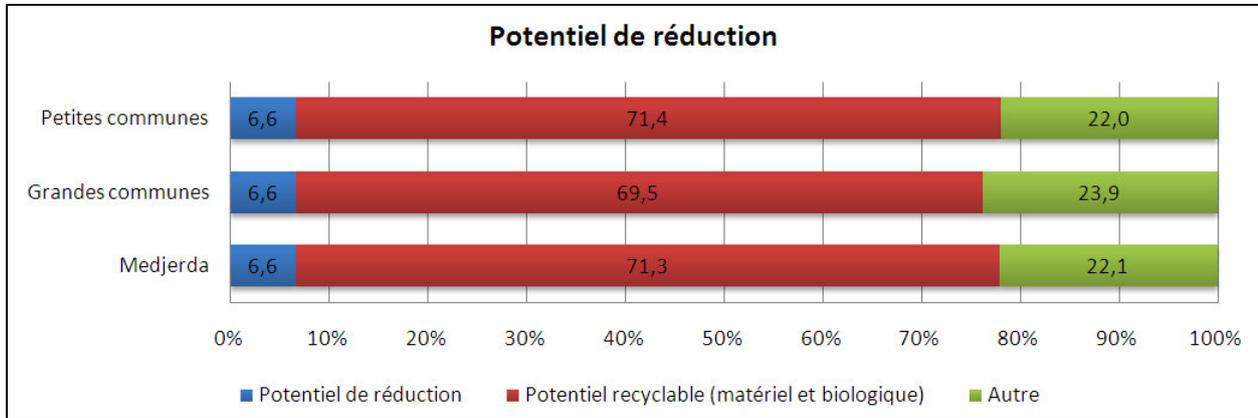
- la fraction biodégradable représente 72,9 %,
- la fraction recyclable (matérielle) représente 18,0 %,
- la fraction non recyclable représente 9,1 %.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

4.3.3 Potentiel de réduction

La figure ci-dessous illustre le potentiel de réduction des déchets dans la zone du projet.

Figure 4-4 Potentiel de réduction des déchets de la zone du projet



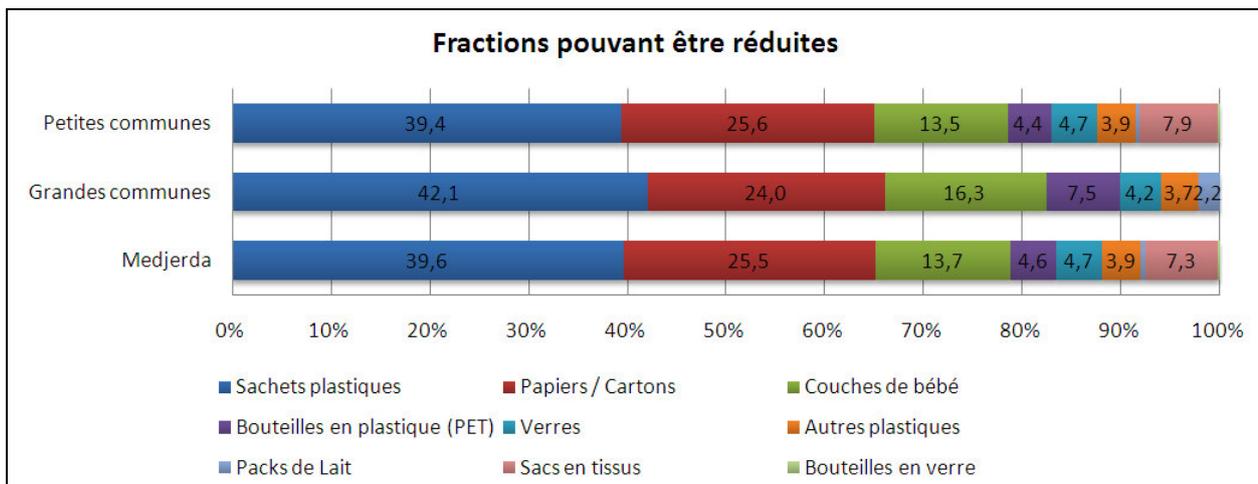
Le potentiel de réduction des déchets dans la zone du projet se résume ainsi :

- le potentiel de réduction représente 6,6 %,
- le potentiel recyclable (matériel et biologique) représente 71,3 %,
- la fraction autre (fraction à mettre en décharge) représente 22,1 %.

Ainsi le potentiel de réduction estimé se trouve dans le domaine couramment observé dans ces pays là, celui se situe entre 5 et 10 %.

La figure ci-dessous illustre la répartition des fractions pouvant être réduites dans la zone du projet.

Figure 4-5 Répartition des fractions de déchets pouvant être réduites de la zone du projet



11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

On distingue que les trois fractions dans la zone du projet qui pourraient être en grande partie réduites concernent :

- les sachets plastiques qui représentent 39,6 %,
- les papiers/cartons qui représentent entre 25,5 %,
- et les couches de bébé qui représentent entre 13,7 %
- les autres fractions sont toutes inférieures à 10 %.

4.4 VERIFICATION ET EXAMEN DES HYPOTHESES, DES CRITERES DE CONCEPTION ET DES HORIZONS

Les hypothèses de l'étude qui ont été définies en Phase 1 sont à la fois en conformité avec les critères de dimensionnement utilisés en Tunisie (caractérisation de la composition des déchets, densités de transport et de mise en décharge), et adaptés aux spécificités de la région de la Medjerda (faible taux d'accroissement des populations municipales et production spécifique de déchets ménagers). Ces hypothèses permettent donc de développer les concepts réalistes qui sont présentés dans le cadre de cette étude.

Les horizons du projet sont les suivants :

- 2012 : achèvement de l'étude de faisabilité, études des détails et préparation des appels d'offre de réalisation des infrastructures.
- 2013 : passation des marchés de construction et d'exploitation des infrastructures
- Exploitation – Horizon 1 : 2014 – 2023
- Exploitation – Horizon 2 : 2024 – 2033.

5 CONCEPT GENERAL DE REALISATION DU PROJET

5.1 CONCEPT GENERAL POUR LES DECHETS MENAGERS

5.1.1 Collecte et transport

Lors de la réunion de mars 2010, l'ANGed a clairement marqué sa réticence pour les scénarios sans centres de transfert ou proposant un nombre réduit de 13 centres de transfert. La raison principale de la préférence pour le scénario à 37 centres de transfert réside dans la difficulté actuelle des municipalités à se grouper pour réduire les coûts de la collecte.

Les sites des centres de transfert ont été proposés par l'ANGed et pour certains retenus par l'Agence, pour d'autres ils ont fait l'objet d'une décision conjointe du Consultant et de l'agence. L'ANGed a ensuite approuvé ces sites et a entrepris les démarches administratives pour les acquérir.

Après les différentes visites techniques effectuées aux sites proposés, des réunions de validation ont été tenues dans trois des quatre gouvernorats, en présences des représentants de toutes les communes concernées, des directeurs de l'ANGed et des experts du bureau d'études.

La première réunion a été tenue le 27 Avril 2009 au gouvernorat de Béjà, ensuite le 05 Mars 2009 au gouvernorat d'El Kef et le 18 Mars 2010 au gouvernorat de Jendouba. Aucune réunion n'a été tenue au gouvernorat de Silina.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Après la révolution du 14 Janvier 2011, l'ANGed a décidé d'aller de nouveau vers les gouvernorats afin de valider une seconde fois les sites proposés, avant d'entamer les différentes investigations géotechniques, géologiques et topographiques sur ces derniers.

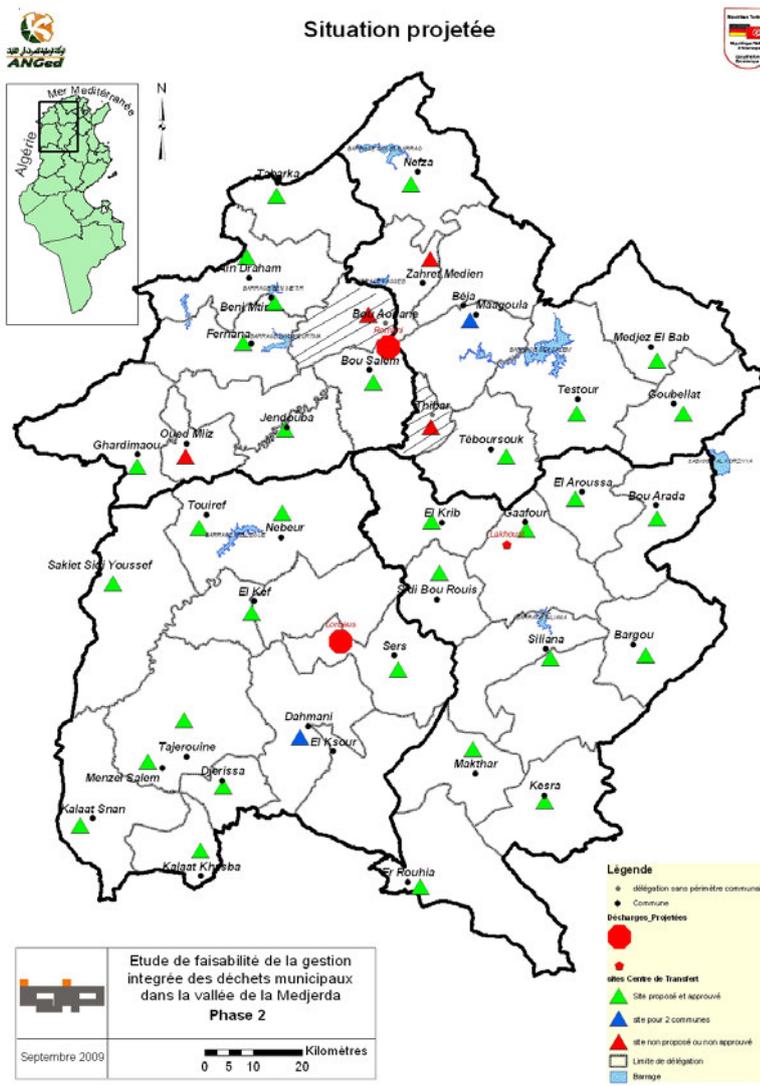
Suite à cela, l'ANGed a informé le bureau d'études des sites définitivement validés par des courriers officiels reçus le 16 Juin 2011 pour valider les sites d'El Kef, le 16 Aout pour valider quatres sites appartenant à Béjà ; un dernier courrier reçu le 23 septembre 2011 pour valider le restant des sites de Béjà et l'ensemble des sites proposés pour le gouvernorat de Jendouba.

La validation des sites de Siliana n'est pas encore reçue de l'ANGed.

L'ensemble des PV des réunions et des courriers officiels est présenté en **Annexe 5-1**.

Le scénario retenu se représente donc comme suit :

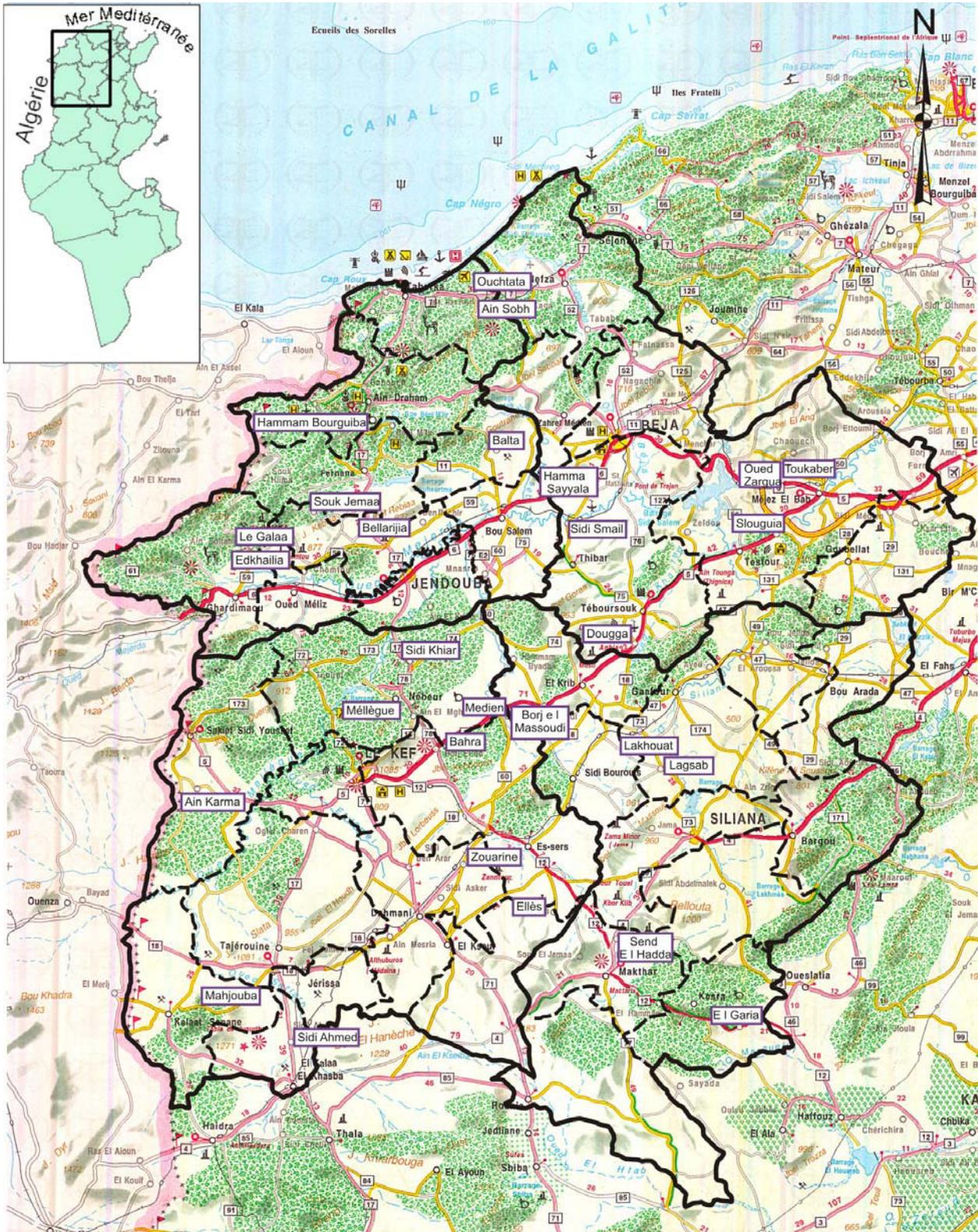
Figure 5-1 Localisation des 37 centres de transfert



11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

La localisation des points de transbordement est la suivante :

Figure 5-2 Localisation des Points de transbordement



11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

5.1.2 Prétraitement et élimination des déchets – Deux scénarios retenus

Comme mentionné dans l'introduction, suite à la visite en Hongrie et aux différentes informations techniques reçues relatives au PMB, l'ANGed a marqué son accord pour la poursuite de l'étude de faisabilité, en demandant au Consultant d'y développer deux scénarios d'élimination des déchets ménagers envisagés :

- **Scénario 1** : une décharge au site d'Erromani qui accueille les déchets des gouvernorats de Béja et Jendouba, ainsi qu'une décharge au site des Salines qui accepte les déchets des gouvernorats du Kef et de Siliana.
- **Scénario 2** : sur les deux sites du Scénario 1, envisager le PMB des déchets avant leur enfouissement.

Les deux sites d'élimination sont localisés par un point rouge dans la Figure 5-1.

5.2 RESUME DU CONCEPT RECOMMANDE POUR LES AUTRES FLUX DE DECHETS

5.2.1 Boues de STEP de l'ONAS

Les boues de STEP peuvent être valorisées en agriculture grâce à leur qualité et leur siccité d'environ 45%. Cependant, cette voie d'élimination n'est pas encore autorisée. En attendant le changement du cadre juridique, l'enfouissement des boues en décharge avec les déchets ménagers est envisageable en tant que solution de secours. Les coûts totaux de transport et d'enfouissement en décharge sur 20 ans sont d'environ 15 MDNT, soit une moyenne annuelle de 0,73 MDNT/an.

5.2.2 DASRI

Le coût de traitement des DASRI dans un banaliseuse central à Jendouba est environ 60% moins élevé que celui pour traiter les DASRI dans un banaliseuse placé dans chaque chef lieu de gouvernorat. L'option centralisée est donc plus intéressante pour attirer un opérateur privé dans la région d'étude.

Les coûts totaux annuels pour l'investissement et l'exploitation d'un banaliseuse situé à Jendouba sont de 472.755 DNT/an, soit 830 DNT/t.

5.2.3 Déchets d'abattoirs

Pour la gestion des déchets d'abattoir, on a distingué les deux types de déchets éliminés, à savoir les contenus digestifs et les saisis. La gestion appropriée des déchets de contenus digestifs est le système centralisé avec les déchets ménagers. Cependant, si un abattoir moderne par gouvernorat est envisagé dans le futur, alors l'option de valoriser ces déchets par le secteur privé serait intéressante.

L'élimination des saisis doit se faire par enfouissement en décharge après avoir été dénaturées.

5.2.4 Déchets industriels banals (DIB)

Pour la fraction inerte des DIB, les options pour la gestion des DIB vont dépendre de l'existence d'installations de tri et de prétraitement sur les décharges. S'il n'y a pas de tri / prétraitement, la fraction

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

inerte des DIB sera alors assimilée aux déchets ménagers. Par contre, s'il y a un tri et un prétraitement sur les décharges, il faudra inciter les industriels à séparer au préalable leurs déchets et il faudra alors prévoir un conteneur sur les CT pour les déchets industriels triables.

Concernant la fraction fermenticible des DIB, les trois études de cas de projet de biométhanisation ont montré que le cadre institutionnel n'est pas encore favorable au développement de telles unités. Par conséquent, compte tenu des faibles quantités en présence et de leur dispersion dans la zone d'étude, ces déchets agro-alimentaires fermenticibles n'ont d'autre solution que d'être gérés avec le système centralisé.

5.2.5 Déchets inertes

La seule solution possible pour la gestion des déchets inertes et de démolition est celle utilisée actuellement, à savoir l'élimination de ces déchets dans les dépotoirs des municipalités.

6 CONCEPT DU SYSTEME DE TRANSPORT ET DES SYSTEMES DE TRANSFERT

6.1 CONCEPTION DU SYSTEME DE TRANSPORT

Pour le développement du concept de transport, nous avons considéré les facteurs suivants :

- les quantités de déchets délivrées par les municipalités avec leurs engins de collecte (engins existants non améliorés) aux centres de transfert ;
- les distances entre les centres de transfert et l'une des deux décharges ;
- l'état des routes et les vitesses de déplacement compte tenu de l'impact des reliefs sur les routes empruntées
- la délégation de l'exploitation des centres de transfert à deux opérateurs privés : un opérateur pour les gouvernorats de Béja et Jendouba qui desservira le centre d'élimination d'Erroumani ; et un opérateur pour les gouvernorats du Kef et de Siliana qui desservira le centre d'élimination des Salines.
- Exploitation des centres de transfert et des centres d'élimination 7 jours sur 7. Compte tenu des faibles quantités de déchets et de l'absence de zone de trafic élevé, nous considérons que les sites d'élimination sont ouverts 12 heures par jours et que le transport se fait durant ces heures d'ouverture, soit de 07h à 19 h.

Le concept de calcul du transport intègre les coûts d'investissement et d'exploitation suivants :

- Investissement et réinvestissements : génie civil des centres de transfert et équipements mobiles, à savoir les camions et les conteneurs
- Exploitation : coûts d'exploitation des équipements de transport (carburant, maintenance, réparation, assurance et personnel) et coûts d'exploitation des centres de transfert en personnel (responsable, gardien, opérateur du pont bascule, personnel de nettoyage, personnel de déchargement et chauffeur).

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

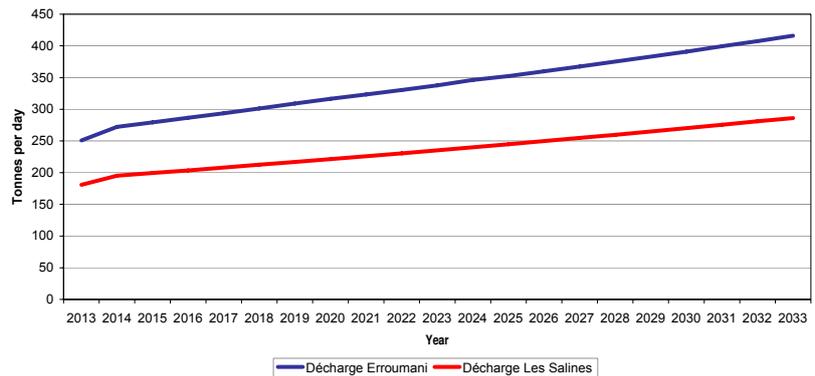
A ce niveau, les coûts de génie civil sont fixés de façon moyenne à 250.000 DNT par centre et à 350.000 DNT pour les quatre centres équipés d'un pont bascule. Les coûts détaillés de génie civil seront donnés dans le chapitre 6.5 ci-dessous, relatif aux études APS des centres de transfert.

En général, le temps de travail effectif pour le transport sera de huit heures par tour avec deux tours par jour.

La distribution des tonnages vers les deux décharges, ainsi que l'évolution des quantités transportées sont présentés dans la figure qui suit :

Figure 6-1 Tonnages annuels leur distribution vers les deux sites d'élimination

Années	Décharge Erroumani		Décharge Les Salines	
	tj	%	tj	%
2009	240	58%	176	42%
2010	245	58%	180	42%
2011	238	58%	173	42%
2012	244	58%	177	42%
2013	251	58%	181	42%
2014	272	58%	195	42%
2015	279	58%	199	42%
2016	287	58%	204	42%
2017	294	59%	208	41%
2018	301	59%	212	41%
2019	309	59%	217	41%
2020	316	59%	221	41%
2021	323	59%	226	41%
2022	330	59%	230	41%
2023	338	59%	235	41%
2024	346	59%	240	41%
2025	352	59%	245	41%
2026	360	59%	250	41%
2027	367	59%	255	41%
2028	375	59%	260	41%
2029	383	59%	265	41%
2030	391	59%	270	41%
2031	399	59%	275	41%
2032	408	59%	281	41%
2033	416	59%	286	41%



6.1.1 Les engins de transport

Le transport des déchets depuis les centres de transfert vers les établissements d'élimination se fera dans des conteneurs ouverts. Ces conteneurs seront transportés par des camions hooklift avec ou sans remorque. La figure suivante montre un camion identique à ceux envisagés pour le projet, avec remorque et deux conteneurs de 30 m³.

Figure 6-2 Camion hooklift avec remorque et deux conteneurs de 30 m³

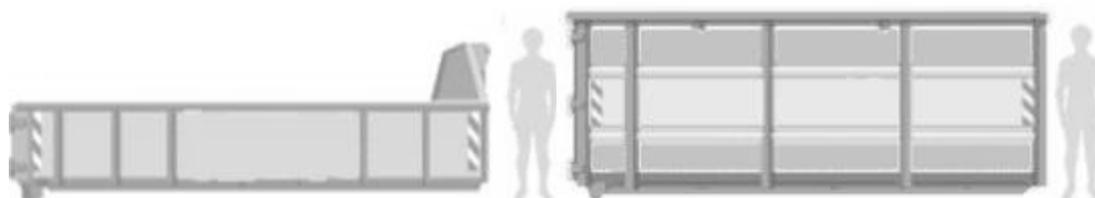
11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale



Le système proposé présente le principal avantage d'être simple ce qui engendre des besoins et des coûts de maintenance très faibles. Les équipements ont une longue durée de vie. Les camions peuvent transporter des conteneurs de différents volumes : 15 m³ ou 30 m³, voire même 38 m³.

L'utilisation des remorques permet d'avoir une grande capacité de transport. Les grands conteneurs seront utilisés dans les centres de transfert qui reçoivent une grande quantité de déchets chaque jour. Dans les points de transbordement, un conteneur de 15 m³ sera utilisé. La figure suivante montre la différence entre un conteneur de 15 m³ et de 30 m³. La petite hauteur du conteneur de 15 m³ permet son chargement par des personnes ou par déversement direct des tracteurs.

Figure 6-3 Comparaison entre conteneurs de 15 m³ et 30 m³



6.1.2 Calcul de dimensionnement des centres de transfert

Le dimensionnement des CT vise à définir le nombre de quais de déchargement, le nombre de camions et de conteneurs nécessaires à son fonctionnement, ainsi que le personnel à affecter son exploitation, ce qui permettra ensuite de développer la conception architecturale du centre et ses coûts (investissement et exploitation).

Dans la zone du projet, les quantités de déchets à considérer sont faibles et par conséquent tous les centres de transfert sont dotés de deux quais de déchargement.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

► **Principes du calcul du nombre de quais, engins et conteneurs**

La capacité du centre de transfert est définie par la quantité des déchets qui lui est transférée depuis les municipalités qui lui sont affectées.

Le nombre des plateformes dans les CT se calcul comme suit :

$$Nn = \frac{\left[\left[\left(\frac{Pt}{Pc} \times \frac{W}{Ln} \right) \times Tc \right] + B \right] \times C}{Pt \times F \times 60 \times Hw}$$

Avec :

C	Capacité du centre de transfert en 2034, tonnes par jour
Nn	Nombre de plateformes
Pt	Capacité d'un véhicule de transport 10.88 tonnes
Pc	Capacité d'un véhicule de collecte, 4.00 tonnes
F	Rapport entre le nombre de véhicules de collecte reçus en 30 mn et le nombre de véhicules reçus en 30 mn à l'aube
Hw	Heures de travail par jour
W	Largeur d'une plateforme, 2.30 m
Ln	Longueur d'une plateforme, 6.00 m
Tc	Temps requis pour décharger un véhicule de collecte, 15 mn
B	temps requis pour bouger et placer un conteneur vide, 30 mn

La conception des centres de transfert a été adaptée à leurs besoins spécifiques de 2034.

Afin de déterminer le nombre de conteneurs, camions et remorques nécessaires pour chaque centre, on a utilisé l'approche suivante :

► RCC = capacité requise de conteneur par jour [nombre]

$$RCC = \frac{Wc}{Cc * FR}$$

Wc = quantité de déchet par jour [m³]

Cc = Capacité du conteneur [m³]

FR = taux de remplissage [%]

► TD = nombre de tours par jour (arrondi)

$$TD = \frac{RCC}{NCV}$$

NCV = Nombre de conteneurs par véhicule

► RT = Temps requis par jour [heures)

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

$$RT = TD * \left(\frac{D * 2}{S} + \frac{TL + TU}{60} \right)$$

D = Distance [km]

TL = durée de chargement [min]

TU = durée de déchargement [min]

► RTC = capacité requise pour le camion [number]

$$RTC = \left(RT * \frac{WD}{WT} \right) * PC$$

WD = nombre de jour de travail [jourduré]

WT = durée de travail par an [h]

PC = capacité totale de la flotte

► RC = nombre de conteneur nécessaire par CT (arrondi)

$$RC = \frac{NP + NT * NCV}{SF}$$

► **Matériel et personnel d'exploitation : hypothèses de base**

Les besoins en personnel d'exploitation dépendent de la capacité calculée de chaque centre. Le tableau suivant présente le personnel estimé pour différentes capacités de centre de transfert :

Tableau 6-1 Coûts et besoins en personnel

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Superviseur	0.5	Par shift
Gardien	1	par shift
Ouvrier pour le pont bascule (pour les centres des shefs-lieux des gouvernorats)	1	par shift
Ouvrier sur la plateforme	1	par shift
Balayeur	1	par shift
Mécanicien	0.3	par shift
Conducteur	1	Par camion
Salaires		
Superviseur	9.450	DNT/a
Gardiens	7.403	DNT/a
Ouvrier pour le pont bascule	7.403	DNT/a
Ouvrier sur la plateforme	7.403	DNT/a
Balayeur	5.250	DNT/a
Mécanicien	7,500	DNT/a
Ouvrier dans la décharge	7.403	DNT/a
Conducteur	8.585	DNT/a
Disponibilité	90	% du temps

Les ouvriers sur la plateforme organisent le déchargement des déchets dans les conteneurs.

Pour les calculs des équipements requis pour le transport des déchets, nous avons considéré les hypothèses de calcul suivantes :

Tableau 6-2 Hypothèses de calcul pour les engins de transfert

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Camions à Hooklift	15 m ³	30 m ³	
Capacité	15	30	m ³
Coûts d'investissement dans les camions	190,000	190,000	DNT
Coûts d'investissement dans les remorques	25,800	25,800	DNT
Dépréciation	7	7	année
Coûts de maintenance (comme % du coût d'investissement)	3	3	%
Coûts de réparation (comme % du Coût d'investissement)	3	3	%
Assurance, taxe (comme % du coût d'investissement)	2	2	%
Consommation	20	25	l/h
Vitesse moyenne	50	40	km/h
Prix de carburant	1	1	DNT/litre
Temps de chargement	30	30	min
Temps de déchargement	30	30	min
Temps de travail par tour	8	8	h/tour
Tour par jour	2	2	tour/jour
Jour de travail par année	365	365	jour/an
Disponibilité	90	90	%
Temps de travail par année	5256	5256	h/a

Comme mentionné ci-dessus, les camions transportant des conteneurs de 15 m³ ne seront utilisés que dans les points de transbordement.

Le nombre de camions requis pour les centres est calculé en supposant **une vitesse moyenne de 40 km/h, un temps de travail de 8 h / shift et 4672 heures de travail par an.**

Il est supposé que les centres de transfert des gouvernorats nord (Jendouba et Béjà) et ceux des gouvernorats sud (El Kef et Siliana), seront gérés par deux opérateurs privés différents. Chacun d'eux disposera d'un parc de véhicules pour l'ensemble de sa flotte. L'utilisation de ce parc exige que les camions circulent entre tous les centres puisqu'à ce stade de l'étude, il n'est pas possible de détailler avec précision le planning des tours.

Il incombera à l'exploitant privé de maintenir les équipements mobiles tels que camions et conteneurs. Il sera de sa responsabilité de gérer le parc d'engins et de garantir sa maintenance régulière pour pouvoir assurer un service fiable.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Pour cela, un système de contrôle détaillé doit être appliqué afin d'assurer la maintenance de chaque équipement. Ce système va aussi contrôler le remplacement des camions durant la maintenance. L'exploitant devra disposer d'un atelier central, voire d'ateliers décentralisés. Il devra avoir en magasin des pièces de rechange en provision suffisante que pour assurer les réparations urgentes. Afin d'exécuter toutes les opérations nécessaires, les outils appropriés et les équipements de l'atelier doivent être en permanence disponibles et opérationnels.

Pour une quelconque urgence, un atelier mobile équipé de tous les outils et les machines nécessaires pour la réparation des équipements mobiles doit aussi être disponible. Les coûts de ce véhicule et de tous les travaux des ateliers sont pris en compte dans les coûts des centres de transfert et leurs équipements respectifs. L'ANGed, en tant que superviseur de ce système, doit le contrôler périodiquement.

Le nombre des conteneurs et les investissements nécessaires à leur acquisition sont calculés en considérant les hypothèses suivantes :

Tableau 6-3 Hypothèses de calcul pour les conteneurs

Conteneurs			
Capacité	15	30	m ³
Largeur	2.30	2.30	m
Longueur	6.00	6.00	m
Hauteur	1.09	2.19	m
Coûts d'investissement	4,800	8,000	DNT
Dépréciation	5	5	année
Coûts de maintenance (comme % de coûts d'investissement)	3	3	%
Coûts de réparation (comme % de coûts d'investissement)	3	3	%
Taux de remplissage	90	90	%
Disponibilité	90	90	%

Les coûts de ré-investissements et les coûts d'exploitation pour les centres de transfert ont été calculés en se basant sur les principes du tableau qui suit.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 6-4 Hypothèses de calcul des coûts de réinvestissement et d'exploitation

Centre de Transfert		
Coûts de réinvestissement (pour équipement après 10 années)	20	%
Dépréciation	20	années
Coûts de maintenance (comme % de coûts d'investissement)	3	%
Coûts de réparation (comme % de coûts d'investissement)	3	%
Autres coûts opérationnels (comme % de coûts d'investissement)	2	%

Les détails des calculs sont donnés dans les tableaux de l'**Annexe 6-1**.

Cette annexe comprendra pour chaque zone de transport (nord et sud), les informations suivantes pour chaque centre de transfert :

- Le nombre de camions
- Le nombre de conteneurs
- Les coûts d'investissement du centre de transfert (GC) et des engins mobiles (camions et conteneurs)
- Les coûts d'exploitation du centre de transfert et des engins de transport qui lui sont affectés

Ces informations sont résumées dans les tableaux qui suivent :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 6-5 Résumé des coûts d'équipements et d'exploitation des CT

Année	Quantité totale de déchets	Equipements requis		Coûts totaux d'investissement et de Re-Investissement			Coûts totaux d'exploitation	Grand Total	
		t/a	Camion	Conteneur	CT	équipement mobile (camions et	Total	Total	DNT/a
			Unité	Unité	DNT/a	DNT/a	DNT/a	DNT/a	
2009	86 177	5	85	0	0	0	1622414	1 622 414	
2010	88 224	5	85	0	0	0	1622414	1 622 414	
2011	85 606	5	85	0	0	0	1622414	1 622 414	
2012	87 880	5	85	0	0	0	1624814	1 624 814	
2013	90 195	5	85	4 450 000	1 630 000	6 080 000	1700814	7 780 814	
2014	97 939	5	85	0	0	0	1721436	1 721 436	
2015	100 465	5	85	0	0	0	1721436	1 721 436	
2016	103 035	5	85	0	0	0	1736369	1 736 369	
2017	105 651	5	85	0	0	0	1778950	1 778 950	
2018	108 314	5	85	0	680 000	680 000	1778950	2 458 950	
2019	111 023	5	85	0	0	0	1817186	1 817 186	
2020	113 779	5	85	0	950 000	950 000	1817186	2 767 186	
2021	116 264	5	85	0	0	0	1817186	1 817 186	
2022	118 790	5	85	0	0	0	1817186	1 817 186	
2023	121 357	6	85	890 000	870 000	1 760 000	1837808	3 597 808	
2024	124 518	6	85	0	0	0	1837808	1 837 808	
2025	126 620	6	85	0	0	0	1851277	1 851 277	
2026	129 317	6	85	0	0	0	1851277	1 851 277	
2027	132 058	6	85	0	950 000	950 000	1851277	2 801 277	
2028	134 844	6	85	0	680 000	680 000	1851277	2 531 277	
2029	137 677	6	85	0	0	0	1851277	1 851 277	
2030	140 555	6	85	0	190 000	190 000	1851277	2 041 277	
2031	143 482	6	85	0	0	0	1851277	1 851 277	
2032	146 456	6	85	0	0	0	1866210	1 866 210	
2033	149 479	6	85	0	680 000	680 000	1886832	2 566 832	
Total	2 551 818	116	1 785	5 340 000	6 630 000	11 970 000	38 094 296	50 064 296	
NPV	1 570 621			4 996 383	4 518 137	9 514 520	24 223 403	33 737 923	

Erroumani

Depreciation	5%
DPC Investment équipement mobile	2,877 DNT/t
DPC Investment CT	3,181 DNT/t
DPC total Investment	6,058 DNT/t
DPC Operation	15,423 DNT/t
DPC Total	21,481 DNT/t

Et

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Zone sud vers la décharges Les Salines								
Année	Quantité totale de déchets	Equipements requis		Coûts totaux d'investissement et de Re-Investissement			Coûts totaux d'exploitation	Grand Total
		Camion	Conteneur	CT	équipement mobile (camions et conteneurs)	Total		
				DNT/a	DNT/a	DNT/a		
t/a	Unité	Unité				DNT/a	DNT/a	
2009	64 164	5	100	0	0	0	1911653	1 911 653
2010	65 546	5	100	0	0	0	1911653	1 911 653
2011	63 266	5	100	0	0	0	1911653	1 911 653
2012	64 610	5	100	0	0	0	1911653	1 911 653
2013	65 973	5	100	5 100 000	1 750 000	6 850 000	1911653	8 761 653
2014	71 276	5	100	0	0	0	1929033	1 929 033
2015	72 800	5	100	0	0	0	1929033	1 929 033
2016	74 346	5	100	0	0	0	1929033	1 929 033
2017	75 916	5	100	0	0	0	1929033	1 929 033
2018	77 510	5	100	0	760 000	760 000	1929033	2 689 033
2019	79 127	5	100	0	0	0	1948151	1 948 151
2020	80 769	5	100	0	990 000	990 000	1948151	2 938 151
2021	82 435	5	100	0	0	0	1973787	1 973 787
2022	84 126	5	100	0	0	0	1973787	1 973 787
2023	85 842	5	100	1 020 000	760 000	1 780 000	1973787	3 753 787
2024	87 585	5	100	0	0	0	1973787	1 973 787
2025	89 353	5	100	0	0	0	1973787	1 973 787
2026	91 148	5	100	0	0	0	1973787	1 973 787
2027	92 969	5	100	0	990 000	990 000	1973787	2 963 787
2028	94 818	5	100	0	760 000	760 000	1973787	2 733 787
2029	96 694	5	100	0	0	0	1973787	1 973 787
2030	98 598	5	100	0	0	0	1973787	1 973 787
2031	100 531	5	100	0	0	0	1973787	1 973 787
2032	102 492	5	100	0	0	0	1973787	1 973 787
2033	104 483	5	100	0	800 000	800 000	1973787	2 773 787
Total	1 808 790	105	2 100	6 120 000	6 810 000	12 930 000	41 112 344	54 042 344
NPV	1 117 359			5 726 192	4 682 730	10 408 922	26 278 287	36 687 209

Les Salines

Depreciation	5%
DPC Investment équipement mobile	4,191
DPC Investment CT	5,125
DPC total Investment	9,316 DNT/t
DPC Operation	23,518 DNT/t
DPC Total	32,834 DNT/t

Les coûts moyens actualisés de l'ensemble du système de transport pour les deux zones du projet se résument comme suit :

Tableau 6-6 Coûts moyens actualisé du système de transport (en DNT/tonne)

Objet	Erroumani (58%)	Salines (42%)	Coûts moyens du projet
Investissement du GC	3,181	5,125	3,997
Investissement camions + conteneurs	2,870	4,910	3,727
Exploitation CT et engins de transport	15,973	23,518	19,142
Total	21,481	32,834	26,249

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

6.2 CONCEPTION DES CENTRES DE TRANSFERT

6.2.1 Composantes d'un centre de transfert

Les centres de transfert comprendront les aménagements suivants :

- Voiries et aires de manoeuvre
- Bâtiments
- Réseaux divers
- Pont bascule pour les Centres des 04 Gouvernorats.
- Clôture et portail

6.2.2 Conception particulière

Compte tenu des faibles tonnages journaliers des centres, ceux-ci présenteront une conception plus simple et moins onéreuse que celle des centres de transfert de Grand Tunis, voire des zones côtières du pays. Par conséquent, en concertation avec l'ANGed, les mesures suivantes seront considérées dans la conception des centres de transfert :

- Diminuer la largeur de la couverture de la zone de déchargement.
- La largeur du rail de guidage sera de 50 cm.
- Les clôtures en durs auront une hauteur moyenne de 2,0m.
- Prévoir les clôtures latérales en grillage pour les sites situés en zone non urbanisée.
- Prévoir des regards à lixiviats dans les aires de stockage de caissons
- L'aire de stockage des caissons doit être limitrophe aux quais de déchargement (si le terrain le permet)
- Séparer le système de collecte des lixiviats et des eaux de pluies au niveau de l'aire de déchargement
- Les trottoirs revêtus en autobloquant sont limités à la zone de l'administration
- Le portail d'entrée sera coulissant manuellement
- la hauteur des filets anti-envol à 6 m.
- La hauteur de la butée du quai de déchargement ne doit pas dépasser 20 cm
- Limiter la surface couverte de l'administration à 14 m². L'administration comprendra 1 bureau et un bloc sanitaire.

6.2.2.1 Les voies d'accès et de circulation interne

Les voies d'accès ont une largeur suffisante pour permettre le croisement de deux véhicules. Ces voies sont revêtues et leur tassement prévu en conséquence. Toutes les voies seront revêtues en enrobé.

6.2.2.2 Les aires de manœuvres et de déchargement

L'aire de déchargement des ordures et l'aire de manoeuvre des véhicules de transport sont dimensionnées afin de permettre sans risque ni perte de temps l'ensemble des opérations et de manoeuvres des camions de transport.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Ces aires seront revêtues en enrobé. Les zones de manœuvre des camions ampli roll, les zones de déchargement des engins de collecte ainsi que les zones de stockage des conteneurs sont prévues en dalle bétonnée de 20 cm d'épaisseur.

6.2.2.3 Les réseaux divers

Ces réseaux concernent :

- Drainage des eaux pluviales : ce drainage est effectué superficiellement, par des caniveaux latéraux, ou par des fossés revêtus ou en terre. Les eaux pluviales sont évacuées vers le fossé extérieur de la route en plusieurs points, par des conduites ou des caniveaux.

Des fossés de drainage en terre ou bétonné sont réalisés lorsque la protection du site des eaux pluviales s'impose.

- Les eaux de lixiviat : ces eaux sont récupérées séparément par des regards à grille disposés sous les quais de déchargement et sur la zone de déchargement. Ces eaux sont transportées par des conduites enterrées en PVC vers une fosse où elles sont stockées. Cette fosse, enterrée et réalisée en béton armé, de volume 6 m³ environ, sera vidée par un vide-fosse lorsqu'elle sera remplie.
- Les eaux usées : les eaux usées vannes seront soit raccordées au réseau ONAS lorsqu'il existe, soit déversées dans une fosse septique (cas des autres centres).

C'est une fosse enterrée à deux compartiments, en béton armé, d'une capacité de 15,6 m³ environ. Lorsqu'elle sera remplie, la fosse sera vidée par un vide-fosse. Un regard de trop plein permettra d'avertir lorsque la fosse est pleine.

Le réseau de collecte des eaux usées vannes est formé de regards de branchement, de regard de visite, et de canalisations en PVC enterrées.

6.2.2.4 Les bâtiments

Chaque centre comprendra les bâtiments suivants :

- Le bâtiment quais de déchargement a des modules de 7.30 m x 3.30 m
- Local administration : 14 m²

► Bâtiment quais de déchargement

Le bâtiment quai de déchargement est le bâtiment principal du centre. Il comprend la zone de déchargement des déchets dans les caissons, les quais, la zone de disposition des caissons. L'ensemble est compris dans un bâtiment en charpente métallique.

► Murs-voiles des quais

Les murs des quais sont des voiles en béton armé d'une hauteur de 3 m, et de 27 m de longueur par centre, séparant la partie haute de la partie basse du bâtiment quais.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

► Local administration

Le local administration, comprend un bureau, une toilette, ainsi qu'un sanitaire avec accès extérieur. Il comprend toutes les commodités d'usage, permettant un fonctionnement correct du centre.

6.2.2.5 Pont bascule

Seuls les quatre centres de Transfert du chef lieu du Gouvernorat seront dotés d'un pont bascule (capacité 60 tonnes), installé sur la voie d'accès. Le pont bascule sera muni de 2 bornes de compostage permettant de peser les véhicules à l'entrée comme à la sortie du centre. Les autres centres de transfert ne seront pas équipés de pont bascule.

6.2.3 Mode d'exécution des ouvrages

6.2.3.1 Déblais et remblais

Pour l'ensemble des plateformes, le terrassement sera fait jusqu'à atteinte du fond de fouille prescrit. Pour les bâtiments, on effectuera les déblais en puits et en rigole jusqu'au bon sol. Les remblais proviendront en partie des déblais provenant des fouilles, et en partie par du grave concassé.

6.2.3.2 Les voies d'accès et de circulation interne

Elément	Mode d'exécution
Couche de fondation	Grave concassée 0/31.5, épaisseur 0,30 m
Couche de base	Grave concassée, épaisseur 0,20 m
Couche de roulement	Enrobé, épaisseur 6 cm
Bordure de trottoir	Béton préfabriqué moulé, peint en blanc
Caniveaux eaux pluviales	Béton préfabriqué moulé
Revêtement de trottoir	Pavé autobloquant, posé sur une couche de tout-venant 0/31,5 de 15 cm d'épaisseur, et une couche de sable de 5 cm d'épaisseur (sur les zones indiquées sur les plans)

6.2.3.3 Les aires de chargement et les zones de stockage des caissons

Eléments	Mode d'exécution
Couche de base	Grave concassée, épaisseur 20 cm
Couche de roulement	Dalle en béton armé, épaisseur 20 cm

6.2.3.4 Réseaux divers

► Réseaux eaux usées et lixiviats

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Eléments	Mode d'exécution
Fouilles	En tranchée sur terrain de toute nature même pour le rocher compact
Canalisations	PVC type assainissement
Equipement	Grilles en fonte série lourde, dans la zone des caissons

► **Regards**

Eléments	Mode d'exécution
Radier	Béton armé
Parois	Idem

► **Fosses (eaux usées et lixiviats)**

Elément	Mode d'exécution
Radier	Béton armé.
Parois	Béton armé.

6.2.3.5 Bâtiments

► **Bâtiments administratifs**

Elément	Mode d'exécution
Fondations	Semelles isolées B.A sur béton de propreté, murs de soubassement, longrines B.A. et en dalle B.A.
Plancher ossature	Poteaux-poutres en B.A. - partie, dalle en corps creux linteaux au dessus des ouvertures.
Murs et cloisons	Remplissage en briques creuses enduites de mortier bâtard, peinture vinylique blanche.
Façade	Enduit de mortier de ciment sur briques et poteaux B.A., peinture extérieure vinylique blanche.
Evacuation en pluviales	Tuyaux de descentes PVC pour eaux de terrasse
Appuis de fenêtre	Plaque en granito marbré.
Fenêtre et volet simple	Menuiserie bois, type à la française, vitrage, peinture glycérophtalique.
Porte d'entrée	Bois plein peinture glycérophtalique
Sol	Carrelage marbré
Plafond	Enduit de mortier bâtard sur hourdis corps creux peinture vinylique blanche.

► **Bâtiment quai de déchargement**

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Elément	Mode d'exécution
Fondations	Semelles isolées B.A sur béton de propreté, murs de soubassement, longrines B.A.
Ossature	Poteaux, fermes et pannes en charpente métallique
Couvertures.	Bacs aciers galvanisé prélaquées une face
Quais	Voiles en béton armé
Murs et cloisons	Remplissage en briques creuses enduites de mortier bâtard, peinture vinylique blanche
Evacuation en pluviales	Tuyaux de descentes PVC pour eaux de terrasse
Sol	Chapes (partie haute et partie basse, y compris la partie non couverte) en dalle BA de 20 cm d'épaisseur

► **Pont Bascule (dans les CT des 4 chefs lieux de gouvernorat)**

Elément	Mode d'exécution
Radier	Béton armé, avec forme
Parois	Béton armé, avec forme
Equipement	Pont-bascule, capacité de pesage jusqu'à 60t.

► **Clôture**

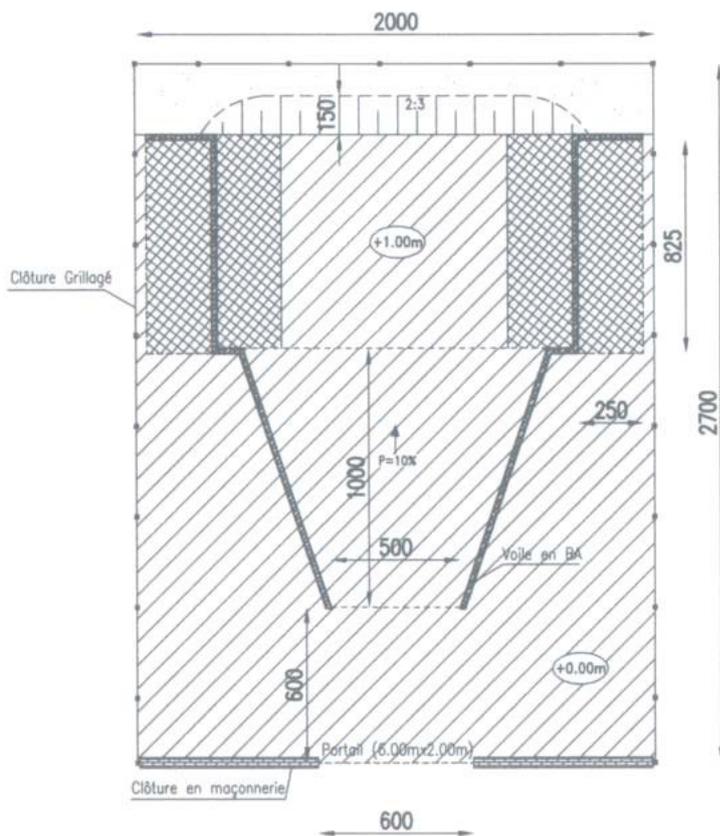
Elément	Mode d'exécution
Fondations	Semelles isolées B.A sur béton de propreté, murs de soubassement, longrines B.A.
Murs et cloisons	Remplissage en briques creuses enduites de mortier bâtard, peinture vinylique blanche.
Partie grillagée	Grillage torsadé 6 x 6 cm, double torsion, poteau en béton armé préfabriqué 15cmx15cm.
Façade	Enduit de mortier de ciment sur briques et poteaux B.A., peinture extérieure vinylique blanche.

6.3 CONCEPTION DES POINTS DE TRANSBORDEMENT

Dans les quarante agglomérations des Conseils Ruraux seront construits des « points de transbordement » : il s'agit d'un terrain d'environ 900 m², clôturé, et équipé d'une rampe avec deux quais de déchargement d'environ 1,5 m de haut. Ils sont équipés de conteneurs bas de 15 m³ (h = 1,00 m) qui peuvent être transportés par un camion hooklift. Ils sont de faible hauteur pour faciliter la construction des points de transbordement.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Figure 6-4 Exemple de quai de transbordement



Pour le choix de l'emplacement du point de transbordement, on respectera les contraintes suivantes :

- Emplacement à proximité d'une route, près des points principaux de production de déchets dans l'agglomération du Conseil Rural
- Se situer de préférence sur la route entre l'agglomération et le centre de transfert

Le coût d'investissement d'un simple point de transbordement (petite rampe, clôture, asphalte) se calcule comme suit :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 6-7 Investissement pour un point de transbordement

	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
			DNT	DNT
Travaux Civils				
Terrain	m ²	900,000	0,000	0,000
Nettoyage du terrain	m ²	900,000	0,375	337,500
Excavation et nivellement	m ³	1 800,000	2,563	4 612,500
Canivaux de drainage	m	100,000	22,500	2 250,000
Surface asphaltée	m ²	855,000	15,000	12 825,000
Clôture	m	120,000	31,250	3 750,000
Bac de collecte des lixiviats	Pcs.	1,000	6 250,000	6 250,000
Murs en béton armé (B,A,)	m ²	20,000	37,500	750,000
Aménagement paysagé	ffait	1,000	2 500,000	2 500,000
Total				33 275,000
Autres 20 %				6 655,000
Grand total				39 930,000

Les investissements des 40 quais de transbordement ne sont pas financés dans le cadre du projet de Coopération Financière. Ils le seront soit directement par l'ANGed, soit par une autre source de financement. **Le montant total de l'investissement pour les 40 quais de transbordement est de l'ordre de 1.600.000 DNT.**

6.4 APS DES CENTRES DE TRANSFERT

Les APS des centres de transfert sont présentées individuellement dans l'**Annexe 6-2**.

Pour chaque centre de transfert il y est détaillé :

- La description du site avec photos et spatio-carte Google,
- Le concept de l'APS du centre de transfert
- Une estimation des coûts d'investissement du génie civil à prendre en charge par le projet.

Au moment de l'élaboration de la présente version provisoire de Juillet 2012, la situation des études des APS des centres de transfert est la suivante :

Tableau 6-8 Situation des études et investigations des CT en juillet 2012

Gouvernorat	Numéro du CT	Municipalité desservie	Terrains confirmés pour investigation	Terrains investigués au 07/2012	APS présentés dans le rapport de 07/2012
Beja	1	Beja (Béja Nord / Mâagoula)	x	x	x
	2	Goubellat	x	x	x
	3	Mejez el Bab	x	x	x
	4	Nefza	x	x	x
	5	Teboursek	x	x	Site déplacé

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Gouvernorat	Numéro du CT	Municipalité desservie	Terrains confirmés pour investigation	Terrains investigués au 07/2012	APS présentés dans le rapport de 07/2012
	6	Testour	x	x	Site déplacé
	7	Zahret Medien	x	x	x
	8	Thibar	x	x	A faire
Jendouba	9	Jendouba (Nord/Sud)	x	x	x
	10	Ain Drahem	x		
	11	Beni M'Tir	x	x	x
	12	Boussalem	x	x	x
	13	Fernana	x	x	x
	14	Ghardimaou	x	x	x
	15	Oued Miz	x		
	16	Tabarka	x	x	x
Le Kef	17	Le kef (Est/Ouest)	x	x	x
	18	Dahmani / Ksour	x	x	x
	19	Jerissa	x	x	x
	20	Kalaat Khasba	x	x	x
	21	Kalaat Senan	x	x	x
	22	Menzel Salem /Tajerouine	x	x	x
	23	Nabeur	x	x	x
	24	Sakiet Sidi Youssef	x		
	25	Sers	x	x	x
26	Touiref	x	x	x	
Siliana	27	Siliana (Nord/Sud)			
	28	Aroussa			
	29	Bargou			
	30	Bouarada			
	31	Gaafour			
	32	Kesra			
	33	Le Krib			
	34	Makthar			
	35	Rouhia			
36	Sidi Bou Rouis				
Total	36		26	23	20

6.5 COUTS DES INVESTISSEMENTS DE GENIE CIVIL

Les estimations de coûts des travaux de génie civil sont données par gouvernorat et par centre de transfert dans les tableaux de l'**Annexe 6-3**.

Elles se résument comme suit :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 6-9 Résumé des coûts de travaux de GC des CT

Gouvernorat	Numéro du CT	Municipalité desservie	Estimation des montants du GC (DNT)
Beja	1	Beja (Béja Nord / Mâagoula)	219 700
	2	Goubellat	230 180
	3	Mejez el Bab	227 185
	4	Nefza	218 590
	5	Teboursek	
	6	Testour	
	7	Zahret Medien	239 640
	8	Thibar	
		Total Gouvernorat	1 135 295
Jendouba	9	Jendouba (Nord/Sud)	232 950
	10	Ain Drahem	
	11	Beni M'Tir	217 985
	12	Boussalem	215 665
	13	Fernana	223 715
	14	Ghardimaou	228 050
	15	Oued Miz	
	16	Tabarka	234 825
		Total Gouvernorat	1 353 190
Le Kef	17	Le kef (Est/Ouest)	236 975
	18	Dahmani / Ksour	229 375
	19	Jerissa	224 000
	20	Kalaat Khasba	204 750
	21	Kalaat Senan	222 350
	22	Menzel Salem /Tajerouine	225 810
	23	Nabeur	259 740
	24	Sakiet Sidi Youssef	
	25	Sers	221 610
	26	Touiref	243 160
		Total Gouvernorat	2 067 770
Siliana	27	Siliana (Nord/Sud)	
	28	Aroussa	
	29	Bargou	
	30	Bouarada	
	31	Gaafour	
	32	Kesra	
	33	Le Krib	
	34	Makthar	
	35	Rouhia	
	36	Sidi Bou Rouis	
		Total Gouvernorat	0
Total	36	Total 4 Gouvernorats	4 556 255

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

6.6 EXECUTION ET RISQUE OPERATIONNELS

Le principal risque qu'encourt la réalisation des centres de transfert est un risque foncier. Toutefois, forte de nombreuses années d'expérience dans ce domaine, l'ANGed (et le Consultant) ont entrepris de nombreuses démarches afin de sécuriser la disponibilité des terrains pour y implanter les centres de transfert. Un premier indicateur étant la réalisation des investigations de terrain qui se font en parallèle avec les différentes étapes de l'étude de faisabilité.

Ce risque est donc connu et les démarches entreprises visent à la réduire autant que possible, mais il ne peut être exclu pour quelques terrains. L'enquête sociologique a présenté les résultats suivants :

Tableau 6-10 Tableau de synthèse des résultats de l'enquête d'acceptabilité des populations pour les sites de CT et de décharge

Gouvernorat	Sites CT/décharge	Tableau de synthèse sur l'acceptabilité			
		Bonne	Moyenne	Mauvaise	Raisons/ problèmes
Béja	1 Béja/Magoulaa	X			Décharge communale
	2 Nefza	X			Décharge communale
	3 Testour			X	Domaine de l'Etat non titré
	4 Teboursek	X			Décharge communale
	5 Goubellat			X	Terrain récupéré par son propriétaire
	6 Medjez El Bab	X			Hors périmètre communal
	7 Tibar	X			dans une Zone classée industrielle
	8 Zahret Medylene	X			dans une Zone classée industrielle
	8	6	0	2	
Jendouba	1 Jendouba			X	Déch com., Municipalité a 1 ha et les privés ont 5 ha
	2 Fernana	X			Ancienne carrière,
	3 Beni M'Tir	X			Ancienne carrière,
	4 Tabarka	X			Décharge communale
	5 Ain Drahem	X			Dans la forêt
	6 Bou Salem CT		X		A côté du marché du bétail, proximité de l'habitat
	7 Bou Salem site déch.	X			Dans les colline, accès contesté par la centrale laitière
	8 Ghardimaou	X			
	9 Oued M'liz	X			Classé vocation : établissement commercial
	10 Balta/Bouaouen			X	Le site va être proposé à la délégation
	10	7	1	2	
Kef	1 Le Kef	X			Ancienne carrière
	2 Sers CT	X			Décharge communale
	3 Sers site décharge	X			Terrain agricole
	4 Ksour/Dahmani			X	Ancienne maison de jeunes, voie d'accès privée, près du stade, OM Dahmani non acceptées
	5 Nebeur	X			Ancien marché de bétail, proche d'habitat
	6 Touiref	X			terrain agricole
	7 Sakiet Sidi Youssef	X			proche d'une forêt
	8 Tajerouine/Menzel Sale	X			Terrain agricole à 12 Km de Tajerouine
	9 Jerissa	X			dans une Zone classée industrielle, proche de l'habitat
	10 Kalaat Snan	X			Site de CT dans le plan d'aménagement
	11 Kalaat Khasba	X			Site de CT dans le plan d'aménagement, proche d'un marché de bétail et d'un stae de quartier
	11	10	0	1	
Siliana	1 Siliana		X		Décharge actuelle, manque de 0,5 ha de terrain pour le CT
	2 Makthar			X	le propriétaire a refusé de céder son terrain sous la pression des riverains
	3 Kesra		X		vers la localité de Hammam kesra
	4 Rouhia		X		Décharge actuelle contestée par les riverains, zone destinée à des établissements
	5 El Krib	X			décharge communale contestée, en face de la nouvelle zone industrielle
	6 Sidi Bou Rouis	X			A côté du dépôt des déchets liquides des olives
	7 Gaafour			X	Site rejeté par une commission inter ministérielle régionale pour de fausse justifications, il est géré par un SMVDAL le site proposé est inapproprié
	8 El Aroussa		X		Décharge communale, le site proposé par ANGd a été rejeté et remplacé par un nouveau plus loin
	9 Bou Arada	X			Décharge communale
	10 Bargou	X			Sitet à proximité du périmètre communal
	10	4	4	2	
Total	39	27	5	7	

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

L'étude menée dans le cadre de l'Avenant 3 a fait des propositions quant aux actions à entreprendre pour sensibiliser les populations et réduire les risques de rejet du projet.

L'ANGed semble avoir décidé de procéder à ces sensibilisations par ses propres ressources et suivant sa méthodologie propre. Le BE n'est donc plus impliqué dans cette démarche.

Toutefois, nous recommandons de procéder rapidement à la campagne de sensibilisation afin de passer le plus rapidement possible à la réalisation des travaux de construction afin que les terrains ne soient pas affectés par les municipalités à d'autres fonctions.

Les risques opérationnels seront imputables à une mauvaise exploitation des centres, mais les faibles quantités en jeu et le fait de soumettre l'exploitation à des opérateurs privés réduit les potentiels impacts des centres sur l'environnement.

Ces risques seront analysés en détails pour chaque centre dans les E.I.E particulières.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

7 CONCEPT DU PRE-TRAITEMENT MECANO-BIOLOGIQUE

7.1 INTRODUCTION

Les scénarios développés pour la gestion des déchets municipaux de la Vallée de la Medjerda dans la phase 2 de l'étude ont porté entre autres sur les comparaisons techniques et financières entre une élimination avec ou sans prétraitement. Les options de prétraitement analysées ont été la décomposition aérobie (prétraitement mécano-biologique ou PMB) et anaérobie (digesteurs) des déchets ménagers.

Il s'est avéré que les systèmes anaérobiques présentent des coûts trop élevés et ont donc été écartés. Par contre, les solutions avec PMB présentent une solution technique innovante et qui peut s'adapter aux conditions de la région du projet. En effet, l'étude a montré l'intérêt de développer deux centres de prétraitement (PMB) et d'élimination sur les terrains identifiés pour les sites de décharge, à savoir Les Salines et Erroumani.

Suite aux exigences de la KfW, Monsieur Müller a réalisé une expertise pour vérifier les résultats de l'étude de Phase 2 qui fut présentée en juillet 2011. D'après son expérience, le traitement mécano-biologique des déchets est une technologie flexible et adaptée pour un large éventail d'utilisation. Sous l'hypothèse que les exigences techniques correspondantes soient respectées pour la conception et l'exploitation d'un PMB, il est supposé que le PMB est une technologie qui fonctionne dans les conditions de la Tunisie. Pour cela, il existe plusieurs méthodes appropriées.

A cet effet, deux technologies de PMB (Gore, Allemagne et Compost Systems, Autriche) ont présenté leur système à l'ANGed en juillet 2011. Suite aux réactions positives de cet échange, une visite du site de PMB de Győr en Hongrie fut organisée en octobre 2011 afin que le personnel de l'ANGed puisse voir et comprendre les avantages de cette technologie pour la Tunisie.

En conclusion des résultats de l'étude de phase 2, de la réunion de juillet 2011 et de la visite du site de PMB en Hongrie, l'ANGed a clairement montré son intérêt pour le PMB. Toutefois, l'ANGed n'est actuellement pas en mesure de prendre une décision claire pour aller vers un prétraitement des déchets. C'est pourquoi, vu les enjeux que représente le PMB pour la Tunisie, le BE a décidé de développer les deux scénarios en phase 3, qui sont plus particulièrement :

- Scénario de mise en décharge simple

Dans ce scénario, il est prévu de réaliser deux grandes décharges au site des Salines (32.5 ha) et d'Erroumani (40 ha). D'après les surfaces disponibles et la production des déchets, ces décharges seront saturées dans 20 ans.

- Scénario 2 PMB avec 2 décharges contrôlées

Les comparaisons technico-économiques montrent l'intérêt de développer deux centres de prétraitement et d'élimination sur les terrains identifiés pour les sites de décharge, au site des Salines et d'Erroumani.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

7.2 PRINCIPE ET SYSTEMES DE PMB

7.2.1 Principe du PMB

Le prétraitement mécano-biologique vise à la valorisation des matières recyclables par un processus mécanique et à la stabilisation des déchets ménagers par un processus microbiologique de décomposition de leur fraction fermentescible.

Ce processus peut réduire le volume et la masse des déchets à enfouir jusqu'à 60 % et contribuer ainsi à la prolongation de la durée de vie de la décharge. De plus, la bio-stabilisation limite la production des lixiviats et des gaz à effet de serre (en particulier le méthane) des déchets enfouis et contribue ainsi à la réduction des coûts d'investissement et d'exploitation de la gestion des lixiviats et des gaz de la décharge.

Le PMB se compose de deux phases :

► La préparation mécanique

La préparation mécanique a pour objectif principal de conditionner les déchets pour la décomposition microbiologique des fractions fermentescibles. Cette étape sert au conditionnement des déchets du fait :

- de l'ouverture des sacs et/ou du pré-broyage : augmentation de la surface des morceaux de déchets, afin de favoriser l'action de la dégradation microbiologique
- de l'homogénéisation et l'humidification : ajustement de l'humidité optimale
- de l'extraction et de la récupération des fractions valorisables (par ex. dans une unité de tri manuel) en ce comprise la fraction présentant un fort pouvoir calorifique pour une possible utilisation dans des fours (par ex. au moyen de tamis et cribles)
- de l'extraction complémentaire des fractions ferreuses et non ferreuses (par des séparateurs magnétiques et à champs magnétiques inversés)
- de l'extraction des autres substances nocives, qui peuvent perturber le processus.

Seuls l'ouverture des sacs et l'homogénéisation sont obligatoires, les autres procédés sont facultatifs et à introduire en fonction des besoins locaux.

► La stabilisation biologique

Dans cette deuxième phase, les déchets organiques sont placés en andains après avoir été séparés dans la première phase. Le processus principal dans cette phase est la biodégradation aérobie des fractions fermentescibles (composés carbonés) générant principalement du dioxyde de carbone (CO₂) et de l'eau. Les processus aérobies peuvent se réaliser avec aération active ou passive.

Lors de la phase de décomposition, les substances organiques contenues dans les déchets sont détruites par les microorganismes. Cela entraîne une augmentation de la libération de chaleur, donc le matériau en décomposition se réchauffe. L'activité des microorganismes est maximale quand la température atteint entre 50 à 60°C, c'est par conséquent à cette température que la dégradation des matières organiques, et donc le processus de décomposition sont les plus rapides.

Dans le cas de la décomposition sans aération forcée, la température dans les andains augmente et dépasse la température optimale. Cela a pour conséquence le ralentissement de l'activité des microorganismes. La mise en place d'une aération forcée permet de remplacer l'air chaud et humide par de l'air frais. Cela entraîne l'évacuation de la chaleur dans les andains. Le refroidissement s'effectue majoritari-

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

rement par évaporation de l'eau contenue dans le matériau en décomposition. Plus le taux d'aération est élevé, plus l'air est renouvelé et cet air peut à nouveau emmagasiner de la vapeur d'eau. L'évacuation de la chaleur ne doit cependant pas être trop forte, car le matériau en décomposition ne doit pas trop se refroidir (min. 50°C). Pour optimiser la dégradation, l'aération doit être réglée de telle façon que la température du matériau en décomposition reste dans une plage de 50 à 60°C.

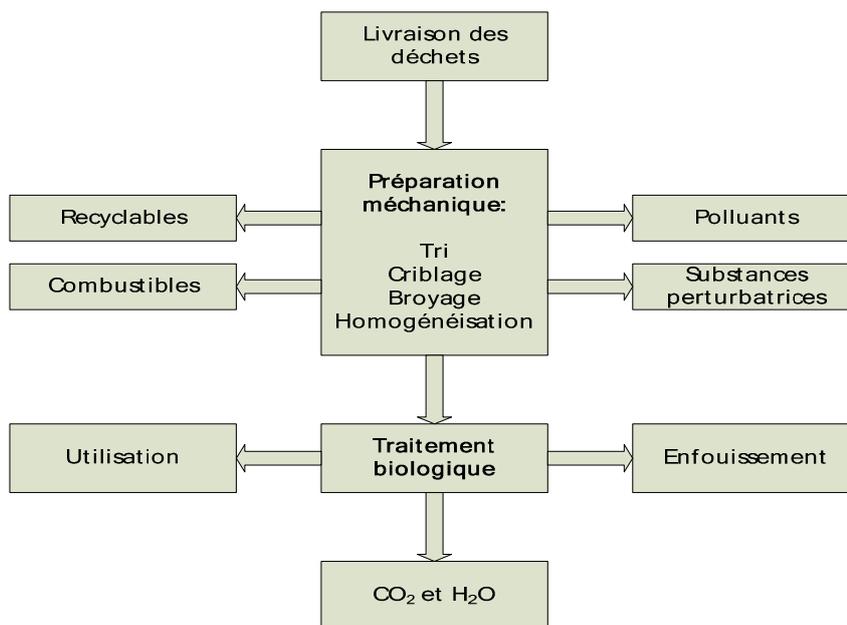
L'aération et l'irrigation nécessaires peuvent être estimées en fonction de la production d'énergie lors de la dégradation des substances organiques, de la quantité d'eau nécessaire pour le transport de l'énergie, de la capacité de l'air à emmagasiner de la vapeur d'eau selon la température ainsi que des caractéristiques des déchets.

Trois facteurs sont déterminants dans le matériau à décomposer pour l'optimisation du processus de décomposition :

- la teneur en eau
- le taux d'oxygène
- la température

Le processus du PMB peut être schématisé comme suit :

Figure 7-1 Schéma du processus de prétraitement mécano-biologique



7.2.2 Objectifs du PMB

Le PMB vise à mettre en décharge des déchets « inertes » qui ne génèrent plus de lixiviats ni de biogaz. Lorsque la décharge est pleine, son suivi postopératoire est réduit à quelques années seulement, contrairement aux décharges de déchets ménagers non traités qui nécessitent un suivi postopératoire de 30 à 50 ans.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

En résumé, les objectifs du PMB sont :

- la stabilisation maximale des déchets
- la réduction de la teneur en eau des déchets traités
- la réduction des émissions de gaz
- la réduction du volume à éliminer.

7.2.3 Différents systèmes de PMB

L'étude de la phase 2 a montré que le système à aération passive n'apportait pas une solution adéquate pour la Tunisie (problèmes d'odeurs, de rongeurs, manque de surface, coûts trop élevés pour la préparation de la surface nécessaire pour le système à aération passive sur le site d'Erroumani, etc.). Ainsi le système à aération passive a été écarté.

En revanche, le BE a recommandé le système de PMB à aération active (forcée). Grâce à l'aération forcée, il est possible d'optimiser l'alimentation en oxygène et la température. Dans le cas de déchets frais, la régulation de la température est le facteur essentiel pour assurer l'aération optimale. En général, il existe deux méthodes d'aérations forcées :

- Aération par pression (l'air est soufflé par pression à travers le matériau à décomposer)
- Aération par aspiration (l'air est aspiré à travers le matériau à décomposer)

Dans le cas de la décomposition en andains ouverts et avec aération par pression, l'air soufflé à travers les andains se retrouve dans l'environnement, alors que dans le cas de l'aération par aspiration, l'air est capté et doit être traité. L'aération par aspiration est techniquement plus compliquée à mettre en œuvre et plus coûteuse à cause du traitement de l'air.

Cependant, il existe différents systèmes de PMB à aération active :

- Sans bâches
- Avec bâches
- Toit semi-ouvert
- Hall fermé

Une comparaison des quatre systèmes est donnée dans le tableau ci-après.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 7-1 Différents systèmes de PMB à aération active

Systèmes	Système d'andains ouvert sans membrane	Système d'andains ouvert avec membrane	Système d'andains semi-ouvert avec toiture	Système d'andains fermé avec toiture
Figure	 Source : Grünland GmbH	 Source : UTV AG	 Source : Compost Systems GmbH	 Source : Compost Systems GmbH
Durée	~ 12 à 16 semaines	~ 8 semaines	~ 8 semaines	~ 8 semaines
Surface	~ 3,6 m ² /tonne (0,3 t/m ²)	~ 1,6 m ² /tonne (0,6 t/m ²)	~ 1,6 m ² /tonne (0,6 t/m ²)	~ 1,6 m ² /tonne (0,6 t/m ²)
Exploitation	<ul style="list-style-type: none"> • Retournement : 2 fois/mois • Irrigation : nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Retournement : 2-3 fois au total • Irrigation : quasi nulle 	<ul style="list-style-type: none"> • Retournement : 2 fois/mois • Irrigation : nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Retournement : 2 fois/mois • Irrigation : nécessaire
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Système simple • Système peu coûteux car peu d'infrastructures 	<ul style="list-style-type: none"> • Système simple • Système peu coûteux car peu d'infrastructures • Pas de problèmes d'odeurs, de rongeurs, ni de lixiviats 	<ul style="list-style-type: none"> • Système simple • Pas besoin de réinvestissement pour le toit (comparé aux membranes) 	<ul style="list-style-type: none"> • Système à la pointe de la technologie • Pas de problèmes d'odeurs ni de rongeurs
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Durée de décomposition longue • Surface nécessaire élevée • Exploitation intensive (retournement, irrigation...) • Problèmes d'odeurs, de rongeurs, de lixiviats 	<ul style="list-style-type: none"> • Renouvellement des membranes environ tous les 5 ans 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitation intensive (retournement, irrigation...) • Aspiration et traitement de l'air nécessaire • Problèmes d'odeurs et de rongeurs 	<ul style="list-style-type: none"> • Ventilation du hall nécessaire • Aspiration et traitement de l'air nécessaire • Coûts d'investissement et d'exploitation élevés • Exploitation intensive
Coûts	~ 15 DNT/tonne	~ 30 DNT/tonne	~ 30 DNT/tonne	~ 30 DNT/tonne + Investissement Hall + Traitement de l'air

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

7.3 SYSTEMES DE PMB POUR LA VALLEE DE LA MEDJERDA

7.3.1 Spécificités des déchets de la vallée de la Medjerda

D'après les analyses réalisées sur les déchets ménagers de la vallée de la Medjerda, les déchets ont une très forte teneur en matières organiques. Par conséquent, leur teneur en eau est, elle aussi, très élevée, ce qui pose des problèmes considérables si les déchets sont directement mis en décharge :

- Une grande quantité de lixiviats très concentrés, dont le traitement nécessite un investissement important, est produite.
- Le compactage des déchets dans la décharge empêche l'écoulement du lixiviat, ce qui entraîne la saturation du corps de la décharge.
- En raison de la saturation du corps de la décharge, les puits de dégazage sont également saturés en eau. Ainsi le captage des gaz de décharge est difficilement réalisable et les taux de captage sont très faibles. Cela conduit au fait que les gaz de décharge sont directement relâchés dans l'atmosphère et nuisent à l'environnement. D'après les estimations des experts engagés dans le projet, le taux de captage des gaz atteindrait au maximum 25% du gaz produit.

Grâce à la mise en place d'un prétraitement mécano-biologique, les problèmes cités ci-dessus devraient être largement réduits, si ce n'est complètement écartés. Les objectifs essentiels du prétraitement pour la région de la Medjerda sont donc :

- La réduction de la teneur en eau des déchets. Cela permet une mise en décharge plus facile et une réduction importante de la quantité de lixiviats.
- La dégradation des substances organiques et en même temps la réduction du potentiel de production de gaz des déchets à stocker. Cela est possible à l'aide d'un traitement biologique. Le potentiel de production de gaz peut pratiquement être réduit à zéro. Selon les méthodes, différents types de mise en œuvre sont nécessaires, qui entraînent des coûts plus ou moins élevés. Sous les conditions climatiques de la Tunisie, une réduction du potentiel de production de gaz de 80 % semble être un objectif ambitieux mais réaliste.

7.3.2 Technologie de PMB recommandée pour la vallée de la Medjerda

Le maintien de la teneur en eau optimale a une importance capitale pour favoriser un processus de décomposition efficace. Comme cela a été précisé précédemment, de l'eau doit être ajoutée pendant le processus de décomposition. Pour cela, des réserves d'eau sont à prévoir sur le site.

Des précipitations importantes peuvent provoquer une irrigation excessive du matériau en décomposition, ce qui limite le processus de décomposition. Par ailleurs, l'exposition extrême au soleil et une température élevée peuvent entraîner une forte évaporation, en particulier à la surface des andains, qui a également pour effet de ralentir le processus de décomposition. Compte-tenu des conditions climatiques en Tunisie, une protection semble nécessaire. Parmi les différents systèmes de PMB à aération active présentés au chapitre 7.2.3, le BE a recommandé en phase 2 de se focaliser sur les systèmes suivants :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- Système d'andains ouvert avec membrane

Utilisation d'une membrane semi-perméable comme couverture.

- Système d'andains semi-ouvert avec toiture

Cela a pour avantage de collecter les eaux de pluie et de pouvoir les utiliser pour une irrigation ciblée ainsi que de protéger les andains du soleil.

Les deux systèmes peuvent remplir les conditions essentielles pour assurer une décomposition efficace en Tunisie, qui sont :

- Aération du matériau en décomposition
- Régulation de la teneur en eau (protection contre les intempéries et humidification du matériau à décomposer)
- Homogénéisation du matériau à décomposer par retournement des andains
- Protection contre le dessèchement du matériau à décomposer par le soleil et le vent
- Collecte des précipitations et des lixiviats
- Réduction des émissions d'odeurs

Dans les deux cas, ces systèmes permettent de réduire remarquablement le temps de décomposition nécessaire par rapport à un système à aération passive, ce qui réduit, par la même occasion, le besoin en surface.

7.3.3 Avantages du PMB pour la vallée de la Medjerda

- Réduction drastique de la production de lixiviats

Le procédé de décomposition aérobie des déchets, dans sa première phase, est consommatrice d'eau et productrice de chaleur. Par conséquent, le procédé est généralement déficitaire en eau, mais pour les déchets tunisiens, il peut s'avérer que l'apport complémentaire d'eau ne soit pas nécessaire, cela dépend du système de PMB utilisé.

Lors de la mise en place des déchets en andains, les lixiviats frais (donc peu odorants) sont collectés dans des bassins et ensuite ré-aspergés sur les déchets pour assurer la bonne biodégradation.

Le procédé apporte donc une solution radicale à la gestion des lixiviats.

- Meilleure gestion des odeurs

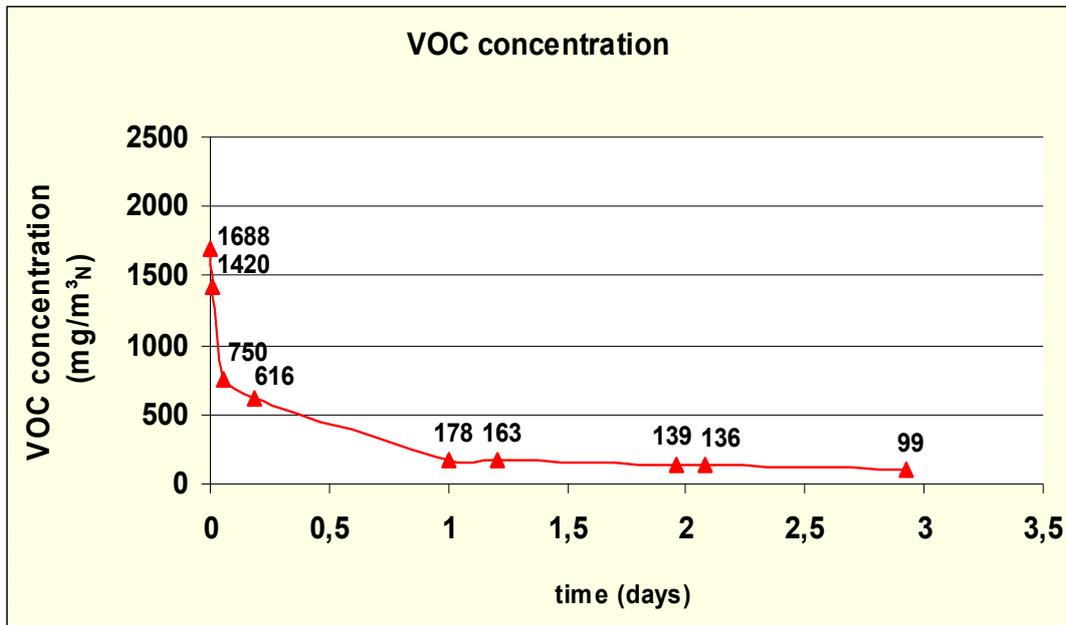
Dans le procédé de prétraitement, les odeurs peuvent se présenter lors de la mise en andains des déchets frais, ainsi que lors du retournement des andains. Durant le procédé de biodégradation, les odeurs sont contrôlées. Dans le procédé avec membrane de type GORE, la membrane est la barrière anti-odeur. Dans le procédé de type ouvert, c'est la régulation entre aspiration et refoulement d'air qui permet la gestion des odeurs. Les circuits d'aspiration sont équipés de biofiltres à leur extrémité.

Dans la mesure où les deux sites de PMB sont très éloignés des zones d'habitats, les risques de nuisances olfactives sur les populations riveraines seront quasiment non existants.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Le diagramme suivant présente la réduction des composés organiques volatils (COV) lors du PMB. Dans cet exemple pris d'une station de prétraitement en Angleterre, on peut voir que la concentration en COV diminue de 90% après 1 jour de traitement.

Figure 7-2 Réduction des composés organiques volatils (COV) lors du PMB



- Réduction des volumes mis en décharge et valorisation des déchets

La quantité de déchets enfouis en décharge diminue de plus de 50% grâce au PMB. Et les déchets pré-traités ont une densité d'enfouissement plus importante, environ 1,4 t/m³ au lieu de 1,25 t/m³. Par conséquent la durée de vie des sites choisis va augmenter (environ 30 ans au lieu de 20 ans).

En résumé, le PMB présente pour la vallée de la Medjerda de nombreux avantages en termes de gestion des émissions (lixiviats et odeurs), de réduction des pollutions (décharge « inertes »), de valorisation des déchets et de pérennisation des sites sélectionnés.

7.4 VALORISATION DES DECHETS

7.4.1 Valorisation matière

7.4.1.1 Matières recyclables

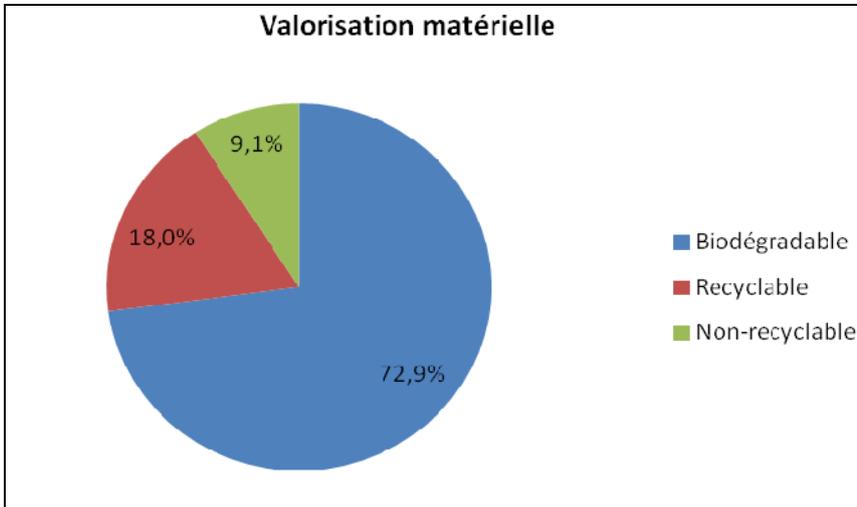
Les résultats du PMB peuvent être améliorés par un tri des fractions recyclables pouvant être séparées dans l'installation de traitement. Ceci peut être réalisé soit mécaniquement, soit manuellement. En tous les cas, si le tri induit des coûts additionnels au traitement proprement dit, il peut également générer des revenus de par la vente des matières secondaires valorisables et du gain réalisé au niveau du volume mis en décharge.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

7.4.1.1.1 Taux de valorisation

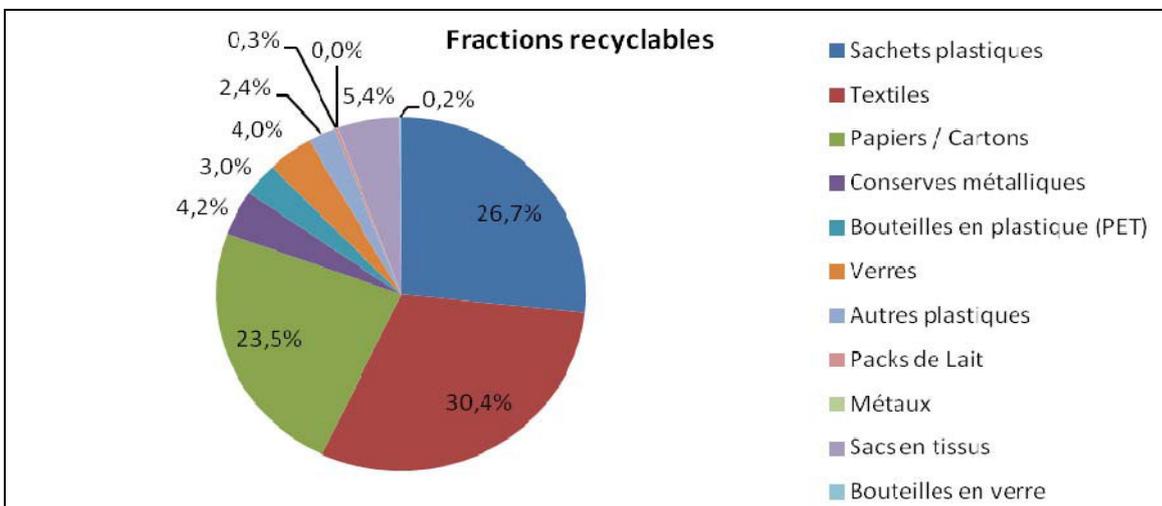
La figure ci-dessous illustre la valorisation matière des déchets dans la zone du projet (cf. chap. 4.3.2)

Figure 7-3 Valorisation matière des déchets de la zone du projet



D'après l'analyse de la composition des déchets réalisée en phase 1, le potentiel des matières recyclables contenu dans les déchets dans la zone du projet est estimé à 18%, qui se partagent comme suit :

Figure 7-4 Taux de matières recyclables contenu dans les déchets de la zone du projet



Les fractions les plus importantes sont les textiles, les plastiques et les papiers/cartons avec respectivement 30,4%, 29,1% et 23,5%. Les autres fractions (PET, métaux, verres, etc.) ne représentent que 17,0%.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Malgré un taux de matières recyclables de 18% dans la totalité des déchets, il est estimé qu'avec un tri manuel seul une petite quantité peut être triée. L'expérience à la décharge de Rabat au Maroc par exemple, a montré qu'avec une installation de tri manuel très simple avant la mise en décharge et sans traitement biologique (PMB), un taux de recyclage de maximum de 3 à 4% pouvait être atteint.

Par conséquent, pour la suite de notre l'étude nous prendrons en considération le taux de recyclage suivant :

- Pour le concept 2 : avec une installation de tri manuel après la phase de séchage biologique des déchets (PMB), on estime que le taux de recyclage peut être légèrement amélioré et atteindre jusqu'à 5%.

7.4.1.1.2 Prix de vente

Pour obtenir le prix de vente, nous nous sommes basés sur les prix de vente des intermédiaires aux gros marchands et aux sociétés de transformation dans la région de Tunis.

Les prix de vente sont basés sur les prix de 2005 donnés dans l'étude du Grand Tunis et ils ont été en partie actualisés par l'ANGed aux prix de vente de 2011. Mais en règle générale, le marché des recyclables n'a pas beaucoup évolué depuis 2005.

Le tableau ci-dessous représente les prix moyens appliqués à la vente des matières valorisables en 2011 :

Tableau 7-2 Prix moyen de vente des matières valorisables en 2011

Matières valorisables	Prix	
	DNT/kg	DNT/tonne
Cartons	0,120	120,00
Papiers	0,050	50,00
Plastiques tout confondus	0,250	250,00
Plastiques broyés (en paillette)	1,100	1.100,00
Plastiques bruts	0,500	500,00
Textiles	0,500	500,00
Métaux tout confondus	1,000	1.000,00
Non ferreux (caoutchouc, cuir, etc.)	0,150	150,00
Verres	0,030	30,00

7.4.1.1.3 Coûts de transport

Nous supposons que les matières valorisables récupérées lors du tri manuel des déchets ne seront pas revendues aux intermédiaires mais directement aux gros marchands et aux sociétés de transformation. Etant donné que la vallée de la Medjerda est une région agricole avec peu de sociétés, nous supposons que les matières valorisables seront collectées sur les sites de décharges d'Erroumani et des Salines, puis transportées et revendues vers la région de Tunis.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Supposant que la densité moyenne des recyclables dans un camion hooklift est de 0,5 tonne/m³, on en déduit les tonnages de 7,5 et 15 tonnes respectivement pour des camions d'une contenance de 15 et 30 m³.

Ainsi, les prix moyens de transport des deux sites vers Tunis sont les suivants :

Tableau 7-3 Coûts moyens du transport des matières valorisables vers Tunis

Coûts de transport	Distance [km]	Camion hooklift de 15 m ³		Camion hooklift de 30 m ³	
		DNT/tonne.km	DNT/tonne	DNT/tonne.km	DNT/tonne
Site d'Erroumani vers Tunis	133	0,1321	17,57	0,1321	17,57
Site des Salines vers Tunis	156	0,1295	20,20	0,1295	20,20

Pour la suite de l'étude, on prendra en considération les coûts pour un camion hooklift de 30 m³.

7.4.1.1.4 Résumé des hypothèses pour la suite du projet

Nos hypothèses pour la vente des matières valorisables dans la vallée de la Medjerda sont les suivantes :

- Pour le concept 2 : avec une installation de tri manuel après la phase de séchage biologique des déchets (PMB), on estime que le taux de recyclage peut atteindre 5%.
- Les coûts de transport des matières triés vers les grossistes à Tunis (camion hooklift de 30 m³) sont estimés à 17,57 DNT/t pour le site d'Erroumani et 20,20 DNT/t pour le site des Salines.
- En tenant compte des prix de vente des matières valorisables et des coûts de transport, on estime un prix de vente moyen toute fraction confondue à 30 DNT/tonne. Pour la suite de l'étude, on se basera sur ce prix de vente moyen. Ainsi, on obtient les revenus suivants :

Tableau 7-4 Revenus générés par la vente des matières valorisables

Vente des recyclables	Erroumani	Salines
Tonnage moyen entrant au PMB	135.946 t/a	94.032 t/a
Tonnage des recyclables (~5%)	~ 6.800 t/a	~ 4.700 t/a
Revenus moyens générés par les recyclables	~ 200.000 DNT/a	~ 140.000 DNT/a

Les revenus issus de la vente des recyclables sont détaillés dans les tableaux des coûts actualisés dans les **annexes 9-7 et 10-5**.

7.4.1.2 Amendement des sols

Les quantités de déchets à enfouir en décharge peuvent également être réduites par la production et la vente d'un amendement des sols, comparable à un compost de basse qualité.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

7.4.1.2.1 Taux de valorisation

D'après la composition des déchets (fraction organique ~70%) et leur teneur en eau (moyenne de 66%), on estime une perte de masse importante lors du traitement biologique. Ainsi la quantité d'amendement pouvant être produite s'élève à environ 15% de la masse de la quantité totale des déchets entrants dans le PMB (cf. graphique au chap. 7.4.3).

7.4.1.2.2 Qualité et utilisation

Un matériau d'amendement ou structurant d'un sol doit présenter une qualité contrôlée et constante avant d'être utilisé. La fraction fine issue du traitement biologique des déchets ménagers est comparable à un certain niveau de compost qui résulte du traitement des déchets organiques, mais la qualité est plus faible étant donné qu'il s'agit de déchets mixtes.

Ce sont surtout les métaux lourds et les hydrocarbures qui doivent être analysés avant de décider pour quelle application la fraction fine issue du PMB peut être utilisée.

Selon la qualité du matériau obtenu, les utilisations suivantes peuvent être envisagées :

- *l'aménagement du paysage* : utilisation de la fraction fine pour aménager une partie des espaces verts des communes, pour les plantations en bord de route ou l'aménagement des ronds-points et carrefour routier.
- *la lutte contre la désertification* : utilisation de la fraction fine pour lutter contre la désertification. Elle permettrait d'humidifier et d'apporter des éléments nutritifs aux terres arides, pauvres en sels minéraux.
- *le recouvrement des andains de décomposition (PMB) et le recouvrement journalier des déchets enfouis en décharge* : afin de limiter des émissions organiques et olfactives, les andains de décomposition ainsi que les déchets mis en décharge sont recouverts d'une couche de matières déjà décomposées qui fonctionne comme filtre biologique.

Dans tous les cas, le matériau obtenu (après décomposition) à base de déchets ménagers mixtes ne permet pas d'obtenir un compost de bonne qualité et donc ne peut pas être utilisé pour des fins agricoles.

7.4.1.2.3 Prix de vente

Bien que l'estimation de la qualité qu'aura le produit fini ne soit que descriptive et qualitative, l'amendement sera certainement difficile à écouler sur le marché local. Ceci est dû à une faible demande pour ce type d'engrais naturel.

Il existe en Tunisie des producteurs d'engrais chimiques et de composts qui vendent leurs produits de qualité moindre en moyenne à 15 DNT/tonne. Ce sont bien entendu les concurrents les plus directs en termes d'écoulement du produit valorisé.

Certes, la qualité de l'amendement produit serait moindre que celle du compost produit actuellement par les producteurs locaux. En conséquence, son prix de vente devra être inférieur aux prix de vente des producteurs. On estime donc qu'un prix de vente commercialisable de l'amendement entre 5 et 10 DNT/tonne serait envisageable.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Cependant, dans le cadre de notre étude nous préférons écarter cette hypothèse et estimons qu'il n'y a actuellement pas de marché pour ce type de produits en Tunisie. L'amendement des sols obtenu sera mis en décharge et ne générera aucun revenu. Le système de PMB étant très modulable, il est possible d'améliorer les résultats du PMB lorsque le marché pour ce type de produit sera plus favorable. Ainsi, **on pourrait** générer les revenus suivants :

Tableau 7-5 Revenus générés par la vente de l'amendement des sols

Vente de l'amendement	Erroumani	Salines
Tonnage moyen entrant au PMB	135.946 t/a	94.032 t/a
Tonnage de l'amendement (~15%)	~ 20.400 t/a	~ 14.100 t/a
Revenus moyens générés par l'amendement	~ 100.000-200.000 DNT/a	~ 70.000-140.000 DNT/a

Cependant, les coûts de transport doivent encore être déduits de ces résultats.

7.4.1.2.4 Coûts de transport

Les coûts de transports sont identiques à ceux présentés au chapitre 7.4.1.1.3.

7.4.1.2.5 Résumé des hypothèses pour la suite du projet

Nos hypothèses pour la vente d'un amendement des sols dans la vallée de la Medjerda sont les suivantes :

- L'amendement des sols obtenu sera mis en décharge et ne générera aucun revenu. Sa vente pourra être envisagée lorsque le marché pour ce type de produit sera plus favorable.
- Cependant, une plateforme de compostage d'une surface de 4.000 m² est prévue sur chaque site de décharge. Ainsi les déchets verts et des marchés collectés séparément pourront être traités indépendamment du PMB. Le compost produit sur la plateforme pourra être utilisé par les agents des communes avoisinantes afin d'aménager les espaces verts de la commune.

7.4.2 Valorisation énergétique

7.4.2.1 Combustible secondaire

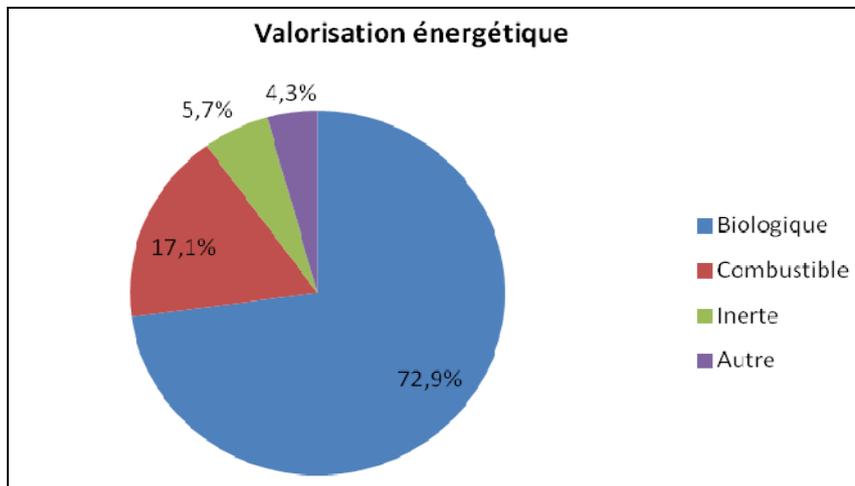
Les déchets tunisiens présentent une teneur en eau très élevée (de l'ordre de 70 %) et par conséquent leur tri est très difficile à réaliser. Le fait de sécher les déchets durant une première phase du PMB d'environ deux semaines va permettre un tri plus aisé. Par conséquent, les fractions valorisables pourront être sélectionnées, et plus particulièrement les fractions à haute valeur calorifique (RDF : papiers/cartons, plastiques, caoutchouc, cuir...) qui intéressent les cimenteries.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

7.4.2.1.1 Taux de valorisation

La figure ci-dessous illustre la valorisation énergétique potentielle des déchets dans la zone du projet (cf. chapitre 4.3.1).

Figure 7-5 Valorisation énergétique des déchets de la zone du projet



Le potentiel énergétique des déchets dans la zone du projet se résume ainsi :

- la fraction combustible (p.ex. papiers, cartons, plastiques, etc.) représente environ 17,0 %,
- la fraction non combustible (fraction biologique, inerte et autres) représente environ 83,0 %.

Malgré une fraction combustible de 17%, il est estimé qu'avec un tri sélectif avancé maximum 10% de la quantité totale des déchets peuvent être sélectionnés pour la production d'un combustible secondaire.

Cependant, si les recyclables de bonne qualité sont revendus, comme cela est le cas dans ce projet, alors seulement 3,7% des recyclables restants pourront être transformés et utilisés comme RDF (cf. graphique au chap. 7.4.3).

7.4.2.1.2 Qualité et utilisation

Il existe plusieurs qualités de RDF et donc différentes utilisations. Les RDF issus de déchets mixtes ne peuvent pas atteindre une haute qualité, c'est pourquoi dans la cimenterie ils seront insérés au niveau du précalcinateur, dans l'autre cas, ils seront intégrés directement au niveau du four principal (calcinateur).

En Allemagne p. ex., les cimenteries n'acceptent que le « fluff » qui est un combustible secondaire de haute qualité (matériau homogène très fin) et qui demande un investissement important au niveau des centres de tri et de préparation. Celui-ci se vend cependant plus cher et peut directement brûler dans le calcinateur.

En raison des rejets de gaz toxiques, les cimenteries n'acceptent pas les combustibles secondaires (RDF) issus de déchets dangereux, mais uniquement des déchets ménagers et des boues d'épuration. Pour cela, le matériau doit atteindre la qualité suivante :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 7-6 Qualité requise pour la vente du RDF aux cimentiers

Critères d'acceptation	Qualité requise
Taille du matériau	< 80mm
Concentration maximale en chlore	0,7%
Pouvoir calorifique minimum	15 MJ/tonne

7.4.2.1.3 Prix de vente

D'après les données des cimentiers, si la qualité minimum donnée ci-dessus est atteinte, ils seraient prêts à acheter le combustible secondaire pour environ 15 €/tonne (soit ~29,25 DNT/t). Pour la vallée de la Medjerda, ceci représenterait les revenus suivants :

Tableau 7-7 Revenus générés par la vente du RDF aux cimentiers

Vente du RDF	Erroumani	Salines
Tonnage moyen entrant au PMB	135.946 t/a	94.032 t/a
Tonnage du RDF (~10%)	~ 13.600 t/a	~ 9.400 t/a
Revenus générés par le RDF	~ 400.000 DNT/a	~ 275.000 DNT/a
Tonnage du RDF (~3,7%)	~ 5.000 t/a	~ 3.500 t/a
Revenus générés par le RDF	~ 146.000 DNT/a	~ 102.000 DNT/a

Les quantités et donc les revenus générés par la vente du RDF ne sont pas très élevés surtout si l'on tient compte des investissements importants nécessaires pour sa préparation et son conditionnement. D'autant plus qu'il faut encore déduire les coûts de transport.

7.4.2.1.4 Coûts de transport

Nous supposons que dans les matières valorisables récupérées lors du tri manuel des déchets, une partie peut être traitée et revendue comme combustible secondaire aux cimenteries.

La seule cimenterie dans la région est située à Tajerouine dans le gouvernorat du Kef. Nous supposons donc que le combustible secondaire sera collecté et préparé sur les sites de décharges d'Erroumani et des Salines, puis transportées et revendues à la cimenterie de Tajerouine.

Supposant que la densité moyenne du combustible secondaire dans un camion hooklift est de 0,33 tonne/m³, on en déduit les tonnages de 4,95 et 9,9 tonnes respectivement pour des camions d'une contenance de 15 et 30 m³.

Ainsi, les prix moyens de transport des deux sites vers Tajerouine sont les suivants :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 7-8 Coûts du transport du combustible secondaire vers Tajerouine

Coûts de transport	Distance [km]	Camion hooklift de 15 m ³		Camion hooklift de 30 m ³	
		DNT/tonne.km	DNT/tonne	DNT/tonne.km	DNT/tonne
Site d'Erroumani vers Tajerouine	112	0,1759	19,70	0,0893	10,00
Site des Salines vers Tajerouine	54	0,2046	11,05	0,1038	5,61

Pour la suite de l'étude, on prendra en considération les coûts pour un camion hooklift de 30 m³.

7.4.2.1.5 Investissements supplémentaires

Pour la préparation du combustible secondaire, un broyeur est nécessaire dans la chaîne de tri et de préparation mécanique. Il existe différents types de schredder selon la qualité du produit fini requis. Pour produire un RDF de basse qualité pour le précalcinateur, la taille requise doit être < 80mm, pour un RDF de bonne qualité pour le calcinateur, la taille requise doit être < 30mm. Les coûts d'investissement pour un broyeur s'élèvent à environ 500.000 €, soit 975.000 DNT.

De plus, afin de séparer les matières légères des matières lourdes, un séparateur pneumatique (wind-sifter) est nécessaire. Les coûts d'investissement pour un séparateur pneumatique varient entre 30.000 et 90.000 € suivant la capacité requise, soit entre 60.000 et 180.000 DNT.

D'autre part, la cimenterie elle-même devra investir pour intégrer le RDF dans le précalcinateur.

7.4.2.1.6 Résumé des hypothèses pour la suite du projet

Nos hypothèses pour la vente d'un combustible secondaire (RDF) dans la vallée de la Medjerda sont les suivantes :

- Vu le marché actuel en Tunisie et l'absence de cadre réglementaire dans ce domaine, il n'est actuellement pas favorable de préconiser cette option dans ce projet et donc il n'y aura aucune génération de RDF au niveau du PMB.
- Cependant, cette option peut être envisagée plus tard au cours de l'exploitation. Par exemple, l'exploitation peut débuter les 5 premières années sans la filière RDF, puis être intégrée afin d'améliorer les résultats du PMB. Ce système permettrait de combiner la valorisation des recyclables de bonne qualité (> 80 mm) et les recyclables de qualité moindre (10-80 mm) en RDF (cf. graphique au chap. 7.4.3). On estime que d'ici là, toutes les conditions requises pour exploiter cette filière devraient être mises en place en Tunisie.

7.4.3 Optimisation du système de PMB

Suivant le marché local, les conditions de ventes et le cadre réglementaire en Tunisie, il est possible d'optimiser le concept du système de PMB proposé pour la vallée de la Medjerda au chapitre 7.5.2. Pour se faire, deux concepts différents sont possibles :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

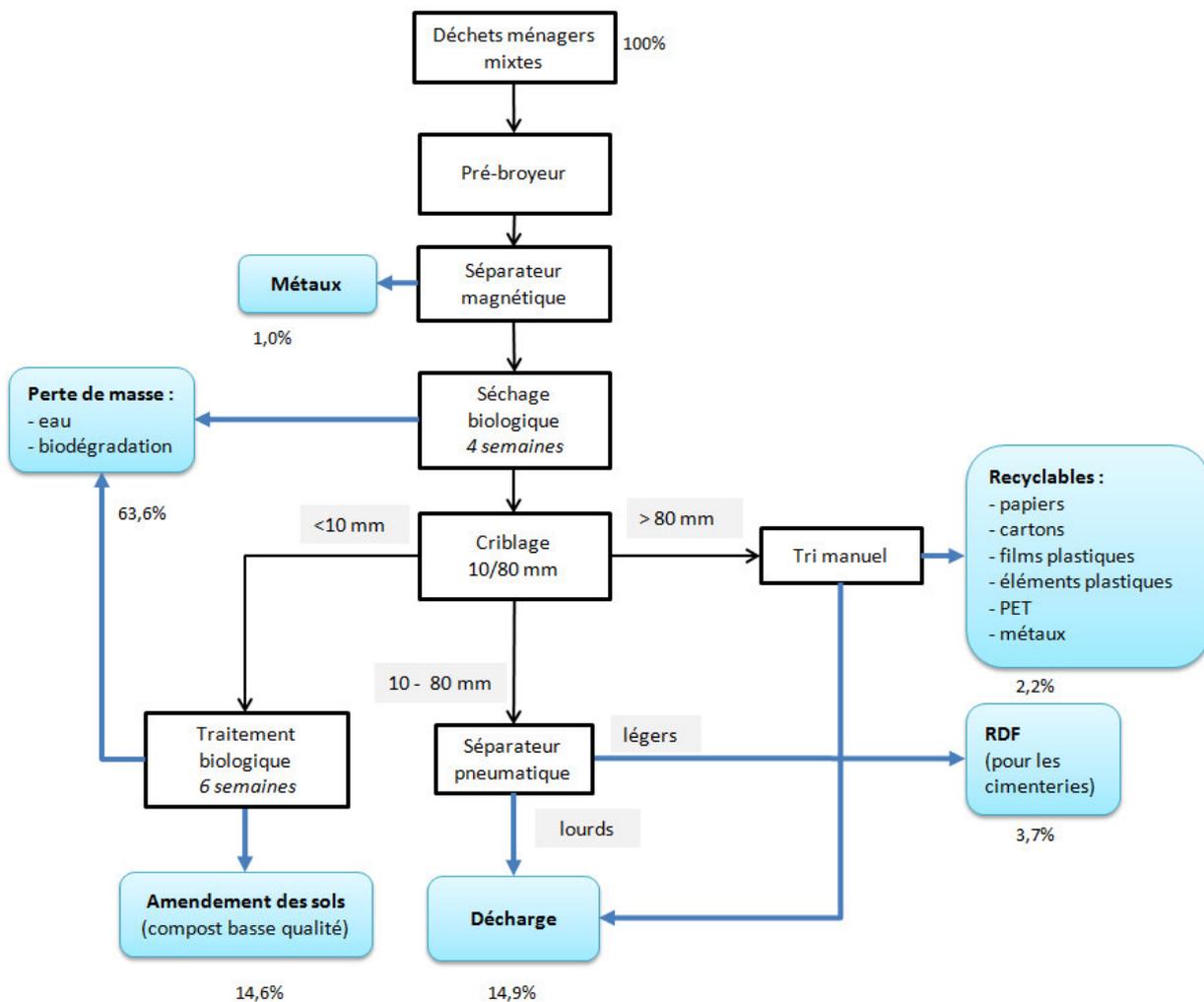
- Option 1 : Criblage des déchets après le séchage biologique

Ci-après la répartition des flux de matières :

Valorisation des recyclables	3,2%
Valorisation en amendement des sols	14,6%
Valorisation en combustible secondaire (RDF)	3,7%
Perte de masse et biodégradation (lors du PMB)	63,6%
Enfouissement en décharge (restes)	14,9%
Total	100,0%

La figure ci-dessous présente graphiquement le concept du PMB et le bilan de masse pour l'option d'optimisation n°1. La durée totale du traitement est estimée à environ 11 semaines.

Figure 7-6 Option 1 : Criblage des déchets après le séchage biologique



11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Après la phase de criblage, la fraction comprise entre 10/80 mm passe dans le séparateur pneumatique afin de séparer les matières légères des matières lourdes. Les matières légères représentent la fraction RDF, les matières lourdes seront enfouies en décharge.

La fraction inférieure à 10 mm passe en phase de traitement biologique. Il en résulte un amendement des sols de basse qualité.

- Option 2 : Criblage grossier des déchets avant le traitement biologique

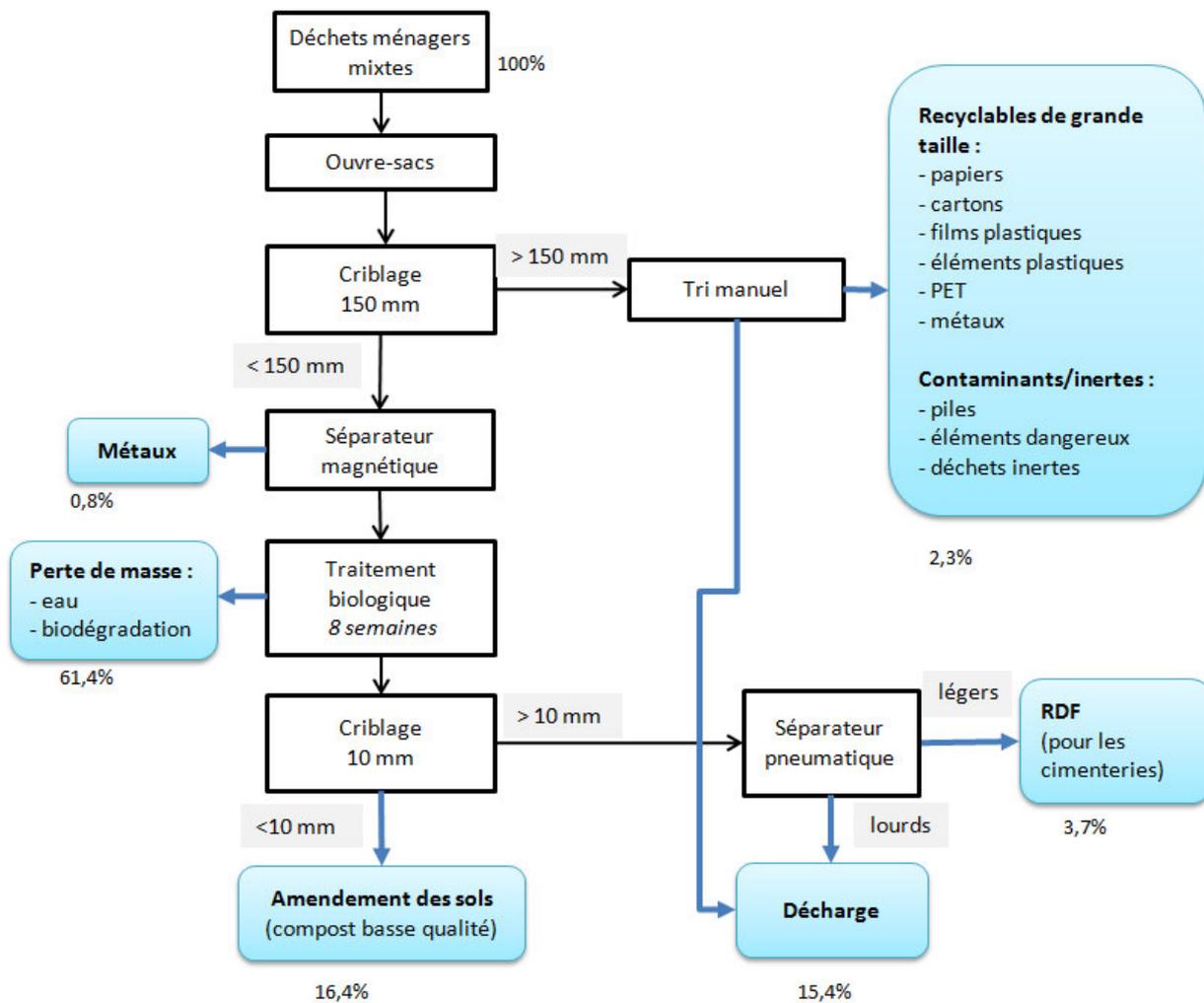
Ci-après la répartition des flux de matières :

Valorisation des recyclables	3,1%
Valorisation en amendement des sols	16,4%
Valorisation en combustible secondaire (RDF)	3,7%
Perte de masse et biodégradation (lors du PMB)	61,4%
Enfouissement en décharge (restes)	15,4%
Total	100,0%

La figure ci-dessous présente graphiquement le concept du PMB et le bilan de masse pour l'option d'optimisation n°2. La durée totale du traitement est estimée à environ 9 semaines.

Figure 7-7 Option 2 : Criblage grossier des déchets avant le traitement biologique

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale



Ce concept propose une première étape de criblage de 150 mm. Le refus passe au tri manuel des recyclables et le passant passe au traitement biologique. Après 8 semaines de décomposition, les déchets inertés passent par une deuxième étape de criblage de 10 mm. Le passant du crible représente l'amendement des sols de basse qualité. Le refus du crible de 10 mm passe dans le séparateur pneumatique afin de séparer les matières légères des matières lourdes. Les matières légères représentent la fraction RDF, les matières lourdes seront enfouies en décharge.

7.5 CONCEPTION TECHNIQUE DU SYSTEME DE PMB RECOMMANDE

7.5.1 Données de base pour la conception

Avec le prétraitement en PMB, il est supposé que 100% des déchets seront prétraités. 50% seront éliminés ou revendus suite au prétraitement et 50% des déchets seront enfouis en décharge. De ce fait les décharges auront une durée de vie plus longue, c. à d. 29 ans au lieu de 20 ans. Les PMB d'Erroumani et des Salines sont donc dimensionnés pour recevoir les déchets générés entre 2014 et 2042. Ils recevront, respectivement, les déchets produits dans les gouvernorats de Béja et Jendouba, du Kef et de Siliana. Le tableau ci-dessous définit les quantités à traiter en PMB :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 7-9 Quantité de déchets à traiter en PMB [tonnes/an]

Année	Concept 2	
	2 décharges avec PMB	
	Erroumani	Les salines
2014	97.939	70.047
2015	100.465	71.548
2016	103.035	73.072
2017	105.651	74.619
2018	108.314	76.188
2019	111.023	77.782
2020	113.779	79.400
2021	116.264	81.042
2022	118.790	82.708
2023	121.357	84.400
2024	123.967	86.117
2025	126.620	87.860
2026	129.317	89.629
2027	132.058	91.424
2028	134.844	93.247
2029	137.677	95.097
2030	140.555	96.974
2031	143.482	98.880
2032	146.456	100.813
2033	149.479	102.776
2034	152.502	104.739
2035	155.525	106.702
2036	158.549	108.665
2037	161.572	110.628
2038	164.595	112.591
2039	167.618	114.553
2040	170.641	116.516
2041	173.665	118.479

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Année	Concept 2	
	2 décharges avec PMB	
	Erroumani	Les salines
2042	176.688	120.442
Total sur 20 ans	2.461.072	1.713.623
Moyenne / an	123.054	85.681
Total sur 29 ans	3.942.427	2.726.938
Moyenne / an	135.946	94.032

7.5.2 Concept du PMB

Suite à l'étude de phase 2 et aux recommandations de M. Müller, le concept de PMB de la Medjerda proposé fut revu comme suit :

- **Admission des déchets** : arrivée des déchets sur la plateforme de déchargement. Les déchets encombrants de grande taille (matelas, machines à laver, blocs de moteur,...) risquent d'abîmer le pré-broyeur et seront donc enlevés par une chargeuse sur roues ou par un excavateur.
- **Pré-broyage** : la chargeuse pousse ou transporte les déchets vers une bande transporteuse qui les mène vers un pré-broyeur (broyage à env. 400 mm). Dans cette étape, on préférera un pré-broyeur plutôt qu'un ouvre-sac, car cela permet d'avoir un produit sortant plus homogène pour la prochaine étape.
- **1^{ère} phase biologique (séchage)** : ensuite vient la première phase du traitement biologique : le séchage. Les déchets sont placés en andains à l'aide de la chargeuse pour procéder à un séchage des déchets. Cette étape dure entre 2 à 4 semaines. La durée exacte sera déterminée lors de l'essai pilote de Béjà.
- Cette première phase de séchage biologique s'avère être primordiale pour contrôler la teneur en eau des déchets de la vallée de la Medjerda. De plus, cette phase permet également de décomposer les matières organiques facilement dégradables. Ces dernières sont principalement les composants organiques dissouts dans l'eau qui sont responsables du salissement des déchets recyclables contenus dans les déchets frais.
- **Séparation des métaux** : après la phase de séchage, la chargeuse reprend les déchets et les porte vers une bande transporteuse qui les mène vers un séparateur magnétique. Celui-ci va extraire les métaux contenus dans les déchets.
- **Criblage** : les déchets passent ensuite dans un crible rotatif à passant de 100 mm. Dans le crible, les déchets sont séparés en une fraction grossière (le refus > 100 mm) et une fraction fine (le passant < 100 mm).

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Le refus du crible passe au tri manuel et le passant dans la 2^{ème} phase biologique. Grâce au séchage biologique, le tri des déchets est moins désagréable et les recyclables sont moins sales. D'autant plus que les restes du tri sont également plus secs et donc plus faciles à mettre en décharge.

- **Tri manuel** : les déchets recyclables ainsi que les déchets à plus haut pouvoir calorifique contenus dans le refus (> 100 mm) sont ensuite triés manuellement. Au sein de cette fraction, on peut encore séparer les déchets recyclables des non-recyclables. La haute teneur en matière organique des déchets entraîne l'humidification et le salissement des déchets recyclables à trier (en particulier des plastiques). Par conséquent, la qualité des déchets recyclables triés sera relativement faible. Cependant avec la phase de séchage au préalable, on estime une amélioration du tri des déchets. Dans le cadre d'une approche conservatrice, le taux de tri a donc été estimé à 5%. Dans un premier temps, on estime que la fraction à haut pouvoir calorifique (RDF) ne sera pas séparée, mais l'exploitant du PMB peut décider d'intégrer cette fraction plus tard au cours de l'exploitation.
- **2^{ème} phase biologique (décomposition)** : le passant du crible (< 100 mm) en revanche passe dans la seconde étape du traitement biologique : la décomposition. Les déchets sont placés en andains avec l'aide de la chargeuse. Cette étape dure entre 4 à 6 semaines. La durée exacte sera déterminée lors de l'essai pilote de Béjà.

Selon la technologie de PMB, de l'eau doit être ajoutée au procédé afin d'assurer des conditions optimales pour une forte activité microbienne et donc une dégradation rapide. Différents types de liquides peuvent être utilisés pour l'irrigation des andains : la méthode la plus simple est d'utiliser l'eau de pluie (elle peut être collectée à partir des toits ou des membranes), mais les lixiviats de décharges peuvent également être utilisés à cet effet.

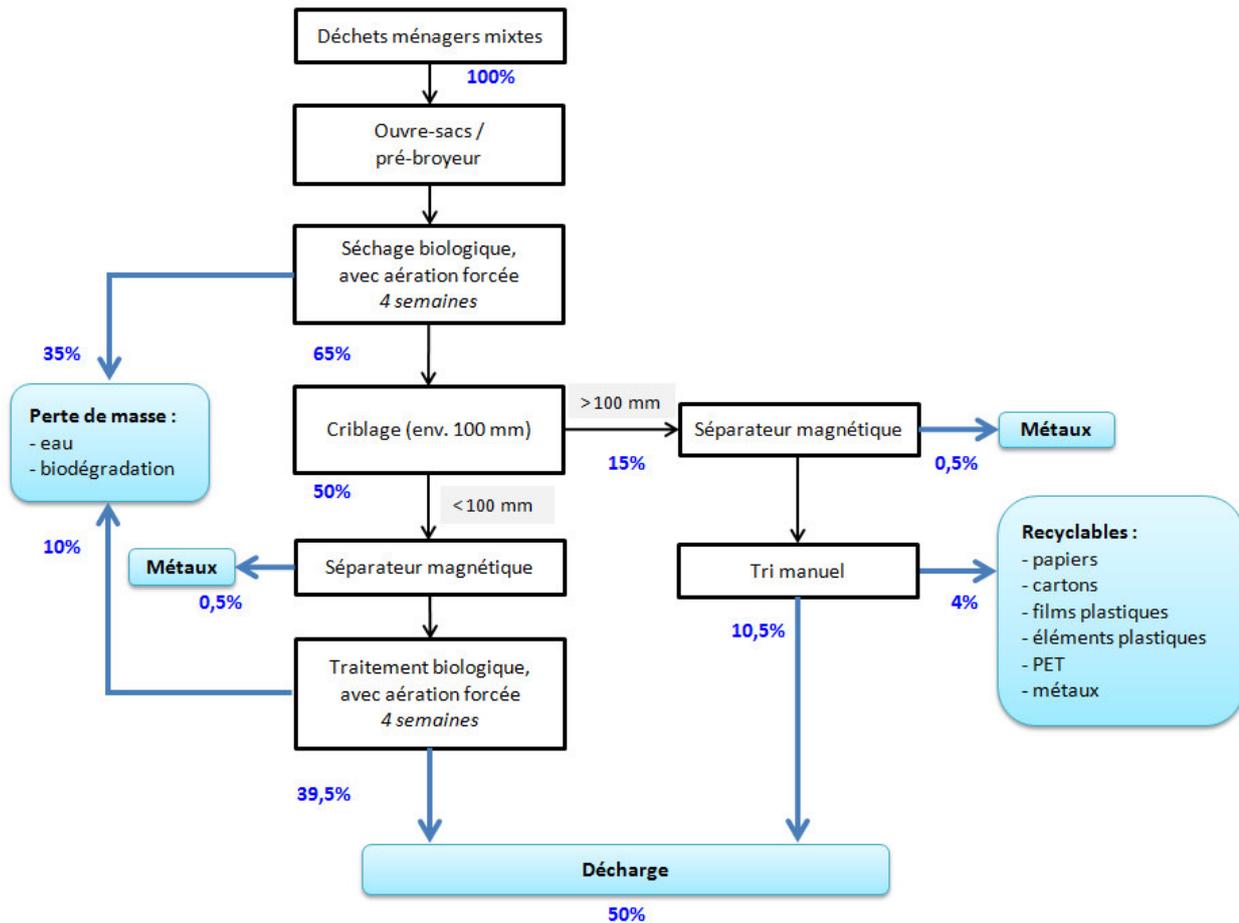
- **Enfouissement** : mise en décharge des déchets restants. Etant donné que les déchets sont séchés dans une première étape, la quantité finale de déchets à mettre en décharge est encore une fois réduite.

Avec un système de PMB à aération active et une durée de traitement biologique d'environ 8 semaines, la réduction de la matière organique (perte de masse) est estimée à 45%. Cependant, si les conditions optimales de décomposition sont atteintes, il est possible d'atteindre une réduction (calculée) de la masse organique de 66%. Notre approche reste donc conservatrice.

La figure ci-dessous présente graphiquement le concept du PMB et le bilan de masse. La durée totale du traitement est estimée à environ 9 semaines.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Figure 7-8 Concept recommandé du PMB pour la vallée de la Medjerda



Ce procédé représente le concept de base avec lequel les objectifs souhaités peuvent être atteints. Cependant, il est flexible et il peut être optimisé afin de diminuer progressivement la quantité de déchets à enfouir en décharge, comme par exemple l'obtention d'un combustible secondaire (RDF) ou d'un amendement des sols comme cela a été détaillé au chapitre 7.4.3.

A remarquer que l'essai pilote sur la station de compostage de Béjà permettra de donner plus d'informations sur les possibilités d'optimiser le concept de PMB pour la vallée de la Medjerda.

7.5.3 Infrastructures de l'installation de PMB

Toutes les infrastructures présentes sur le site de la décharge seront également mises à disposition pour l'installation de prétraitement : pont-basculé, bâtiment administratif, atelier, station de lavage des véhicules et station service, etc. Les détails sont donnés au chapitre 8.4.1.

Les infrastructures du PMB sont les suivantes :

- Route d'accès et voiries internes
- Bunker de déchargement
- Plate-forme pour le traitement mécanique
- Hall pour le traitement mécanique des déchets

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- Cabine de tri
- Plate-forme pour le traitement biologique
- Traitement biologique
- Stockage des lixiviats
- Rétention des eaux de surfaces

7.5.3.1 Route d'accès et voiries internes

La route d'accès au PMB et les différentes voiries internes auront un revêtement bitumineux et elles seront assez larges pour permettre le croisement des véhicules de transport des déchets (environ 8 m).

7.5.3.2 Bunker de déchargement

Un bunker de déchargement sera situé à l'entrée de la plate-forme pour le traitement mécanique. Les camions hooklift arriveront sur la plate-forme et déchargeront leurs déchets dans le bunker. Celui-ci disposera d'une grue qui amènera les déchets dans les prébroyeurs.

7.5.3.3 Plate-forme pour le traitement mécanique

Pour le traitement mécanique, une plate-forme en béton sera mise en place d'une épaisseur de 20 cm. Elle aura une surface de 3.200 m² sur chaque site, soit des dimensions de 45 x 72 m pour le site d'Erroumani et 40 x 80 m pour le site des Salines.

La plate-forme sera construite avec une pente de 2 % afin de faciliter l'écoulement des eaux de surface.

7.5.3.4 Hall pour le traitement mécanique des déchets

La zone du traitement mécanique (zone des machines de tri) sera abritée par un hall en ossature métallique.

Les dimensions du hall doivent correspondre au moins aux indications suivantes : 20 m de large et 60 m de long, afin que deux chaînes de tri puissent tourner en parallèle.

7.5.3.5 Cabine de tri

Afin de mener à bien le tri manuel des déchets, une cabine de tri est nécessaire. Ainsi le personnel du tri manuel sera à l'abri des pluies et du soleil mais également du bruit extérieur dû à l'installation de tri. La cabine de tri permettra de collecter plusieurs fractions. On estime qu'au moins 5 fractions pourront être séparées : papiers/cartons, plastiques, PET, verres, métaux. Les photos ci-dessous représentent une cabine de tri type **Aktid**.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Figure 7-9 Photos de cabines de tri manuel (Aktid)



7.5.3.6 Plate-forme pour le traitement biologique

La surface nécessaire pour le système de PMB actif a été calculée avec une marge de sécurité et suffira pour un temps de décomposition supérieur à 8 semaines. Parmi les solutions techniques actuellement discutées (système de "Gore" et système de «Compost-Systems»), l'exigence de surface pour l'étape du traitement biologique est nettement inférieure au système de PMB passif. Le tableau ci-dessous présente le récapitulatif du dimensionnement de la plate-forme suivant la quantité de déchets arrivant chaque année sur les deux sites de décharge. Le tableau détaillé est donné en **Annexe 7-1**.

Tableau 7-10 Dimensionnement de la plate-forme du PMB des deux sites

Plate-forme du PMB		Erroumani		Salines	
Exploitation	Année	Nb de pile	Surface [ha]	Nb de pile	Surface [ha]
10 ans	2023	39	3,3	28	2,4
20 ans	2033	48	4,0	34	2,8
29 ans	2042	56	4,8	39	3,3

Ainsi en 2042, on comptera 56 piles pour le site d'Erroumani pour une surface d'environ 4,8 ha (incluant la plate-forme de tri). Finalement, une surface de 4,3 ha uniquement pour le traitement biologique est nécessaire (voir le plan du site de PMB n°III-01-02-Err-C2).

De même, en 2042 on comptera 39 piles pour le site des Salines pour une surface d'environ 3,3 ha (incluant la plate-forme de tri). Finalement, une surface de 2,9 ha uniquement pour le traitement biologique est nécessaire (voir le plan du site de PMB n°III-01-02-Sal-C2).

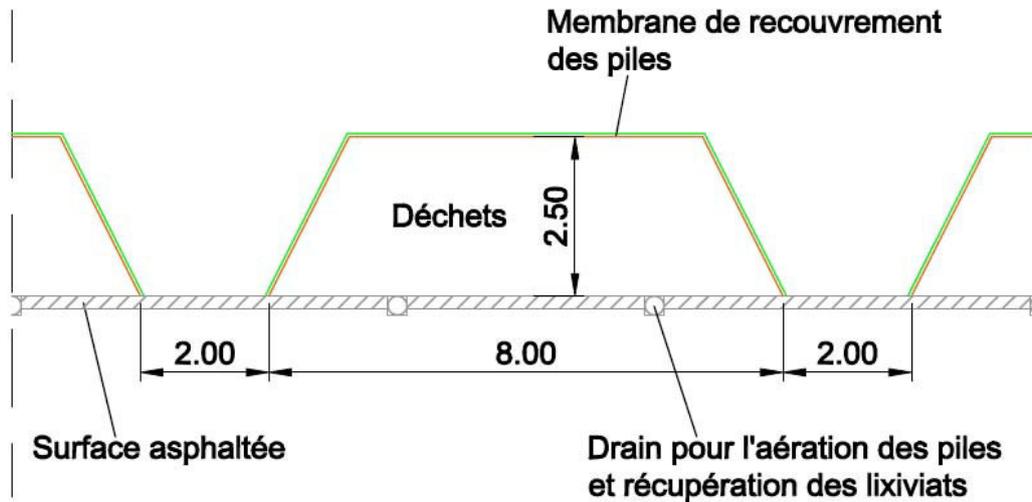
La plate-forme sera une surface en asphalt fortifié et sera construite avec une pente de 2 % afin de faciliter l'écoulement des lixiviats et des eaux de surface.

7.5.3.7 Traitement biologique

Dans le système à aération active proposé dans cette étude, les déchets organiques sont empilés dans des andains (ou pile) de décomposition de forme trapézoïdale. L'ANGed a marqué son choix pour le système à membrane, de préférence au système avec toiture. La figure suivante schématise une pile type :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Figure 7-10 Coupe transversale d'une pile à aération active



Afin d'améliorer la décomposition des déchets, les andains sont recouverts d'une membrane semi-perméable. Cette membrane a pour fonction de laisser passer l'air de l'intérieur vers l'extérieur, sans faire passer les molécules olfactives, mais ne laisse pas entrer l'air à l'intérieur. Ainsi, elle permet de minimiser les émissions organiques et odorantes et de protéger les déchets contre les insectes et les rongeurs. Les dimensions et les caractéristiques sont les suivantes :

- Dimensions d'une pile : 50 m de long et 8 m de large, hauteur moyenne de 2,50 m
- Volume d'une pile : environ 1.000 m³
- Dimensions d'une membrane : 54,50 m de long et 10,60 m de large
- La membrane semi-perméable pour le recouvrement des piles est composée d'une seule pièce avec deux trous pour insérer les sondes de mesures de la température et du taux d'oxygène.
- Sa fixation se fait sur chaque côté de la pile à l'aide de 10 poids fixés par un crochet.
- La membrane résiste aux intempéries et aux rayons UV du soleil.
- Sa durée de vie varie entre 4 à 7 années selon son utilisation et son exploitation.

La figure ci-dessous représente une membrane :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Figure 7-11 Pile de décomposition avec membrane (source : Gore® Cover)



Les piles ne doivent pas être retournées pendant le processus de décomposition. C'est pourquoi, il y a une première phase de 4 semaines, le séchage, puis une deuxième phase de 4 semaines, la décomposition. Entre les deux phases, les piles seront remaniées et donc retournées et aérées. Si besoin, lors du retournement des piles, les déchets seront arrosés pour faciliter la décomposition biologique.

Le tableau ci-dessous présente le nombre de piles pour chaque phase du traitement biologique :

Tableau 7-11 Nombre de piles dans chaque phase du traitement biologique

Nombre de piles	Erroumani	Salines
1 ^{ère} phase : Séchage	28	20
2 ^{ème} phase : Décomposition	28	19
Total	56	39

Au fond de la pile, sur la plate-forme en asphalt, on trouve deux drains pour l'aération des piles mais également pour la récupération des lixiviats. Les drains en revanche devront être mis en place dans un lit de béton. L'écartement entre les deux drains est respectivement de 4 m.

La ventilation des piles se fait par un ventilateur situé au bout de la pile sur un mur en béton de 1 m de hauteur. Les ventilateurs sont reliés à un système informatique (logiciel spécial à cet effet) qui permet de contrôler et d'activer séparément la ventilation de chaque pile.

Durant l'exploitation, deux sondes seront mises en place dans les piles. Une sonde pour la mesure de la température et une sonde pour mesurer le taux d'oxygène contenu dans les piles. Les sondes sont reliées au système informatique qui envoie directement les données au poste de contrôle central du système de PMB. A partir de ce poste, il est possible de gérer toutes les installations du PMB.

Les équipements nécessaires pour le traitement biologique sont listés ci-dessous :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

- Membrane semi-perméable : il faut compter une membrane pour chaque pile.
- Enrouleur de membrane : il est nécessaire pour mettre en place la membrane sur les piles sans la déchirer ni l'abîmer. Les détails sont donnés au chapitre 7.5.4.7.
- Sondes de mesures : les sondes pour mesurer la température et le taux d'oxygène sont nécessaires pour contrôler le bon fonctionnement du système.
- Système informatique avec logiciel de contrôle : un système informatique est relié à chaque pile et permet de contrôler le bon fonctionnement du système.
- Système d'aération (ventilateur) : un ventilateur est fixé derrière chaque pile qui est reliée au système informatique. Le logiciel permet de contrôler séparément la ventilation de chaque pile. Plus de détails sont donnés au chapitre 7.5.4.8.
- Retourneur d'andains : pour le retournement des piles, un retourneur est nécessaire. Cependant avec ce système de PMB, un retourneur n'est pas obligatoire car l'aération des piles se fait entre les 2 phases. Les détails sont donnés au chapitre 7.5.4.7.

7.5.3.8 Stockage des lixiviats

On estime que les quantités de lixiviats produites par l'installation de PMB resteront minimales voire nulles. Par mesure de précaution, nous avons tout de même planifié un système d'évacuation des lixiviats.

Dans le cas du site d'Erroumani, les lixiviats issus du PMB sont acheminés directement jusqu'aux bassins de stockage des lixiviats de la décharge qui constituent des bassins tampon avant le traitement des lixiviats.

Dans le cas du site des Salines, les bassins de stockage des lixiviats de la décharge se situent de l'autre côté du site, une liaison directe des conduites de lixiviats du PMB avec le système de la décharge n'est pas possible, en raison des différences d'altitudes. C'est pourquoi un bassin de stockage uniquement pour l'installation de PMB est nécessaire. Lorsque le bassin sera plein, les lixiviats seront pompés et apportés aux bassins de stockage de la décharge afin d'être traités.

Les détails des bassins de lixiviats de la décharge et leurs traitements sont donnés au chapitre 8.3.1.13.

7.5.3.9 Rétention des eaux de surfaces

Sur le site d'Erroumani, les eaux de surface de l'installation de PMB s'écouleront directement vers le bassin de rétention des eaux de surface de la décharge. Les détails de ces derniers sont donnés au chapitre 8.3.1.5.

Dans le cas du site des Salines, comme pour le bassin de stockage des lixiviats, un bassin de rétention propre à l'installation de PMB est nécessaire, en raison des différences d'altitudes. Il sera situé au sud-est au point le plus bas. Ensuite les eaux s'écouleront vers l'oued.

Ce bassin de rétention des eaux de surface recevra les eaux de pluie provenant de la zone de traitement biologique du PMB et de la zone de traitement mécanique ainsi que les eaux des toitures et une partie du bassin versant en amont du site de la décharge.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

7.5.4 Exploitation de l'installation de PMB

7.5.4.1 Horaires d'ouverture

Voir le chapitre 8.4.2.1.1

7.5.4.2 Livraison des déchets

Voir le chapitre 8.4.2.1.2

7.5.4.3 Admission des déchets

Voir le chapitre 8.4.2.1.3

7.5.4.4 Transport des déchets vers la zone de traitement

Voir le chapitre 8.4.2.1.4

7.5.4.5 Traitement des déchets en PMB

Le concept du traitement des déchets est décrit au chapitre 7.5.2.

7.5.4.6 Personnel d'exploitation requis

L'ensemble du site sera géré par le directeur d'exploitation, qui supervisera aussi bien la décharge que l'installation de PMB. Cette personne sera probablement à temps partiel sur le site.

Dès la mise en service de l'installation de PMB, un ingénieur assumant la fonction de directeur technique de l'installation de PMB sera nécessaire. Il devra disposer d'une formation d'ingénieur en génie civil ou d'ingénieur environnemental. Il sera responsable de l'exploitation de l'installation, du bon fonctionnement du traitement, de vérifier la qualité entrante et sortante des déchets. De plus, il devra s'assurer que les critères et les objectifs du PMB à atteindre décrit dans le CCTP soient respectés.

La surveillance à l'entrée du site sera assurée par les gardiens de la décharge. De même, les opérations de pesage sur la bascule seront réalisées par le contremaître responsable de la décharge (voir le chapitre 8.4.2.2).

Au minimum deux mécaniciens seront requis afin d'assurer la maintenance et la réparation des machines de tri, les engins et les équipements utilisés. Ces deux mécaniciens devront disposer d'un permis de conduire camion ou être en mesure de conduire un tel véhicule. Ils devront être spécialisés pour les travaux de maintenance et de réparation de l'installation de PMB. Des consignes ou une formation spéciale pour être en mesure d'assurer l'entretien de ces installations sera nécessaire.

De même, un électricien devra être présent sur le site pour assurer la surveillance et la maintenance des équipements techniques de l'installation de PMB, tels que la station de tri ou le système de traitement biologique (aération des piles, dispositifs de contrôle des piles, etc.). Il devra avoir reçu une formation appropriée pour pouvoir contrôler le bon fonctionnement du système de PMB.

Les conducteurs de camions pour le transport des déchets au sein du site sont comptabilisés dans le personnel de la décharge. Cependant, des conducteurs d'engins supplémentaires seront nécessaires

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

pour l'installation de PMB. Leur nombre varie selon la quantité de déchets arrivant sur le site. On comptera 4 conducteurs pour le site d'Erroumani et 3 pour le site des Salines. Ils devront conduire les chargeuses pour amener les déchets vers le centre de tri, les mettre sur les andains de décomposition ou retourner les piles. En cas d'absence de l'un des chauffeurs, l'un des mécaniciens ou le contremaître de pesée devrait pouvoir effectuer le remplacement et assurer ainsi le bon fonctionnement de l'exploitation.

Enfin des ouvriers/manœuvres, dont un chef d'équipe, seront requis pour l'installation de tri. Ils seront responsables du tri manuel des déchets recyclables. Selon l'exploitant et le concept de PMB, ils devront triés les matières aptes pour une valorisation matérielle et/ou pour la production d'un combustible secondaire. Ces ouvriers ne nécessitent pas de qualification particulière. Il est supposé que les chiffonniers actuels situés sur les décharges de la vallée de la Medjerda pourront être employés par l'exploitant du PMB pour ces postes. Ceci également dans le but de créer des emplois dans la région et d'améliorer les conditions de vie des chiffonniers. Ici aussi, le nombre d'ouvriers varie selon la quantité de déchets arrivant sur le site. On comptera 20 ouvriers sur le site d'Erroumani et 18 sur le site des Salines.

Le personnel nécessaire pour l'exploitation des installations de PMB se résume comme suit :

Tableau 7-12 Personnel nécessaire pour l'installation de PMB

Personnel	Erroumani		Salines	
	Tri manuel	PMB exclus tri	Tri manuel	PMB exclus tri
Ingénieur en chef	0,5	0,5	0,5	0,5
Mécanicien	1	1	1	1
Electricien	1	0	1	0
Conducteur	2	2	2	1
Ouvrier / manœuvre	20	6	18	4
	24,5	9,5	22,5	6,5
Total	34		29	

Ainsi, l'installation de prétraitement au site d'Erroumani comptera environ 34 employés, et 29 pour l'installation au site des Salines.

7.5.4.7 Equipements mobiles requis

7.5.4.7.1 Traitement mécanique

L'exploitation de l'installation de traitement mécanique nécessitera les équipements suivants :

Tableau 7-13 Equipements mobiles pour le traitement mécanique

Équipements	Nombre	Description
Chargeuse sur pneumatiques	1 ou 2	100 kW, godet 1,5 m ³
Camion Hooklift avec conteneur de 30m ³	2 ou 3	Transport des conteneurs (30m ³)
Conteneur 30 m ³	10	Pour les recyclables
Tracteur avec remorque	1	Inclus avec les équipements de la décharge
Pompe	1	Pour pomper les lixiviats du bassin de stockage

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- La chargeuse sur pneumatiques et le tracteur avec sa remorque seront nécessaires sur la zone de service.
- Les camions Hooklift seront affectés au transport des conteneurs livrés à l'entrée de la décharge sur la zone prévue à cet effet.
- Les conteneurs seront nécessaires pour le tri des matières recyclables pour l'installation de tri.
- La pompe sera nécessaire pour le pompage des lixiviats du bassin de stockage afin de les amener vers l'installation de traitement de la décharge.

7.5.4.7.2 Traitement biologique

L'exploitation de l'installation de traitement biologique nécessitera les équipements suivants :

Tableau 7-14 Equipements mobiles pour le traitement biologique

Équipements	Nombre	Description
Chargeuse sur pneumatiques	1 ou 2	100 kW, pelle 1,5 m ³
Remorque citerne	1	Inclus avec les équipements de la décharge
Equipements du laboratoire	1	Inclus avec les équipements de la décharge
Enrouleur de membranes	2 ou 3	Vitesse 0 -28 m/min ; Hauteur min. 3,8 m
Retourneur d'andains	1 ou 2	242 kW, 3.500 m ³ /h
Crible (tamis / screener)	2 ou 4	25 kW, min. 150 m ³ /h

- La chargeuse sur pneumatiques sera nécessaire pour la mise en place des piles de déchets.
- La remorque citerne est nécessaire pour l'arrosage éventuel des piles.
- Les équipements du laboratoire de la décharge seront mis à disposition de l'installation de PMB, voir les détails au chapitre 8.3.2.4.2.
- Plusieurs enrouleurs de membranes seront nécessaires pour mettre en place la membrane sur les piles de déchets sans qu'elle soit abîmée ou déchirée.

Figure 7-12 Enrouleur de membrane (source : Gore® Cover)



- Un retourneur d'andains sera éventuellement nécessaire pour l'aération des déchets.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Figure 7-13 Retourneur d'andains



- Plusieurs cribles (tamis/screener) seront éventuellement nécessaires pour le tamisage des déchets inertés après le traitement biologique.

Figure 7-14 Crible (source : Komptech)



7.5.4.8 Equipements fixes requis

7.5.4.8.1 Traitement mécanique

L'installation de traitement mécanique nécessitera les équipements suivants :

Tableau 7-15 Equipements fixes pour le traitement mécanique

Équipements	Nombre	Description
Grue fixe pour le bunker de déchargement	1	Chargement des déchets vers les broyeurs
Prébroyeur/shredder	2	203 kW, min. 55 t/h
Crible/trommel	2	30 kW, min. 200 m³/h
Séparateur magnétique	1	5 kW
Bande pour la séparation manuelle	1	5 kW, largeur min. 1 m
Bande transporteuse	10 ou 13	3 – 5 kW, largeur min. 1 m

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- Une grue fixe sera placée dans le bunker de déchargement afin d'apporter les déchets vers les prébroyeurs.
- Il y aura deux prébroyeurs (shredder), un sur chaque ligne de tri, afin d'ouvrir les sacs plastiques et de broyer grossièrement les déchets.

Figure 7-15 Prébroyeur (source : Vecoplan)



Tableau 7-16 Dimensionnement du prébroyeur

N°	Données	Remarques	Quantité	Unité
1	Quantité annuelle de déchets à traiter au PMB	-	149.479	t/a
2	Nombre de lignes de tri	-	2	-
3	Jours ouvrables par an	-	260	j/a
4	Quantité journalière de déchets à traiter au PMB	(1)/(2*3)	288	t/j
5	Heures de travail	-	8	h/j
6	Quantité de déchets entrants dans le prébroyeur	(4)/(5)	36	t/h

Afin d'avoir une marge de sécurité au cas où l'une des 2 lignes serait en panne ou en maintenance, nous recommandons deux prébroyeurs d'une capacité minimum de 55 t/h.

- Après le prébroyeur vient le crible à couteaux afin de séparer la fraction supérieure et inférieure à 100 mm.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Figure 7-16 Crible à couteaux / trommel (source : PMB Kahlenberg, Allemagne)



Tableau 7-17 Dimensionnement du crible

N°	Données	Remarques	Quantité	Unité
1	Quantité annuelle de déchets à traiter au PMB	-	149.479	t/a
2	Nombre de lignes de tri	-	2	-
3	Jours ouvrables par an	-	260	j/a
4	Quantité journalière de déchets à traiter au PMB	(1)/(2*3)	288	t/j
5	Heures de travail	-	8	h/j
6	Quantité de déchets à traiter par heure	(4)/(5)	36	t/h
7	Quantité de déchets entrants dans le crible	65%	23,4	t/h
8	Rendement	hypothèse	90	%
9	Densité dans le crible	hypothèse	0,30	t/m ³
10	Facteur d'espace libre	hypothèse	1,50	-
11	Capacité minimum requise du crible	(7*10)/(8*9)	130	m ³ /h

Afin d'avoir une marge de sécurité au cas où l'une des 2 lignes serait en panne ou en maintenance, nous recommandons deux cribles d'une capacité minimum de 200 m³/h.

- Un séparateur magnétique est nécessaire pour sortir les différents métaux contenus dans les déchets.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Figure 7-17 Séparateur magnétique (source : Steinert)



- Dans la cabine de tri, une bande transporteuse pour la séparation manuelle sera nécessaire. De plus, pour toute l'installation d'autres bandes seront nécessaires pour l'acheminement des déchets.

Figure 7-18 Bande transporteuse (source : Austropressen)



7.5.4.8.2 Traitement biologique

L'exploitation de l'installation de traitement biologique nécessitera les équipements suivants :

Tableau 7-18 Equipements fixes pour le traitement biologique

Équipements	Nombre	Description
Drain de ventilation	2 par pile	-
Ventilateur	1 par pile	1,8 kW, 35 m ³ /min
Boîtier électronique	1 par pile	Contrôle, mesures des données

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- Dans chaque pile, deux drains pour la ventilation des piles mais également pour la récupération des lixiviats seront mis en place. L'écartement entre les deux drains est respectivement de 4 m.
- La ventilation des piles se fait par un ventilateur situé au bout de la pile sur un mur en béton de 1 m de hauteur. Chaque pile dispose d'un ventilateur qui souffle l'air dans les deux drains.

Figure 7-19 Ventilateur (source : Elektror airsystems gmbH)



- Chaque pile dispose d'un boîtier électronique. Les ventilateurs sont reliés à un système informatique (logiciel spécial à cet effet) et donc à un boîtier électronique qui permet de contrôler et d'activer séparément la ventilation de chaque pile.

7.5.4.9 Maintenance des installations pendant l'exploitation

Le suivi de contrôle et de monitoring du PMB doit être réalisé pendant toute son exploitation. Pour cela, les données doivent être soigneusement enregistrées dans le logiciel et documentées dans le journal d'exploitation :

- Documentation sur les volumes de déchets entrants, sortants et allants en décharge
- Mesures de la quantité de lixiviats produits et analyses
- Particularités observées en cours d'exploitation quotidienne.

Les installations et dispositifs d'exploitation seront contrôlés conformément à un plan détaillé, indiquant les opérations à effectuer, par ex. :

- Installation de tri
Absence d'endommagements : 1 fois par semaine
- Traitement biologique
Absence d'endommagements : 1 fois par mois
- Bassins de stockage des lixiviats :
Niveau de remplissage : tous les jours
Absence d'endommagements : 1 fois par an

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Toutes ces opérations seront à effectuer par l'ingénieur présent sur le site du PMB ou pour le moins sous la surveillance d'un technicien.

7.5.4.10 Documents d'exploitation

Les documents à élaborer dans le cadre de l'exploitation de l'installation de PMB devront être réalisés selon les consignes données dans le Cahier des Clauses Techniques Particulières et imposées à l'exploitant. Ce CCTP devra définir précisément les caractéristiques du PMB (équipements, horaires d'ouverture, nature des déchets acceptés, procédures d'exploitation, d'entretien et de maintenance) et le cadre des prestations techniques de l'exploitant.

7.5.4.10.1 Documents à établir avant le commencement de l'exploitation

Avant le début de l'exploitation, l'exploitant devra élaborer les documents suivants, ceux-ci devront être respectés par le personnel exploitant :

- **un plan d'exploitation**, décrivant le système d'exploitation envisagé et les consignes d'exploitation particulières.
Celui-ci devra contenir la description de l'organisation ainsi que celle du mode d'exploitation des ouvrages et des infrastructures. Toutes les consignes d'exploitation y figureront et devront être mises en application.
- **un plan de prévention et de protection des activités**, décrivant toutes les mesures de sécurité à respecter ainsi que les dispositifs de sécurité en place. Les conditions minimales à remplir pour assurer la sécurité sur le site sont décrites au chapitre 8.3.2.6.1.
- **un plan d'entretien de tous les équipements, engins et ouvrages de l'installation de PMB**. Il devra contenir la description des équipements, engins et ouvrages et les mesures d'entretiens à réaliser. La maintenance et, le cas échéant, l'étalonnage, de tous les appareils devront être réalisés conformément aux spécifications de leurs fabricants respectifs.

Tous ces documents devront être agréés par le maître d'ouvrage avant de commencer l'exploitation.

Les conditions essentielles à satisfaire pour garantir la sécurité et le bon fonctionnement de l'exploitation ainsi que la protection sur les lieux de travail doivent être décrites en détail. Toutes les consignes doivent répondre à la réglementation tunisienne.

La surveillance de l'exploitation de l'installation de PMB sera effectuée par l'ingénieur du PMB. Il contrôlera personnellement le respect de toutes les consignes d'exploitation, et en particulier le respect des consignes de sécurité sur le site.

7.5.4.10.2 Documents de suivi de l'exploitation

Afin de réaliser le suivi de l'exploitation de l'installation de PMB, l'exploitant devra :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- Tenir à jour **un journal d'exploitation** dans lequel les informations suivantes, au moins, seront documentées :
 - Date, heure et conditions météorologiques
 - Périodes de fonctionnement et d'arrêt de l'exploitation
 - Personnel sur le site / visiteurs
 - Informations sur les déchets reçus (nature, poids, volume, contrôle visuel, etc.).
 - Informations particulières concernant la zone de traitement
 - Description des travaux de construction, réparation, maintenance effectués
 - Description des mesures de contrôle réalisées
 - Accidents / incidents
 - Evènements particuliers

- Elaborer des **rapports mensuels et annuels d'exploitation**, contenant toutes les informations importantes sur l'exploitation de l'installation de PMB :
 - Quantité de déchets traités
 - Quantité de déchets restants à enfouir en décharge et les recyclables
 - Quantités de lixiviats
 - Travaux et aménagements réalisés sur le site
 - Résultats des analyses et des mesures de contrôle et de surveillance réalisées :
 - Bilan de masses
 - Effets sur les volumes à mettre en décharge
 - Bilan énergétique
 - Bilan hydrique et besoins en eau
 - Qualité des résidus à enfouir
 - Paramètres utilisés pour l'exploitation optimale
 - Recommandations éventuelles pour améliorer l'exploitation
 - Evènements particuliers
 - Périodes de fonctionnement et d'arrêt d'exploitation
 - Liste du personnel employé

Pour cela, il est important de saisir toutes les données de manière fiable, au format numérique. Cela permet, de plus, de les analyser facilement et rapidement afin d'optimiser l'exploitation de l'installation de PMB.

Le rapport annuel comprendra un volume (rapport principal) contenant les résultats, les synthèses et les conclusions mensuelles, ainsi qu'un nombre adéquat d'annexes qui porteront tous les détails, données importantes, analyses, calculs, graphiques etc. nécessaires à la compréhension du rapport principal. Le rapport annuel d'exploitation devra être communiqué au maître d'ouvrage.

- En outre, un **rapport immédiat** devra être réalisé en cas de danger (incendie, accident, livraison de déchets non admissibles) ou de constatation de dommages. Il devra être soumis au maître d'ouvrage dans les plus brefs délais après la survenue de l'évènement.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

8 CONCEPTION TECHNIQUE DES DECHARGES CONTROLEES

8.1 CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Le tableau suivant expose les principaux règlements tunisiens, européens et/ou allemands sur lesquels repose la présente étude de planification, et il indique également leurs domaines d'application respectifs jouant un rôle dans le cadre ici considéré.

Tableau 8-1 Lois et Règlements tunisiens, européens et allemands

Titre	Objets de règlement
Loi n° 96-41 du 10 juin 1996 relative aux déchets et au contrôle de leur gestion et de leur élimination	La loi définit les déchets de manière générale.
La directive européenne sur les décharges (1999/31/CE)	La directive indique différentes catégories de décharges et les types de déchets admissibles pour chacune d'entre elles en définissant les exigences posées en ce qui les concerne.
Le décret allemand sur les décharges (DepV)	Ce décret définit les exigences nationales à satisfaire par les décharges.

Les principales revendications posées à l'aménagement et à l'exploitation de décharges sont définies dans la directive européenne sur les décharges (1999/31/CE) et dans le décret allemand sur les décharges (DepV). Comme les domaines de réglementation sont très vastes, on se limitera ici à ne citer et souligner que des extraits pour certains domaines précis.

La mise en décharge des déchets dans les centres d'enfouissement à ciel ouvert doit s'effectuer, le cas échéant, après traitement correspondant des déchets, en respectant de façon durable les exigences suivantes dans la zone d'influence de la biosphère :

- a) un site sélectionné comme étant approprié
- b) un site pourvu d'un système d'étanchéification approprié
- c) en utilisant une technique de mise en décharge appropriée,
- d) en respectant les valeurs de classement,

de façon à ce que soient ainsi créées plusieurs barrières de protection, en empêchant, conformément aux règles de l'art, le dégagement et la diffusion des substances polluantes.

Toute décharge doit être située et conçue de manière à remplir les conditions requises pour prévenir la pollution du sol, des eaux souterraines, ou des eaux de surface, et pour assurer que les lixiviats soient recueillis de manière efficace.

La protection du sol, des eaux souterraines et des eaux de surface doit être assurée, pendant la phase d'exploitation / d'activités, par une barrière géologique en association avec un revêtement de base

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

étanche et, pendant les phases d'inactivité ou après la désaffectation, par une barrière géologique en association avec un revêtement de surface étanche.

Il y a une barrière géologique lorsque les conditions géologiques et hydrogéologiques en dessous et à proximité d'une décharge offrent une capacité d'atténuation suffisante pour éviter tout risque pour le sol et les eaux souterraines.

La base et les côtés de la décharge doivent être constitués d'une couche minérale répondant à des exigences de perméabilité et d'épaisseur dont l'effet combiné, en termes de protection du sol, des eaux souterraines et des eaux de surface est au moins équivalent à celui résultant des exigences suivantes:

- Décharge pour déchets ménagers (pas pour déchets dangereux suite à la Directive 1999/31/CE du Conseil du 26. Avril 1999).
Une barrière géologique avec une perméabilité $k \leq 1,0 * 10^{-9}$ m/s ; épaisseur ≥ 1 m
- Si la barrière géologique ne répond pas naturellement aux conditions précitées, elle peut être complétée artificiellement et renforcée par d'autres moyens offrant une protection équivalente. Une barrière géologique artificielle ne doit pas avoir moins de 0,5 m d'épaisseur.

Aux termes du décret allemand DepV, la mise en décharge des déchets suivants sur une décharge de classe II (site de décharge pour résidus urbains et déchets industriels banals) est interdite :

1. Déchets liquides,
2. Déchets explosifs, corrosifs, susceptibles de provoquer des incendies ou classés dans les catégories de légèrement à hautement inflammables,
3. Déchets infectieux, organes ou membres corporels,
4. Déchets chimiques non identifiés ou nouveaux engendrés dans le cadre d'activités de recherches et de développement, dont les effets sur l'homme et l'environnement ne sont pas connus,
5. Pneumatiques usés (encore entiers ou dépecés),
6. Déchets susceptibles d'entraîner des nuisances olfactives considérables à l'intérieur de la décharge comme dans son voisinage,
7. Déchets qui en raison de leur provenance ou de leurs propriétés sont susceptibles de porter préjudice à la santé publique compte tenu de leur teneur en substances toxiques actives à long terme ou bio-accumulables.

La mise en décharge de déchets ménagers n'est permise que si la décharge ou la section de décharge concernée satisfait à toutes les exigences posées aux décharges de la classe II avec respect parallèle des critères de classement pour décharges de la classe II. À côté des valeurs suivant DepV, on trouvera des valeurs qui, depuis peu, doivent être également respectées suivant la directive européenne.

Dans l'arrêté d'autorisation de l'aménagement d'une décharge, l'autorité compétente, s'appuyant sur la directive 1999/31/CE et tenant compte des données hydrologiques et hydrogéologiques du site prévu ainsi que de la qualité des eaux souterraines dans le courant à l'amont hydraulique de la décharge, fixent

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

des seuils. Ces seuils valent comme étant des valeurs représentatives fixées par l'autorité compétente pour les stations de jaugeage des eaux souterraines (piézomètres) à l'aval hydraulique de la décharge. L'exploitant d'une décharge doit communiquer immédiatement à l'autorité compétente tout effet négatif constaté susceptible de porter préjudice à l'environnement, en particulier tout dépassement des seuils fixés.

8.2 DONNEES DE BASE POUR LA CONCEPTION

8.2.1 Quantité de déchets

Les décharges d'Erroumani et des Salines sont dimensionnées pour recevoir les déchets générés entre 2014 et 2033. Elles recevront, respectivement, les déchets produits dans les gouvernorats de Béja et Jendouba, et ceux produits dans les gouvernorats du Kef et de Siliana. Le tableau ci-dessous définit les quantités respectives en considérant ou non un prétraitement des déchets :

Tableau 8-2 Quantité de déchets à enfouir sur les décharges [tonnes]

Année	Concept 1 2 décharges sans PMB		Concept 2 2 décharges avec PMB	
	Erroumani	Les salines	Erroumani	Les salines
2014	97.939	70.047	48.969	35.024
2015	100.465	71.548	50.232	35.774
2016	103.035	73.072	51.518	36.536
2017	105.651	74.619	52.826	37.309
2018	108.314	76.188	54.157	38.094
2019	111.023	77.782	55.511	38.891
2020	113.779	79.400	56.889	39.700
2021	116.264	81.042	58.132	40.521
2022	118.790	82.708	59.395	41.354
2023	121.357	84.400	60.679	42.200
2024	123.967	86.117	61.984	43.059
2025	126.620	87.860	63.310	43.930
2026	129.317	89.629	64.658	44.814
2027	132.058	91.424	66.029	45.712
2028	134.844	93.247	67.422	46.623
2029	137.677	95.097	68.838	47.548
2030	140.555	96.974	70.278	48.487
2031	143.482	98.880	71.741	49.440
2032	146.456	100.813	73.228	50.407
2033	149.479	102.776	74.740	51.388
Total sur 20 ans	2.461.072	1.713.623	1.230.536	856.812
Moyenne / an	123.054	85.681	61.527	42.841

Il est supposé que les deux nouvelles décharges contrôlées seront construites à « Erroumani » et « Les Salines » en 2012-13 et mises en service en 2014.

Dans la variante sans prétraitement, 100% des déchets sont enfouis en décharge.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Dans la variante avec prétraitement, il est supposé que 50% des déchets sont enfouis en décharge, alors que les 50% restants sont éliminés ou revendus suite au prétraitement.

8.2.2 Densité des déchets

Etant donné que les déchets bruts ont une teneur en matière organique de 70 % et plus, il est considéré qu'une grande partie de cette fraction organique est transformée en gaz de décharge au cours de la période d'exploitation. Ce gaz quitte la décharge (soit de façon diffuse, soit par un dégazage actif) et mène ainsi à une perte de masse.

Il est supposé d'une façon générale que la densité moyenne des déchets durant l'enfouissement ne s'élève qu'à 1,0 t/m³. Par la suite, on observe un compactage des déchets dû à la surcharge des déchets mis en place en couches successives. Par conséquent, la densité moyenne considérée sera de **1,25 tonne/m³** pour les déchets non traités. La même hypothèse avait été effectuée dans l'étude du Grand Tunis. C'est une supposition très conservatrice, puisque des expériences sur des décharges pour des déchets similaires en Tunisie ont montré des densités dans le corps de déchets de 1,5 tonne/m³.

Dans le cas d'un prétraitement des déchets, seuls les déchets traités seront enfouis à la décharge. Ces déchets se différencient des déchets bruts par leur quantité et leur composition. La fraction biodégradable, la plus importante, est inertée durant le prétraitement, de sorte que de faibles quantités de biogaz se forment dans le corps des déchets. Il en est de même pour les lixiviats : ils sont de faible quantité et peu chargés. Par conséquent, la densité effective des déchets prétraités correspond largement à la densité virtuelle dans le corps de décharge. Etant donné que les déchets prétraités sont broyés et décomposés, la densité moyenne devrait être plus élevée par rapport à une décharge pour déchets bruts, elle est donc estimée à **1,4 tonne/m³**.

8.2.3 Volumes des zones de stockage des déchets

Le volume des décharges est calculé en fonction de la quantité de déchets produits (voir paragraphe 8.2.1) et de la densité prise en considération pour les déchets après mise en décharge et compactage, soit 1,25 t/m³ pour les décharges sans PMB et 1,4 t/m³ pour les décharges avec PMB. Les tableaux présentés ci-après (Tableau 8-3 et Tableau 8-4) présentent les volumes de déchets à enfouir dans les décharges en 20 ans en comparaison avec le volume des décharges.

Le détail des calculs de la durée de vie des décharges est donné en **annexe 8-1**.

8.2.3.1 Concept 1

Dans le cadre du concept 1, tous les déchets seront enfouis sur la décharge, sans prétraitement.

Tableau 8-3 Volume des décharges sans PMB

Concept 1 - 2 décharges sans PMB				
	Unité	Erroumani	Salines	Quantité
Déchets dans le PMB	tonnes	-	-	0%
Déchets dans la décharge (tonnes 2014 - 2033)	tonnes	2.461.072	1.713.623	100%
Densité des déchets	t/m ³	1,250	1,250	
Volume de déchets à enfouir	m ³	1.968.857	1.370.899	

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Volume de la décharge (disponible pour les déchets)	m ³	2.258.208	1.396.948	
Volume restant après 20 ans d'exploitation	m ³	289.351	26.049	

La décharge d'Erroumani recevra 2,46 millions de tonnes de déchets entre 2014 et 2033, soit un volume d'environ 2 millions de m³. Après 20 ans d'exploitation, le volume restant sera d'environ 300.000 m³.

La décharge des Salines recevra 1,7 millions de tonnes de déchets entre 2014 et 2033, soit un volume d'environ 1,4 m³. Après 20 ans d'exploitation, le volume restant sera d'environ 26.000 m³.

Ces volumes restants permettent aux deux décharges de fonctionner encore 2 ans au maximum après les 20 ans d'exploitation prévus.

8.2.3.2 Concept 2

Dans le cadre du concept 2, les déchets sont prétraités, ce qui diminue la quantité de déchets à enfouir en décharge environ de moitié.

Tableau 8-4 Volume des décharges avec PMB

Concept 2 - 2 décharges avec PMB				
	Unité	Erroumani	Salines	Quantité
Déchets dans le PMB	tonnes	2.461.072	1.713.623	100%
Déchets dans la décharge (tonnes 2014 - 2033)	tonnes	1.230.536	856.812	50%
Densité des déchets	t/m ³	1,400	1,400	
Volume de déchets à enfouir	m ³	878.954	612.008	
Volume de la décharge (disponible pour les déchets)	m ³	1.400.936	963.834	
Volume restant après 20 ans d'exploitation	m ³	521.982	351.826	

La décharge d'Erroumani recevra 1,23 millions de tonnes de déchets entre 2014 et 2033, soit un volume d'environ 0,9 millions de m³. Après 20 ans d'exploitation, le volume restant sera d'environ 0,5 millions m³.

La décharge des Salines recevra 0,86 millions de tonnes de déchets entre 2014 et 2033, soit un volume d'environ 0,6 millions de m³. Après 20 ans d'exploitation, le volume restant sera d'environ 0,35 millions de m³.

Ces volumes restants après 2033 permettent aux deux décharges de fonctionner encore 9 ans après les 20 ans d'exploitation planifiés.

8.3 CONCEPT 1 : LES DECHARGES CONTROLEES SANS PMB

8.3.1 Infrastructures de la décharge

Les décharges contrôlées sans PMB seront constituées des infrastructures suivantes :

- Route d'accès et voiries internes
- Bâtiments

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- Station de lavage des véhicules et station service
- Réseaux divers
- Bassin de rétention des eaux de surface
- Zones de stockage
- Quais de transfert
- Pont bascule
- Clôture et portail coulissant
- Décharge contrôlée avec étanchéités
- Système de drainage, de stockage et de traitement des lixiviats
- Système de captage et de traitement des biogaz

8.3.1.1 Route d'accès et voiries internes

La route d'accès et les différentes voiries internes, dont la piste périphérique de la décharge (au moins jusqu'à la rampe d'accès à la décharge), auront un revêtement bitumineux et seront assez larges pour permettre le croisement des véhicules de transport des déchets (environ 8m).

La zone d'entrée, la zone de service et le parking seront revêtus en enrobé bitumineux.

8.3.1.2 Bâtiments

Les décharges seront pourvues des bâtiments suivants :

- Un bâtiment administratif (environ 200 m²)

Le bâtiment administratif sera aménagé pour abriter environ 15 personnes au total. Il comprend les locaux suivants :

- Un bureau de direction.
- Un bureau pour l'ingénieur de la décharge
- 2 autres bureaux, dont l'un sera réservé au technicien et équipé d'un ordinateur où les données fournies par les différents instruments de mesure (mesure du volume de lixiviats, données météorologiques et données en liaison avec les installations de traitement des lixiviats et des gaz) seront transmises et enregistrées.
- 1 salle de réunion pouvant recevoir une quinzaine de personnes (par exemple dans le cadre de stage de formation du personnel de la décharge)
- 1 vestiaire
- Installations sanitaires pour environ 10 personnes
- Cuisine
- Laboratoire

La vue en plan du bâtiment administratif est donnée dans le plan III-01-05.

- Un atelier mécanique (environ 250 m²) qui comportera :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- Un bureau pour le chef d'atelier, un foyer pour les mécaniciens, deux salles pour le stockage des outils, des différents équipements, et des pièces de rechange ainsi que des sanitaires.
- Une aire de garage pour camion ou chargeuse sur pneus avec fosse de maintenance (réparations, vidanges, etc.). La fosse devra être assez profonde pour procéder aux réparations.
- Une aire de garage sans fosse de maintenance. Ainsi, deux véhicules pourront être entretenus ou réparés en même temps.

La vue en plan de l'atelier mécanique est donnée dans le plan III-01-06.

- Un garage pour les engins

Le garage sera réalisé sous la forme d'une construction à ossature métallique. Trois des murs extérieurs seront réalisés en maçonnerie. Le quatrième côté restera tout simplement ouvert, sans aucun portail. Le garage doit offrir une place suffisante pour abriter les véhicules/équipements suivants :

- 1 chargeuse
 - 1 excavateur
 - 3 camions hooklift
 - 1 remorque citerne
 - 1 tracteur et sa remorque
 - 1 véhicule tout terrain
 - Les conteneurs de la décharge pourront également y être abrités
- Un local de pesée (environ 8m²) avec tous les équipements nécessaires.
 - Une loge gardien (environ 9m²), qui comportera une chambre et une petite salle d'eau.

8.3.1.3 Station de lavage des véhicules et station service

La station de lavage des véhicules sera équipée d'un regard pour la récupération des eaux de lavage, qui seront pompées et reversées dans les bassins des lixiviats.

Pour garantir le fonctionnement des nombreux véhicules et appareils travaillant sur le centre d'enfouissement, une station essence pour approvisionnement en gas-oil sera installée sur le site. La station service sera équipée d'une citerne enterrée et d'une pompe de distribution.

8.3.1.4 Réseaux divers

Ces réseaux concernent :

- Le drainage des eaux pluviales de la zone de service et des eaux non-polluées provenant de la zone de la décharge ainsi que du bassin-versant en amont du site sera assuré par des fossés aménagés le long de la route périphérique. Ils seront évacués par des caniveaux et rigoles d'écoulement vers un bassin de rétention des eaux de surface, équipé d'un trop-plein pour répondre à des événements pluviométriques exceptionnels.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

- Les eaux vannes : elles seront raccordées au réseau ONAS s'il existe, sinon elles seront évacuées vers une fosse septique.
- Les eaux usées : elles seront raccordées au réseau ONAS s'il existe sinon, elles seront évacuées vers un puits perdu.

Par ailleurs, la décharge devra disposer d'un branchement au réseau d'eau potable et au réseau électrique. Pour ce faire, un poste de transfert d'eau et un poste transformateur devront être réalisés dans la zone d'entrée. Un petit groupe électrogène devra également être prévu en cas de coupure de courant pour assurer le fonctionnement des installations de traitement des lixiviats.

8.3.1.5 Bassin de rétention des eaux de surface

Ce bassin de rétention des eaux de surface recevra les eaux de pluie provenant de la zone de service, de la décharge et du bassin versant en amont de la décharge. Ce bassin est nécessaire en particulier pour les eaux superficielles en provenance des cellules d'exploitation encore exemptes de tout déchet vu le volume d'eau relativement élevé qu'elles peuvent engendrer en un temps très bref.

Ce bassin est une simple fosse creusée dans la terre, renforcée par un pavage posé sur lit de béton au niveau de l'arrivée de l'écoulement des eaux ainsi qu'au niveau du trop plein à la sortie du bassin.

Le dimensionnement des bassins de rétention d'eau est réalisé suivant la norme allemande : ATV Arbeitsblatt A 117. Il prend en considération les surfaces imperméabilisées (routes, surfaces bitumées, caisier construit, etc.) en appliquant des coefficients de ruissellement aux surfaces, on détermine ainsi la quantité maximale d'eau dérivable (voir le dimensionnement à l'**annexe 8-2**) et le volume du bassin à prévoir pour ne pas exercer une charge supplémentaire trop importante sur l'oued en aval lors de fortes pluies.

Le débit s'écoulant du bassin doit être limité en aval et ne doit jamais être supérieur à deux ou trois fois le débit qui s'écoulerait sans aménagement de la décharge. Ceci signifie que la quantité d'eau s'écoulant des bassins doit être réduite par une vanne papillon et que la quantité excédentaire doit être retenue pendant un certain temps dans le bassin de rétention (appelé également bassin tampon).

8.3.1.6 Zones de stockage

Deux zones de stockage sont prévues :

- Une zone de stockage des conteneurs provenant des centres de transfert

L'emplacement de stockage des conteneurs sera situé à l'entrée du site, avant le pont-bascule, et sera accessible 7j/7 et 24h/24 pour la dépose des conteneurs provenant des centres de transfert.

Le dimensionnement de cette zone de stockage a été réalisé en fonction des quantités de déchets livrés en 2014 et en 2033. Les détails des calculs sont donnés en **annexe 8-3**. Les dimensions minimales de surfaces de stockage sont présentées dans les tableaux ci-après :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 8-5 Dimensions de la zone de stockage des conteneurs en 2014

	Tonnes de déchets en 2014	Volume de déchets en 2014 (d=0,35)	Nombre de conteneurs de 30m ³ livrés par jour (livraison 260j/an)	Dimensions de la zone de stockage des conteneurs
	[tonnes]	[m ³]	Unité	[ha]
Erroumani	97.939	279.826	45	0,3
Les Salines	70.047	200.134	32	0,2

Tableau 8-6 Dimensions de la zone de stockage des conteneurs en 2033

	Tonnes de déchets en 2033	Volume de déchets en 2033 (d=0,35)	Nombre de conteneurs de 30m ³ livrés par jour (livraison 260j/an)	Dimensions de la zone de stockage des conteneurs
	[tonnes]	[m ³]	Unité	[ha]
Erroumani	149.479	427.083	68	0,4
Les Salines	102.776	293.647	47	0,3

Les exigences et les hypothèses suivantes ont été prises en compte :

- Une densité de 0,35 a été prise en compte pour les déchets dans les conteneurs et un remplissage de 80% des conteneurs de 30 m³ a été considéré.
- Surface suffisante pour le stockage des conteneurs avec 2 ou 3 jours de réserve
- Dimensions approximatives des conteneurs : 2,5 m x 6,5 m.
- Les conteneurs seront placés en 5 rangées au maximum avec un espacement de 0,5 m entre les conteneurs. En période habituelle, les conteneurs seront rangés sur 2 ou 3 rangs au maximum.
- Une surface libre d'environ 14 m sera disponible devant les conteneurs afin que les camions puissent manœuvrer.

Le dimensionnement ayant été fait avec seulement des conteneurs de 30m³ alors qu'il se peut que des conteneurs de 15m³ soient également livrés, ce qui augmenterait la surface nécessaire. Nous avons choisi de retenir la surface nécessaire pour le stockage des conteneurs **pendant 3 jours en 2014**, soit au début de l'exploitation, pour le dimensionnement. Cette surface permettra le stockage des conteneurs en 2033 avec 2 jours de réserve. Si cela ne s'avérait pas suffisant, la surface pourra être agrandie lors des travaux d'extension de la décharge.

Les aires de parking des conteneurs seront matérialisées par des lignes blanches qui permettront aux chauffeurs de camion de mieux délimiter l'emplacement des conteneurs et ainsi de minimiser la place nécessaire pour le stockage des conteneurs. Les zones pour conteneurs pleins et conteneurs vides seront séparées dans la mesure du possible.

Il convient de relever que, dans le cadre de la manipulation des conteneurs, l'aire de parking pour conteneurs sera très sollicitée par les manœuvres nécessaires. Un béton bitumineux ordinaire serait donc rapidement endommagé, compte tenu notamment des températures élevées dans la région, diminuant ainsi de façon significative la durée de vie de l'aire de stockage. C'est la raison pour laquelle il est recommandé de prévoir la mise en œuvre de béton ou d'un revêtement semi-rigide pour les surfaces direc-

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

tement sollicitées. Ce revêtement n'est pas nécessaire pour les voies d'accès et de manœuvre des camions.

- Une plateforme de compostage (4000 m²)

La plateforme de compostage est prévue pour composter les déchets verts amenés par les particuliers sur le site de la décharge. Elle pourra être agrandie au besoin lors de l'agrandissement de la décharge.

8.3.1.7 Quais de transfert

Deux quais de transfert sont prévus en cas de besoin pour le déchargement des déchets apportés par des particuliers à la décharge (déchets verts, DIB, etc.). Ils seront abrités par un bâtiment en ossature métallique.

Les conteneurs utilisés pour la réception des déchets au niveau des quais de transfert seront du même type que ceux provenant des centres de transfert. Ainsi, ils pourront être transportés par les camions hooklift de la décharge.

8.3.1.8 Pont-bascule

Un pont-bascule à l'entrée de la décharge sera suffisant pour le pesage des conteneurs de déchets livrés qui seront déposés sur la zone de stockage avant le pont-bascule. Il permettra également, à l'occasion, le pesage des véhicules des particuliers.

Le pont-bascule sera installé à l'entrée du site sur la route d'accès et aura une capacité de 60 tonnes. Les dimensions de la bascule, elle-même, doivent correspondre au moins aux indications suivantes : 3,5 m de large et 18 m de long, afin qu'un camion et sa remorque (arrivages des centres de transfert) puissent être pesés en une seule opération.

8.3.1.9 Clôture et portail coulissant

Le site de la décharge et de ses infrastructures sera entièrement clôturé, en partie par une clôture en dur, sinon par une clôture grillagée (2m de haut).

Un portail coulissant sera prévu directement à l'entrée du site, il restera ouvert pour l'accès des camions provenant des centres de transfert à la zone de stockage des conteneurs et ne sera fermé qu'occasionnellement, quand cela s'avère nécessaire.

Un second portail sera prévu au-delà de la zone de stockage des conteneurs, celui-ci ne sera ouvert que pendant les heures d'ouverture de la décharge.

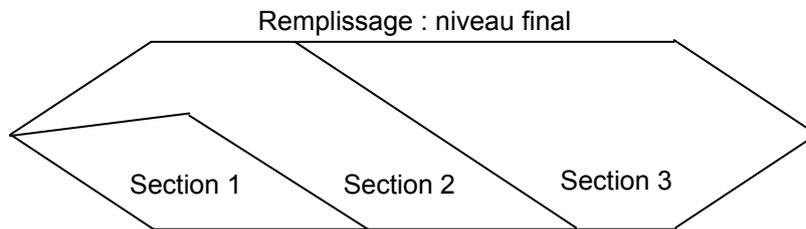
8.3.1.10 Etanchéités de la décharge contrôlée

La décharge sera constituée de plusieurs casiers équipés d'une étanchéité à la base. La décharge sera construite en 2 ou 3 étapes en fonction du nombre de casiers (casiers de 2, 3 à 4 cellules).

Les casiers seront remplis jusqu'à ce que l'enfouissement ne soit plus possible en hauteur et en veillant à garder une pente du corps de la décharge vers l'extérieur de la décharge (voir la section 1 dans le schéma ci-dessous) pour faciliter l'écoulement des eaux de pluie.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Figure 8-1 Schéma de remplissage de la décharge



Lors de la construction du casier suivant, une couverture temporaire sera mise en place sur le corps de déchets déjà en place afin de limiter l'infiltration des précipitations dans le corps de la décharge, et ainsi de diminuer la quantité de lixiviats. Les casiers seront remplis les uns après les autres jusqu'à atteindre la hauteur finale du corps de la décharge (voir le schéma ci-dessus).

Une étanchéité de surface (capping) sera mise en place lors de la fermeture complète de la décharge sur le corps de déchets.

8.3.1.10.1 Système d'étanchéité de base de la décharge

Conformément à la législation (voir § 8.1), si une barrière géologique naturelle avec une perméabilité $k \leq 1,0 \cdot 10^{-9}$ m/s et une épaisseur ≥ 1 m n'existe pas sur le site de la décharge, une barrière doit être mise en place pour offrir une protection équivalente. Cette barrière géologique ne doit pas avoir moins de 0,5 m d'épaisseur. Dans le cas où la barrière géologique naturelle est inexistante, différentes solutions sont possibles, elles sont présentées dans le Tableau 8-7.

Tableau 8-7 Systèmes d'étanchéités de base envisageables pour la décharge

Barrière géologique	Structure de l'étanchéité de base	Remarques
<p>Variante 1 : Argile compactée</p> <p>Bonne faisabilité, à condition que de l'argile soit mise à disposition en quantité et qualité requises pour la réalisation d'une étanchéité minérale.</p>	<p>Plate-forme compactée</p> <p>Etanchéité minérale en deux couches, chacune d'une épaisseur de 25 cm. Perméabilité $k \leq 1,0 \cdot 10^{-9}$ m/s</p> <p>Géomembrane en PEHD, épaisseur 2,5 mm</p> <p>Géotextile de protection de 2.000 gr/m²</p> <p>Couche de drainage en gravier (8/16 mm), épaisseur 30 cm</p>	<p>Cette solution est celle que nous préconisons, car de l'argile de bonne qualité peut être assez facilement mise à disposition dans le nord de la Tunisie dans le cas où elle ne serait pas présente en quantité ou qualité suffisante sur le site. Elle constitue donc une solution à la fois très fiable et économiquement supportable.</p>
<p>Variante 2 : Asphalte</p> <p>Bonne faisabilité, dans le cas où de l'argile ou du limon utili-</p>	<p>Plate-forme compactée, $E_{v2} \geq 40$ MN/m²</p> <p>Couche de base, épaisseur</p>	<p>Cette solution a été envisagée dans des projets précédents en Tunisie. Elle avait été rejetée par</p>

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Barrière géologique	Structure de l'étanchéité de base	Remarques
sables ne sont pas présents sur le site pour la réalisation d'une étanchéité minérale.	≥ 20 cm, $E_{v2} \geq 80$ MN/m ² Couche d'asphalte de base, 8 à 12 cm Couche bitumineuse en bitume polymère (0,75-1 kg/m²) Couche d'étanchéité en asphalte, 6 cm Couche de drainage de gravier (25/40 mm), épaisseur 30 cm	l'ANGed pour des raisons de coûts mais surtout de mise en oeuvre.
Variante 3 : Etanchéité minérale artificielle Bonne faisabilité, dans le cas où de l'argile ou du limon utilisable ne sont pas présents sur le site pour la réalisation d'une étanchéité minérale.	Plate-forme compactée Etanchéité polymère minérale : mélange de sable, bentonite et polymère avec une perméabilité $k \leq 5 \cdot 10^{-11}$ m/s. L'épaisseur de l'étanchéité et le nombre de couches et à définir selon la nature de l'étanchéité minérale. (maximum 15 à 20 cm). Géomembrane en PEHD, épaisseur 2,5 mm Couche de protection de 800 gr/m ² Couche de protection en sable, 10 cm Couche de drainage en gravier (8/16 mm), épaisseur 30 cm	La solution à retenir si de l'argile n'est pas disponible sur le site ou à proximité (en fonction des coûts de transport).

Les trois variantes ainsi que leurs coûts sont développés et détaillés dans l'**annexe 8-4**.

Le tableau ci-après présente une estimation des coûts des différents systèmes d'étanchéification :

Tableau 8-8 Coût des systèmes d'étanchéité de base de décharge

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
	DNT/m ²	DNT/m ²	DNT/m ²
Prix total du système d'étanchéification	87,746	98,054	159,193

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012	Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version : finale

La variante 3 est très coûteuse et n'est justifiée que dans le cas où une carrière fournissant une argile de bonne qualité n'existe pas dans les environs du site.

La solution 1 sera donc retenue dans la phase d'APD. La variante d'étanchéité est détaillée sur le plan III-03-01.

8.3.1.10.2 Couvertures temporaires

Chaque jour, une couverture de terre devra être apportée pour limiter le dégagement des mauvaises odeurs et l'envol des déchets.

8.3.1.10.3 Couvertures intermédiaires

Une couverture intermédiaire peut être mise en place sur les surfaces d'exploitation de la décharge qui ont atteint leur hauteur finale ou intermédiaire (surface non exploitée pendant plusieurs mois ou années) mais sur lesquelles le système d'étanchéité de surface ne peut pas encore être mis en place, par exemple, parce que des tassements sont attendus ou parce que des déchets y seront enfouis par la suite.

Le matériau utilisé doit être peu perméable (couche d'au moins 50 cm, selon le matériau utilisé et le compactage), cela permet de diminuer la surface de déchets exposée, de réduire considérablement l'infiltration des précipitations, et ainsi la production de lixiviats.

Avant l'installation de l'étanchéité de surface ou de la reprise de l'exploitation, la couverture temporaire peut être grattée pour être réutilisée.

8.3.1.10.4 Système d'étanchéité de surface de la décharge (capping)

Sur les casiers remplis jusqu'à leur hauteur définitive, il conviendra de poser une étanchéité de surface afin de réduire au maximum le volume de lixiviats produits après exploitation du casier.

Après avoir, sur la base des dernières connaissances acquises en RFA, évalué les différentes solutions possibles d'étanchéité en surface de la décharge, nous avons éliminé la variante avec étanchéité minérale naturelle (argile). En effet, ces dernières années, de nombreuses décharges ont été fermées en Allemagne de l'est avec une couverture finale étanche en argile. Les différents tests en champs d'essais pour déterminer les propriétés de toute une série de systèmes d'étanchéité en surface ont montré que les couches d'argile utilisées dans ce contexte avaient considérablement tendance à se déshydrater, ce qui se traduit par des fissures de retrait et, en définitive, par une perte totale des propriétés d'étanchéification. Ce phénomène risque d'être bien plus extrême en Tunisie compte tenu du climat aride et des températures qui sont plus élevées qu'en Allemagne. Cette variante avec couche d'argile ne peut donc être retenue.

Ayant écarté la possibilité d'une couverture finale étanche en argile, nous avons analysé plus en détail les deux autres solutions restant encore pertinentes, à savoir un capping type étanchéité polymère minérale (mélange de sable, bentonite et d'un polymère) ou une couverture par géomembrane et géocomposite bentonitique :

- Il est vrai qu'en cas de périodes de sécheresse prolongées, des fissures peuvent également apparaître dans un capping constitué par une étanchéité polymère minérale, mais contrairement à l'argile utilisée seule, les fissures dans une telle couverture peuvent, après un nouveau contact

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

avec de l'eau, se refermer en raison de la capacité de la bentonite à gonfler et du pouvoir auto-cicatrisant des couches d'étanchéité polymère minérale.

- L'avantage de l'étanchéité avec géocomposite bentonitique est qu'elle est très simple et rapide de mise en œuvre.

La mise en place d'une couche de revégétation sur le système d'étanchéité de surface, et le plantage de cette couche de revégétation est absolument nécessaire pour protéger la couche étanche et pour limiter les phénomènes d'érosion et/ou la dispersion par le vent des fines particules. La croissance et la pousse durable d'herbes ou de plantes présupposent cependant une disponibilité suffisante en eau dans la couche de revégétation (ou de recultivation).

Une couche de revégétation composée pour moitié de compost, formant une couche supérieure, aurait dans ce contexte l'avantage de conférer une plus grande capacité de rétention de l'eau. Cette méthode a fait ses preuves sur la décharge de Deir El Balah dans la bande de Gaza. La couche de revégétation devrait être semée de graines en provenance de plantes locales, car ces plantes sont bien adaptées aux conditions climatiques régnant dans la région. Leur germination et croissance seraient de plus fortement stimulées par l'addition de compost. Les racines des plantes permettent de protéger la couverture de l'érosion, même lorsque les plantes flétrissent et se dessèchent en été pour ne repousser qu'en saison des pluies. Il serait opportun de produire ce compost à partir des fractions organiques des déchets, par exemple dans le cadre du prétraitement des déchets.

Les deux variantes retenues pour le système d'étanchéité de surface de la décharge sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 8-9 Systèmes d'étanchéité de surface (capping)

Composants du système	Variante 1	Variante 2
		Couverture finale de type « Etanchéité minérale polymère » (Mélange sable, bentonite, polymère) + géomembrane
Couche d'égalisation sur la surface du corps de déchets	Matériau homogène non cohérent $D \geq 0,25$ m	Matériau homogène non cohérent $D \geq 0,25$ m
Couche de drainage de biogaz	Couche de gravier $D \geq 0,25$ m	Couche de gravier $D \geq 0,25$
Couche de séparation	Géotextile $\rho = 350-450$ g/m ²	-
Couche minérale d'étanchéité	Couche d'étanchéité polymère minérale (mélange de bentonite, de sable et d'un polymère) $d = 8$ cm ; $k \leq 2 \cdot 10^{-11}$ m/s	Géocomposite bentonitique (concentration en bentonite de 5000 g/m ²) $d \approx 1$ cm ; $k \leq 2 \cdot 10^{-11}$ m/s

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Composants du système	Variante 1	Variante 2
Géomembrane	PE HD d ≥ 2,0 mm	PE HD d ≥ 2,0 mm
Couche drainante	Géotextile drainant, également couche de protection de la géomembrane ($k \geq 1 \cdot 10^{-3}$ m/s)	Géotextile drainant, également couche de protection de la géomembrane ($k \geq 1 \cdot 10^{-3}$ m/s)
Couche de revégétation d ≥ 1 m	Nécessaire	Nécessaire
Végétation	Nécessaire	Nécessaire

Les deux variantes ainsi que leurs coûts sont développés et détaillés dans l'**annexe 8-4**. Le tableau ci-après donne le résumé de leur coût.

Tableau 8-10 Coût des systèmes d'étanchéité de surface

Composants du système	Variante 1	Variante 2
	Couverture finale de type « Etanchéité minérale polymère » et géomembrane	Couverture de type tapis en bentonite et géomembrane
Couche d'égalisation	9,000	9,000
Couche de drainage des gaz	10,000	10,000
Couche de séparation	8,250	-
Couche minérale d'étanchéité	55,000	24,200
Géomembrane	22,600	22,600
Couche drainante	11,000	11,000
Somme	123,742	82,032

La variante 2 étant moins coûteuse et beaucoup plus simple de mise en œuvre que la variante 1, elle est recommandée pour la réalisation de l'étanchéification.

Le système d'étanchéité de capping ne fait pas partie intégrante de ce projet car il est à réaliser et à mettre en place seulement à la fin de l'exploitation de la décharge (ou d'une partie de la décharge) soit par l'opérateur privé, soit par l'ANGed. Une étanchéité de surface éventuelle doit cependant d'ores et déjà être décrite, car pour un système d'étanchéité de surface, une surface suffisante doit être prévue à la périphérie de la décharge.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

8.3.1.11 Système de drainage des lixiviats

Un réseau de collecte des lixiviats sera mis en place à la base de la décharge afin d'évacuer les liquides produits par les déchets et les infiltrations des eaux de pluie dans le corps des déchets vers des bassins de stockage des lixiviats.

Le drainage à la base de la décharge est réalisé au moyen d'un réseau de tuyaux en PE perforés et enfouis dans un matériau drainant en graviers concassés 25/40 mm. Une couche de drainage est elle aussi mise en place sur 30 cm d'épaisseur mais avec une granulométrie plus petite (8/16 ou 16/32 mm) pour ne pas endommager la géomembrane.

8.3.1.11.1 Couche de drainage en graviers concassés

Selon notre expérience, la teneur en carbonates des matériaux drainant ne peut pas être limitée en Tunisie en se basant sur les seuils appliqués en Allemagne. Dans les pays nord-africains, notamment, la teneur en acides organiques des lixiviats est très élevée (du moins au début de l'enfouissement). C'est pourquoi la teneur en carbonates doit être limitée autant que possible (< 60% si possible).

Cependant une teneur en calcaire élevée de la couche drainante ne conduit pas à une dissolution plus rapide de la couche drainante. C'est plutôt en raison du milieu alcalin dans la couche drainante que des réactions se déclenchent et colmatent la couche drainante. Ce risque existe également lors d'une teneur en calcaire peu élevée. Actuellement, il n'existe aucune possibilité pour réduire ce risque, sauf un matériau en quartz pur (pratique à utiliser, mais introuvable en Tunisie). L'utilisation d'un géotextile drainant poserait aussi des problèmes de colmatage et serait écrasé par le poids de la décharge, sa capacité de drainage serait donc très diminuée.

8.3.1.11.2 Réseau de conduites de drainage

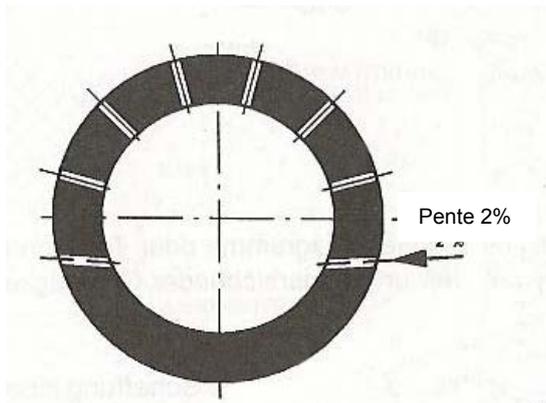
Le réseau de drainage doit permettre un transit des lixiviats et autres liquides en dehors de la décharge aussi rapidement que possible, cela afin d'éviter le colmatage des systèmes drainants et de limiter la mise en charge du système d'étanchéité.

Les tuyaux de drainage sont en matériau PE (Polyéthylène), de qualité PE 100 et de diamètre intérieur d'au moins de 250 mm (en fonction des débits estimés). Ils sont perforés dans l'enceinte de la décharge pour collecter les lixiviats, et non-perforés en dehors pour assurer le transport des lixiviats jusqu'aux bassins.

Les tuyaux perforés sont installés sur un lit de sable (protégés par un géotextile pour éviter la migration du sable) et ne sont donc perforés que sur les 2/3 de leur pourtour. Le diamètre minimum des perforations doit être de 12 mm avec une surface de transit d'au moins 100 cm/m de tuyau (voir la figure ci-dessous).

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Figure 8-2 Coupe d'un tuyau perforé de drainage pour la décharge



Les tuyaux de drainage utilisés doivent être dimensionnés de façon à supporter la charge exercée par le corps de la décharge.

Les drains traversent l'étanchéité tout au fond du casier, c'est-à-dire en un point de pénétration particulièrement important puisque c'est vers ce point qu'afflue la totalité des lixiviats. En cas de défaillances des barrières d'étanchéité en ce point, il faut s'attendre à des fuites de lixiviats très importantes. C'est ce qui explique la mise en œuvre de pièces spéciales au niveau du point de pénétration.

8.3.1.12 Quantité de lixiviats

Le calcul de la quantité de lixiviats repose sur la prise en considération des grandeurs suivantes :

$$Q_{Ltot} = Q_L + W_{aérobie} + Q_{cons} \pm S - R - E - G - W_{anaérobie} - G_{fond} + Q_{div}$$

Avec :

- Q_{Ltot} = Quantité de lixiviats totale
- Q_L = Quantité de lixiviats issues des précipitations tombées sur la décharge
- $W_{aérobie}$ = Quantité d'eau produite lors de la dégradation aérobie des matières organiques. Dans le cadre d'un calcul de la quantité des lixiviats, cette quantité est négligeable.
- Q_{cons} = Quantité de lixiviats libérée lors de la consolidation des déchets. Ici, elle s'élève à environ **12 %** de la quantité de déchet stockés.
- S = Accumulation des Lixiviats dans le corps de la décharge. Cette grandeur est négligeable dans le cadre du calcul de la quantité de lixiviats.
- R = Ruissellement des eaux de surfaces sur des surfaces couvertes, qui peuvent être drainées vers l'extérieur. Cette valeur est fixée à 0 m³/an.
- E = Evaporation (ici on ne peut pas appliquer l'évaporation potentielle, car seules les eaux de pluies qui ne sont pas évacuées en surface et qui ne se sont pas encore infiltrées profondément dans les déchets ou dans les surfaces couvertes peuvent s'évaporer de l'aire de la décharge). L'évaporation lors des pluies est généralement limitée à un maximum de 10 mm. Cette grandeur est donc négligée pour le calcul.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- G** = Perte d'eau due à l'émission de gaz de décharge (en règle générale, ce gaz est saturé). Dans le cadre d'une estimation de la quantité des lixiviats, cette quantité peut être négligée.
- $W_{\text{anaérobie}}$** = Quantité d'eau consommée pour la dégradation anaérobie des matières organiques. Dans le cadre d'un calcul de la quantité des lixiviats, cette quantité peut être négligée.
- G_{fond}** = Perte d'eau en fond de casier. En raison du système d'étanchéité choisi, cette quantité est nulle = 0 m³/an.
- Q_{div}** = Eaux résiduaire en provenance des autres zones de la décharge et devant être traitées conjointement avec les lixiviats (eaux usées domestiques ou eaux en provenance de l'aire de lavage des véhicules, par exemple).

La production de lixiviats se résume donc à :

$$Q_{L_{\text{tot}}} = Q_L + Q_{\text{cons}} + Q_{\text{div}}$$

1) **Q_L** : Quantité de lixiviats issues des précipitations tombées sur la décharge

Pour effectuer les calculs de production de lixiviats et le dimensionnement des bassins de rétention des lixiviats, nous avons pris en considération l'année la plus pluvieuse des 10 dernières années conformément à la méthode de calcul classique. Les données pluviométriques pour chacun des sites sont présentées aux chapitres 9.1.2 et 10.1.2, respectivement pour Erroumani et Les Salines.

Pour le calcul, on considère qu'un certain pourcentage de précipitations qui tombent sur la décharge s'infiltrer et se retrouve dans le lixiviat. Le niveau de ce pourcentage dépend de différents critères, comme par exemple l'état d'exploitation des casiers construits.

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- Une aire de décharge dont l'exploitation n'a pas encore commencé ou vient d'être amorcée et qui ne contient encore qu'un faible volume de déchets de sorte qu'une très grande partie des eaux de pluies peut rapidement s'écouler. L'accumulation d'eau et l'évaporation sont faibles.

Hypothèse : les lixiviats correspondent à 90 % des précipitations.

- Pour les cellules en exploitation avec enfouissement à ciel ouvert : ces aires sont soit recouvertes de déchets non compactés ou de fines couches de sols (couvertures journalières).

Hypothèse : Les lixiviats correspondent à 50 % des précipitations.

- Pour les cellules déjà remplies et recouvertes d'une couverture temporaire.

Hypothèse : les lixiviats correspondent à 30 % des précipitations.

- Pour les cellules pourvues d'une couverture définitive avec étanchéification en surface (capping).

Hypothèse : le pourcentage des lixiviats n'est plus de 5 % des précipitations (en raison de fuites résiduelles éventuelles et d'infiltration dans les zones de transition).

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

2) Q_{cons} : Quantité de lixiviats libérée lors de la consolidation des déchets

Les précédents projets réalisés en Tunisie montrent que la teneur en matière organique des déchets peut monter jusqu'à 60-65%¹. La quantité de lixiviats produits par les décharges en Tunisie ayant souvent été sous-estimée lors de la planification des précédentes décharges, nous avons considéré que la quantité de lixiviats issus de la consolidation des déchets s'élève à environ **12 %** de la quantité de déchet stockés (au lieu de 10% habituellement pour les déchets ménagers en Allemagne, avec la même teneur en matière organique)

3) Q_{div} : Eaux résiduares en provenance des autres zones de la décharge

Ces eaux correspondent aux eaux usées et devant être traitées conjointement avec les lixiviats :

- eaux usées domestiques provenant du bâtiment administratif et de l'atelier mécanique
- eaux en provenance de l'aire de lavage des véhicules (1 m³ / jour au maximum)

A l'appui de ces hypothèses, les quantités de lixiviats suivantes ont été déterminées, elles devront pouvoir être traitées par l'installation de traitement des lixiviats :

Tableau 8-11 Quantité de lixiviats - concept 1

	Erroumani	Les Salines
[m ³ / an]	93.000	45.000
[m ³ / jour]	255	123

Les détails des calculs de la quantité de lixiviat sont donnés en **annexe 8-5**.

8.3.1.13 Bassins des lixiviats

Les lixiviats sont acheminés jusqu'aux bassins de stockage des lixiviats qui constituent des bassins tampon avant le traitement des lixiviats et ne sont pas à considérer comme des bassins d'évaporation. L'évaporation des lixiviats dans les bassins a été considérée comme nulle par mesure de précaution.

Deux bassins de stockage de lixiviats seront aménagés, afin de pouvoir mettre l'un des deux bassins hors service en période de sécheresse pour pouvoir effectuer les opérations de maintenance. Ils devront également être assez grands pour faire face à une panne de l'installation de traitement des lixiviats.

8.3.1.13.1 Dimensionnement

Les bassins de stockage ont été dimensionnés de manière à pouvoir recevoir :

¹ « Etude sur les possibilités d'enfouissement des boues d'épuration dans les 9 décharges contrôlées régionales d'ordures ménagères et les critères d'acceptation y afférentes », Mars 2011, KfW, ANGED

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- le volume moyen mensuel de lixiviats produit par la décharge pendant 20 jours au cours d'une année très pluvieuse.
- le volume maximal mensuel de lixiviats produit par la décharge pendant 5 jours au cours d'une année très pluvieuse.

On a retenu la valeur la plus grande pour le dimensionnement des bassins.

Les détails du dimensionnement des bassins de lixiviat sont donnés en **annexe 8-5**.

Les bassins de stockage des lixiviats doivent présenter la capacité suivante :

Tableau 8-12 Volume des bassins de lixiviats - concept 1

	Erroumani	Les Salines
Nombre de bassins	2	2
Volume d'un bassin [m ³]	2540	1225

Ces bassins ne devront être remplis de lixiviats qu'en période de fortes précipitations (mois d'hiver) ainsi qu'en cas de travaux de maintenance ou de réparation de l'installation de traitement des lixiviats. Le reste du temps, ils devraient autant que possible rester vides afin de disposer d'une capacité de stockage suffisante en cas d'orage soudain ou d'une panne intempestive de l'installation de traitement des lixiviats.

8.3.1.13.2 Etanchéités des bassins

Il convient également de décrire l'étanchéité des bassins de stockage de lixiviats, car elle est en fait tout aussi, sinon plus importante que l'étanchéité de base de la décharge, dans la mesure où les lixiviats de la décharge s'accumuleront dans les bassins de stockage. Dans ces bassins, l'étanchéité de base est donc soumise à une pression beaucoup plus forte que dans la décharge.

En règle générale, les bassins doivent être équipés d'une double étanchéité contrôlable, ou bien d'une étanchéité qui soit très bien protégée contre les dommages.

En résumé, quatre variantes entrent en ligne de compte pour assurer l'étanchéité des bassins de stockage des lixiviats. Les différentes possibilités présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8-13 Systèmes d'étanchéités de base envisageables pour les bassins

Composants du système	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
	Argile compactée et géomembrane	« Etanchéité minérale polymère » et géomembrane	Géotextile bentonitique et géomembrane	Etanchéité contrôlable avec deux géomembranes
Couche protectrice	-	-	-	Géotextile $\rho = 1000 \text{ gr/m}^2$

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Composants du système	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Première couche d'étanchéité	Couche d'étanchéité en deux couches d'argile artificielle compactée $d = 2 \times 25 \text{ cm}$ $k \leq 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$	Couche d'étanchéité en bentonite / polymères $d = 10 \text{ cm}$ $k \leq 3 \cdot 10^{-11} \text{ m/s}$	Géotextile bentonitique (concentration minimum en bentonite de 5000 gr/m ²) $k \leq 5 \cdot 10^{-11} \text{ m/s}$	Géomembrane PE HD $d \geq 2,5 \text{ mm}$
Couche de contrôle	-	-	-	Couche drainante composée d'un géotextile
Deuxième couche d'étanchéité	Géomembrane PE HD $d \geq 2,5 \text{ mm}$	Géomembrane PE HD $d \geq 2,5 \text{ mm}$	Géomembrane PE HD $d \geq 2,5 \text{ mm}$	Géomembrane PE HD $d \geq 2,0 \text{ mm}$
Couche protectrice	Sable (0 – 4 mm) et dalles en béton	Sable (0 – 4 mm) et dalles en béton	Sable (0 – 4 mm) et dalles en béton	Sable (0 – 4 mm) et dalles en béton

Les quatre variantes ainsi que leurs coûts sont développés et détaillés dans l'**annexe 8-4**. Les coûts des différentes variantes sont résumés dans le tableau ci-après.

Tableau 8-14 Coût des systèmes d'étanchéité de base des bassins

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
	DNT/m ²	DNT/m ²	DNT/m ²	DNT/m ²
Prix du système d'étanchéification	70,282	134,455	77,012	108,201

Les bassins étant voués à stocker le lixiviat, leur étanchéité est primordiale pour la sauvegarde de l'environnement. Aussi, bien que la variante 1 soit moins coûteuse, nous recommandons fortement la variante 3, avec le géocomposite bentonitique, dont la mise en œuvre s'avère beaucoup plus simple et plus adaptée à la Tunisie que la mise en place, en couches, d'argile, qui risque de sécher et de se fissurer rapidement. La variante d'étanchéité retenue est détaillée sur le plan III-03-01.

8.3.1.14 Système de traitement des lixiviats adapté à la Tunisie

8.3.1.14.1 Qualité des lixiviats

Le dimensionnement des installations à prévoir pour le site d'Erroumani et pour celui des Salines a été réalisé en fonction de la qualité des lixiviats tunisiens ainsi que de la quantité des lixiviats attendue sur les sites des décharges.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Le tableau suivant donne les concentrations des lixiviats produits à la décharge de Djebel Chékir, qui ont été considérées pour le dimensionnement des installations :

Tableau 8-15 Qualité des lixiviats issus des déchets non traités

Paramètre	Unité	Valeur
DCO	mg O ₂ / L	70.000
DBO5	mg O ₂ / L	50.000
MES	mg / L	11.000
Huiles / Graisses	mg / L	< 500
NH4-N = NTK	mg / L	3.000
Chlorures	mg / L	6.500
Conductivité	μS/cm	< 30.000
pH	-	6 – 8,5

Les quantités de lixiviats attendues sont présentées au paragraphe § 8.3.1.12.

8.3.1.14.2 Présentation du système de traitement retenu

Pour le traitement des lixiviats des deux décharges « Erroumani » et « Les Salines », l'option 1 proposée dans la phase 2 a été retenue en raison de son coût. Ainsi, chacune des deux décharges sera équipée d'une station de traitement des lixiviats et pas seulement la décharge d'Erroumani (l'option 2 consistait à transporter les lixiviats des Salines jusqu'à la décharge d'Erroumani pour les traiter).

Jusqu'à présent en Tunisie, le traitement des lixiviats est réalisé en 3 étapes successives :

- Flottation par air dissous
- Ultra filtration
- Osmose inverse

La dernière étape de filtration par osmose inverse est indispensable pour abattre la concentration en ions chlorures du lixiviat, cela afin de respecter la norme tunisienne de rejet d'effluents dans les cours d'eau (Norme N.T. 106.002 en **annexe 8-6**).

Le problème de l'abattement de la concentration en ions chlorures ne se poserait pas s'il était possible de rejeter le perméat issu du traitement des lixiviats directement dans la mer (déjà chargée en NaCl), mais la loi tunisienne ne le permet pas.

L'inconvénient de ce traitement en 3 étapes, est qu'il ne permet de réduire le volume de lixiviat que de 60%. C'est-à-dire qu'après traitement, il y a encore 40% du volume de lixiviat, bien plus concentré que le lixiviat initial, dont l'élimination reste problématique :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

- soit il faut évaporer le concentrât, mais cela nécessite de très grands bassins d'évaporation : au moins 5 ha pour Erroumani et 2 ha pour Les Salines. Cela n'est pas envisageable.
- soit il faut recirculer le concentrât sur la décharge : c'est la méthode actuellement utilisée en Tunisie. Mais cela a pour effet de produire une quantité de lixiviat toujours plus grande et toujours plus concentrée en sels. Ce qui pose un gros problème au niveau de l'installation de traitement des lixiviats, qui est dimensionnée au départ pour un débit de lixiviat donné et des concentrations limitées. Ainsi, après quelques années de recirculation des lixiviats sur la décharge, l'installation de traitement des lixiviats ne peut plus faire face aux quantités et surtout aux concentrations des lixiviats, et elle doit nécessairement être redimensionnée et améliorée.
- soit il faut retraiter le concentrât, cela est possible par nanofiltration :
 - le concentrât issu de ce second traitement est alors réduit à environ 6% du volume initial des lixiviats. Il peut alors être recirculé sur la décharge car la nanofiltration le débarrasse de ses sels.
 - Le perméat issu de ce second traitement (36% du volume de lixiviat initial) doit être évacué vers la mer, car il contient une forte concentration en sels (ions chlorures).

Cette dernière solution de retraiter le concentrât entraîne bien sûr des coûts supplémentaires pour le transport du concentrât traité jusqu'à la mer, mais elle permet la recirculation du concentrât final sur la décharge. Et, avant tout, le traitement du concentrât permettrait de résoudre vraiment le problème de la grande quantité de lixiviats produits sur les décharges en Tunisie. L'expérience montre que la solution jusqu'à présent adoptée (recirculation du concentrât non retraité sur la décharge) n'est pas une vraie solution : la décharge de Jebel Chékir en est un exemple sans comparaison.

Aussi nous recommandons fortement de retraiter le concentrât produit lors du traitement des lixiviats. Le traitement proposé pour les lixiviats est présenté dans les paragraphes suivants.

8.3.1.14.3 1^{ère} étape du traitement

La première étape du traitement consiste à traiter les lixiviats comme il est courant de faire en Tunisie, car le traitement en 3 étapes, déjà mentionné, constitue la meilleure solution pour atteindre les concentrations respectant les normes de rejet dans le milieu naturel continental. L'**Annexe 8-6** présente la norme tunisienne NT.106.002 relative aux rejets d'effluents dans le milieu hydrique.

Avant traitement, les lixiviats doivent être tamisées par filtre courbe pour retenir toutes pièces de grandes dimensions susceptibles d'entraver les équipements en aval.

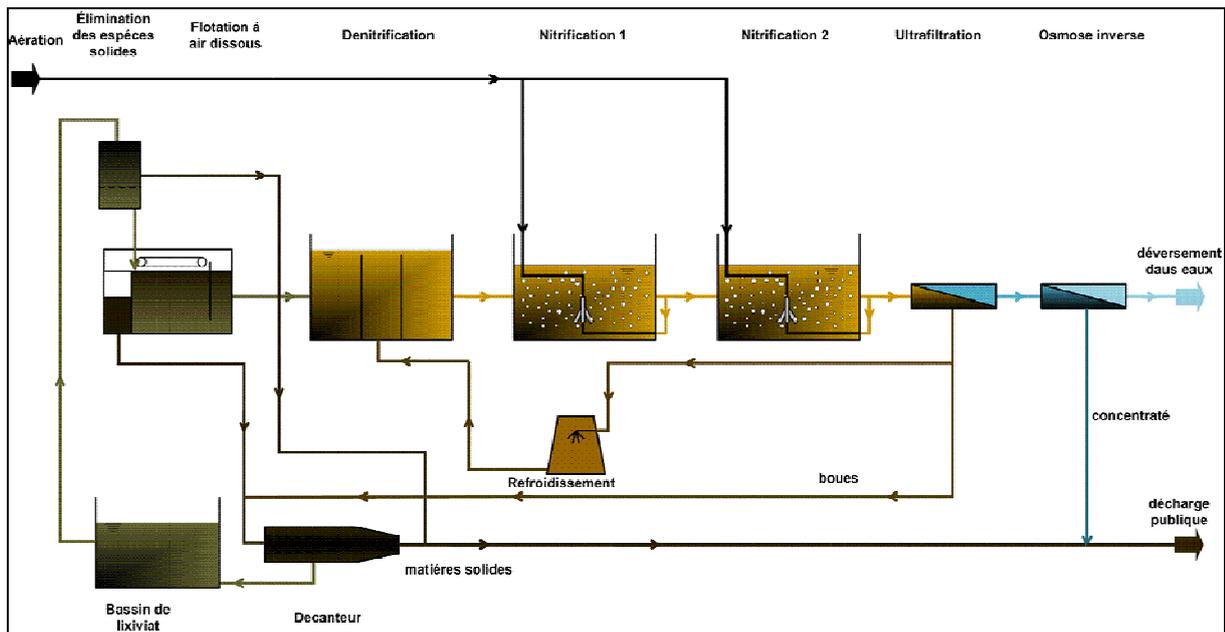
Le process se décompose de la façon suivante :

- Flottation par air dissous
- Ultra filtration
- Osмосe inverse

Le process est représenté dans le schéma ci-dessous :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Figure 8-3 Schéma de process de la 1ère étape du traitement des lixiviats



Ce process s'avère le plus efficace et le mieux adapté pour l'élimination de la DCO et de la DBO5, des matières en suspension, des huiles et des graisses ainsi que des sels. L'osmose inverse entraîne des coûts d'exploitation élevés car elle consomme beaucoup d'énergie, mais elle est nécessaire pour satisfaire à la norme tunisienne relative au rejet en milieu naturel. Le process est décrit plus en détails ci-après.

- **Flottation par air dissous**

La flottation par air dissous est un traitement physico-chimique avec flocculant et coagulant utilisé pour éliminer les graisses, les matières en suspension et les métaux dissous. Le débit d'entrée dans le séparateur de graisses doit être contrôlé par une pompe.

Grâce au flocculant, les matières en suspension forment des flocons, qui s'agrègent en un floc, ce qui détruit la stabilité de la solution et entraîne leur sédimentation. L'efficacité du déroulement des réactions de précipitation chimique ainsi que la formation et la vitesse de croissance des flocons sont dépendants de plusieurs facteurs indépendants les uns des autres, tels que :

- agents de précipitation et de floculation
- la valeur du pH
- les conditions du mélangeur et l'énergie nécessaire
- le temps de réaction
- la manière et la quantité de dosage
- la température.

L'un des paramètres les plus importants pour la précipitation/floculation est la valeur du pH, celle-ci devant respecter un spectre relativement étroit. Le domaine du pH à choisir est principalement dépendant de l'agent de précipitation choisi.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Les paramètres d'exploitation sont estimés comme suit :

- Bassin mélangeur
 - Temps de séjour : 2 à 5 min
 - Energie nécessaire : 50 à 200 W/m³
 - Vitesse du mélangeur : 5 m/s

- Bassin de floculation
 - Temps de séjour : 10 à 80 min
 - Energie nécessaire : 10 à 30 W/m³
 - Vitesse du mélangeur : 0,5 à 1,5 m/s

Lors de l'épuration des lixiviats, les substances principales suivantes peuvent être éliminées :

- Matières organiques (DCO, AOX et les composés azotés organiques)
- Composés métalliques
- Ammonium en tant que phosphate-magnésium-ammonium.

- **Ultra filtration**

L'ultra filtration à travers des membranes est couplée à un traitement biologique par boues activées.

L'épuration biologique des eaux usées consiste en la transformation des polluants organiques des eaux usées riches en énergie, en produits minéraux pauvres en énergie. Pour cela, le procédé d'auto-épuration naturelle des eaux d'un ruisseau doit être mis en œuvre par un procédé technique. L'épuration des eaux usées moderne est en mesure de décharger les eaux usées de nombreux polluants organiques. Selon différents procédés, les micro-organismes transforment les composés phosphorés et azotés afin de les éliminer complètement des eaux usées.

Le lixiviat à traiter, après flottation, est circulé dans trois cuves : dénitrification, nitrification 1, nitrification 2 pour éliminer les composants biodégradables grâce à l'action des micro-organismes.

L'ultrafiltration de type « crossflow », réalisée avec des bioréacteurs à membranes (modules de membranes tubulaires), intervient afin de retenir la biomasse dans les cuves. La production de boues (constituées de micro-organismes) est minimisée grâce à de hautes concentrations en micro-organismes maintenues dans les réacteurs, ce qui freine la reproduction de la biomasse.

Conseils concernant les réacteurs à membranes :

- L'aération des cuves doit être réalisée par aération à fine bulles par éjecteurs, ne pas prévoir d'aérateurs à membrane pour éviter le colmatage de la membrane (beaucoup de maintenance). De plus, des aérateurs de surface sont à éviter, ils ne sont pas économiques car ils consomment beaucoup d'énergie ; au contraire il faut prévoir des réacteurs profonds (7 à 8 m) avec une aération jusqu'au fond afin d'obtenir un bon rendement.
- Les membranes organiques sont plus avantageuses que les membranes céramiques du point de vue coûts de remplacement et consommation d'énergie.
- Un système de refroidissement est à prévoir pour garder une température optimale (environ 38°C) pour le métabolisme des bactéries.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

- Prévoir des cuves avec toiles, équipées avec une cuve de rétention de mousse.

Lors de l'épuration biologique des lixiviats de décharge, une réduction des substances suivantes peut être prise en compte :

- Composés organiques (DBO5, DCO, DOC, COT, AOX)
- Composés azotés (ammonium, nitrates et nitrites)
- Fer et calcium
- Capacité de mémoire tampon
- Conductivité

Les valeurs suivantes devront être atteintes dans le perméat de l'ultrafiltration :

DCO < 5.000 mg O₂/l, NH₄-N < 50 mg/l, NO₃-N < 500 mg/l, NO₂-N < 15 mg/l. La biologie est à dimensionner de façon à assurer la dégradation demandée.

- **Osmose inverse**

L'osmose inverse est une technique répandue dans le monde entier pour le traitement de solutions aqueuses, notamment pour l'élimination des sels. Une membrane d'osmose inverse constitue une barrière physique pour le flux hydraulique et permet la séparation des substances dissoutes de l'eau par perméation à travers des membranes semi-sélectives sous l'effet d'un gradient.

L'osmose inverse permet la réduction des paramètres suivants :

- DBO5, DCO, AOX
- Composés azotés (ammonium, nitrates et nitrites)
- Composés métalliques (métaux lourds)
- Conductivité
- Elimination des virus et bactéries

Les valeurs suivantes devront être atteintes dans le perméat de l'osmose inverse :

DCO < moyenne de 90 mg O₂/l par 24h, NH₄-N < 1 mg/l, NO₃-N < 50 mg/l, NO₂-N < 0,5 mg/l, Chlorures Cl⁻ < 600 mg/l.

La conception de l'unité doit permettre de changer les membranes (spiralées) afin d'adapter le traitement aux modifications de la qualité des lixiviats au cours du temps.

La capacité d'épuration souhaitée est en règle générale assurée par une à plusieurs étapes d'osmose inverse. Ainsi le passant de la première phase d'épuration est traité par une deuxième, voire une troisième membrane.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

8.3.1.14.4 2nde étape du traitement

La seconde étape du traitement consiste à retraiter le concentrât (40% du volume des lixiviats initial) issu de la 1^{ère} étape de traitement des lixiviats par nanofiltration afin d'obtenir un plus petit volume de concentrât final (6% du volume des lixiviats initial).

La nanofiltration permet de séparer les sels des grosses molécules organiques, ces dernières se retrouvant dans le concentrât final et les sels se retrouvant dans le perméat.

Le perméat (36% du volume des lixiviats initial) ne peut pas être rejeté directement dans l'oued car il est trop salé (concentration en ions chlorures trop élevée). Il sera stocké dans un bassin étanchéifié par une géomembrane (moins chère que le béton, qui de toute façon supporte mal l'agression des sels), puis transporté jusqu'à la mer. Une étanchéité supplémentaire par géocomposite bentonitique n'est pas nécessaire en-dessous de la géomembrane car le perméat est simplement salé, il n'est pas « contaminé ».

Le bassin à prévoir aura la capacité suivante :

	Erroumani	Les Salines
Volume d'un bassin [m ³]	870	420

Ce volume correspond à la production de perméat par la nanofiltration pendant 10 jours. Un seul bassin sera suffisant car si l'installation de traitement tombe en panne, les bassins seront vides.

Les sels ne posent pas de problème pour un rejet dans le milieu marin. Par contre les autres substances organiques et les substances azotées ne seraient pas retenues par la nanofiltration et poseraient problème pour un rejet en mer, aussi il est absolument indispensable que le traitement en amont (1^{ère} étape) les élimine, ce qui est le cas dans les installations actuellement en exploitation en Tunisie.

8.3.1.14.5 Elimination des boues et du concentrât final

- Traitement des boues

Les boues issues de la flottation ainsi que les boues en excès en provenance du procédé biologique doivent être épaissies, puis déshydratées par centrifugation pour atteindre une siccité de 20 à 25% des boues. Elles peuvent ensuite être enfouies dans la décharge.

- Elimination du concentrât

Le concentrât primaire (40% du volume des lixiviats initial) traité et débarrassé de ses sels par la nanofiltration donne le concentrât secondaire (6% du volume des lixiviats initial), qui peut être recirculé sur la décharge car il ne contient plus de sels. Compte tenu des faibles quantités de concentrât secondaire, ce dernier sera stocké, en citerne par exemple, puis recirculé sur la décharge.

8.3.1.15 Captage et traitement des biogaz

L'émission des gaz de décharge doit être contrôlée par un système de dégazage. Un réseau de collecte des gaz horizontal sera installé au fur et à mesure de l'exploitation des décharges seulement dans le cas où les déchets ne sont pas prétraités par le PMB.

L'installation d'un système de collecte des gaz vertical, avec des puits, pendant l'exploitation de la zone d'enfouissement est très déconseillée car le gaz peut s'échapper et favoriser le déclenchement d'incendies, ou alors, à l'inverse, comme les puits de dégazage sont toujours en contact avec l'air am-

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

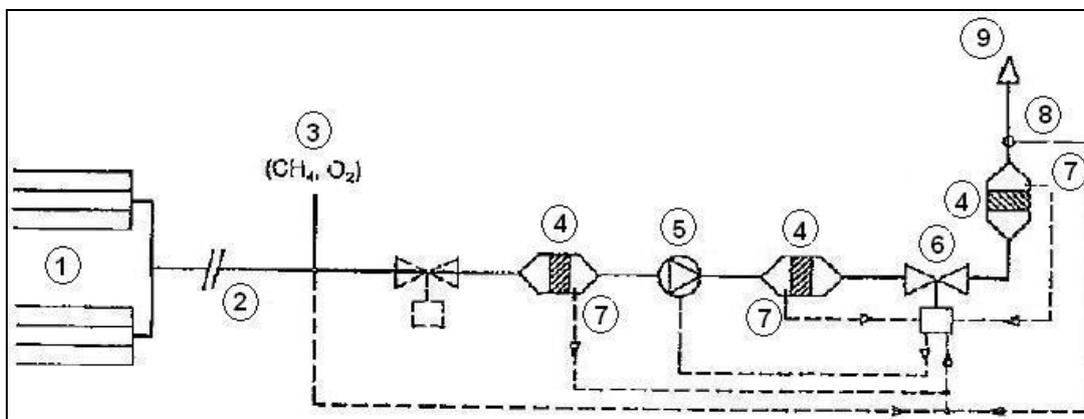
biant, le risque d'aspiration d'oxygène est très important. Mais surtout, les puits verticaux compliquent énormément l'exploitation de la zone car les conduites de gaz sont directement sur la zone d'enfouissement. De plus, cela nécessite une très bonne organisation pour rehausser les puits de captage aux moments adéquats et pour déplacer les conduites de gaz en fonctionnement.

Les puits de dégazage constituent une entrave permanente aux opérations d'enfouissement des déchets, c'est pourquoi nous déconseillons fortement de les installer dès le début de l'exploitation et recommandons de n'installer ce réseau que lors de la fermeture définitive de la décharge lors de la mise en place de l'étanchéité de surface.

Par contre, les conduites horizontales peuvent être mises en place au cours de l'exploitation dès que du gaz se forme en quantité suffisante pour être capté, soit après deux ans d'exploitation environ.

La figure ci-dessous illustre une installation de dégazage type :

Figure 8-4 Schéma d'une installation de dégazage



On entend par :

- | | |
|--|--------------------------------|
| 1 – Système de collecte des gaz | 6 – Vanne d'arrêt d'urgence |
| 2 – Système de transport des gaz | 7 – Contrôle de la température |
| 3 – Installation de contrôle des gaz (analyse) | 8 – Contrôle de flammes UV |
| 4 – Dispositif coupe-flamme | 9 – Dispositif de torche (HTV) |
| 5 – Dispositif d'entraînement des gaz (compresseur de gaz) | |

1) Système de collecte des gaz

Le système de collecte des gaz est constitué de puits de captage verticaux forés dans le corps de la décharge avec un espacement d'environ 50 m, et de tuyaux de collecte horizontaux installés dans des tranchées drainantes à différents niveaux dans la décharge et sous la couverture étanche de surface avec environ 40 m d'espacement. Les puits verticaux et les tuyaux horizontaux ne doivent pas être connectés entre eux. Ils sont reliés à l'installation de dégazage par des conduites de transport du gaz.

Les puits de dégazage et les collecteurs horizontaux sont représentés sur le plan III-01-07 du concept 1.

Les schémas de détail des collecteurs horizontaux et verticaux sont donnés dans le plan III-03-02.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

8.3.1.15.1 Puits de collecte verticaux

Dès que la décharge est remplie jusqu'à la hauteur finale prévue, des puits sont forés dans le massif de déchets pour assurer le dégazage à long terme du corps de la décharge. Les forages périphériques, situés sur les bords de la décharge, doivent être installés à une distance de 10 à 15 m au minimum du bord de la décharge. Pour éviter que le gaz ne s'échappe sur les bords, les puits périphériques doivent être réalisés presque jusqu'à la couche de drainage des lixiviats au fond de la décharge (jusqu'à deux ou trois mètres du fond) mais pas jusqu'au fond. En pratique, le forage est réalisé jusqu'à ce qu'il ne soit plus possible de forer plus profondément. Les puits de collecte des gaz non-périphériques peuvent être forés jusqu'à la même profondeur que les puits périphériques. Il n'est pas nécessaire qu'ils atteignent le fond de la décharge car le gaz diffuse soit horizontalement vers l'extérieur de la décharge, auquel cas il est récupéré par les puits périphériques, soit vers le haut, auquel cas, il est récupéré par les puits de collecte verticaux, par les tranchées drainantes horizontales ou par la couche de drainage des gaz située sous l'étanchéité de surface.

Les puits verticaux devraient être réalisés avec un diamètre nominal de 80 cm avec un tuyau de collecte des gaz en PE-100 DN 200. Afin d'améliorer le captage des gaz il est proposé de forer un second puits à côté des puits de captage des gaz pour permettre le pompage des lixiviats. Les tuyaux de collecte des lixiviats en PE-100 DN 200 doivent permettre l'introduction d'une pompe pneumatique dans le puits.

La mise en place des deux collecteurs (de gaz et de lixiviats) dans un même puits serait également possible mais ne permettrait pas la mise en place d'une étanchéité de surface raisonnable compte tenu des contraintes de soudage de la géomembrane, ou alors il faudrait prévoir un puits de diamètre supérieur pour permettre la pose des pièces spéciales au niveau de la pénétration des tuyaux à travers la géomembrane en tête de puits. Par ailleurs, si les deux tuyaux se situent dans le même puits, le risque de court circuit du système avec de l'air est élevé, si un court-circuit se produit, il sera impossible de pomper le gaz et les lixiviats simultanément, dans ce cas, un puit simple suffirait.

Le tuyau de collecte des gaz doit être perforé dans le massif des déchets jusqu'à environ 5 m sous la base de la couverture étanche de surface, et non perforé dans la partie supérieure. Une vanne doit être installée sur les conduites de sortie de chacun des puits pour fermer le flux de gaz lors des opérations réalisées avec le couvercle ouvert. Les conduites seront reliées à la station de dégazage.

8.3.1.15.2 Tuyaux de collecte horizontaux

Les tuyaux de collecte des gaz horizontaux doivent être installés dans des tranchées drainantes isolées du corps de la décharge par un géotextile de séparation, et reliés à la station de dégazage. Les tuyaux doivent être perforés sous la couverture d'étanchéité pour collecter les gaz, et non perforés en dehors de l'enceinte du casier pour les transporter.

Par rapport aux puits de dégazage, les collecteurs horizontaux ont l'inconvénient d'avoir une portée plus faible et d'être rapidement inutilisables à la suite d'engorgement par les eaux. Ils ont cependant, par rapport aux puits de dégazage s'ils sont érigés en cours d'exploitation, l'avantage considérable de moins déranger l'exploitation de la décharge.

Les premiers collecteurs horizontaux devront être montés sur au moins 3 m de déchets et n'être mis en service que lorsque la hauteur des déchets les recouvrant aura atteint 3 m supplémentaires.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

8.3.1.15.3 Couche de drainage des gaz

La couche de drainage des gaz doit être installée directement en-dessous de la couverture étanche de surface. En général, elle est constituée de déchets de démolition de granulométrie 32/100 ou du même ordre de grandeur. Le gaz de la couche de drainage sera évacué par l'intermédiaire de tuyaux de collecte horizontaux.

2) Transport des gaz

Le transport des gaz entre le corps de la décharge (puits verticaux et tuyaux horizontaux) et le dispositif de torchère se fait par l'intermédiaire de conduites de transport de gaz. Le gaz est aspiré par des pompes depuis la station de la torchère. Il est transporté depuis le corps de la décharge jusqu'à l'installation de dégazage puis jusqu'à la torchère.

Les gaz issus des puits de collecte verticaux et des tuyaux de collecte horizontaux seront aspirés séparément par deux pompes, une pour les puits verticaux et une pour les tuyaux horizontaux car les deux systèmes ne nécessitent pas la même force d'aspiration.

3) Installation de dégazage

Le gaz est collecté au niveau de l'installation de dégazage, où il est contrôlé (débit, qualité).

La qualité (composition) du gaz de décharge et la pression dans les tuyaux de collecte varie d'un puits à l'autre et au cours du temps. Chaque tuyau doit être calibré individuellement au début des opérations d'exploitation, pour cela 3 paramètres doivent être surveillés : le débit de gaz, la teneur en méthane (CH₄), la teneur en oxygène (O₂).

Ici, un seul circuit de collecte sera mis en place, sans séparation des gaz à haut pouvoir calorifique, car le gaz sera simplement brûlé dans une torchère et ne sera pas utilisé pour produire de l'électricité.

Une installation de dégazage devrait être prévue pour 10 à 15 conduites de collecte. Au niveau de l'installation de dégazage, des vannes devront être installées pour chacun des tuyaux de collecte pour permettre de les fermer au besoin (en cas de fuite par exemple).

4) Mise en service

Le système de dégazage ne pourra être, au plus tôt, mis en service qu'un an après la mise en service de la décharge. En effet, comme le volume des gaz émanants sera encore assez faible au départ et que le risque de pomper de l'oxygène très important, il est recommandé d'attendre environ deux ans après mise en service de la décharge pour procéder à son dégazage. En effet, au bout de deux ans, le volume des déchets mis en décharge et produisant des gaz ainsi que la hauteur de recouvrement seront alors suffisants pour éviter le plus largement possible un pompage simultané d'oxygène.

Une seule conduite périphérique de transport des gaz sera suffisante car il n'y a pas lieu de séparer les gaz à haut pouvoir calorifique des autres, celle-ci sera posée dès l'aménagement du premier casier. De même, à ce stade déjà, on réalisera des stations de dégazage intermédiaires pour le regroupement des conduites des collecteurs ainsi que la plate-forme pour la future station de dégazage.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

La mise en service du système de collecte des gaz doit être réalisée selon les prescriptions du fournisseur. Il est fortement recommandé de confier la mise en route du système et l'exploitation des installations à une entreprise expérimentée.

5) Volume de gaz et dimensionnement

Les conduites de gaz seront dimensionnées pour le volume maximal de gaz captables en tenant compte d'un pourcentage d'oxygène donné. Le volume de gaz attendu pour la décharge a été calculé, il est donné en **Annexe 8-7**. Dans le cadre du dimensionnement, on a pris pour hypothèse que 50% du gaz produit était captable et qu'il était composé à 50% de méthane.

Pour Erroumani, le volume de gaz produit est compris entre 740 et 2250 m³/h, en considérant que 50% du volume de gaz est captable et que lors du captage, 10% d'O₂ est aspiré en même temps, on obtient un volume de gaz capté compris entre 400 et 1250 m³/h.

Pour Les Salines, le volume de gaz produit est compris entre 330 et 1560 m³/h, en considérant que 50% du volume de gaz est captable et que lors du captage, 10% d'O₂ est aspiré en même temps, on obtient un volume de gaz capté compris entre 180 et 900 m³/h.

La conduite périphérique devant connaître une extension par raccordement au fur et à mesure de l'aménagement des différents casiers et alvéoles, son diamètre devra dès le départ, c'est à dire dès l'aménagement du premier casier, correspondre au diamètre définitif.

Conformément aux prévisions actuelles, les émissions de biogaz reculeront lentement après remplissage de la décharge en 2033.

8.3.2 Concept d'exploitation de la décharge sans PMB

Dans cette partie sont décrits le concept d'exploitation de la décharge ainsi que les moyens humains et matériels nécessaires à l'exploitation et au monitoring des différentes installations des décharges.

8.3.2.1 Principe de l'exploitation

8.3.2.1.1 Horaires d'ouverture

La décharge sera exploitée par une seule équipe journalière travaillant 8 heures par jour. Elle sera officiellement ouverte pendant 7,5 heures par jour, de sorte que les autres tâches, comme la couverture journalière des alvéoles en exploitation, nettoyage et entretien des véhicules et des autres équipements pourront également être assumées par cette équipe journalière.

8.3.2.1.2 Livraison des déchets

Les déchets ménagers seront en principe tous livrés par camion dans les conteneurs provenant des centres de transfert. Les conteneurs seront déposés à l'emplacement prévu à cet effet à l'entrée du site de la décharge, avant le second portail. Ce second portail sera fermé en dehors des heures d'ouverture, mais le premier restera ouvert (sauf en cas d'évènement exceptionnel), les déchets pourront ainsi être livrés sur l'aire des conteneurs 7j/7 et 24h/24. Un camion qui livre un conteneur plein repartira automatiquement avec un conteneur vide.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Deux quais de transfert sont prévus pour la réception des déchets verts et DIB. Ces déchets ne pourront être livrés que pendant les heures d'ouverture, soit pendant 7,5h / jour.

8.3.2.1.3 Admission des déchets

Il est bien entendu que seuls les déchets acceptables sur les décharges de classe II seront admis sur la décharge, conformément à la directive européenne sur les décharges (1999/31/CE), à l'article 6.

Tous les déchets seront pesés sur le pont-basculé, contrôlés visuellement et enregistrés dans le journal d'exploitation quotidien, les informations suivantes doivent y figurer :

- Date et heure de livraison
- Numéro d'immatriculation du véhicule de livraison
- Composition et type de déchets
- Nom et adresse du transporteur
- Quantité de déchets en tonnes ou à défaut le volume de déchets
- Origine des déchets
- Tout événement inhabituel
- Nom et signature du contrôleur

8.3.2.1.4 Transport des déchets sur la zone d'exploitation

Le transport des déchets ménagers sur la décharge sera effectué par des camions rattachés directement à la décharge. Les camions hooklift reprendront les conteneurs pleins déposés sur la zone de stockage des conteneurs à l'entrée de la décharge, les déchets seront pesés sur le pont-basculé et contrôlés, puis transportés jusqu'à la zone d'enfouissement où ils seront enfouis. Les camions hooklift remettront ensuite les conteneurs vides à disposition au niveau de l'aire de parking prévue à l'entrée de la décharge.

8.3.2.1.5 Cas particulier des déchets verts et DIB

Les déchets verts et les DIB pourront être déposés au niveau des quais de transfert. Les déchets verts seront transférés à la zone de compostage pour être compostés, et les DIB seront enfouis sur la décharge.

8.3.2.1.6 Enfouissement des déchets

Aucun véhicule (compacteur, chargeuse, véhicule de livraison, etc.) n'est autorisé à circuler directement sur la couche de drainage, que ce soit sur les flancs de talus des digues périphériques ou sur le fond du casier, car cela peut causer des dommages importants aux tuyaux de drainage et aux matériaux constituant l'étanchéité de base du casier. Avant toute circulation dans le nouveau casier, la couche de drainage doit être protégée par une couche de graviers (d'au moins 0,5 m d'épaisseur) ou une première couche de déchets compactés.

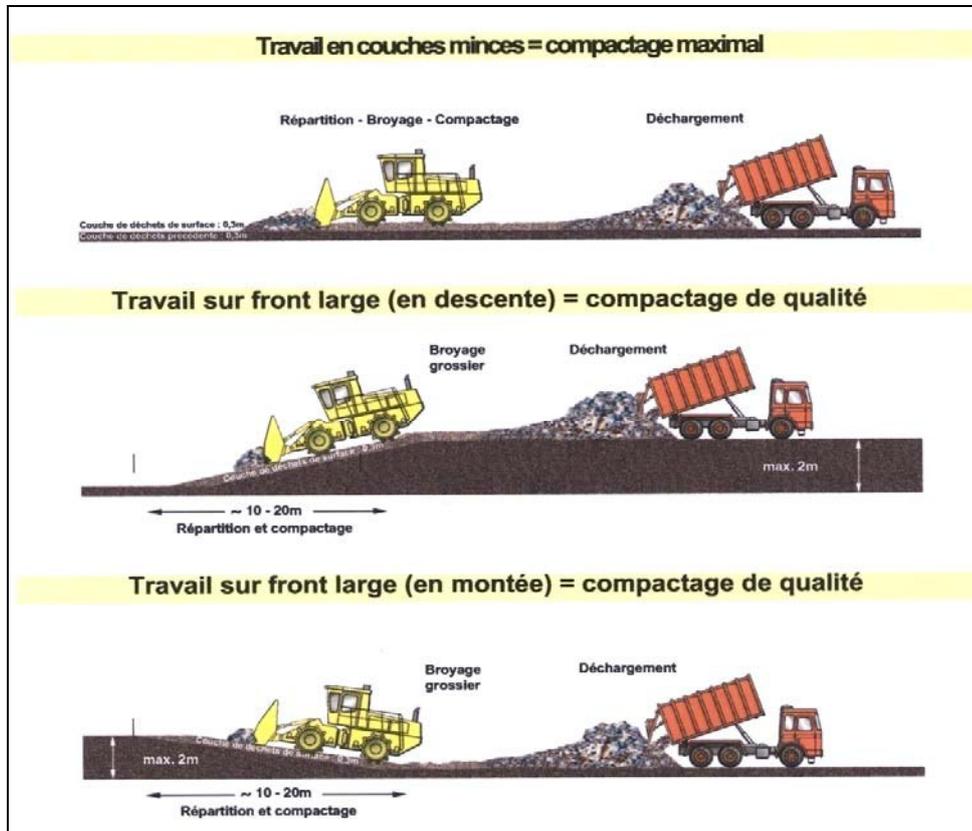
Dans la zone d'enfouissement, les déchets seront poussés en tas par le compacteur, puis broyés et compactés.

L'enfouissement doit se faire en couches minces pratiquement horizontales conformément à la figure ci-dessous. Une légère pente seulement sera conférée à ces couches en direction de l'extérieur de la dé-

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

charge afin de faciliter l'écoulement des eaux de pluie et des lixiviats vers la couche de drainage (existante également sur les talus).

Figure 8-5 Enfouissement des déchets



Avant de mettre une nouvelle couche en place, on aménagera une digue en terre latérale contre laquelle les déchets pourront être déversés. À cet effet, cette digue devra toujours dépasser la hauteur des déchets enfouis. Cette digue pourra être réalisée à l'aide de l'excavatrice.

8.3.2.2 Personnel d'exploitation requis

Dès la mise en service de la décharge, un ingénieur assumant la fonction de directeur technique sera nécessaire. Il devra disposer d'une formation d'ingénieur en génie civil ou d'ingénieur environnemental.

Pour assurer la surveillance à l'entrée du site, des gardiens seront nécessaires, ainsi qu'un contremaître responsable des opérations de pesage sur la bascule. Ce contremaître sera également responsable de l'enregistrement de l'origine, du type et du poids des déchets pour chaque opération de pesage de déchets réceptionnés.

Deux mécaniciens, dont un chef d'atelier, seront requis dans l'atelier mécanique afin d'assurer la maintenance et la réparation des engins et des équipements utilisés. Ces deux mécaniciens devront disposer d'un permis de conduire camion ou être en mesure de conduire un tel véhicule. L'un d'eux devra être spécialisé pour les travaux de maintenance et de réparation de l'installation de traitement des lixiviats et des dispositifs de dégazage. Il devra recevoir des consignes ou une formation spéciale pour être en mesure d'assurer l'entretien de ces installations.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Par ailleurs, un technicien (environnemental) devra être attaché aux deux sites des décharges pour assurer la surveillance et la maintenance des équipements techniques, tels que dispositifs d'épuration des lixiviats, bassins de stockage des lixiviats, dispositifs de captage et de traitement des gaz de décharge etc. Ce technicien aura pour tâche de collecter toutes les valeurs mesurées et de procéder à leur analyse. Il devra avoir reçu une formation appropriée pour pouvoir contrôler le bon fonctionnement des installations de traitement des lixiviats et des gaz de décharge. Il pourra être affecté aux deux sites d'Erroumani et des Salines en même temps.

Enfin, pour assurer le transport des déchets de l'aire de stockage des conteneurs vers le casier d'enfouissement ou des quais de transfert vers la zone de compostage, il faudra prévoir des chauffeurs de camion. En cas d'absence de l'un des chauffeurs, l'un des mécaniciens ou le contremaître de pesée devrait pouvoir effectuer le remplacement et assurer ainsi le bon fonctionnement de l'exploitation.

Il faudra également prévoir un conducteur pour le compacteur de déchets.

Personnel	Nombre
Directeur technique	1
Ingénieur	1
Gardien	3
Contremaître	1
Mécaniciens (dont 1 chef d'atelier)	1
Mécanicien (installations de lixiviats et gaz)	1
Technicien (installations de lixiviats et gaz)	0,5
Ouvrier / manœuvre / Chauffeur	4
Personnel	Nombre

8.3.2.3 Equipements mobiles requis

L'exploitation de la décharge nécessitera la mise à disposition des engins suivants :

Equipements		
Equipement	Nombre	Description
Compacteur	1	28 t
Chargeuse sur pneumatiques	1	100 kW, pelle 1,5 m ³
Tracteur + remorque	1	
Excavateur à chenilles	1	
Camion Hooklift + 4 conteneurs de 30m ³	2 ou 3	Transport des conteneurs (30m ³)
Remorque citerne	1	Environ 10 m ³
Véhicule tout-terrain	1	Type pick-up double cabine avec plateau

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

- Le compacteur est affecté à l'enfouissement des déchets dans la décharge.
- La chargeuse sur pneumatiques et le tracteur avec sa remorque seront nécessaires sur la zone de service.
- L'excavateur à chenilles sera utilisé pour tous les travaux d'excavation (par exemple : excavation de terre pour recouvrir les déchets) et pour effectuer d'autres travaux occasionnels.
- Les camions Hooklift seront affectés au transport des conteneurs livrés à l'entrée de la décharge sur la zone prévue à cet effet. A raison de 8h ouvrées chaque jour, 9 conteneurs de déchets devront être pesés et évacués vers la décharge chaque heure à Erroumani, 6 conteneurs aux Salines. En comptant 20 minutes pour les camions de la décharge pour effectuer la pesée et le déchargement sur la zone d'enfouissement, 3 camions seront nécessaires à Erroumani et 2 aux Salines.
- Ces camions assureront aussi occasionnellement le transport des conteneurs de déchets verts et de DIB.
- La remorque citerne est nécessaire dans le cas d'incendie et pour l'arrosage.

8.3.2.4 Equipements fixes requis

8.3.2.4.1 Equipements de l'atelier mécanique

Equipement	Nombre	Description
Compresseur d'air	1	pour la génération d'air comprimé
Nettoyeur haute pression	1	pour le nettoyage des véhicules sur l'aire de lavage

8.3.2.4.2 Equipements du laboratoire

Equipement	Nombre	Description
Scissomètre de laboratoire	1	pour la mesure de la vitesse de cisaillement des déchets pâteux en laboratoire
Scissomètre de chantier - léger	1	pour la mesure de la vitesse de cisaillement des déchets pâteux sur le terrain
Appareil de mesure de la valeur pH, portable	1	Pour la mesure du pH des lixiviats, des eaux de ruissellement et eaux souterraines
Appareil de mesure de la conductivité, portable	1	Pour la mesure de la conductivité des lixiviats, des eaux de ruissellement et eaux souterraines
Appareil de mesure de la teneur en oxygène, portable	1	Pour la mesure de la teneur en oxygène des lixiviats, des eaux de ruissellement et eaux souterraines

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Equipement	Nombre	Description
Récipient gradué pour la prise d'échantillon (avec manche de 2 m de long)	1	Pour le prélèvement d'échantillons de lixiviats dans les puits d'inspection et bassins
Pompe pour le prélèvement d'échantillons avec différents flexibles	1	Pour le prélèvement d'échantillons dans les puits d'inspection des eaux souterraines et différents bassins e.a.
Groupe générateur	1	Pour le fonctionnement de la pompe
Appareils de mesure de l'azote	1 pour chaque	Pour la mesure des composés azotés (ammonium, ammoniac, nitrite et nitrate dans les lixiviats)
Appareil de mesure de la DBO ₅	1	Pour déterminer la DBO ₅ dans les lixiviats
Appareil de mesure de la DCO	1	Pour déterminer la DCO dans les lixiviats

8.3.2.4.3 Equipements pour le dégazage de la décharge

Equipement	Nombres	Description
Détecteur de gaz pour trois gaz	1	Pour la mesure de méthane, CO ₂ et de l'oxygène, dans les puits d'inspection par exemple
Détecteur à ionisation de flamme (FID)	1	Pour la mesure des émissions de méthane à la surface de la décharge
Pressiomètre portable	1	Mesure de 0 à 250 mbars; pour la mesure des sous-pressions dans les conduites de gaz de décharge
Anémomètre à moulinet	1	Pour la mesure de la vitesse d'écoulement dans les conduites de gaz de décharge
Pompe à gaz électrique (fonctionnement sur piles ou accu)	1	Pour le prélèvement d'échantillons de gaz dans les conduites
Pompes pneumatiques submersibles	Env. 40 pour les Salines, env. 55 pour Erroumani	Pour rabattre le niveau des lixiviats dans les puits de dégazage

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

8.3.2.4.4 Equipements de surveillance météo

Une station météo sera installée dans la zone d'entrée pour enregistrer automatiquement toutes les données suivantes :

- Hauteur pluviométrique (mesure journalière)
- Température max. (tous les jours)
- Température min. (tous les jours)
- Humidité de l'air (valeur moyenne, tous les jours)
- Mesure de l'évaporation (tous les jours)
- Direction du vent (1 mesure/heure)
- Vitesse du vent (1 mesure/heure)

Ces données seront automatiquement transmises à une cellule d'enregistrement dans le bâtiment administratif. Elles permettront de calculer le taux d'évaporation journalier potentiel.

8.3.2.5 Maintenance des installations pendant l'exploitation

Le suivi de contrôle et de monitoring de la décharge doit être réalisé pendant toute son exploitation, mais aussi après sa fermeture. Pour cela, les données doivent être soigneusement enregistrées et documentées dans le journal d'exploitation :

- Enregistrement des données météorologiques
- Documentation sur les volumes de déchets
- Mesures de la quantité de lixiviats produits et analyses
- Mesures de la quantité de gaz produits et analyses
- Particularités observées en cours d'exploitation quotidienne.

8.3.2.5.1 Contrôle et entretien du système de drainage

Le système de drainage des lixiviats doit être régulièrement inspecté et nettoyé pour éviter son obstruction. Les regards de contrôle permettront une inspection périodique (une fois par an) par caméra et un éventuel curage des tuyaux de drainage (flushing) à partir de l'extrémité inférieure des conduites avec contrôle par caméra. Pour ce faire, on pourra utiliser des appareils de curage spéciaux qui permettent un rinçage des drains sur une longueur atteignant 600 m et un contrôle correspondant de ces drains.

Il est par conséquent fortement recommandé de se procurer un tel appareil pour les décharges en Tunisie. En effet, jusqu'à présent les appareils de curage en Tunisie peuvent aller dans des cas particuliers au maximum jusqu'à 120 m et l'expérience a montré que l'efficacité du nettoyage au-delà du seuil de 45 m était assez faible.

Il est recommandé d'inspecter les regards de contrôle une fois par semaine et l'étanchéité de base des bassins de lixiviats environ une fois par an. Ces opérations sont à réaliser sous la responsabilité du technicien.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

8.3.2.5.2 Contrôle des lixiviats

Le volume de lixiviats devra être enregistré, afin de disposer de données précises d'exploitation dans le cadre de l'aménagement des casiers suivants. Pour ce faire, un regard équipé d'un débitmètre inductif sera installé en amont des bassins de stockage des lixiviats. Le niveau de lixiviat dans les bassins devra également être relevé quotidiennement. Les données enregistrées seront automatiquement retransmises au bâtiment administratif de la décharge.

Pour établir la corrélation aux précipitations sur le site, une station météo a été prévue à l'entrée de la décharge.

8.3.2.6 Documents d'exploitation

Les documents à élaborer dans le cadre de l'exploitation de la décharge devront être réalisés selon les consignes données dans le Cahier des Clauses Techniques Particulières concernant l'exploitation de la décharge contrôlée, imposé à l'exploitant. Ce CCTP devra définir précisément les caractéristiques de la décharge contrôlée (équipements, horaires d'ouverture, nature des déchets acceptés, procédures d'exploitation, d'entretien et de monitoring) et le cadre des prestations techniques de l'exploitant.

8.3.2.6.1 Documents à établir avant le commencement de l'exploitation

Avant le début de l'exploitation, l'exploitant devra élaborer les documents suivants, ceux-ci devront être respectés par le personnel exploitant :

- **un plan d'exploitation**, décrivant le système d'exploitation envisagé et les consignes d'exploitation particulières.

Celui-ci devra contenir la description de l'organisation et du contrôle de la livraison et de la réception des déchets ainsi que celle du mode d'exploitation des ouvrages et des infrastructures. Par ailleurs la description des méthodes d'enfouissement et de l'exploitation technique de la décharge contrôlée devra aussi y figurer. Toutes les consignes d'exploitation y figureront et devront être mises en application.

- **un plan d'enfouissement**, dans lequel le développement du corps de la décharge jusqu'à son état final devra être décrit.
- **un plan de prévention et de protection des activités**, décrivant toutes les mesures de sécurité à respecter ainsi que les dispositifs de sécurité en place. Les conditions minimales à remplir pour assurer la sécurité sur le site sont les suivantes :
 - Description des équipements de sécurité
 - Etablissement de plans de mise en alerte (personnes à contacter et numéros de téléphone), description des processus d'alerte internes et externes pendant et en dehors des horaires d'ouverture de la décharge.
 - Description des mesures à prendre en cas d'incendie et représentation des installations de lutte contre les incendies existantes.
 - Mise à disposition d'un personnel ayant reçu les instructions nécessaires et une formation spécifique ainsi que la dispense à intervalles réguliers d'une formation continue pour le personnel.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

- Le personnel prévu pour l'utilisation des appareils ainsi que pour la conduite des engins (chargeuses, compacteurs, etc.) doit en tout état de cause avoir reçu les instructions nécessaires pour assumer de telles tâches et disposer des certificats d'aptitude correspondants (permis de conduire, certificat de fin d'apprentissage, certificat de stages de formation). Les collaborateurs doivent actualiser et élargir régulièrement leurs connaissances.
- Interdiction de travailler seul dans l'enceinte de la décharge et d'accéder aux zones dangereuses (comme par exemple, les installations de dégazage).
- Interdiction d'accès à toutes les zones dangereuses (comme par exemple les puits de captage des lixiviats, les installations de dégazage etc.) avant réalisation de contrôles spécifiques (comme par exemple contrôle de la teneur en gaz dans l'atmosphère des puits). À cet effet, les instruments de mesure nécessaires doivent être disponibles, maintenus et étalonnés conformément aux spécifications de leur fabricant respectif.
- Port d'Equipements de Protection Individuelle (EPI) obligatoire
Chaque membre du personnel doit disposer d'au moins 1 set de protection individuelle. Ce set est certes différent en fonction de la zone dans laquelle le collaborateur est affecté, mais il doit en tout état de cause comporter un équipement de protection minimum.

L'équipement de protection minimum se compose des éléments suivants :

- des chaussures de sécurité avec coque en métal
- des gants de protection en cuir résistant aux contraintes mécaniques
- des vêtements de protection contre les intempéries (combinaison ou pantalon et veste)
- des vêtements d'avertissement de couleur réfléchissante

Suivant les activités, les équipements de protection supplémentaires suivants doivent être mis à disposition :

- protections auditives, quand les travaux sont effectués dans des zones bruyantes
- bottes en caoutchouc
- combinaison de protection jetable avec capuche et élastique aux manches et jambes, revêtements jetables pour les chaussures pour les travaux en milieu contaminé

- **Un plan d'entretien de tous les équipements, engins et ouvrages du site de la décharge.** Il devra contenir la description des équipements, engins et ouvrages et les mesures d'entretiens à réaliser. La maintenance et, le cas échéant, l'étalonnage, de tous les appareils devront être réalisés conformément aux spécifications de leurs fabricants respectifs.

Tous ces documents devront être agréés par le maître d'ouvrage avant de commencer l'exploitation.

Les conditions essentielles à satisfaire pour garantir la sécurité et le bon fonctionnement de l'exploitation ainsi que la protection sur les lieux de travail doivent être décrites en détail. Toutes les consignes doivent répondre à la réglementation tunisienne.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

La surveillance de l'exploitation de la décharge sera effectuée par l'ingénieur en chef. Il contrôlera personnellement le respect de toutes les consignes d'exploitation, et en particulier le respect des consignes de sécurité sur le site.

8.3.2.6.2 Documents de suivi de l'exploitation

Afin de réaliser le suivi de l'exploitation de la décharge contrôlée, l'exploitant devra :

- tenir à jour **un journal d'exploitation** dans lequel les informations suivantes, au moins, seront documentées :
 - Date, heure et conditions météorologiques
 - Périodes de fonctionnement et d'arrêt de l'exploitation
 - Personnel sur le site / visiteurs
 - Informations sur les déchets reçus (nature, poids, volume, contrôle visuel, etc.).
 - Informations concernant la zone d'enfouissement
 - Description des travaux de construction, réparation, maintenance effectués
 - Description des mesures de contrôle réalisées
 - Accidents / incidents
 - Evènements particuliers

- élaborer des **rapports mensuels et annuels d'exploitation**, contenant toutes les informations importantes sur l'exploitation de la décharge (quantité de déchets mis en décharge, capacité restante de la décharge, travaux et aménagements réalisés sur le site, résultats des analyses des mesures de contrôle et de surveillance réalisées, évènements particuliers, périodes de fonctionnement et d'arrêt d'exploitation, liste du personnel employé). Le rapport annuel d'exploitation devra être communiqué au maître d'ouvrage.

Pour cela, il est important de saisir toutes les données de manière fiable, au format numérique. Cela permet, de plus, de les analyser facilement et rapidement afin d'optimiser l'exploitation de la décharge.

- En outre, un **rapport immédiat** devra être réalisé en cas de danger (incendie, accident, livraison de déchets non admissibles) ou de constatation de dommages. Il devra être soumis au maître d'ouvrage dans les plus brefs délais après la survenue de l'évènement.

8.3.3 Fermeture de la décharge sans PMB

8.3.3.1 Concept de fermeture de la décharge

Après 20 ans d'exploitation, la décharge devrait avoir atteint son taux de remplissage maximal, il conviendra alors de la fermer définitivement. Une fois remplie avec les déchets, la décharge sera recouverte en surface par une couverture, qui ne sera toutefois pas encore étanchéifiée définitivement, cela, en attente des tassements liés à la dégradation des déchets dans la décharge.

Une grande partie des infrastructures existantes pourra être supprimée, au plus-tard en fin de phase de surveillance/maintenance. Dans ce contexte s'inscrivent par exemple :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- La clôture et les portails
- Le bâtiment administratif
- L'atelier et le garage
- La station essence et la station de lavage des pneus
- L'aire pour conteneurs
- Les quais de transfert
- Toutes les installations de dégazage
- L'installation d'épuration des lixiviats

La question de savoir si une simple installation d'épuration des lixiviats devra alors être prévue dépend de la qualité de la réalisation du capping, de la quantité des lixiviats encore engendrés et de leurs propriétés. Le capping proposé par le BE est présenté au § 8.3.1.10.4.

Exception faite des aires nécessaires aux équipements techniques qui, aux fins de surveillance et maintenance du site devront continuer à fonctionner pendant environ 30 ans après couverture définitive de la décharge (capping), il est proposé de restituer l'ensemble de l'aire occupée par la décharge à la nature en y plantant des espèces poussant naturellement dans ses environs. Cette plantation est absolument nécessaire pour éviter au maximum le risque d'érosion des sols formant la couche de revégétation.

Si, techniquement parlant, le capping s'avère parfaitement étanche, c'est-à-dire de très bonne qualité, toute production de lixiviats devrait pouvoir être exclue en fin de phase de surveillance/maintenance, soit au bout de 30 ans après couverture finale de la décharge.

8.3.3.2 Plan de surveillance / maintenance après désaffectation

Une fois la décharge remplie, toute une série de mesures devront être entreprises pour assurer sa surveillance et la maintenance des dispositifs encore nécessaires. Cette phase couvre, d'une part, toute la période au cours de laquelle une lixiviation est encore possible, jusqu'à ce que l'ensemble de la décharge soit revêtu d'une couverture étanche (c'est-à-dire avec au moins une géomembrane), mais également un certain nombre d'années après cette étanchéification pendant lesquelles on devra s'attendre à une production (décroissante) de lixiviats. L'expérience en Allemagne a permis de constater qu'au bout de 5 ans environ après réalisation d'un capping complètement étanche, une décharge de déchets ménagers ne produit plus de lixiviats.

De même, le dégazage de la décharge devra se poursuivre tout au long de cette phase. En effet, bien que la formation de gaz recule après réalisation d'un capping, le taux de captage augmente en compensant ainsi la baisse au niveau de leur formation. Comme on peut le constater sur la base des prévisions faites à ce sujet et exposées à l'annexe 8.7, une quantité de gaz importante sera encore captée pendant au moins 20 ans après remplissage de la décharge.

Les installations de collecte des gaz de décharge et de lixiviats et les équipements de traitement y afférents devront donc être maintenus après réalisation du capping de la décharge. De plus, le suivi des conditions régnant au droit du site (comme par exemple surveillance des propriétés des eaux souterraines) devra également se poursuivre pendant une trentaine d'années. Par conséquent, les installations suivantes devront être entretenues, le cas échéant étalonnées, et réparées :

- Équipement de captage et de traitement des lixiviats/eaux d'infiltration

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- Équipement de captage et de traitement des gaz de décharge
- Bassins de stockage des lixiviats
- Equipements de mesure du débit des lixiviats
- Bassins de rétention des eaux superficielles
- Puits de contrôle des eaux souterraines
- Station météo
- Instruments de mesure de la production de gaz

Les données suivantes devront également être enregistrées et évaluées tout au long de la phase de surveillance et maintenance, afin de pouvoir se faire une image de l'état du corps de la décharge, des émissions qui s'en dégagent et du capping étanche en surface.

- Contrôle des tassements du corps de la décharge
- Débits des lixiviats
- Mesures de la quantité de lixiviats produits et analyses
- Mesures de la quantité de gaz produits et analyses.
- Présence de gaz émanant à la surface de la décharge
- Enregistrement des données météorologiques
- Surveillance de la qualité des eaux souterraines et superficielles
- État des équipements de captage/collecte des lixiviats et des gaz

Des mesures et une évaluation suivie et soignée de tous les paramètres et données mentionnés ci-dessus constituent une condition sine qua non pour pouvoir apprécier l'état de la décharge.

Ces paramètres et données doivent donc être conservés pendant 30 ans et tenus à la disposition du personnel (technicien et personnel supplémentaire en cas de réparations par exemple). Les instruments de mesure et stations de mesure doivent également être entretenus, maintenus en état et exploités pendant toute cette période.

8.4 CONCEPT 2 : LES DECHARGES CONTROLEES AVEC PMB

La description des installations donnée dans ce chapitre ne concerne que la partie « décharge » de l'exploitation, les installations et équipements concernant le PMB sont décrits au **chapitre 7**.

8.4.1 Infrastructures de la décharge

Les décharges contrôlées avec PMB seront constituées des infrastructures suivantes :

- Route d'accès et voiries internes
- Bâtiments
- Station de lavage des véhicules et station service
- Réseaux divers
- Bassin de rétention des eaux de surface
- Zones de stockage

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- Quais de transfert
- Pont bascule
- Clôture et portail coulissant

Les installations précédentes ont été décrites aux paragraphes 8.3.1.1 à 8.3.1.9 dans le cadre du concept 1. Dans le concept 2, aucun changement n'est à noter concernant ces infrastructures.

Par contre, des particularités sont à souligner pour les éléments suivants :

- Décharge contrôlée avec étanchéités
- Système de drainage, de stockage et de traitement des lixiviats

Remarque : Il n'y a pas lieu de prévoir de système de collecte et de traitement des gaz de décharge. En effet, dans le cas d'un prétraitement des déchets par PMB, les déchets mis en décharge contiennent une quantité infime de matière organique, la production de gaz est donc très faible et sa collecte n'est pas justifiée.

8.4.1.1 Etanchéités de la décharge contrôlée

Les différents systèmes d'étanchéité envisageables pour la décharge ont été présentés au paragraphe 8.3.1.10.

8.4.1.1.1 Système d'étanchéité de base de la décharge

Le système d'étanchéité à la base de la décharge reste le même que celui présenté dans le concept 1.

8.4.1.1.2 Couvertures temporaires

Les déchets prétraités étant relativement secs et contenant seulement une part infime de matière organique, le dégagement d'odeurs devrait rester limité et être peu gênant. Aussi, la mise en place d'une couverture de terre journalière ne s'avère pas nécessaire.

8.4.1.1.3 Couvertures intermédiaires

De même que pour une décharge de déchets non-prétraités, une couverture temporaire devrait être mise en place pour limiter l'infiltration des précipitations dans le corps des déchets.

8.4.1.1.4 Système d'étanchéité de surface de la décharge (capping)

Les déchets prétraités représentant une source de pollution moins importante (polluants moins mobiles dans les déchets prétraités car ils ont une teneur en eau plus faible et ils contiennent très peu de matière organique), une géomembrane sera suffisante pour assurer l'étanchéité de surface de la décharge. Le géocomposite bentonitique ne sera pas nécessaire.

Le système d'étanchéité de surface proposé pour le concept 2 est présenté ci-dessous, en comparaison avec celui du concept 1 :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 8-16 Coût du capping de la décharge avec / sans PMB

		Coûts de la variante N° (en DNT/m ²)	
		Concept 1 sans PMB	Concept 2 avec PMB
Couche d'égalisation	épaisseur >= 0,25 m Matériau homogène pulvéru- lent	9,000	9,000
Couche de drainage de biogaz	épaisseur >= 0,25 m Couche de gravier	10,000	-
Etanchéité minérale	Géotextile bentonitique	24,200	-
Etanchéité synthétique	Géomembrane, épaisseur 2 mm	22,600	22,600
Couche de drainage	Géotextile drainant	11,000	11,000
TOTAL		82,032	45,502

Le prix de l'étanchéité de surface du concept 2 est réduit presque de moitié par rapport à celui du concept 1, non seulement parce que le géocomposite bentonitique n'est techniquement pas nécessaire, mais aussi parce que la couche de drainage des biogaz peut être éliminée.

8.4.1.2 Système de drainage des lixiviats

Le système de drainage des lixiviats reste inchangé par rapport au concept 1 : voir le paragraphe 8.3.1.11.

Il faut noter que compte tenu du caractère moins agressif des lixiviats des déchets prétraités, qui ne contiendront pour ainsi dire plus de matière organique, la couche de drainage, même calcaire, devrait être beaucoup moins endommagée par les lixiviats, et ses capacités de drainage devraient être largement prolongées. En effet, si le calcaire des graviers est moins dissous par les lixiviats, les précipitations et le colmatage de la couche de drainage seront réduits.

8.4.1.3 Quantité de lixiviats

Avec les déchets prétraités, la quantité de lixiviats produite est plus faible qu'avec les déchets non-prétraités. La démarche de calcul a été présentée au paragraphe 8.3.1.12, ici seules les différences avec le concept 1 sont soulignées.

Pour le concept 1, la production de lixiviats se résumait à :

$$Q_{L_{tot}} = Q_L + Q_{cons} + Q_{div}$$

Dans le concept 2, Q_L et Q_{div} sont inchangés, mais la quantité de lixiviats libérée lors de la consolidation des déchets (Q_{cons}) est négligée :

- Q_{cons} : Quantité de lixiviats libérée lors de la consolidation des déchets

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

La quantité de déchets mise en décharge est réduite de moitié par rapport au concept 1, et les déchets ont une teneur en matière organique et en eau très faible, on n'attend donc pas de production de lixiviats de leur part.

- Q_L : Quantité de lixiviats issues des précipitations tombées sur la décharge

La porosité des déchets prétraités étant très élevée, on peut s'attendre à ce que le corps de la décharge se comporte comme une éponge et que les eaux de pluie précipitant sur la décharge soient retenues de façon plus importante que dans le cas des déchets non prétraités, ce qui reviendrait à diminuer Q_L . Pour rester du côté de la sécurité, ce phénomène n'a pas été pris en considération dans le calcul.

- Q_{div} : Eaux résiduaires en provenance des autres zones de la décharge

En ce qui concerne les eaux résiduaires produites sur le site qui pourraient aussi être stockées dans les bassins de lixiviats, aucune différence significative n'est à attendre à la suite de la mise en place du PMB.

En résumé, la production de lixiviats s'exprime donc de la façon suivante dans le cadre du concept 2 :

$$Q_{L_{tot}} = Q_L + Q_{div}$$

A l'appui de ces hypothèses, les quantités de lixiviats suivantes ont été déterminées, elles devront pouvoir être traitées par l'installation de traitement des lixiviats :

Tableau 8-17 Quantité de lixiviats - concept 2

	Erroumani	Les Salines
[m ³ / an]	40.250	25.400
[m ³ / jour]	110	70

Les détails des calculs de la quantité de lixiviat sont donnés en **annexe 8-5**.

8.4.1.4 Bassins des lixiviats

Les lixiviats sont acheminés jusqu'aux bassins de stockage des lixiviats qui constituent des bassins tampon avant le traitement des lixiviats et ne sont pas à considérer comme des bassins d'évaporation. L'évaporation des lixiviats dans les bassins a été considérée comme nulle par mesure de précaution.

Deux bassins de stockage de lixiviats seront aménagés, afin de pouvoir mettre l'un des deux bassins hors service en période de sécheresse pour pouvoir effectuer les opérations de maintenance. Ils devront également être assez grands pour faire face à une panne de l'installation de traitement des lixiviats.

8.4.1.4.1 Dimensionnement

Les bassins de stockage ont été dimensionnés de manière à pouvoir recevoir :

- le volume moyen mensuel de lixiviats produit par la décharge pendant 20 jours au cours d'une année très pluvieuse.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- le volume maximal mensuel de lixiviats produit par la décharge pendant 5 jours au cours d'une année très pluvieuse.

On a retenu la valeur la plus grande pour le dimensionnement des bassins.

Les détails du dimensionnement des bassins de lixiviat sont donnés en **annexe 8-5**.

Les bassins de stockage des lixiviats doivent présenter la capacité suivante :

Tableau 8-18 Volume des bassins de lixiviats - concept 2

	Erroumani	Les Salines
Nombre de bassins	2	2
Volume d'un bassin [m ³]	1100	700

Ces bassins ne devront être remplis de lixiviats qu'en période de fortes précipitations (mois d'hiver) ainsi qu'en cas de travaux de maintenance ou de réparation de l'installation de traitement des lixiviats. Le reste du temps, ils devraient autant que possible rester vides afin de disposer d'une capacité de stockage suffisante en cas d'orage soudain ou d'une panne intempestive de l'installation de traitement des lixiviats.

8.4.1.4.2 Etanchéités des bassins

Le système d'étanchéité des bassins de lixiviat est le même que celui présenté dans le concept 1 : voir le paragraphe 8.3.1.13.2.

8.4.1.5 Systèmes de traitement des lixiviats adapté à la Tunisie

8.4.1.5.1 Qualité des lixiviats

Il existe peu de données sur la qualité des lixiviats provenant de décharges de déchets prétraités. Cependant, nous savons que le prétraitement éliminera la majorité de la matière organique des déchets, aussi la DCO et la DBO seront-elles très réduites par rapport à celles du lixiviat de déchets non prétraités.

Sur la base de données concernant les lixiviats provenant de décharges allemandes de déchets prétraités, et en concertation avec les professionnels du traitement des lixiviats en Tunisie, nous avons considéré les concentrations des lixiviats suivantes pour le dimensionnement (et le calcul des coûts) des installations :

Tableau 8-19 Qualité des lixiviats issus des déchets traités

Paramètre	Unité	Valeurs maximales
DCO	mg O ₂ / L	10.000
DBO5	mg O ₂ / L	1.250
MES	mg / L	11.000

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Huiles / Graisses	mg / L	< 500
NH4-N = NTK	mg / L	1.000
Chlorures	mg / L	5.000
Conductivité	µS/cm	< 30.000
pH	-	6 – 8,5

Les quantités de lixiviats attendues ainsi que les hypothèses de calcul sont présentées dans le § 8.4.1.3.

8.4.1.5.2 Présentation du système de traitement retenu

Le process de traitement des lixiviats des deux décharges « Erroumani » et « Les Salines » pour le concept 2 est le même que celui proposé au concept 1.

Dans le concept 2, le bassin de stockage du perméat salé (36% du volume des lixiviats initial), qui sera rejeté à la mer, aura une capacité inférieure à celle prévue pour le bassin du concept 1 :

	Erroumani	Les Salines
Volume d'un bassin [m ³]	380	240

L'avantage du concept 2 sur le concept 1 en ce qui concerne le traitement des lixiviats est évident puisque, en plus du fait que les coûts d'investissement et d'exploitation soient moindres, moitié moins de perméat salé sera à évacuer vers la mer. Les coûts de transport vers la mer en sont donc ainsi également diminués de beaucoup : environ 40 m³ d'eau salée à transporter à la mer chaque jour depuis Erroumani et 25 m³ depuis les salines dans le concept 2, contre respectivement 90 et 40 m³/jour dans le concept 1.

8.4.2 Concept d'exploitation de la décharge avec PMB

Dans cette partie sont décrits le concept d'exploitation de la décharge ainsi que les moyens humains et matériels nécessaires à l'exploitation et au monitoring des différentes installations des décharges avec PMB.

Le concept d'exploitation du PMB lui-même est décrit au **chapitre 7**.

8.4.2.1 Principe de l'exploitation

Remarque préliminaire : les horaires d'ouverture, les procédures de livraison et d'admission des déchets restent les mêmes que dans le concept 1.

8.4.2.1.1 Horaires d'ouverture

La décharge sera exploitée par une seule équipe journalière travaillant 8 heures par jour. Elle sera officiellement ouverte pendant 7,5 heures par jour, de sorte que les autres tâches, comme la couverture

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

journalière des alvéoles en exploitation, nettoyage et entretien des véhicules et des autres équipements pourront également être assumées par cette équipe journalière.

8.4.2.1.2 Livraison des déchets

Les déchets ménagers seront en principe tous livrés par camion dans les conteneurs provenant des centres de transfert. Les conteneurs seront déposés à l'emplacement prévu à cet effet à l'entrée du site de la décharge, avant le second portail. Ce second portail sera fermé en dehors des heures d'ouverture, mais le premier restera ouvert (sauf en cas d'évènement exceptionnel), les déchets pourront ainsi être livrés sur l'aire des conteneurs 7j/7 et 24h/24. Un camion qui livre un conteneur plein repartira automatiquement avec un conteneur vide.

Deux quais de transfert sont prévus pour la réception des déchets verts et DIB. Ces déchets ne pourront être livrés que pendant les heures d'ouverture, soit pendant 7,5h / jour.

8.4.2.1.3 Admission des déchets

Il est bien entendu que seuls les déchets acceptables sur les décharges de classe II seront admis sur la décharge, conformément à la directive européenne sur les décharges (1999/31/CE), à l'article 6.

Tous les déchets seront pesés sur le pont-basculé, contrôlés visuellement et enregistrés dans le journal d'exploitation quotidien, les informations suivantes doivent y figurer :

- Date et heure de livraison
- Numéro d'immatriculation du véhicule de livraison
- Composition et type de déchets
- Nom et adresse du transporteur
- Quantité de déchets en tonnes ou à défaut le volume de déchets
- Origine des déchets
- Tout évènement inhabituel
- Nom et signature du contrôleur

8.4.2.1.4 Transport des déchets sur la zone d'exploitation

Les camions reprendront les conteneurs pleins déposés sur la zone de stockage des conteneurs à l'entrée de la décharge, les déchets seront pesés sur le pont-basculé et contrôlés.

Suite à leur pesée sur le pont bascule, les déchets seront transportés par des camions hooklift rattachés directement à la décharge jusqu'à la zone de PMB pour être traités. Les camions hooklift ramèneront ensuite les conteneurs vides jusqu'à l'aire prévue à l'entrée de la décharge.

Une fois les déchets traités au niveau de la zone du PMB, ils seront transportés dans des conteneurs par les camions hooklift vers la zone d'enfouissement des déchets sur la décharge.

8.4.2.1.5 Cas particulier des déchets verts et DIB

Tout comme dans le concept 1, les déchets verts et les DIB pourront être déposés au niveau des quais de transfert. Les déchets verts seront transférés à la zone de compostage pour être compostés, et les DIB seront enfouis sur la décharge.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

8.4.2.1.6 Enfouissement des déchets

L'enfouissement des déchets sur la décharge se fera avec la même méthode d'exploitation qu'avec les déchets non prétraités : voir le paragraphe 8.3.2.1.6.

8.4.2.2 Personnel d'exploitation requis

Dès la mise en service de la décharge, un ingénieur assumant la fonction de directeur technique sera nécessaire. Il devra disposer d'une formation d'ingénieur en génie civil ou d'ingénieur environnemental.

Pour assurer la surveillance à l'entrée du site, des gardiens seront nécessaires, ainsi qu'un contremaître responsable des opérations de pesage sur la bascule. Ce contremaître sera également responsable de l'enregistrement de l'origine, du type et du poids des déchets pour chaque opération de pesage de déchets réceptionnés.

Deux mécaniciens, dont un chef d'atelier, seront requis dans l'atelier mécanique afin d'assurer la maintenance et la réparation des engins et des équipements utilisés. Ces deux mécaniciens devront disposer d'un permis de conduire camion ou être en mesure de conduire un tel véhicule. L'un d'eux devra être spécialisé pour les travaux de maintenance et de réparation de l'installation de traitement des lixiviats. Il devra recevoir des consignes ou une formation spéciale pour être en mesure d'assurer l'entretien de cette installation.

Par ailleurs, un technicien (environnemental) devra être attaché aux deux sites des décharges pour assurer la surveillance et la maintenance des équipements techniques, tels que dispositifs d'épuration des lixiviats, bassins de stockage des lixiviats, etc. Ce technicien aura pour tâche de collecter toutes les valeurs mesurées et de procéder à leur analyse. Il devra avoir reçu une formation appropriée pour pouvoir contrôler le bon fonctionnement des installations de traitement des lixiviats.

Enfin, pour assurer le transport des déchets de l'aire de stockage des conteneurs vers la zone de PMB, de la zone de PMB vers la zone d'enfouissement des déchets, ou des quais de transfert vers la zone de compostage, il faudra prévoir des chauffeurs de camion. En cas d'absence de l'un des chauffeurs, l'un des mécaniciens ou le contremaître de pesée devrait pouvoir effectuer le remplacement et assurer ainsi le bon fonctionnement de l'exploitation.

Il faudra également prévoir un conducteur pour le compacteur de déchets.

Personnel	Nombre
Directeur technique	1
Ingénieur	1
Gardien	3
Contremaître	1
Mécaniciens (dont 1 chef d'atelier)	1
Mécanicien (installations de lixiviats et gaz)	1
Technicien (installations de lixiviats et gaz)	0,5
Ouvrier / manœuvre / Chauffeur	4

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

8.4.2.3 Equipements mobiles requis

Les engins requis dans le concept 2 restent les mêmes que dans le concept 1 :

Equipements		
Equipement	Nombre	Description
Compacteur	1	28 t
Chargeuse sur pneumatiques	1	100 kW, pelle 1,5 m ³
Tracteur + remorque	1	
Excavateur à chenilles	1	
Camion Hooklift + 4 conteneurs de 30m ³	2 ou 3	Transport des conteneurs (30m ³)
Remorque citerne	1	Environ 10 m ³
Véhicule tout-terrain	1	Type pick-up double cabine avec plateau

Les camions Hooklift affectés au transport des déchets effectueront de plus nombreux trajets (zone des conteneurs vers zone de PMB, zone de PMB vers décharge, et transport des déchets reçus au niveau des quais de transfert), mais ces trajets seront de plus courte durée, on estime donc que la quantité de camions nécessaires est la même dans les deux concepts.

8.4.2.4 Equipements fixes requis

Les équipements fixes nécessaires à l'exploitation de la décharge sont les mêmes dans le concept 1 et le concept 2, mis à part les équipements de dégazage de la décharge, qui sont inutiles dans le concept 2. Les équipements fixes sont décrits au paragraphe 8.3.2.4.

8.4.2.5 Maintenance des installations pendant l'exploitation

Les procédures de maintenance à suivre sont les mêmes pour les deux concepts mises à part celles relatives aux gaz de décharge, qui ne s'appliquent pas. Les procédures sont décrites au paragraphe 8.3.2.5.

8.4.2.6 Documents d'exploitation

Les documents d'exploitation à réaliser sont les mêmes pour le concept 1 et le concept 2, en considérant le fait que dans le concept 2 les consignes concernant les gaz de décharge ne s'appliquent pas. Ces documents sont présentés au paragraphe 8.3.2.6.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

8.4.3 Fermeture de la décharge avec PMB

8.4.3.1 Concept de fermeture de la décharge

Après 29 ans d'exploitation, la décharge devrait avoir atteint son taux de remplissage maximal, il conviendra alors de la fermer définitivement. Une fois remplie avec les déchets, la décharge sera recouverte en surface par une couverture, qui ne sera toutefois pas encore étanchéifiée définitivement, cela, en attente du tassement des déchets dans la décharge, qui sera plus faible qu'avec les déchets non prétraités.

Une grande partie des infrastructures existantes pourra être supprimée, au plus-tard en fin de phase de surveillance/maintenance. Dans ce contexte s'inscrivent par exemple :

- La clôture et les portails
- Le bâtiment administratif
- L'atelier et le garage
- La station essence et la station de lavage des pneus
- L'aire pour conteneurs
- Les quais de transfert
- L'installation d'épuration des lixiviats

La question de savoir si une simple installation d'épuration des lixiviats devra alors être prévue dépend de la qualité de la réalisation du capping, de la quantité des lixiviats encore engendrés et de leurs propriétés. Le capping proposé par le BE est présenté au § 8.3.1.10.4. Si ce capping est mis en place sur la décharge dans les règles de l'art, la production de lixiviats après fermeture de la décharge sera nulle.

Exception faite des aires nécessaires aux équipements techniques qui, aux fins de surveillance et maintenance du site devront continuer à fonctionner après couverture définitive de la décharge (capping), il est proposé de restituer l'ensemble de l'aire occupée par la décharge à la nature en y plantant des espèces poussant naturellement dans ses environs. Cette plantation est absolument nécessaire pour éviter au maximum le risque d'érosion des sols formant la couche de revégétation.

8.4.3.2 Plan de surveillance / maintenance après désaffectation

Les procédures de maintenance à respecter après la fin de l'exploitation sont les mêmes pour les deux concepts mises à part celles qui concernent les gaz de décharge, qui ne s'appliquent pas. Les procédures sont décrites au paragraphe 8.3.3.2.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

9 PRETRAITEMENT ET ELIMINATION AU SITE D'ERROMANI

9.1 PRESENTATION DU SITE

9.1.1 Localisation et caractéristiques du site

Le site de la décharge est accessible par la route nationale RN6 de Béja vers Bou Salem. Il est situé juste à la limite des deux gouvernorats de Jendouba et de Beja, à 2,5 kilomètres de la route nationale à partir de l'agglomération de Roumani.

La décharge est destinée à desservir les deux gouvernorats nord de la vallée de la Medjerda, Béjà et Jendouba.

► **Caractéristiques du site :**

Surface du site :	40 ha
Route d'accès :	2,5 km, à partir de la Nationale 6, avec franchissement d'oued et pentes de 3 à 5 %
Propriété :	Etat
Vocation actuelle :	Agricole
Topographie :	Accidentée
Nature du terrain	Argiles marneuses jusqu'à 15 mètres de profondeur ; suivies par des marnes feuilletées grisâtres jusqu'à 25 m de profondeur.

► **Localisation du site :**

Figure 9-1 Localisation et limites de la zone de projet du site de la décharge d'Erroumani (Nord)
– Source image : Google Earth



11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

La zone de projet est ici représentée en bleu sur la figure ci-dessus, elle a une superficie de 40 ha. Les parcelles du cadastre sont délimitées en rouge. Toutes les parcelles appartiennent à l'état sauf celle qui est privée, au nord.

Le site de la décharge se trouve à une distance d'environ 500 m de l'oued Kasseb, situé à l'ouest. Compte tenu de la conception générale prévue, aucune pollution n'est à craindre en provenance de la décharge.

La morphologie du terrain a été exploitée pour développer deux concepts d'exploitation de décharge :

- Concept 1 : décharge sans PMB
- Concept 2 : décharge avec PMB

La partie est de l'ensemble du terrain disponible présente une superficie d'environ 18 ha et une pente le long du thalweg d'environ 6 à 14 % orientée de l'est vers l'ouest. Des formations de roches calcaires affleurent sur les flancs latéraux au thalweg, orientés nord-sud. Cette zone du terrain est réservée pour la décharge.

La partie ouest du terrain avec une pente généralement orientée du nord vers l'ouest pourra être exploitée pour l'éventuelle installation de prétraitement mécano-biologique (PMB).

L'utilisation de cette surface pour une extension de la décharge à la fin de son exploitation est fortement déconseillée pour des raisons de stabilité de la décharge. Ce point a déjà été souligné dans les phases précédentes de l'étude : le site d'Erroumani est très inadapté pour la construction d'une grande décharge en raison de sa géométrie et de sa topographie accidentée (fortes pentes). Par ailleurs, le site d'Erroumani est soumis à de fortes précipitations (640 mm/an environ), qui ruisselleront à travers le corps de la décharge, ce qui n'améliorera pas la stabilité du corps de déchets. C'est une des raisons pour lesquelles nous conseillons fortement d'adopter le concept 2, avec la petite décharge, pour le site d'Erroumani.

Les hypothèses de conception des décharges (quantité et densité des déchets, volume des décharges) sont présentées au paragraphe 8.2., celles concernant le PMB au **chapitre 7**.

9.1.2 Météorologie

Les données météorologiques mesurées à la station de Béja (voir les données de 2000 à 2009, mises à disposition par l'Institut National de la Météorologie en **Annexe 9.1**) ont été utilisées pour estimer les quantités de lixiviats attendues pour la décharge d'Erroumani.

La pluviométrie est résumée dans le tableau ci-dessous :

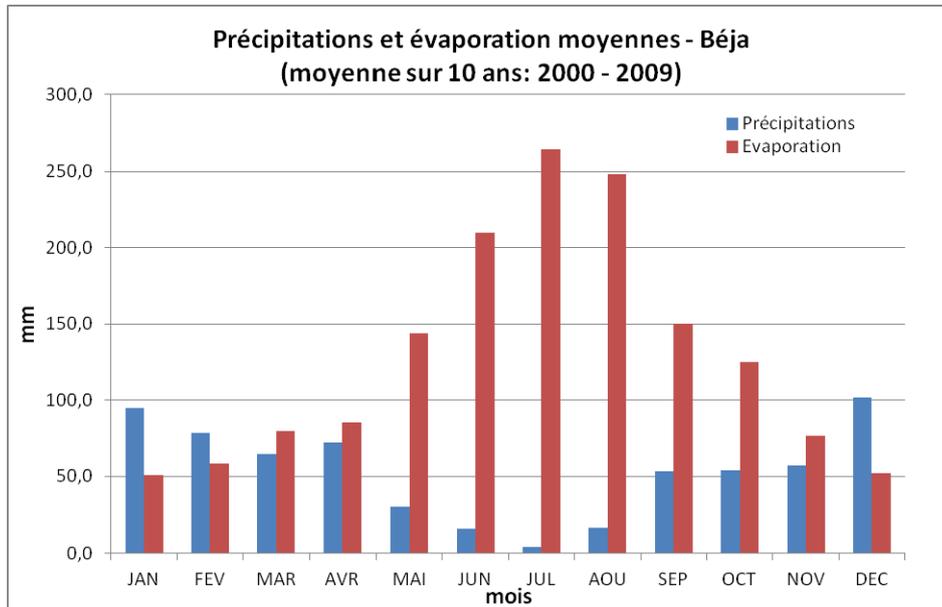
Tableau 9-1 Pluviométrie moyenne et maximale à la station de Béja - 2000 à 2009

	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUI	AOÛ	SEP	OCT	NOV	DE C
Année moyenne (moyenne sur 10 ans : 2000 - 2009)	94,7	78,1	64,4	71,9	30,1	16,1	4,1	16,8	53,3	53,8	57,1	101,9
Année pluvieuse (2009)	160,0	171,0	119,9	245,3	14,6	0,0	3,2	59,8	89,3	59,4	47,4	61,6

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

La pluviométrie moyenne et le taux d'évaporation moyen pour la région de Béja sont représentés dans le diagramme ci-après. En moyenne, 640 mm de pluie tombe chaque année sur le site d'Erroumani. Les mois les plus pluvieux sont décembre et janvier.

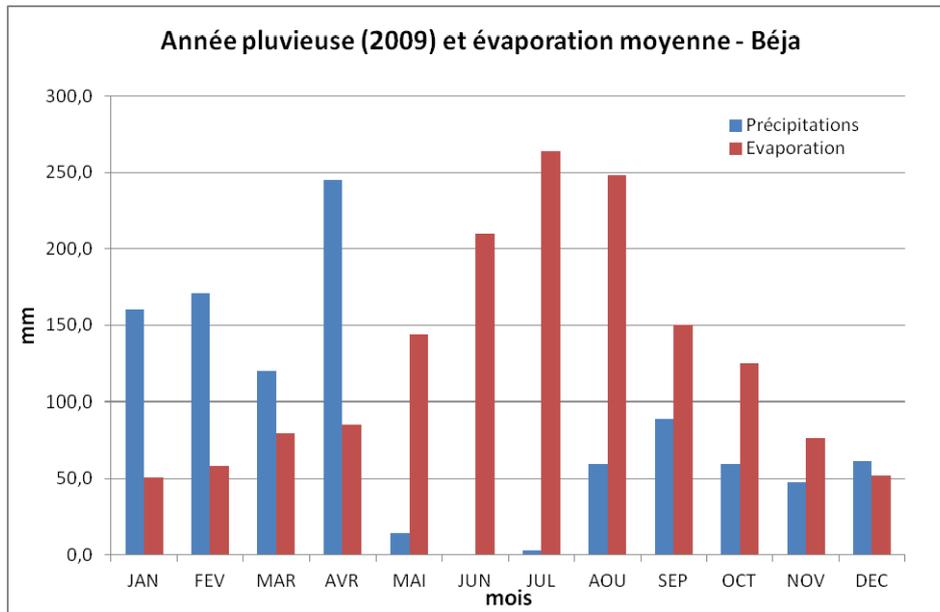
Figure 9-2 Précipitations et évaporation moyennes - Béja



L'année la plus pluvieuse sur les 10 ans pour lesquels nous disposons de données pluviométriques est l'année 2009, au cours de laquelle 1031,5 mm de précipitations sont tombés, soit 1,6 fois la pluviométrie moyenne. La pluviométrie de 2009 est représentée dans le graphique suivant, en comparaison à l'évaporation moyenne.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Figure 9-3 Précipitations maximales et évaporation moyenne - Béja



9.2 OPTION MISE EN DECHARGE SANS PMB

9.2.1 Conception générale

La conception générale de la décharge sans PMB est représentée dans les plans suivants :

- Le plan III-01-01-Err-C1 présente la topographie du site ainsi que la zone de projet et les limites cadastrales.
- Le plan III-01-02-Err-C1 présente le site aménagé avec la conception de la base de la décharge.
- Le plan III-01-03-Err-C1 présente le site aménagé avec la décharge remplie dans son état final.

L'entrée du site avec la zone de stockage des conteneurs est située au sud ouest du site. D'ouest en est, à partir de la limite de la zone de protection de l'oued, l'aménagement du site s'organise de la façon suivante :

- Les infrastructures (bâtiment administratif, atelier mécanique, etc.)
- Le stockage et le traitement des lixiviats, ainsi que la plateforme de compostage des déchets verts
- La décharge pour le stockage des déchets

L'ensemble des aménagements sera clôturé. Un portail coulissant et une loge gardien sont prévus directement à l'entrée du site. Les conteneurs provenant des centres de transfert pourront être livrés 7j/7 et 24h/24 sur la zone des conteneurs à l'entrée du site, avant le second portail, qui sera fermé en dehors des heures d'ouverture.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Les conteneurs seront ensuite repris pendant les heures d'ouverture (7,5h / jour) par les camions de la décharge. Après passage sur le pont-basculé, les camions achemineront et déverseront les déchets dans la zone d'enfouissement de la décharge.

Par ailleurs, deux quais de transfert sont prévus en cas de besoin pour les DIB, pour les déchets verts, et pour le chargement des autres déchets apportés par des particuliers à la décharge.

Le concept d'exploitation de la décharge sans PMB est détaillé au paragraphe 8.3.2.

La surface totale de la décharge dans la partie ouest du site, mesurée à la base de la décharge, est d'environ 16,5 ha. En tenant compte d'une pente du toit de la décharge de 1 :3 et d'une hauteur max. des déchets de 38 m environ, le volume total de stockage calculé pour les déchets est de 2,26 millions de m³, ce qui correspond à une hauteur moyenne de stockage de 14 m. Il est prévu que la décharge, elle-même, puisse être exploitée pendant une période d'au moins 20 ans.

Il est prévu que la première tranche des travaux couvre une surface de 4,7 ha. Le volume de déchets pouvant être stocké dans ce premier casier s'élève à environ 400.000 m³, compte tenu du talus temporaire qui, à l'est, marquera la transition au casier suivant. Cette superficie est scindée en 3 cellules (sous-casiers) d'une largeur moyenne de 75 m environ. Ceci signifie qu'à travers l'exploitation de ce premier casier, la mise en décharge des déchets concernés sera garantie à partir de 2014, date de la mise en service de l'aménagement, pendant presque 5 ans.

Les données générales sur les décharges sont présentées dans le tableau récapitulatif en **Annexe 9.2**.

9.2.2 Description des installations

Tous les détails de dimensionnement et de conception des installations sont donnés dans le chapitre 8.3.1 pour les décharges sans PMB.

9.2.2.1 Route d'accès, zone d'entrée et voiries internes

L'accès actuel à la décharge depuis l'embranchement de la route Nationale 6 est goudronné sur le premier kilomètre, ensuite, une simple piste empierrée mène jusqu'au site. Le franchissement d'un oued est à prévoir. La pente moyenne de la route d'accès sera d'environ 3 à 5%.

Les aménagements de la route d'accès à envisager sont les suivants :

- aménagement de la piste empierrée avec un revêtement bitumineux sur environ 1,5 km
- construction d'un dalot ou d'un pont pour le franchissement de l'oued

Le tracé de la route suivra celui de la piste empierrée déjà existante, les virages seront aménagés de façon à ce que les camions avec conteneurs sur remorque puissent les prendre facilement.

L'aménagement de la zone d'entrée et des voiries internes est représenté dans le plan III-01-03-Err-C1, les équipements suivants y seront installés :

- 1 loge gardien à l'entrée du site
- 2 portails, l'un avant, l'autre après la zone de parking des conteneurs
- L'emplacement réservé au stockage des conteneurs pleins et vides (environ 4000 m²)

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Pour Erroumani, il convient de prévoir une surface d'environ 4000 m² (0,4 ha). Cette surface est suffisante pour avoir une réserve de 3 jours au début de l'exploitation en 2014. A la fin de l'exploitation, en 2033, la quantité de déchets livrée sur le site sera telle que la surface de 4000 m² permettra seulement 2 jours de réserve. Si l'on constate au cours de l'exploitation que la surface n'est pas suffisante, l'emplacement des conteneurs pourra être agrandi lors de travaux d'extension de la décharge (construction d'un nouveau casier). Les hypothèses de dimensionnement et la description de la zone de stockage ont été présentées au paragraphe 8.3.1.6.

- Le pont bascule avec le local de pesée
- Un rond point permettra d'orienter les véhicules soit vers la décharge, soit vers les quais de transfert, soit vers la zone d'infrastructures (zone de service et administration).

9.2.2.2 Infrastructures

L'ensemble de la zone de service est représenté dans le plan III-01-04-Err-C1. Les bâtiments et les équipements prévus dans cette zone d'infrastructure sont les suivants :

- Bâtiment administratif (200 m²) avec parking
- Atelier mécanique (250 m²)
- Garage pour les véhicules d'exploitation
- Station de lavage des véhicules
- Station service

Elle sera pourvue d'un revêtement en béton bitumineux et s'étendra sur environ 4000 m².

Les infrastructures prévues dans la zone est du site sont les suivantes :

- 2 quais de transfert (pour la réception des déchets verts, DIB, etc. apportés par les particuliers)
- Installation de traitement des lixiviats et bassin de stockage du perméat issu du retraitement du concentrât des lixiviats par nanofiltration
- 2 Bassins de stockage des lixiviats
- Installation de dégazage de la décharge
- Plateforme de compostage des déchets verts

La plateforme de compostage est prévue pour composter les déchets verts amenés par les particuliers sur le site de la décharge. Elle aura une taille initiale de 4000 m² et pourra être agrandie au besoin lors de l'agrandissement de la décharge.

9.2.2.3 Gestion des eaux de surface

Le drainage des eaux pluviales de la zone de service, des eaux non-polluées provenant de la zone de la décharge ainsi que du bassin-versant en amont du site sera assuré par des fossés aménagés le long de la route périphérique de la décharge et ces eaux seront évacuées par des caniveaux et rigoles d'écoulement vers le bassin de rétention des eaux de surface. Les eaux pluviales seront ensuite évacuées vers l'oued.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Le bassin de rétention des eaux pluviales, à l'aval du site (côté ouest), devra avoir une capacité d'environ 1200 m³ et être équipé d'un trop-plein pour répondre à des événements pluviométriques exceptionnels. Les détails concernant le dimensionnement du bassin sont donnés au paragraphe 8.3.1.5.

9.2.2.4 La décharge contrôlée

La surface totale de la décharge est d'environ 16,5 ha. Elle atteindra une hauteur maximale de 38 m environ. Le volume total de stockage réservé pour les déchets est d'environ 2,26 millions de m³, ce qui correspond à une hauteur moyenne de stockage de 14 m. La durée d'exploitation de la décharge est estimée à au moins 20 ans.

La décharge sera constituée de 3 casiers, d'une surface de 4,7 ; 5,4 et 6,4 ha respectivement, chacun constitué de 3 cellules.

Le premier casier permettra de stocker environ 400.000 m³ de déchets, sa durée de vie est estimée à presque 5 ans.

Les hypothèses de conception ont été présentées au chapitre 8.2 (quantités de déchets, densité des déchets et volume des décharges) en comparaison avec les autres sites / concept.

9.2.2.4.1 Etanchéité de base de la décharge contrôlée

Les exigences imposées pour la barrière géologique et l'étanchéité de base correspondent aux définitions prévues par la directive de l'Union Européenne pour le stockage de déchets non dangereux. Cela signifie que la barrière géologique devra présenter une épaisseur d'au moins 1 m avec une perméabilité correspondant à $k < 1 \times 10^{-9}$ m/s. Si les propriétés naturelles de la barrière géologique ne permettent pas de satisfaire à ces exigences, cette barrière pourra être remplacée par une couche artificielle de matériaux rapportés sur une épaisseur minimale de 50 cm présentant une perméabilité correspondante à celle exigée. Les différents types d'étanchéités de base ont été présentés au paragraphe 8.3.1.10.1.

Les reconnaissances géotechniques (dont les résultats ont été présentés dans le « Rapport d'investigation des sites de décharges » en phase 2 du projet) et les informations contenues dans la carte géologique ont permis de prouver l'existence d'une barrière géologique suffisante dans la majeure partie de la surface de base de la future décharge. Seules les zones sur les flancs du futur système d'étanchéité à la base devront être remplacées par deux couches d'argile d'une épaisseur de 25 cm. À cet effet, on pourra utiliser les argiles qui, avec un coefficient de perméabilité d'environ $k_f = 5 \times 10^{-10}$ m/s, sont présentes sur le site à une profondeur d'environ 1,50 m en tant que matériau approprié. Dans la partie argileuse du terrain sur lequel sera installé la décharge, il ne sera pas nécessaire d'épandre de l'argile en tant que barrière géologique, à condition que l'argile en place ait effectivement une qualité et une homogénéité suffisante. Cependant, cette argile devra obligatoirement être fraisée sur place et compactée pour assurer son homogénéité, il s'agit de la variante 1 bis présentée en annexe 8-4 (73,38 DNT/m² au lieu de 87,746 DNT/m² pour le système d'étanchéité avec les deux couches d'argile).

La barrière géologique devra en outre être protégée par une géomembrane en tant qu'élément d'étanchéité artificiel.

Le BE recommande par ailleurs l'installation de station de jaugeage des eaux souterraines à l'entrée et à la sortie de la décharge pour pouvoir documenter les remontées éventuelles d'eau souterraine ou la présence d'aquifères entre les couches dans le sous-sol.

Le système d'étanchéité à la base de la décharge proposé est schématisé dans le plan III-03-01-Err-C1.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

9.2.2.4.2 Collecte des lixiviats

La décharge a été conçue afin d'optimiser la collecte des lixiviats. Pour cela, la surface totale de la base de la décharge sera divisée d'ouest en est en différentes cellules d'une superficie moyenne de 1,8 ha environ. Plusieurs collecteurs de lixiviats y chemineront du sud vers le nord sur une longueur maximale de 300 m. Les conduites de drainage devront être rincées et inspectées avec une caméra en fonction des besoins, et en tout état de cause au moins une fois par an. Les différentes cellules sont conçues avec une pente minimale transversale (supérieure à 3 %) en direction des tuyaux de drainage, ainsi qu'une pente longitudinale (le long des drains) d'au moins 5 à 10 %. La déclivité du terrain a été adaptée de manière à réduire les travaux de terrassement à un minimum.

Il est également prévu de séparer les eaux de pluies tombant sur les aires non exploitées en tant que décharge via une conduite de collecte parallèle qui acheminera les eaux superficielles non polluées dans l'oued. Dès qu'un nouveau casier sera mis en service, il devra être raccordé via une vanne au système de collecte des lixiviats.

Une couche de drainage couvrant toute la surface des casiers, composée de granulats durs concassés de granulométrie 8/16 et de rigoles renforcées sera mise en place sur le système d'étanchéité qui sera protégé par un géotextile.

9.2.2.5 Gestion des lixiviats

Les lixiviats provenant de la décharge seront acheminés par des conduites en PE-100 pour être stockés dans des bassins. Ces bassins devront avoir une capacité minimale de 2540 m³ chacun (soit environ 2000 m² en considérant une profondeur de 2m et une pente de talus de 1 : 2,5). Leur dimensionnement et leur système d'étanchéité à la base ont été présentés au chapitre 8.3.1.13. Le système d'étanchéité à la base proposé est schématisé dans le plan III-03-01-Err-C1.

Les lixiviats seront ensuite traités en deux étapes par une installation qui sera dimensionnée pour 93.000 m³/an de lixiviats, soit 255 m³/jour (11 m³/h). Le procédé recommandé pour le traitement des lixiviats a été décrit au chapitre 8.3.1.14. Le perméat issu du premier traitement, devra avoir la qualité nécessaire pour être rejeté dans le milieu naturel (l'oued). Le concentrât issu du premier traitement (environ 100 m³/jour) sera retraité par nanofiltration, il en résultera un second concentrât (environ 15 m³/jour) qui sera recirculé sur la décharge. Le perméat issu du second traitement sera salé et ne pourra pas être rejeté dans l'oued, il sera conduit à la mer pour y être déversé.

Les installations de traitement des lixiviats devront être de type compact pour limiter le besoin en place sur le site.

9.2.2.6 Captage et traitement des biogaz

Un dégazage de la décharge est seulement nécessaire pour une décharge de déchets non prétraités. Le BE propose d'aménager le système de dégazage peu de temps après le démarrage de l'exploitation et d'intégrer des collecteurs horizontaux dès le début de l'exploitation des casiers. Des collecteurs verticaux seront installés lorsque les premiers casiers de la décharge auront atteint leur hauteur de remplissage finale. L'installation des collecteurs verticaux sera nécessaire en raison de la perte du fonctionnement des collecteurs horizontaux après une certaine période d'exploitation résultant des tassements du corps des déchets et des incrustations résultant de la présence de lixiviat.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Les gaz seront collectés par les collecteurs horizontaux et verticaux, puis aspirés jusqu'à l'installation de dégazage où ils seront brûlés par une torchère. Le système de collecte des gaz est présenté plus en détail au chapitre 8.3.1.15.

9.2.3 Plan d'exécution (APS)

Dans le cadre de la présente phase d'APS du projet, les plans suivants ont été réalisés pour le concept de décharge sans PMB à Erroumani. Ces plans sont présentés en **Annexe 9-3** :

III-01-01-Err-C1 : Plan côté du terrain « Erroumani »

III-01-02-Err-C1 : Plan d'ensemble, niveau système d'étanchéité de base

III-01-03-Err-C1 : Plan d'ensemble, remplissage complet de la décharge

III-01-04-Err-C1 : Plan d'aménagement des infrastructures

III-01-05-Err-C1 : Plan du bâtiment administratif

III-01-06-Err-C1 : Atelier mécanique

III-01-07-Err-C1 : Plan d'aménagement du dégazage de la décharge

III-02-01-Err-C1 : Coupe longitudinale de la décharge et coupes transversales

III-03-01-Err-C1 : Détails des systèmes d'étanchéité de la décharge et des bassins de lixiviats

III-03-02-Err-C1 : Détails de l'installation de dégazage et système d'étanchéité de surface

9.2.4 Résumé des investissements et des coûts d'exploitation

Les frais d'investissement, d'exploitation et les frais post-opérationnels de la décharge d'Erroumani sans PMB sont décrits ci-après.

9.2.4.1 Coûts actualisés

Les coûts d'investissement et d'exploitation de la décharge sont décrits en détail dans l'**Annexe 9-4**. Les estimations sont basées sur notre expérience en Tunisie en considérant 10% d'imprévus.

Les coûts ont été calculés sur la base des données disponibles et peuvent donc varier dans le cadre de la planification ultérieure de la décharge. Ceci dit nous avons tenu compte de l'inflation prévue pour 2012 et 2013 (respectivement + 3,4% et + 3,3%).

Les coûts actualisés de la décharge sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 9-2 Coûts actualisés de la décharge d'Erroumani sans PMB

	Erroumani	Unités
Tonnage	2.461.072	t
Tonnage actualisé	1.480.104	t
Coûts d'investissements	40.605.000	DNT
	27,43	DNT/t

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

	Erroumani	Unités
Coûts d'exploitation (revenus inclus)	24.056.954	DNT
	16,25	DNT/t
Coûts actualisés	64.661.954	DNT
	43,69	DNT/t

9.2.4.2 Frais post-opérateurs

Le fait est que la collecte des gaz de décharge et leur traitement ainsi que la collecte des lixiviats et leur traitement doivent être effectués pendant quelques années après la fermeture de la décharge, voire quelques décennies. En outre, des contrôles du corps de décharge et des eaux souterraines devraient continuer à être exécutés. Les frais post-opérateurs sont donnés en **Annexe 9-4**, ils ont été calculés sur 30 ans.

Les coûts réels des frais post-opérateurs pourront être calculés plus précisément seulement lorsque la date de pose du capping et le type de capping auront été déterminés. Tous deux ont une grande influence sur le montant des frais post-opérateurs.

9.2.5 Assistance technique nécessaire

Les travaux de réalisation de la décharge feront, comme il est d'usage, l'objet d'une Assistance Technique. Cette surveillance des travaux sera cependant encore améliorée grâce un contrôle externe (surveillance par des tiers) par une institution indépendante qui vérifiera la qualité des systèmes d'étanchéité et des matériaux utilisés en l'espèce. À cet égard, un plan de gestion et d'assurance qualité sera élaboré (Phase 4).

La réalisation et la mise en service de la décharge d'Erroumani avec toutes ses installations annexes requiert la fourniture des prestations d'engineering suivantes :

Tableau 9-3 Assistance technique requise pour la décharge d'Erroumani

Mesure	Durée estimée de la prestation	Coûts
Assistance technique - Contrôle des travaux	Chef de projet : expert international disposant d'une bonne expérience dans le domaine de la surveillance de travaux de réalisation de décharges en Tunisie.	36.000 EUR
Durée des travaux estimée à 18 mois	Durée de la mission 10 % du temps à 20.000 EUR par mois.	
	1 ingénieur local disposant d'une bonne expérience dans le domaine de la surveillance des travaux de réalisation de décharges, 100 % du temps à 4.000 EUR/mois.	72.000 EUR
Total		108.000 EUR

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

9.2.6 Exécution et risque opérationnels

Le tableau ci-dessous définit les risques relatifs à l'atteinte des objectifs du projet ainsi que les mesures à réaliser pour minimiser les risques potentiels du projet. Les risques environnementaux et leur minimisation sont présentés dans l'étude des impacts sur l'environnement (rapport indépendant).

Tableau 9-4 Risques de réalisation et d'exploitation, et les mesures à réaliser

Nature du risque	Mesure compensatoire
La décharge est mal exploitée, à savoir : gaspillage de volumes, non maîtrise des lixiviats et des gaz, odeurs, envols de déchets sur les routes d'accès et les terrains avoisinants, etc.	Les rémunérations de l'exploitant privé doivent être suffisantes que pour qu'il puisse rendre un service de qualité. Le contrôle de l'exploitant par l'ANGed est strict, dans un premier temps avec le support du Consultant.
Il n'y a pas de ressources financières suffisantes pour rémunérer l'exploitant	Un système de tarification est mis en place qui permet de recouvrir les coûts de la GDS en général et ceux de l'ANGed en particulier. A terme, les municipalités sont en mesure de financer l'ensemble du système de GDS, en ce inclus la mise en décharge.
Il n'y a pas de moyens financiers pour couvrir les dépenses post-opératoires.	L'ANGed met en place un système de gestion financière de la décharge qui intègre les dépenses qui sont à faire lorsque la décharge est pleine. Création d'une loi spécifique relative à la mise en décharge des déchets, incluant la nécessité de la constitution d'une caution de garantie post-opératoire pour les exploitants de décharge.

9.3 OPTION MISE EN DECHARGE AVEC PMB

9.3.1 Conception générale

La conception générale de la décharge sans PMB est représentée dans les plans suivants :

- Le plan III-01-01-Err-C2 présente la topographie du site ainsi que la zone de projet et les limites cadastrales.
- Le plan III-01-02-Err-C2 présente le site aménagé avec la conception de la base de la décharge.
- Le plan III-01-03-Err-C2 présente le site aménagé avec la décharge remplie dans son état final.

L'entrée du site avec la zone de stockage des conteneurs est située au sud ouest du site. D'ouest en est, à partir de la limite de la zone de protection de l'oued, l'aménagement du site s'organise de la façon suivante :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- Le stockage et le traitement des lixiviats au point bas du site
- L'installation du PMB
- Les infrastructures (bâtiment administratif, atelier mécanique, etc.) et la plateforme de compostage des déchets verts
- La décharge pour le stockage des déchets

L'ensemble des aménagements sera clôturé. Un portail coulissant et une loge gardien sont prévus directement à l'entrée du site. Les conteneurs provenant des centres de transfert pourront être livrés 7j/7 et 24h/24 sur la zone des conteneurs à l'entrée du site, avant le second portail, qui sera fermé en dehors des heures d'ouverture.

Les conteneurs seront ensuite repris pendant les heures d'ouverture (7,5h / jour) par les camions de la décharge. Après passage sur le pont-bascule, les camions achemineront les déchets vers la zone du PMB, où ils seront traités. Après traitement, les camions transporteront les déchets vers la décharge et les déverseront dans la zone d'enfouissement.

Par ailleurs, deux quais de transfert sont prévus en cas de besoin pour les DIB, pour les déchets verts, et pour le chargement des autres déchets apportés par des particuliers à la décharge.

Le concept d'exploitation de la décharge avec PMB est détaillé au paragraphe 8.4.2.

La surface totale de la décharge dans la partie ouest du site, mesurée à la base de la décharge, est d'environ 9 ha. En tenant compte d'une pente des talus latéraux de 1/3 et d'une hauteur max. des déchets de 41 m environ, le volume total de stockage calculé est de 1,4 millions de m³, ce qui correspond à une hauteur moyenne de stockage de 16 m. Cette décharge devrait avoir une durée de vie d'environ 29 ans.

Il est prévu que la première tranche des travaux couvre une surface de 6 ha. Le volume de déchets pouvant être stocké dans ce premier casier s'élève à environ 640.000 de m³, compte tenu du talus temporaire qui, à l'est, marquera la transition au casier suivant. Cette superficie est scindée en 3 cellules (sous-casiers) d'une largeur moyenne de 75 m environ. Ceci signifie qu'à travers l'exploitation de ce premier casier, la mise en décharge des déchets concernés sera garantie à partir de 2014, date de la mise en service de l'aménagement, pendant environ 15 ans.

Les données générales sur les décharges sont présentées dans le tableau récapitulatif en **Annexe 9.2**.

9.3.2 Description des installations

Tous les détails de dimensionnement et de conception des installations sont donnés dans le chapitre 8.4.1 pour les décharges avec PMB.

9.3.2.1 Route d'accès, zone d'entrée et voiries internes

L'accès actuel à la décharge depuis l'embranchement de la route Nationale 6 est goudronné sur le premier kilomètre, ensuite, une simple piste empierrée mène jusqu'au site. Le franchissement d'un oued est à prévoir. La pente moyenne de la route d'accès sera d'environ 3 à 5%.

Les aménagements de la route d'accès à envisager sont les suivants :

- aménagement de la piste empierrée avec un revêtement bitumineux sur environ 1,5 km
- construction d'un dalot ou d'un pont pour le franchissement de l'oued

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Le tracé de la route suivra celui de la piste empierrée déjà existante, les virages seront aménagés de façon à ce que les camions avec conteneur sur remorque puissent les prendre facilement.

Dans la zone d'entrée au sud, les infrastructures suivantes seront installées :

- 1 loge gardien
- 2 portails, l'un avant, l'autre après la zone de parking des conteneurs
- L'emplacement réservé au stockage des conteneurs pleins et vides (environ 4000 m²)

Pour Erroumani, il convient de prévoir une surface d'environ 4000 m² (0,4 ha). Cette surface est suffisante pour avoir une réserve de 3 jours au début de l'exploitation en 2014. A la fin de l'exploitation, en 2033, la quantité de déchets livrée sur le site sera telle que la surface de 4000 m² permettra seulement 2 jours de réserve. Si l'on constate au cours de l'exploitation que la surface n'est pas suffisante, l'emplacement des conteneurs pourra être agrandi lors de travaux d'extension de la décharge (construction d'un nouveau casier). Les hypothèses de dimensionnement et la description de la zone de stockage ont été présentées au paragraphe 8.3.1.6.

- Le pont bascule avec le local de pesée

L'aménagement des voiries internes est représenté dans le plan III-01-03-Err-C2. Après leur passage sur le pont-basculé, les véhicules seront orientés soit vers la zone de PMB, soit vers les quais de transfert, soit vers l'administration et la zone de service.

Les installations de stockage et de traitement des lixiviats seront accessibles soit par l'extérieur du site par un portail, soit depuis la zone de PMB, où un accès est prévu.

9.3.2.2 Infrastructures

Les bâtiments et équipements prévus à proximité de la zone de service sont les suivants, ils sont représentés dans le plan III-01-04-Err-C2 :

- 2 quais de transfert (pour la réception des déchets verts, DIB, etc. apportés par les particuliers)
- Bâtiment administratif (200 m²) avec parking
- Atelier mécanique (250 m²)
- Garage pour les véhicules d'exploitation
- Station de lavage des véhicules
- Station service
- Plateforme de compostage des déchets verts

La plateforme de compostage est prévue pour composter les déchets verts amenés par les particuliers sur le site de la décharge. Elle aura une taille initiale de 4.000 m² et pourra être agrandie au besoin lors de l'agrandissement de la décharge.

Les infrastructures prévues dans la zone ouest du site pour le stockage et le traitement des lixiviats (voir le plan d'ensemble III-01-03-Err-C2) sont les suivantes :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

- 2 Bassins de stockage des lixiviats
- Installation de traitement des lixiviats et bassin de stockage du perméat issu du retraitement du concentrât des lixiviats par nanofiltration

9.3.2.3 Gestion des eaux de surface

Le drainage des eaux pluviales de la zone de service, des eaux non-polluées provenant de la zone de la décharge ainsi que du bassin-versant en amont du site sera assuré par des fossés aménagés le long de la route périphérique de la décharge et évacuées par des caniveaux et rigoles d'écoulement vers le bassin de rétention des eaux de surface. Les eaux pluviales sont ensuite évacuées vers l'oued.

Le bassin de rétention des eaux pluviales, à l'aval du site (côté ouest), devra avoir une capacité d'environ 1200 m³ et être équipé d'un trop-plein pour répondre à des événements pluviométriques exceptionnels. Les détails concernant le dimensionnement du bassin sont donnés au paragraphe 8.3.1.5.

9.3.2.4 Le Prétraitement Mécano Biologique

Le prétraitement des déchets est divisé en deux étapes :

- Les déchets sont déversés dans un bunker, et ensuite passés dans un pré-broyeur.
- Ils sont ensuite placés dans des piles durant 2 à 4 semaines, en vue de leur séchage biologique.
- Ensuite, ils sont passés dans la chaîne de traitement mécanique : tamisage, séparation magnétique des ferreux et non ferreux, tri manuel de la fraction non organique, poursuite du traitement biologique pour la fraction organique 4 à 6 semaines environ).
- Une surface d'environ 0,32 ha est réservée pour les installations de traitement mécanique, et de 4,3 ha pour le traitement biologique.

Les détails de conception du process sont donnés au **chapitre 7**.

9.3.2.5 La décharge contrôlée

La surface totale de la décharge est d'environ 9 ha. Elle atteindra une hauteur maximale de 41 m environ. Le volume total de stockage réservé pour les déchets est d'environ 1,4 millions de m³, ce qui correspond à une hauteur moyenne de stockage de 16 m. La durée de vie de la décharge est estimée à environ 29 ans.

La décharge sera constituée de 2 casiers, le premier d'une surface de 6 ha (3 cellules) et le second de 3 ha (avec 2 cellules).

Le premier casier permettra de stocker environ 0,64 millions de m³ de déchets, sa durée de vie est estimée à presque 15 ans.

Les hypothèses de conception ont été présentées au chapitre 8.2 (quantités de déchets, densité des déchets et volume des décharges) en comparaison avec les autres sites / concept.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

9.3.2.5.1 Etanchéité de base de la décharge contrôlée

Le système d'étanchéité à la base de la décharge avec PMB sera de même type que celui de la décharge sans PMB (voir § 9.2.2.4.1).

Le système d'étanchéité à la base proposé est schématisé dans le plan III-03-01-Err-C2.

9.3.2.5.2 Collecte des lixiviats

La décharge a été conçue afin d'optimiser la collecte des lixiviats. Pour cela, la surface totale de la base de la décharge sera divisée de l'ouest vers l'est en différentes cellules d'une superficie moyenne de 1,8 ha environ. Plusieurs collecteurs de lixiviats y chemineront du sud vers le nord sur une longueur maximale de 280 m. Les conduites de drainage devront être rincées et inspectées avec une caméra en fonction des besoins, et en tout état de cause au moins une fois par an. Les différentes cellules sont conçues avec une pente minimale transversale (supérieure à 3 %) en direction des tuyaux de drainage, ainsi qu'une pente longitudinale (le long des drains) d'au moins 5 à 10 %. La déclivité du terrain a été adaptée de manière à réduire les travaux de terrassement à un minimum.

Il est également prévu de séparer les eaux de pluies tombant sur les aires non exploitées en tant que décharge via une conduite de collecte parallèle qui acheminera les eaux superficielles non polluées dans l'oued. Dès qu'un nouveau casier sera mis en service, il devra être raccordé via une vanne au système de collecte des lixiviats.

Une couche de drainage couvrant toute la surface des casiers, composée de granulats durs concassés de granulométrie 8/16 et de rigoles renforcées sera mise en place sur le système d'étanchéité qui sera protégé par un géotextile.

9.3.2.6 Gestion des lixiviats

Les lixiviats provenant de la décharge seront acheminés par des conduites en PE-100 pour être stockés dans des bassins. Ces bassins devront avoir une capacité minimale de 1100 m³ chacun (soit environ 1000 m² en considérant une profondeur de 2m et une pente de talus de 1 :2,5). Leur dimensionnement et leur système d'étanchéité à la base ont été présentés au chapitre 8.4.1.4.2. Le système d'étanchéité à la base proposé est schématisé dans le plan III-03-01-Err-C2.

Les lixiviats seront ensuite traités en deux étapes par une installation qui sera dimensionnée pour 40.250 m³/an de lixiviats, soit 110 m³/jour (5 m³/h). Le procédé recommandé pour le traitement des lixiviats a été décrit au chapitre 8.4.1.5. Le perméat, issu du premier traitement, devra avoir la qualité nécessaire pour être rejeté dans le milieu naturel (l'oued). Le concentrât issu du premier traitement (environ 44 m³/jour) sera retraité par nanofiltration, il en résultera un second concentrât (environ 7 m³/jour) qui sera recirculé sur la décharge. Le perméat issu du second traitement sera salé et ne pourra pas être rejeté dans l'oued, il devra être conduit à la mer pour y être déversé.

Les installations de traitement des lixiviats devront être de type compact pour limiter le besoin en place sur le site.

Si le Prétraitement Mécano Biologique produit des lixiviats, la taille des bassins sera à revoir. La réalisation du pilote de PMB courant 2012-2013 apportera la réponse.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

9.3.3 Plan d'exécution (APS)

Dans le cadre de la présente phase d'APS du projet, les plans suivants ont été réalisés pour le concept de décharge avec PMB à Erroumani. Ces plans sont présentés en **Annexe 9-5** :

III-01-01-Err-C2 : Plan côté du terrain « Erroumani »

III-01-02-Err-C2 : Plan d'ensemble, niveau système d'étanchéité de base

III-01-03-Err-C2 : Plan d'ensemble, remplissage complet de la décharge

III-01-04-Err-C2 : Plan d'aménagement des infrastructures

III-01-05-Err-C2 : Plan du bâtiment administratif

III-01-06-Err-C2 : Atelier mécanique

III-01-07-Err-C2 : Plan d'ensemble du PMB

III-02-01-Err-C2 : Coupe longitudinale de la décharge et coupes transversales

III-03-01-Err-C2 : Détails des systèmes d'étanchéité de la décharge et des bassins de lixiviats

III-03-02-Err-C2 : Détails du système de PMB et de l'installation de tri

9.3.4 Résumé des investissements et des coûts d'exploitation

Les frais d'investissement, d'exploitation et les frais post-opérationnels de la décharge d'Erroumani avec PMB sont décrits ci-après.

9.3.4.1 Coûts actualisés

Les coûts d'investissement et d'exploitation de la décharge et du PMB sont décrits en détail respectivement dans l'**Annexe 9-6 (Décharge)** et l'**Annexe 9-7 (PMB)**. Les estimations sont basées sur notre expérience en Tunisie en considérant 10% d'imprévu.

Les coûts ont été calculés sur la base des données disponibles et peuvent donc varier dans le cadre de la planification ultérieure de la décharge, ceci dit nous avons tenu compte de l'inflation prévue pour 2012 et 2013 (respectivement + 3,4% et + 3,3%).

Les coûts actualisés de la décharge avec PMB sont résumés dans les tableaux ci-dessous, en considérant une durée d'exploitation de 20 ans ou 29 ans, sachant que la décharge proposée peut recevoir les déchets traités pendant 29 ans :

Tableau 9-5 Coûts actualisés de la décharge d'Erroumani avec PMB – 20 ans

	Erroumani		Unités
	PMB	Décharge	-
Tonnage	2.461.072	1.230.536	t
Tonnage actualisé	1.480.104	740.052	t
Coûts d'investissements	30.678.837	18.981.392	DNT
	20,73	25,65	DNT/t

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

	Erroumani		Unités
	PMB	Décharge	-
Coûts d'exploitation (revenus inclus)	18.035.563	14.121.877	DNT
	12,19	19,08	DNT/t
Coûts actualisés	48.714.400	33.103.269	DNT
	32,91	44,73	DNT/t
Coûts actualisés du concept	81.817.669		DNT
	55,28		DNT/t

Tableau 9-6 Coûts actualisés de la décharge d'Erroumani avec PMB – 29 ans

	Erroumani		Unités
	PMB	Décharge	-
Tonnage	3.942.427	1.971.213	t
Tonnage actualisé	1.918.406	959.203	t
Coûts d'investissements	36.564.813	19.931.116	DNT
	19,06	20,78	DNT/t
Coûts d'exploitation (revenus inclus)	22.974.798	17.653.202	DNT
	11,98	18,40	DNT/t
Coûts actualisés	59.539.611	37.584.318	DNT
	31,04	39,18	DNT/t
Coûts actualisés du concept	97.123.929		DNT
	50,63		DNT/t

9.3.4.2 Frais post-opérateurs

Le fait est que la collecte des lixiviats et leur traitement doivent être effectués pendant quelques années après la fermeture de la décharge. En outre, des contrôles du corps de décharge et des eaux souterraines devraient continuer à être exécutés. Les frais post-opérateurs sont donnés en **Annexe 9-6**, ils ont été calculés sur 30 ans.

Les coûts réels des frais post-opérateurs pourront être calculés plus précisément seulement lorsque la date de pose du capping et le type de capping auront été déterminés. Tous deux ont une grande influence sur le montant des frais post-opérateurs.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

9.3.5 Assistance technique nécessaire

Les travaux de réalisation de la décharge feront, comme il est d'usage, l'objet d'une Assistance Technique. Cette surveillance des travaux sera cependant encore améliorée grâce un contrôle externe (surveillance par des tiers) par une institution indépendante qui vérifiera la qualité des systèmes d'étanchéité et des matériaux utilisés en l'espèce. À cet égard, un plan de gestion et d'assurance qualité sera élaboré (Phase 4).

La réalisation et la mise en service de la décharge d'Erroumani avec toutes ses installations annexes requiert la fourniture des prestations d'engineering suivantes :

Tableau 9-7 Assistance technique requise pour la décharge d'Erroumani

Mesure	Durée estimée de la prestation	Coûts
Assistance Technique Surveillance des travaux	- Chef de projet : expert international disposant d'une bonne expérience dans le domaine de la surveillance de travaux de réalisation de décharges en Tunisie.	48.000 EUR
Durée des travaux estimée à 24 mois	Durée de la mission 10 % du temps à 20.000 EUR par mois.	
	1 ingénieur local disposant d'une bonne expérience dans le domaine de la surveillance des travaux de réalisation de décharges, 100 % du temps à 4.000 EUR/mois.	96.000 EUR
Total		144.000 EUR

9.3.6 Exécution et risque opérationnels

Le tableau ci-dessous définit les risques relatifs à l'atteinte des objectifs du projet ainsi que les mesures à réaliser pour minimiser les risques potentiels du projet. Les risques environnementaux et leur minimisation sont présentés dans l'étude des impacts sur l'environnement qui fait l'objet d'un rapport séparé.

Tableau 9-8 Risques de réalisation et d'exploitation, et les mesures à réaliser

Nature du risque	Mesure compensatoire
La décharge est mal exploitée, à savoir : gaspillage de volumes, non maîtrise des lixiviats, odeurs, envols de déchets sur les routes d'accès et les terrains avoisinants, etc.	Les rémunérations de l'exploitant privé doivent être suffisantes que pour qu'il puisse rendre un service de qualité. Le contrôle de l'exploitant par l'ANGed est strict, dans un premier temps avec le support du Consultant.
Il n'y a pas de ressources financières suffisantes pour rémunérer l'exploitant	Un système de tarification est mis en place qui permet de recouvrir les coûts de la GDS en général et ceux de l'ANGed en particulier. A terme, les municipalités sont en mesure de

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

	financer l'ensemble du système de GDS, en ce inclus la mise en décharge.
Il n'y a pas de moyens financiers pour couvrir les dépenses post-opératoires.	<p>L'ANGed met en place un système de gestion financière de la décharge qui intègre les dépenses qui sont à faire lorsque la décharge est pleine.</p> <p>Création d'une loi spécifique relative à la mise en décharge des déchets, incluant la nécessité de la constitution d'une caution de garantie post-opératoire pour les exploitants de décharge.</p>

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

10 PRETRAITEMENT ET ELIMINATION AU SITE DES SALINES

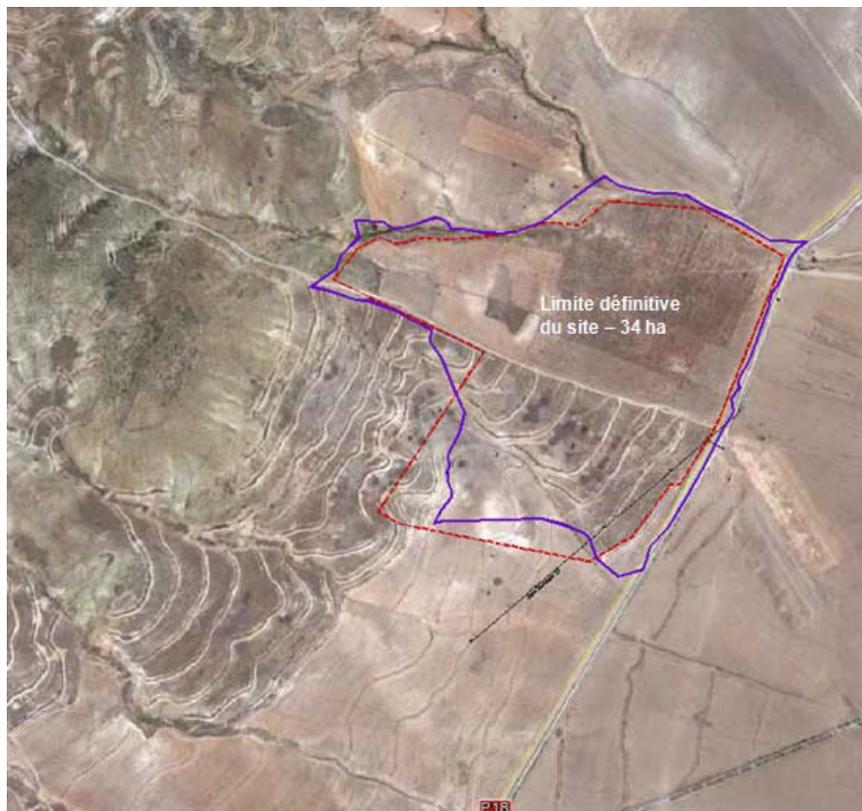
10.1 PRESENTATION DU SITE

10.1.1 Caractéristiques et localisation du site

Le site se trouve sur la route MC60 vers Zouarine (sur le flanc sud-est de la structure de Lorbeus) à 1,5 km du carrefour : 30 km du Kef, 5 km de Sers, 20 km de Dahmani et 40km du Krib. Le site appartient à la délégation de Sers, gouvernorat du Kef et est destiné à desservir les deux gouvernorats du Kef et de Siliana. Il est particulièrement bien desservi par le réseau routier et très central dans la zone de collecte des déchets.

Surface du site :	34 ha
Route d'accès :	Directement accessible par la régionale MC 60 (P18)
Propriété :	Etat
Vocation actuelle :	Agricole
Topographie :	Pente douce et continue vers la route MC 60 (P18)
Nature du terrain	Une couche sableuses de 4,5 m d'épaisseur suivie par des argiles silteuses jusqu'à 25 m de profondeur.

Figure 10-1 Localisation et limites de la parcelle du site de la décharge des Salines (Sud) – Source image : Google Earth



11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

La zone de projet est ici représentée en bleu sur la Figure 10-1, elle a une superficie d'environ 34 ha. La parcelle du cadastre est délimitée en rouge.

La morphologie du terrain a été exploitée pour développer deux concepts d'exploitation de décharge :

- Concept 1 : décharge sans PMB
- Concept 2 : décharge avec PMB

La partie nord-est du terrain est très plane et présente une inclinaison d'environ 4 % du nord-ouest vers le sud-est. On a exploité cette morphologie du terrain lors de la conception de la base de la décharge, en limitant l'aire de stockage des déchets à cette zone du site.

La partie sud-ouest du terrain pourra être exploitée pour l'installation de prétraitement mécano-biologique (PMB) éventuelle et, à la fin de la période d'exploitation prévue, pour une extension de la décharge.

Les hypothèses de conception des décharges (quantité et densité des déchets, volume des décharges) sont présentées au paragraphe 8.2, celles concernant le PMB au **chapitre 7**.

10.1.2 Météorologie

Les données météorologiques mesurées à la station du Kef (voir les données de 2000 à 2009, mises à disposition par l'Institut National de la Météorologie en **Annexe 9.1**) ont été utilisées pour estimer les quantités de lixiviats attendues pour la décharge des Salines.

La pluviométrie est résumée dans le tableau ci-dessous :

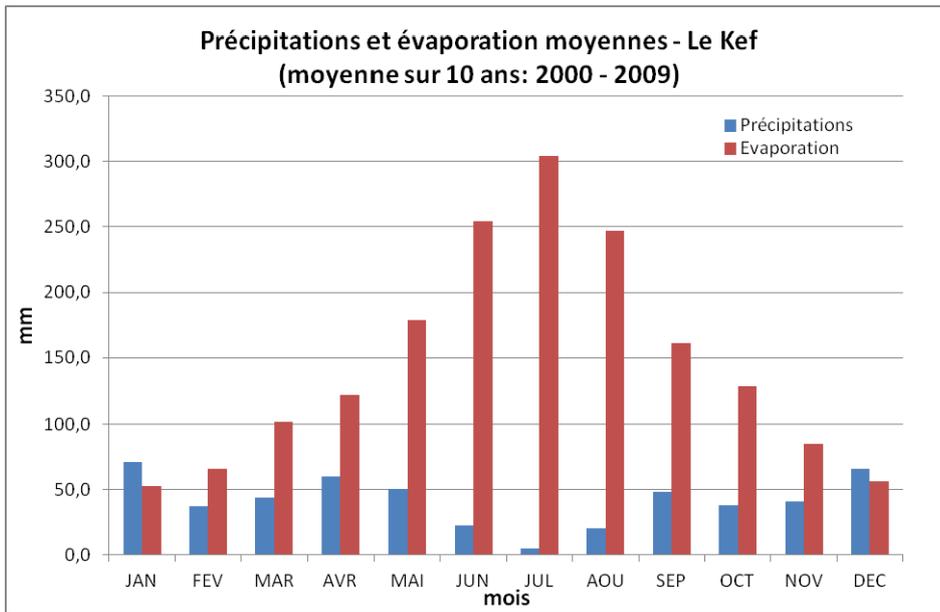
Tableau 10-1 Pluviométrie moyenne et maximale à la station du Kef - 2000 à 2009

	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUI	AOÛ	SEP	OCT	NOV	DEC
An-née moyenne (moyenne sur 10 ans : 2000 – 2009)	70,7	37,4	43,5	59,9	50,5	22,5	5,2	20,3	48,2	37,7	41,1	65,8
An-née pluvieuse (2003)	234,7	70	19,6	90,2	25,5	30,9	0,0	8,5	66,5	56,6	13,2	170,6

La pluviométrie moyenne et le taux d'évaporation moyen pour la région du Kef sont représentés dans le diagramme ci-après. En moyenne, 500 mm de pluie tombe chaque année sur le site des Salines. Les mois les plus pluvieux sont décembre et janvier.

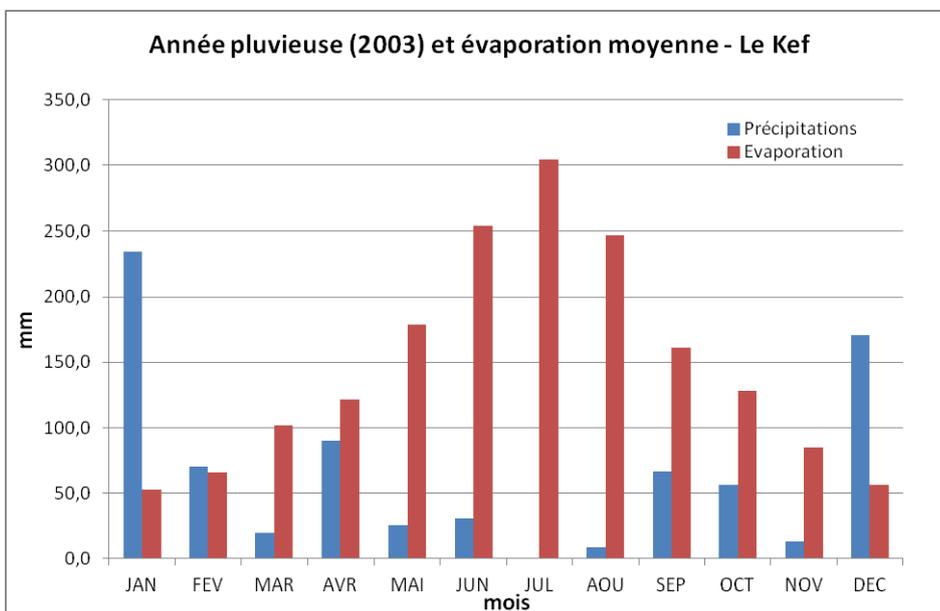
11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Figure 10-2 Précipitations et évaporation moyennes – Le Kef



L'année la plus pluvieuse sur les 10 ans de données dont nous disposons est l'année 2003, au cours de laquelle 786,3 mm de précipitations sont tombés, soit 1,56 fois la pluviométrie moyenne. La pluviométrie de 2003 est représentée dans le graphique suivant, en comparaison à l'évaporation moyenne.

Figure 10-3 Précipitations maximales et évaporation moyennes - Le Kef



11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

10.2 OPTION MISE EN DECHARGE SANS PMB

10.2.1 Conception générale de la décharge

La conception générale de la décharge sans PMB est représentée dans les plans suivants :

- Le plan III-01-01-Sal-C1 présente la topographie du site ainsi que la zone de projet et les limites cadastrales.
- Le plan III-01-02-Sal-C1 présente le site aménagé avec la conception de la base de la décharge.
- Le plan III-01-03-Sal-C1 présente le site aménagé avec la décharge remplie dans son état final.

L'entrée du site avec la zone de stockage des conteneurs est située au bord de la route côté est du site. L'aménagement du site est prévu de la façon suivante :

- La zone de service et ses infrastructures directement à l'entrée sur la gauche après le pont-basculé (bâtiment administratif, atelier mécanique, etc.)
- Le stockage et le traitement des lixiviats, ainsi que la plateforme de compostage des déchets verts, sur la droite à l'entrée, derrière l'aire de stockage des conteneurs de déchet.
- La décharge pour le stockage des déchets dans la partie nord-ouest du site.

L'ensemble des aménagements sera clôturé. Un portail coulissant est prévu directement à l'entrée du site. Les conteneurs provenant des centres de transfert pourront être livrés 7j/7 et 24h/24 sur la zone des conteneurs à l'entrée du site, avant le second portail, qui sera fermé en dehors des heures d'ouverture.

Les conteneurs seront ensuite repris pendant les heures d'ouverture (7,5h / jour) par les camions de la décharge. Après passage sur le pont-basculé, les camions achemineront et déverseront les déchets dans la zone d'enfouissement de la décharge.

Par ailleurs, deux quais de transfert sont prévus en cas de besoin pour les DIB, pour les déchets verts, et pour le chargement des autres déchets apportés par des particuliers à la décharge.

Le concept d'exploitation de la décharge sans PMB est détaillé au paragraphe 8.3.2.

La surface totale de la décharge dans la partie nord-ouest du site, mesurée à la base de la décharge, est d'environ 11 ha. En tenant compte d'une pente des talus latéraux de 1 : 1 : 5 et d'une hauteur max. des déchets de 35 m environ, le volume total de stockage calculé est de 1,4 millions de m³, ce qui correspond à une hauteur moyenne de stockage de 13 m. Il est prévu que la décharge, elle-même, puisse être exploitée pendant une période d'au moins 20 ans.

Il est prévu que la première tranche des travaux couvre une surface de 5 ha. Le volume de déchets pouvant être stocké dans ce premier casier s'élève à environ 450.000 millions de m³, compte tenu du talus temporaire qui, au sud-ouest, marquera la transition au casier suivant. Cette superficie est scindée en 4 cellules (sous-casiers) d'une largeur moyenne de 60 m environ. Ceci signifie qu'à travers l'exploitation de ce premier casier, la mise en décharge des déchets concernés sera garantie à partir de 2014, date de la mise en service de l'aménagement, pendant environ 7 ans.

Les données générales sur les décharges sont présentées dans le tableau récapitulatif en **Annexe 9.2**.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

10.2.2 Description des installations

Tous les détails de dimensionnement et de conception des installations sont donnés dans le chapitre 8.3.1 pour les décharges sans PMB.

10.2.2.1 Route d'accès, zone d'entrée et voiries internes

L'accès au site se trouve directement sur la route MC 60, donc l'aménagement de l'accès au site demandera peu d'investissements.

L'aménagement de la zone d'entrée et des voiries internes est représenté dans le plan III-01-03-Sal-C1, les équipements suivants seront installés :

- 2 portails : l'un au bord de la route MC 60, avant la zone de parking des conteneurs, et l'autre après.
- 1 loge gardien entre la zone de parking des conteneurs et le second portail.
- L'emplacement réservé au stockage des conteneurs pleins et vides (environ 3000 m²)

Pour Les Salines, il convient de prévoir une surface d'environ 3000 m² (0,3 ha). Cette surface est suffisante pour avoir une réserve de 3 jours au début de l'exploitation en 2014. A la fin de l'exploitation, en 2033, la quantité de déchets livrée sur le site sera telle que la surface de 3000 m² permettra seulement 2 jours de réserve. Si l'on constate au cours de l'exploitation que la surface n'est pas suffisante, l'emplacement des conteneurs pourra être agrandi lors de travaux d'extension de la décharge (construction d'un nouveau casier). Les hypothèses de dimensionnement et la description de la zone de stockage ont été présentées au paragraphe 8.3.1.6.

- Le pont bascule avec le local de pesée
- Les véhicules seront orientés au niveau du pont bascule soit vers la décharge (tout droit), soit vers les quais de transfert ou la zone d'infrastructures (zone de service et administration) sur la gauche.

10.2.2.2 Infrastructures

L'ensemble de la zone d'infrastructures est représenté dans le plan III-01-04-Sal-C1. Les bâtiments et équipements prévus dans la zone d'infrastructure sur la gauche à l'entrée du site sont les suivants :

- Bâtiment administratif (200 m²) avec parking
- Atelier mécanique (250 m²)
- Garage pour les véhicules d'exploitation
- Station de lavage des véhicules
- Station service
- 2 quais de transfert (pour la réception des déchets verts, DIB, etc. apportés par les particuliers)
- Installation de dégazage de la décharge

Cette zone sera pourvue d'un revêtement en béton bitumineux et elle s'étendra sur environ 4000 m².

Les infrastructures prévues dans la zone nord-est du site, sur la droite à l'entrée, sont les suivantes :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

- Aire de stockage des conteneurs
- Plateforme de compostage des déchets verts

La plateforme de compostage est prévue pour composter les déchets verts amenés par les particuliers sur le site de la décharge. Elle aura une taille initiale de 4000 m² et pourra être agrandie au besoin lors de l'agrandissement de la décharge.

- 2 Bassins de stockage des lixiviats
- Installation de traitement des lixiviats et bassin de stockage du perméat issu du retraitement du concentrât des lixiviats par nanofiltration

10.2.2.3 Gestion des eaux de surface

Le drainage des eaux pluviales de la zone de service, des eaux non-polluées provenant de la zone de la décharge ainsi que du bassin-versant en amont du site sera assuré par des fossés aménagés le long de la route périphérique de la décharge et évacuées par des caniveaux et rigoles d'écoulement vers le bassin de rétention des eaux de surface. Les eaux pluviales sont ensuite réintroduites dans l'oued.

Le bassin de rétention des eaux pluviales, au point bas du site (extrême nord-est), devra avoir une capacité d'environ 1000 m³ et être équipé d'un trop-plein pour répondre à des évènements pluviométriques exceptionnels. Les détails concernant le dimensionnement du bassin sont donnés au paragraphe 8.3.1.5.

Par ailleurs, pour empêcher une érosion progressive de l'oued, il conviendra de fortifier les talus de l'oued à environ 50 m au nord de la décharge sur une longueur d'environ 250 m.

10.2.2.4 La décharge contrôlée

La surface totale de la décharge est d'environ 11 ha. Elle atteindra une hauteur maximale de 35 m environ. Le volume total de stockage réservé pour les déchets est d'environ 1,4 millions de m³, ce qui correspond à une hauteur moyenne de stockage de 13 m. La durée d'exploitation de la décharge est estimée à au moins 20 ans.

La décharge sera constituée de 3 casiers, d'une surface de 5, 4 et 2 ha respectivement, constitués de 2 à 4 cellules.

Le premier casier permettra de stocker environ 450.000 m³ de déchets, sa durée de vie est estimée à environ 7 ans.

Les hypothèses de conception ont été présentées au chapitre 8.2 (quantités de déchets, densité des déchets et volume des décharges) en comparaison avec les autres sites / concept.

10.2.2.4.1 Etanchéité de base de la décharge contrôlée

Les exigences imposées pour la barrière géologique et l'étanchéité de base correspondent aux définitions prévues par la directive de l'Union Européenne pour le stockage de déchets non dangereux. Cela signifie que la barrière géologique devra présenter une épaisseur d'au moins 1 m avec une perméabilité correspondant à $k < 1 \times 10^{-9}$ m/s. Si les propriétés naturelles de la barrière géologique ne permettent pas de satisfaire à ces exigences, cette barrière pourra être remplacée par une couche artificielle de maté-

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

riaux rapportés sur une épaisseur minimale de 50 cm présentant une perméabilité correspondante à celle exigée. Les différents types d'étanchéités de base ont été présentés au paragraphe 8.3.1.10.1.

Les reconnaissances géotechniques (dont les résultats ont été présentés dans le « Rapport d'investigation des sites de décharges » en phase 2 du projet) et les informations contenues dans la carte géologique ont permis de prouver l'existence d'une barrière géologique à partir de 10m de profondeur sur le site (coefficient de perméabilité d'environ $k_f = 1 \times 10^{-9}$ m/s). Cependant, la décharge n'étant pas si profonde puisque le fond de la décharge correspond à peu près au niveau du terrain naturel, une arrivée d'eau sous-terrainne entre 0 et -10m de profondeur dans les niveaux sableux perméables n'est pas inévitable. Cela signifie qu'une mobilisation des lixiviats qui ont « fui » de la décharge est possible, ceux-ci seraient alors acheminés vers la nappe provoquant ainsi sa contamination. Une étanchéité artificielle minérale de 50 cm d'épaisseur devra donc être mise en place en deux couches.

La barrière géologique devra en outre être protégée par une géomembrane en tant qu'élément d'étanchéité artificiel.

Le BE recommande par ailleurs l'installation de stations de jaugeage des eaux souterraines à l'entrée et à la sortie de la décharge pour pouvoir documenter les remontées éventuelles d'eau souterraine.

Le système d'étanchéité à la base proposé est schématisé dans le plan III-03-01-Sal-C1.

10.2.2.4.2 Collecte des lixiviats

La décharge a été conçue afin d'optimiser la collecte des lixiviats. Pour cela, la surface totale de la base de la décharge sera divisée en différentes cellules d'une superficie moyenne de 1,2 ha environ. Plusieurs collecteurs de lixiviats y chemineront du nord-ouest vers le sud-est sur une longueur maximale de 300 m. Les conduites de drainage devront être rincées et inspectées avec une caméra en fonction des besoins, et en tout état de cause au moins une fois par an. Les différentes cellules sont conçues avec une pente minimale transversale (supérieure à 3 %) en direction des tuyaux de drainage, ainsi qu'une pente longitudinale (le long des drains) d'environ 4 %. La déclivité du terrain a été adaptée de manière à réduire les travaux de terrassement à un minimum.

Il est également prévu de séparer les eaux de pluies tombant sur les aires non exploitées en tant que décharge via une conduite de collecte parallèle qui acheminera les eaux superficielles non polluées dans l'oued. Dès qu'un nouveau casier sera mis en service, il devra être raccordé via une vanne au système de collecte des lixiviats.

Une couche de drainage couvrant toute la surface des casiers, composée de granulats durs concassés de granulométrie 8/16 et de rigoles renforcées sera mise en place sur le système d'étanchéité qui sera protégé par un géotextile.

10.2.2.5 Gestion des lixiviats

Les lixiviats provenant de la décharge seront acheminés par des conduites en PE-100 pour être stockés dans des bassins. Ces bassins devront avoir une capacité minimale de 1225 m³ chacun (soit environ 1100 m² en considérant une profondeur de 2m et une pente de talus de 1 :2,5). Leur dimensionnement et leur système d'étanchéité à la base ont été présentés au chapitre 8.3.1.13. Le système d'étanchéité à la base proposé est schématisé dans le plan III-03-01-Sal-C1.

Les lixiviats seront ensuite traités en deux étapes par une installation qui sera dimensionnée pour 45.000 m³/an de lixiviats, soit 123 m³/jour. Le procédé recommandé pour le traitement des lixiviats a été

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

décrit au chapitre 8.3.1.14. Le perméat, issu du premier traitement, devra avoir la qualité nécessaire pour être rejeté dans le milieu naturel (l'oued). Le concentrât issu du premier traitement (environ 49 m³/jour) sera retraité par nanofiltration, il en résultera un second concentrât (environ 7 m³/jour) qui sera recirculé sur la décharge. Le perméat issu du second traitement sera salé et ne pourra pas être rejeté dans l'oued, il devra être conduit à la mer pour y être déversé.

Les installations de traitement des lixiviats devront être de type compact pour limiter le besoin en place sur le site.

10.2.2.6 Captage et traitement des biogaz

Un dégazage de la décharge est seulement nécessaire pour une décharge de déchets non prétraités. Le BE propose d'aménager le système de dégazage peu de temps après le démarrage de l'exploitation et d'intégrer des collecteurs horizontaux dès le début de l'exploitation des casiers. Des collecteurs verticaux seront installés lorsque les premiers casiers de la décharge auront atteint leur hauteur de remplissage finale. L'installation des collecteurs verticaux sera nécessaire en raison de la perte du fonctionnement des collecteurs horizontaux après une certaine période d'exploitation résultant des tassements du corps des déchets et des incrustations résultant de la présence de lixiviat.

Les gaz seront collectés par les collecteurs horizontaux et verticaux, puis aspirés jusqu'à l'installation de dégazage où ils seront brûlés par une torchère. Le système de collecte des gaz est présenté plus en détail au chapitre 8.3.1.15.

10.2.3 Plan d'exécution (APS)

Dans le cadre de la présente phase d'APS du projet, les plans suivants ont été réalisés pour le concept de décharge sans PMB à Les Salines. Ces plans sont présentés en **Annexe 10-1** :

III-01-01-Sal-C1 : Plan côté du terrain « Les Salines »

III-01-02-Sal-C1 : Plan d'ensemble, niveau système d'étanchéité de base

III-01-03-Sal-C1 : Plan d'ensemble, remplissage complet de la décharge

III-01-04-Sal-C1 : Plan d'aménagement des infrastructures

III-01-05-Sal-C1 : Plan du bâtiment administratif

III-01-06-Sal-C1 : Atelier mécanique

III-01-07-Sal-C1 : Plan d'aménagement du dégazage de la décharge

III-02-01-Sal-C1 : Coupe longitudinale de la décharge et coupes transversales

III-03-01-Sal-C1 : Détails des systèmes d'étanchéité de la décharge et des bassins de lixiviats

III-03-02-Sal-C1 : Détails de l'installation de dégazage et système d'étanchéité de surface

10.2.4 Résumé des investissements et des coûts d'exploitation

Les frais d'investissement, d'exploitation et les frais post-opérationnels de la décharge des Salines sans PMB sont décrits ci-après.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

10.2.4.1 Coûts actualisés

Les coûts d'investissement et d'exploitation de la décharge sont décrits en détail dans l'**Annexe 10-2**. Les estimations sont basées sur notre expérience en Tunisie en considérant 10% d'imprévus.

Les coûts ont été calculés sur la base des données disponibles et peuvent donc varier dans le cadre de la planification ultérieure de la décharge, ceci dit nous avons tenu compte de l'inflation prévue pour 2012 et 2013 (respectivement + 3,4% et + 3,3%).

Les coûts actualisés de la décharge sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 10-2 Coûts actualisés de la décharge des Salines sans PMB

	Salines	Unités
Tonnage	1.713.623	t
Tonnage actualisé	1.033.693	t
Coûts d'investissements	30.281.848	DNT
	29,29	DNT/t
Coûts d'exploitation (revenus inclus)	19.222.876	DNT
	18,60	DNT/t
Coûts actualisés	49.504.724	DNT
	47,89	DNT/t

10.2.4.2 Frais post-opératoires

Le fait est que la collecte des gaz de décharge et leur traitement ainsi que la collecte des lixiviats et leur traitement doivent être effectués pendant quelques années après la fermeture de la décharge, voire quelques décennies. En outre, des contrôles du corps de décharge et des eaux souterraines devraient continuer à être exécutés. Les frais post-opératoires sont donnés en **Annexe 10-2**, ils ont été calculés sur 30 ans.

Les coûts réels des frais post-opératoires pourront être calculés plus précisément seulement lorsque la date de pose du capping et le type de capping auront été déterminés. Tous deux ont une grande influence sur le montant des frais post-opératoires.

10.2.5 Assistance technique nécessaire

Les travaux de réalisation de la décharge feront, comme il est d'usage, l'objet d'une surveillance. Cette surveillance des travaux sera cependant encore améliorée grâce un contrôle externe (surveillance par des tiers) par une institution indépendante qui vérifiera la qualité des systèmes d'étanchéité et des matériaux utilisés en l'espèce. À cet égard, un plan de gestion et d'assurance qualité sera élaboré (phase 4).

La réalisation et la mise en service de la décharge des Salines avec toutes ses installations annexes requiert la fourniture des prestations d'engineering suivantes :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 10-3 Assistance technique requise pour la décharge des Salines

Mesure	Durée estimée de la prestation	Coûts
Assistance Technique Surveillance des travaux	- Chef de projet : expert international disposant d'une bonne expérience dans le domaine de la surveillance de travaux de réalisation de décharges en Tunisie. Durée de la mission 10 % du temps à 20.000 EUR par mois.	36.000 EUR
Durée des travaux estimée à 18 mois	1 ingénieur local disposant d'une bonne expérience dans le domaine de la surveillance des travaux de réalisation de décharges, 100 % du temps à 4.000 EUR/mois.	72.000 EUR
Total		108.000 EUR

10.2.6 Exécution et risque opérationnels

Le tableau ci-dessous définit les risques relatifs à l'atteinte des objectifs du projet ainsi que les mesures à réaliser pour minimiser les risques potentiels du projet. Les risques environnementaux et leur minimisation sont présentés dans l'étude des impacts sur l'environnement qui fait l'objet d'un rapport séparé.

Tableau 10-4 Risques de réalisation et d'exploitation, et les mesures à réaliser

Nature du risque	Mesure compensatoire
La décharge est mal exploitée, à savoir : gaspillage de volumes, non maîtrise des lixiviats et des gaz, odeurs, envois de déchets sur les routes d'accès et les terrains avoisinants, etc.	Les rémunérations de l'exploitant privé doivent être suffisantes que pour qu'il puisse rendre un service de qualité. Le contrôle de l'exploitant par l'ANGed est strict, dans un premier temps avec le support du Consultant.
Il n'y a pas de ressources financières suffisantes pour rémunérer l'exploitant	Un système de tarification est mis en place qui permet de recouvrir les coûts de la GDS en général et ceux de l'ANGed en particulier. A terme, les municipalités sont en mesure de financer l'ensemble du système de GDS, en ce inclus la mise en décharge.
Il n'y a pas de moyens financiers pour couvrir les dépenses post-opératoires.	L'ANGed met en place un système de gestion financière de la décharge qui intègre les dépenses qui sont à faire lorsque la décharge est pleine. Création d'une loi spécifique relative à la mise en décharge des déchets, incluant la nécessité de la constitution d'une caution de garantie post-opératoire pour les exploitants de décharge.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

10.3 OPTION MISE EN DECHARGE AVEC PMB

10.3.1 Conception générale de la décharge

La conception générale de la décharge sans PMB est représentée dans les plans suivants :

- Le plan III-01-01-Sal-C2 présente la topographie du site ainsi que la zone de projet et les limites cadastrales.
- Le plan III-01-02-Sal-C2 présente le site aménagé avec la conception de la base de la décharge.
- Le plan III-01-03-Sal-C2 présente le site aménagé avec la décharge remplie dans son état final.

L'entrée du site avec la zone de stockage des conteneurs est située au bord de la route côté est du site. L'aménagement du site est prévu de la façon suivante :

- Les infrastructures directement à l'entrée sur la gauche (bâtiment administratif, atelier mécanique, etc.)
- Le stockage et le traitement des lixiviats, ainsi que la plateforme de compostage des déchets verts, sur la droite à l'entrée, derrière l'aire de stockage des conteneurs de déchet.
- La décharge pour le stockage des déchets dans la partie nord-ouest du site.
- L'installation du PMB dans la partie sud-ouest du site.

L'ensemble des aménagements sera clôturé. Un portail coulissant est prévu directement à l'entrée du site. Les conteneurs provenant des centres de transfert pourront être livrés 7j/7 et 24h/24 sur la zone des conteneurs à l'entrée du site, avant le second portail, qui sera fermé en dehors des heures d'ouverture.

Les conteneurs seront ensuite repris pendant les heures d'ouverture (7,5h / jour) par les camions de la décharge. Après passage sur le pont-bascule, les camions achemineront les déchets vers la zone du PMB, où ils seront traités. Après traitement, les camions transporteront les déchets vers la décharge et les déverseront dans la zone d'enfouissement.

Par ailleurs, deux quais de transfert sont prévus en cas de besoin pour les DIB, pour les déchets verts, et pour le chargement des autres déchets apportés par des particuliers à la décharge.

Le concept d'exploitation de la décharge avec PMB est détaillé au paragraphe 8.4.2.

La surface totale de la décharge dans la partie nord-ouest du site, mesurée à la base de la décharge, est d'environ 7,5 ha. En tenant compte d'une pente des talus latéraux de 1/3 environ et d'une hauteur max. des déchets de 37 m environ, le volume total de stockage calculé est de 960.000 m³, ce qui correspond à une hauteur moyenne de stockage de 13 m. La durée de vie de la décharge est d'environ 29 ans.

Il est prévu que la première tranche des travaux couvre une surface de 5 ha. Le volume de déchets pouvant être stocké dans ce premier casier s'élève à environ 450.000 m³, compte tenu du talus temporaire qui, au sud-ouest, marquera la transition au casier suivant. Cette superficie est scindée en 4 cellules (sous-casiers) d'une largeur moyenne de 60 m environ. Ceci signifie qu'à travers l'exploitation de ce premier casier, la mise en décharge des déchets concernés sera garantie à partir de 2014, date de la mise en service de l'aménagement, pendant environ 15 ans.

Les données générales sur les décharges sont présentées dans le tableau récapitulatif en **Annexe 9.2**.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

10.3.2 Description des installations

Tous les détails de dimensionnement et de conception des installations sont donnés dans le chapitre 8.4.1 pour les décharges avec PMB.

10.3.2.1 Route d'accès, zone d'entrée et voiries internes

L'accès au site se trouve directement sur la route MC 60, donc l'aménagement de l'accès au site demandera peu d'investissements.

L'aménagement de la zone d'entrée et des voiries internes est représenté dans le plan III-01-03-Sal-C2, les équipements suivants seront installés :

- 2 portails : l'un au bord de la route MC 60, avant la zone de parking des conteneurs, et l'autre après.
- 1 loge gardien entre la zone de parking des conteneurs et le second portail.
- L'emplacement réservé au stockage des conteneurs pleins et vides (environ 3000 m²)

Pour Les Salines, il convient de prévoir une surface d'environ 3000 m² (0,3 ha). Cette surface est suffisante pour avoir une réserve de 3 jours au début de l'exploitation en 2014. A la fin de l'exploitation, en 2033, la quantité de déchets livrée sur le site sera telle que la surface de 3000 m² permettra seulement 2 jours de réserve. Si l'on constate au cours de l'exploitation que la surface n'est pas suffisante, l'emplacement des conteneurs pourra être agrandi lors de travaux d'extension de la décharge (construction d'un nouveau casier). Les hypothèses de dimensionnement et la description de la zone de stockage ont été présentées au paragraphe 8.3.1.6.

- Le pont bascule avec le local de pesée
- Les véhicules seront orientés au niveau du pont bascule soit vers la zone de PMB tout droit, soit vers les quais de transfert ou la zone d'infrastructures (zone de service et administration) sur la gauche.

10.3.2.2 Infrastructures

L'ensemble de la zone d'infrastructures est représenté dans le plan III-01-04-Sal-C1. Les bâtiments et équipements prévus dans la zone d'infrastructures sur la gauche à l'entrée du site sont les suivants :

- Bâtiment administratif (200 m²) avec parking
- Atelier mécanique (250 m²)
- Garage pour les véhicules d'exploitation
- Station de lavage des véhicules
- Station service
- 2 quais de transfert (pour la réception des déchets verts, DIB, etc. apportés par les particuliers)

Cette zone sera pourvue d'un revêtement en béton bitumineux et s'étendra sur environ 4000 m².

Les infrastructures prévues dans la zone nord-est du site, sur la droite à l'entrée, sont les suivantes :

- Aire de stockage des conteneurs

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

- Plateforme de compostage des déchets verts

La plateforme de compostage est prévue pour composter les déchets verts amenés par les particuliers sur le site de la décharge. Elle aura une taille initiale de 4000 m² et pourra être agrandie au besoin lors de l'agrandissement de la décharge.

- 2 Bassins de stockage des lixiviats
- Installation de traitement des lixiviats et bassin de stockage du perméat issu du retraitement du concentrât des lixiviats par nanofiltration

10.3.2.3 Gestion des eaux de surface

Le drainage des eaux pluviales de la zone de service, des eaux non-polluées provenant de la zone de la décharge ainsi que du bassin-versant en amont du site sera assuré par des fossés aménagés le long de la route périphérique de la décharge et évacuées par des caniveaux et rigoles d'écoulement vers le bassin de rétention des eaux de surface. Les eaux pluviales sont ensuite réintroduites dans l'oued.

Le bassin de rétention des eaux pluviales, au point bas du site (extrême nord-est), devra avoir une capacité d'environ 1000 m³ et être équipé d'un trop-plein pour répondre à des événements pluviométriques exceptionnels. Les détails concernant le dimensionnement du bassin sont donnés au paragraphe 8.3.1.5.

Par ailleurs, pour empêcher une érosion progressive de l'oued, il conviendra de fortifier les talus de l'oued à environ 50 m au nord de la décharge sur une longueur d'environ 250 m.

10.3.2.4 Le Prétraitement Mécano Biologique

Le prétraitement des déchets est divisé en deux étapes :

- Les déchets sont déversés dans un bunker, et ensuite passés dans un pré-broyeur.
- Ils sont ensuite placés dans des piles durant 2 à 4 semaines, en vue de leur séchage biologique.
- Ensuite, ils sont passés dans la chaîne de traitement mécanique : tamisage, séparation magnétique des ferreux et non ferreux, tri manuel de la fraction non organique, poursuite du traitement biologique pour la fraction organique (4 à 6 semaines environ).
- Une surface d'environ 0,32 ha est réservée pour les installations de traitement mécanique, et de 2,9 ha pour le traitement biologique.

Les détails de conception du process sont donnés au **chapitre 7**.

10.3.2.5 La décharge contrôlée

La surface totale de la décharge est d'environ 7,5 ha. Elle atteindra une hauteur maximale de 37 m environ. Le volume total de stockage réservé pour les déchets est d'environ 960.000 m³, ce qui correspond à une hauteur moyenne de stockage de 13 m. La durée de vie de la décharge est estimée à environ 29 ans.

La décharge sera constituée de 2 casiers, le premier d'une surface de 5 ha (4 cellules) et le second de 2,5 ha (avec 2 cellules).

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Le premier casier permettra de stocker environ 450.000 m³ de déchets, sa durée de vie est estimée à environ 15 ans.

Les hypothèses de conception ont été présentées au chapitre 8.2 (quantités de déchets, densité des déchets et volume des décharges) en comparaison avec les autres sites / concept.

10.3.2.5.1 Etanchéité de base de la décharge contrôlée

Le système d'étanchéité à la base de la décharge avec PMB sera de même type que celui de la décharge sans PMB (voir § 10.2.2.4.1).

Le système d'étanchéité à la base proposé est schématisé dans le plan III-03-01-Sal-C2.

10.3.2.5.2 Collecte des lixiviats

La décharge a été conçue afin d'optimiser la collecte des lixiviats. Pour cela, la surface totale de la base de la décharge sera divisée en différentes cellules d'une superficie moyenne de 1,2 ha environ. Plusieurs collecteurs de lixiviats y chemineront du nord-ouest vers le sud-est sur une longueur maximale de 300 m. Les conduites de drainage devront être rincées et inspectées avec une caméra en fonction des besoins, et en tout état de cause au moins une fois par an. Les différentes cellules sont conçues avec une pente minimale transversale (supérieure à 3 %) en direction des tuyaux de drainage, ainsi qu'une pente longitudinale (le long des drains) d'au moins 4 %. La déclivité du terrain a été adaptée de manière à réduire les travaux de terrassement à un minimum.

Il est également prévu de séparer les eaux de pluies tombant sur les aires non exploitées en tant que décharge via une conduite de collecte parallèle qui acheminera les eaux superficielles non polluées dans l'oued. Dès qu'un nouveau casier sera mis en service, il devra être raccordé via une vanne au système de collecte des lixiviats.

Une couche de drainage couvrant toute la surface des casiers, composée de granulats durs concassés de granulométrie 8/16 et de rigoles renforcées sera mise en place sur le système d'étanchéité qui sera protégé par un géotextile.

10.3.2.6 Gestion des lixiviats

Les lixiviats provenant de la décharge seront acheminés par des conduites en PE-100 pour être stockés dans des bassins. Ces bassins devront avoir une capacité minimale de 700 m³ chacun (soit environ 700 m² en considérant une profondeur de 2m et une pente de talus de 1 :2,5). Leur dimensionnement et leur système d'étanchéité à la base ont été présentés au chapitre 8.4.1.4. Le système d'étanchéité à la base proposé est schématisé dans le plan III-03-01-Sal-C2.

Les lixiviats seront ensuite traités en deux étapes par une installation qui sera dimensionnée pour 25.400 m³/an de lixiviats, soit 70 m³/jour. Le procédé recommandé pour le traitement des lixiviats a été décrit au chapitre 8.4.1.5. Le perméat, issu du premier traitement, devra avoir la qualité nécessaire pour être rejeté dans le milieu naturel (l'oued). Le concentrât issu du premier traitement (environ 28 m³/jour) sera retraité par nanofiltration, il en résultera un second concentrât (environ 4 m³/jour) qui sera recirculé sur la décharge. Le perméat issu du second traitement sera salé et ne pourra pas être rejeté dans l'oued, il sera conduit à la mer pour y être déversé.

Les installations de traitement des lixiviats devront être de type compact pour limiter le besoin en place sur le site.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Si le Prétraitement Mécano Biologique produit des lixiviats, un bassin supplémentaire sera à prévoir en aval de la surface du PMB (ce bassin éventuel a été indiqué sur les plans). La réalisation du pilote de PMB courant 2012-2013 apportera la réponse.

10.3.3 Plan d'exécution (APS)

Dans le cadre de la présente phase d'APS du projet, les plans suivants ont été réalisés pour le concept de décharge avec PMB à Les Salines. Ces plans sont présentés en **Annexe 10-3** :

III-01-01-Sal-C2 : Plan côté du terrain « Les Salines »

III-01-02-Sal-C2 : Plan d'ensemble, niveau système d'étanchéité de base

III-01-03-Sal-C2 : Plan d'ensemble, remplissage complet de la décharge

III-01-04-Sal-C2 : Plan d'aménagement des infrastructures

III-01-05-Sal-C2 : Plan du bâtiment administratif

III-01-06-Sal-C2 : Atelier mécanique

III-01-07-Sal-C2 : Plan d'ensemble du PMB

III-02-01-Sal-C2 : Coupe longitudinale de la décharge et coupes transversales

III-03-01-Sal-C2 : Détails des systèmes d'étanchéité de la décharge et des bassins de lixiviats

III-03-02-Sal-C2 : Détails du système de PMB et de l'installation de tri

10.3.4 Résumé des investissements et des coûts d'exploitation

Les frais d'investissement, d'exploitation et les frais post-opérationnels de la décharge des Salines avec PMB sont décrits ci-après.

10.3.4.1 Coûts actualisés

Les coûts d'investissement et d'exploitation de la décharge et du PMB sont décrits en détail respectivement dans l'**Annexe 10-4** et l'**Annexe 10-5**. Les estimations sont basées sur notre expérience en Tunisie en considérant 10% d'imprévus.

Les coûts ont été calculés sur la base des données disponibles et peuvent donc varier dans le cadre de la planification ultérieure de la décharge, ceci dit nous avons tenu compte de l'inflation prévue pour 2012 et 2013 (respectivement + 3,4% et + 3,3%).

Les coûts actualisés de la décharge avec PMB sont résumés dans les tableaux ci-dessous, en considérant une durée d'exploitation de 20 ans ou 29 ans, sachant que la décharge proposée peut recevoir les déchets traités pendant 29 ans :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 10-5 Coûts actualisés de la décharge des Salines avec PMB – 20 ans

	Salines		Unités
	PMB	Décharge	-
Tonnage	1.713.623	856.812	t
Tonnage actualisé	1.033.693	516.846	t
Coûts d'investissements	22.582.673	15.525.011	DNT
	21,85	30,04	DNT/t
Coûts d'exploitation (revenus inclus)	14.061.716	12.542.641	DNT
	13,60	24,27	DNT/t
Coûts actualisés	36.644.389	28.067.652	DNT
	35,45	54,31	DNT/t
Coûts actualisés du concept	64.712.041		DNT
	62,60		DNT/t

Tableau 10-6 Coûts actualisés de la décharge des Salines avec PMB – 29 ans

	Salines		Unités
	PMB	Décharge	-
Tonnage	2.726.938	1.363.469	t
Tonnage actualisé	1.333.603	666.801	t
Coûts d'investissements	26.801.022	16.361.185	DNT
	20,10	24,54	DNT/t
Coûts d'exploitation (revenus inclus)	17.897.240	15.617.235	DNT
	13,42	23,42	DNT/t
Coûts actualisés	44.698.262	31.978.420	DNT
	33,52	47,96	DNT/t
Coûts actualisés du concept	76.676.682		DNT
	57,50		DNT/t

10.3.4.2 Frais post-opérateurs

Le fait est que la collecte des lixiviats et leur traitement doivent être effectués pendant quelques années après la fermeture de la décharge. En outre, des contrôles du corps de décharge et des eaux souterraines devraient continuer à être exécutés. Les frais post-opérateurs sont donnés en **annexe 10-4**, ils ont été calculés sur 30 ans.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Les coûts réels des frais post-opérateurs pourront être calculés plus précisément seulement lorsque la date de pose du capping et le type de capping auront été déterminés. Tous deux ont une grande influence sur le montant des frais post-opérateurs.

10.3.5 Assistance technique nécessaire

Les travaux de réalisation de la décharge feront, comme il est d'usage, l'objet d'une Assistance Technique. Cette surveillance des travaux sera cependant encore améliorée grâce un contrôle externe (surveillance par des tiers) par une institution indépendante qui vérifiera la qualité des systèmes d'étanchéité et des matériaux utilisés en l'espèce. À cet égard, un plan de gestion et d'assurance qualité sera élaboré (Phase 4).

La réalisation et la mise en service de la décharge des Salines avec toutes ses installations annexes requièrent la fourniture des prestations d'engineering suivantes :

Tableau 10-7 Assistance technique requise pour la décharge des Salines

Mesure	Durée estimée de la prestation	Coûts
Assistance Technique - Surveillance des travaux	Chef de projet : expert international disposant d'une bonne expérience dans le domaine de la surveillance de travaux de réalisation de décharges en Tunisie.	48.000 EUR
Durée des travaux estimée à 24 mois	Durée de la mission 10 % du temps à 20.000 EUR par mois.	
	1 ingénieur local disposant d'une bonne expérience dans le domaine de la surveillance des travaux de réalisation de décharges, 100 % du temps à 4.000 EUR/mois.	96.000 EUR
Total		144.000 EUR

10.3.6 Exécution et risque opérationnels

Le tableau ci-dessous définit les risques relatifs à l'atteinte des objectifs du projet ainsi que les mesures à réaliser pour minimiser les risques potentiels du projet. Les risques environnementaux et leur minimisation sont présentés dans l'étude des impacts sur l'environnement qui fait l'objet d'un rapport séparé.

Tableau 10-8 Risques de réalisation et d'exploitation, et les mesures à réaliser

Nature du risque	Mesure compensatoire
La décharge est mal exploitée, à savoir : gaspillage de volumes, non maîtrise des lixiviats et des odeurs, envois de déchets sur les routes d'accès et les terrains avoisinants, etc.	Les rémunérations de l'exploitant privé doivent être suffisantes que pour qu'il puisse rendre un service de qualité. Le contrôle de l'exploitant par l'ANGed est strict, dans un premier temps avec le support du Consultant.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Il n'y a pas de ressources financières suffisantes pour rémunérer l'exploitant	Un système de tarification est mis en place qui permet de recouvrir les coûts de la GDS en général et ceux de l'ANGed en particulier. A terme, les municipalités sont en mesure de financer l'ensemble du système de GDS, en ce inclus la mise en décharge.
Il n'y a pas de moyens financiers pour couvrir les dépenses post-opératoires.	L'ANGed met en place un système de gestion financière de la décharge qui intègre les dépenses qui sont à faire lorsque la décharge est pleine. Création d'une loi spécifique relative à la mise en décharge des déchets, incluant la nécessité de la constitution d'une caution de garantie post-opératoire pour les exploitants de décharge.

11 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS SUR LE CHOIX DU SCENARIO D'ELIMINATION

Pour ce qui concerne le transport des déchets entre les 35 municipalités et les deux centres d'élimination, le scénario retenu est celui des 36 centres de transfert et des 40 points de transbordement. Le coût de cette activité, inclus les investissements et les coûts d'exploitation des centres de transfert et des engins de transport, s'élève à 26,249 DNT/tonne, comme cela a été montré au Tableau 6.6 ci-avant.

Coûts moyens du système de transport (en DNT/tonne)

Objet	Erroumani (58%)	Salines (42%)	Coûts moyens du projet
Investissement du GC	3,181	5,125	3,997
Investissement camions + conteneurs	2,870	4,910	3,727
Exploitation CT et engins de transport	15,973	23,518	19,142
Total	21,481	32,834	26,249

Par contre, pour ce qui concerne l'élimination des déchets, le choix doit se faire entre la mise en décharge « classique » et un concept nouveau « PMB + enfouissement ». En termes de coûts, ils se résument comme suit :

Tableau 11-1 Tableau récapitulatif des coûts d'élimination en décharge sans PMB

	Unités	Erroumani	Salines	Total
Tonnage	t	2.461.072	1.713.623	4.174.695
Tonnage actualisé	t	1.480.104	1.033.693	2.513.797
Coûts d'investissements (20 ans)	DNT	40.605.000	30.281.848	70.886.848
	DNT/t	27,43	29,29	

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

	Unités	Erroumani	Salines	Total
Coûts d'exploitation (20 ans, revenus inclus)	DNT	24.056.954	19.222.876	43.279.830
	DNT/t	16,25	18,60	
Coûts actualisés	DNT	64.661.954	49.504.724	114.166.678
	DNT/t	43,69	47,89	45,42

Tableau 11-2 Tableau récapitulatif des coûts d'élimination en décharge avec PMB – 20 ans

	Unités	Erroumani		Salines	
		PMB	Décharge	PMB	Décharge
Tonnage	t	2.461.072	1.230.536	1.713.623	856.812
Tonnage actualisé	t	1.480.104	740.052	1.033.693	516.846
Coûts d'investissements	DNT	30.678.837	18.981.392	22.582.673	15.525.011
	DNT/t	20,73	25,65	21,85	30,04
Coûts d'exploitation (revenus inclus)	DNT	18.035.563	14.121.877	14.061.716	12.542.641
	DNT/t	12,19	19,08	13,60	24,27
Coûts actualisés	DNT	48.714.400	33.103.269	36.644.389	28.067.652
	DNT/t	32,91	44,73	35,45	54,31
Coûts actualisés du concept	DNT	81.817.669		64.712.041	
	DNT/t	55,28		62,60	

Soit un coût moyen de **58,29 DNT/tonne**.

Et :

Tableau 11-3 Tableau récapitulatif des coûts d'élimination en décharge avec PMB – 29 ans

	Unités	Erroumani		Salines	
		PMB	Décharge	PMB	Décharge
Tonnage	t	3.942.427	1.971.213	2.726.938	1.363.469
Tonnage actualisé	t	1.918.406	959.203	1.333.603	666.801
Coûts d'investissements	DNT	36.564.813	19.931.116	26.801.022	16.361.185
	DNT/t	19,06	20,78	20,10	24,54
Coûts	DNT	22.974.798	17.653.202	17.897.240	15.617.235

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

	Unités -	Erroumani		Salines	
		PMB	Décharge	PMB	Décharge
tion (revenus inclus)	DNT/t	11,98	18,40	13,42	23,42
Coûts actuali- sés	DNT	59.539.611	37.584.318	44.698.262	31.978.420
	DNT/t	31,04	39,18	33,52	47,96
Coûts actuali- sés du concept	DNT	97.123.929		76.676.682	
	DNT/t	50,63		57,50	

Soit un coût moyen de **53,44 DNT/tonne**.

Par conséquent, le scénario « PMB + enfouissement » est 8 DNT/tonne plus onéreux que le scénario classique (soit 18 %), mais présente tous les avantages qui ont été cités précédemment.

Par conséquent, nous **recommandons d'opter pour le concept « PMB + enfouissement » sur la variante de 29 années**, sachant que l'ANGed a cependant décidé de faire son choix à l'issue du projet pilote.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

12 EVALUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

Les impacts sur l'environnement de toutes les installations prévues dans le cadre de ce projet, à savoir les centres de transfert et les installations d'élimination, feront l'objet d'études d'impacts sur l'environnement (EIE) individuelles pour chaque site.

Ces EIE seront produites indépendamment du présent rapport, en respectant les procédures légales en la matière (séances publiques).

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

13 CONCEPT OPERATIONNEL / INSTITUTIONNEL

13.1 CADRE INSTITUTIONNEL ACTUEL

Conformément au cadre réglementaire et juridique, les communes sont responsables de la gestion technique et financière de la collecte. En particulier, le service municipal chargé de la propreté définit le niveau de service requis (les secteurs de collecte, les modes de collectes, les itinéraires, les fréquences et les horaires), évaluent les budgets nécessaires et affectent les moyens matériels et humains indispensables. A l'heure actuelle, les communes gèrent majoritairement le service de collecte des déchets municipaux par leurs propres moyens (matériel et personnel), même si quelques communes ont eu recours à des opérateurs privés, à une échelle limitée. L'expérience est généralement considérée comme bonne mais les responsables communaux se heurtent généralement aux contraintes budgétaires pour pouvoir l'élargir à l'ensemble de leur périmètre communal. D'autres communes, profitant des encouragements institués pour l'emploi des jeunes diplômés ont recruté des micro-entreprises pour la collecte des déchets, notamment dans la médina, les zones péri-urbaines ou les plages.

Il est à relever qu'il n'existe à ce jour aucune expérience de coopération intercommunale pour la collecte des déchets municipaux, malgré les évidentes économies d'échelle qu'une telle coopération engendrait, et ce, en raison de fortes réserves tant nationales que locales.

Concernant la post-collecte, et conformément aux décisions du Conseil Ministériel Restreint du 14/01/2000, le département DDS de l'ANPE (et depuis, l'ANGed) a été chargé de la réalisation et l'exploitation des centres de transfert et des centres d'enfouissement technique, même si il est à noter que quelques communes gèrent leurs propres centres de transfert. En particulier, l'Agence définit le niveau de service requis (déchets admissibles, procédures d'admission des déchets, les itinéraires et les fréquences de transfert, les horaires d'ouverture des centres de transfert et des centres de traitement, etc.), évalue les budgets nécessaires, définit la tarification à appliquer aux utilisateurs des centres et affecte les moyens matériels et humains indispensables.

La création de l'ANGed en août 2005 a permis de préciser et de clarifier les responsabilités institutionnelles des acteurs concernés par la gestion des déchets. En particulier, les missions de régulation environnementale et de gestion ne sont plus centralisées au niveau d'un même acteur, en l'occurrence l'ANPE, avec tous les risques de conflit d'intérêt que cela aurait pu causer.

L'ANPE est ainsi chargée dorénavant des missions de contrôle et suivi environnemental (notamment, application des normes et réglementation environnementale, approbation des études d'impact, délivrance des permis d'exploitation, contrôle environnemental des infrastructures (décharges et centres de transfert), etc.) tandis que les missions de planification, d'investissement, d'exploitation (en régie ou déléguée), de propriété des actifs, de communication et d'assistance technique sont dévolues à l'ANGed. Ainsi, l'ANGed a été dotée dès sa création de capacités et de moyens lui permettant de mobiliser des expertises et des financements internationaux pour la réalisation d'installations de gestion des déchets solides. Par conséquent, l'agence joue un rôle moteur dans la mise en place d'un système durable et intégré de gestion des déchets solides, en promouvant et en s'appuyant sur les compétences du secteur privé.

Par ailleurs, la gestion des déchets solides ménagers, et principalement leur traitement et élimination, requiert de plus en plus de compétences humaines et techniques, une maîtrise et un savoir-faire techno-

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

logique et la mobilisation de capitaux conséquents. A l'heure actuelle, les collectivités locales ne disposent ni de ces ressources humaines et techniques, ni du know-how, ni des fonds nécessaires pour la réalisation des infrastructures de traitement et d'élimination de leurs déchets.

Il n'en demeure pas moins que le schéma institutionnel actuel implique peu les collectivités locales dans la gestion de leurs déchets, tant du point de vue de la planification (plans de gestion des déchets), de l'exploitation des infrastructures et ouvrages que de la propriété des actifs (alors même qu'elles ont participé à leur financement). De cette insuffisance de responsabilisation des communes peut naître un risque de non paiement des redevances pour transfert et mise à la décharge de leurs déchets et un risque de (re)voir apparaître des dépotoirs sauvages, plus proches des communes et moins coûteux (à court terme).

Il est important de rappeler que la gestion des déchets solides ménagers est une activité essentiellement locale. Elle est donc d'abord du ressort des collectivités locales (communes), soit seules, soit en association.

Il est clair que la situation actuelle n'est pas satisfaisante, pour au moins deux raisons principales :

- la première raison tient au décret de création de l'ANGed, qui ne mentionne à aucun moment parmi les missions de l'Agence l'exploitation des infrastructures de traitement des déchets ménagers,
- et la seconde est relative à la loi organique des communes (et la loi sur les déchets), qui stipule explicitement que la gestion des déchets est du ressort des communes.

Partant de ce constat, une importante disposition a été prise par le conseil inter-ministériel (CIM) en date du 25 mai 2006 qui a réaménagé le cadre institutionnel existant. Ainsi, il a été décidé de charger l'ANGed de la signature des marchés d'exploitation des décharges, et donc du contrôle des prestations contractuelles par la création d'unités de suivi par région, d'une part, et, d'autre part, de créer des comités au sein des conseils régionaux pour le suivi de l'exploitation des décharges contrôlées et des centres de transfert, avec la participation des communes concernées et des représentants du MEDD. Ces comités de suivi sont chargés de :

- Suivre l'exploitation des décharges et des centres de transfert
- Suivre le paiement par les communes des coûts de mise en décharge des déchets et de proposer des solutions en cas de non paiement
- De participer au programme de fermeture et de réhabilitation des décharges anarchiques
- D'améliorer les aspects de propreté et de gestion des déchets solides, avec notamment l'encouragement de l'intercommunalité.

13.2 AMELIORATION DE LA SITUATION EXISTANTE

13.2.1 Objectifs

Le concept institutionnel proposé consiste donc à :

- Investir le MI de la responsabilité de maîtrise d'ouvrage des études relatives au traitement et à l'élimination des déchets, avec l'assistance technique de l'ANGed ;

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- Transférer la maîtrise d'ouvrage de la réalisation et de l'exploitation des installations de gestion des déchets solides aux communes, l'ANGed agissant en tant que maître d'ouvrage délégué pour le compte des collectivités locales, dans un premier temps (phase transitoire) ; les communes reprendront la totale maîtrise d'ouvrage dans la phase ultime.
- Créer et installer les comités régionaux de suivi de l'exploitation des infrastructures de traitement et d'élimination des déchets solides municipaux.
- Faire assurer le contrôle environnemental par l'ANPE.

13.2.2 Changements immédiats requis

A court terme, les communes vont concentrer leurs moyens sur l'amélioration des performances de leur système actuel de collecte et d'élimination des déchets solides municipaux, en pouvant s'appuyer notamment sur les compétences et les ressources de l'ANGed.

Il est recommandé d'améliorer et de renforcer le système de collecte des déchets municipaux par la définition claire de niveaux de service (en fonction de la typologie de l'habitat et des caractéristiques socio-économiques des populations) et l'introduction d'indicateurs de performance cohérents avec ces niveaux de service. En pratique, pour certaines communes, cette mission nécessitera une mise à niveau de leurs cadres techniques en charge de la planification technique et budgétaire.

Etant donné que la promotion du prétraitement des déchets entre dans le cadre plus large de la valorisation des déchets, il est recommandé que l'ANGed, conformément à son décret de création, initie le système en passant les contrats avec des entreprises privées pour les cinq à dix premières années.

Il est par ailleurs souhaitable d'amplifier la participation du secteur privé dans la collecte des déchets, qui peut dès lors constituer une forte incitation et une émulation pour l'amélioration de la collecte en régie.

La participation du secteur privé est l'un des axes stratégiques de la gestion des déchets solides en Tunisie². Bien qu'initiée dès 1992, plusieurs facteurs affectent la participation du secteur privé à la gestion des déchets solides.

Ces facteurs sont :

- Le manque de précision des dossiers d'appels d'offres
- La difficile évaluation des soumissions, en raison de l'insuffisance de pratiques comptables des communes et de leur méconnaissance des coûts réels de collecte et de balayage
- Le manque de gestionnaires expérimentés et de personnel adéquat permettant de vérifier l'application de la réglementation (lois et Code des Eaux)

² Pour rappel, le Programme nationale de gestion intégrée et durable des déchets (PRONGIDD) s'est fixé quatre objectifs spécifiques :

1. réduire la quantité de déchets solides produite selon une approche préventive basée sur la promotion de l'éco-citoyenneté et par le changement des modes de consommation et de production
2. renforcer la valorisation, la réutilisation et l'élimination des déchets solides selon une approche filières spécialisées et économiquement viables
3. adapter l'environnement institutionnel, juridique et financier pour une meilleure participation de la société civile et du secteur privé dans la gestion des déchets solides
4. améliorer la concertation, la communication et les capacités des acteurs au niveau local, régional et national pour une gestion participative et plus efficace des déchets solides

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

- L'absence ou l'insuffisance de systèmes de contrôle du secteur privé, tant au niveau des communes que de l'ANGed
- Le manque de niveaux clairs de service (en fonction de la typologie de l'habitat et des caractéristiques socio-économiques des populations) et d'indicateurs de performance cohérents avec ces niveaux de service
- L'absence de coopération intercommunale, qui réduit l'attractivité des contrats (taille insuffisante)
- La durée insuffisante des contrats (plafonnée à 5 ans, parfois moins, pour la collecte), tant pour la collecte que pour le transport et le traitement des déchets solides

Il est donc primordial de lever rapidement les obstacles d'ordre juridique, réglementaire, financier et institutionnel qui entravent une plus grande participation du secteur privé à la gestion des déchets solides.

Il est par ailleurs souhaitable de renforcer les moyens de suivi et de contrôle au sein de l'ANGed des prestations des opérateurs privés chargés d'exploiter les installations de transfert, de traitement et d'élimination des déchets solides.

Enfin, la situation actuelle issue de la décision du Conseil Ministériel Restreint du 14 janvier 2000 de charger le département DDS de l'ANPE (et depuis, l'ANGed) de la réalisation et l'exploitation des unités de transfert et des centres d'enfouissement technique a atteint ses limites. Pour rappel, le décret de création de l'ANGed ne mentionne à aucun moment parmi les missions de l'Agence l'exploitation des infrastructures de traitement des déchets ménagers ; en outre, la loi organique des communes (et la loi sur les déchets) stipulent explicitement que la gestion des déchets est du ressort des communes.

Concernant le financement et le recouvrement des coûts de la gestion des déchets solides municipaux, il est peu vraisemblable que le mode actuel de financement, reposant principalement sur les éco-taxes et accessoirement sur les contributions des communes (gate fee), évolue sensiblement à court terme.

Il est donc clair que les capacités des communes doivent être renforcées rapidement de façon à ce que celles-ci puissent prendre le relais de l'ANGed au niveau de la gestion de ces ouvrages, et ainsi être en mesure d'appliquer les décisions du CIM du 25 mai 2006. En outre, il est recommandé d'inciter fortement, voire d'obliger les communes à se regrouper et s'associer pour la maîtrise d'œuvre, soit sous la forme d'une agence municipale, soit sous forme de convention³.

13.2.3 Personnel de l'ANGed requis et description des tâches

L'ANGed envisage de renforcer l'équipe de cadres et techniciens pour le suivi et le contrôle des prestations rendues par les opérateurs privés relatives à l'exploitation des installations relatives à la gestion des déchets municipaux de la vallée de la Medjerdah.

La réalisation de deux nouvelles décharges contrôlées, des centres de transfert y afférents et éventuellement de deux unités de traitement mécano-biologique, nécessitera le renforcement des capacités de suivi et de contrôle de l'ANGed des prestations des opérateurs privés. Ce renforcement passe par le recrutement de ressources humaines pour l'accomplissement des tâches requises (voir paragraphe 13.2.4 du présent rapport).

³ Cf. Article 2 du décret n° 2005-2317 portant création de l'ANGed : « [l'Agence a notamment pour missions] de contribuer à aider et à consolider les groupements ou des structures régionales que les collectivités locales créent dans le domaine de la gestion durable des ouvrages et des décharges contrôlées »

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

L'ANGed devra affecter au moins les ressources humaines suivantes :

- Un (01) ingénieur chef de service
- Un (01) cadre spécialisé en communication, éducation publique et animation des amicales de quartiers
- Quatre (04) ou six (06) superviseurs (niveau licence ou technicien) (respectivement pour le concept 1 et le concept 2)
- Huit (08) contrôleurs et inspecteurs (niveau enseignement secondaire)

En outre, une personne (de niveau cadre) pour le suivi administratif et la gestion de la facturation des prestations fournies (issu de la direction administrative et financière de l'Agence) est nécessaire.

La description des profils et des tâches des deux cadres à affecter est présentée ci-dessous :

Tableau 13-1 Profils et attributions du personnel chargé du suivi et du contrôle

Titre du poste	Résumé de la fonction	Tâches et responsabilités	Qualifications
Ingénieur chef de service	S'assure que les entreprises délégataires respectent leurs contrats et qu'elles sont payées à temps. Fournit au public les informations pertinentes sur la gestion des déchets solides dans le gouvernorat	<p>Elaborer un programme stratégique de son service, gérer et diriger le personnel chargé du suivi et du contrôle</p> <p>Elaborer et présenter un plan d'action annuel et un budget de son service</p> <p>Représenter l'ANGED dans ses relations avec les opérateurs privés</p> <p>Rencontrer les représentants des opérateurs privés au moins une fois par semaine pour passer en revue l'exécution du service et résoudre si possible les cas de non respect des clauses contractuelles</p> <p>Signer et envoyer les lettres de mise en demeure à l'entreprise en cas de non respect des clauses contractuelles</p> <p>Approuver la détermination finale des infractions et des pénalités à appliquer et à déduire des paiements dus à</p>	<p>Bac + 4 ou plus</p> <p>De préférence plus de 20 ans d'expérience dans des postes de direction (gestion de contrats importants, gestion des ressources humaines, gestion administrative et budgétaire)</p> <p>Capacité de gestion et d'organisation dans les temps et budgets alloués</p> <p>Capacité de motiver et diriger une équipe</p> <p>Capacités de communication</p>

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Titre du poste	Résumé de la fonction	Tâches et responsabilités	Qualifications
		<p>Interpréter les clauses contractuelles relatives à la gestion des déchets solides</p> <p>Etudie et approuve les modifications de la consistance des prestations et niveau de service si nécessaire</p> <p>Participer aux négociations relatives à la révision du contrat entre le maître d'ouvrage et les entreprises si nécessaire</p> <p>Préparer et soumettre des rapports d'activité au DG de l'ANGed et aux présidents des communes concernées</p> <p>Coordonner les activités de son service avec les autres départements (ANPE, gouvernorat et communes)</p> <p>Faire des communications dans des conférences nationales et internationales</p> <p>Superviser la formation dispensée aux inspecteurs et responsables des centres de transfert et décharge</p> <p>Superviser l'assistance technique aux inspecteurs et responsables des centres de transfert et décharge</p>	
Spécialiste en communication et sensibilisation	Elaborer et mettre en œuvre, en collaboration avec l'ingénieur et les sociétés délégataires, d'un plan de communication et de sensibilisation du public sur le respect des consignes de	<p>Définir la stratégie de communication et de sensibilisation de l'unité de suivi des performances (USP)</p> <p>Elaborer un plan d'action pour la communication et la sensibilisation du public</p> <p>Concevoir et développer les outils de communication et de sensibilisation du public</p>	<p>Bac + 4</p> <p>De préférence plus de 5 ans d'expérience</p> <p>Capacité de gestion et d'organisation</p> <p>Capacité de travailler en groupe</p> <p>Expérience dans le maine de conception et</p>

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Titre du poste	Résumé de la fonction	Tâches et responsabilités	Qualifications
		<p>Mobiliser les ONG et les associations de quartiers et les engager dans la sensibilisation des ménages</p> <p>Rédiger les communiqués de presse et les articles dans les journaux</p> <p>Participer aux émissions radio/Télé sur la problématique des déchets</p> <p>Evaluer les campagnes d'information contractuelles des sociétés délégataires</p> <p>Former le personnel de l'USP aux techniques d'éducation, d'information et de sensibilisation</p>	<p>de mise en œuvre des plans de communication</p>

13.2.4 Interface entre l'ANGed et les communes

La mise en place d'un système durable et intégré de gestion des déchets solides dépend en premier lieu de la capacité des parties prenantes de dépasser les différends éventuels et d'établir un partenariat pour la réalisation de l'objectif commun d'amélioration de l'état de gestion des déchets solides de la vallée de la Medjerdah.

Il est évident en outre que la délégation au secteur privé des prestations de gestion des déchets solides peut générer des problèmes potentiels entre les parties contractantes. D'où l'intérêt d'une coordination et d'une concertation accrues entre les parties impliquées (ANGed, gouvernorat, communes, opérateurs privés) pour anticiper ces problèmes et identifier les compromis nécessaires au règlement des différends. Seule une telle approche à la gestion des conflits potentiels est à même d'assurer le climat de partenariat et de coopération requis pour l'optimisation des ressources et l'amélioration des performances.

Le renforcement des canaux de communication et des réunions de concertation et de coordination passe par la mise en œuvre de cette directive et est de nature à assurer un règlement rapide de ces différends et à faciliter la gestion des contrats.

13.2.4.1 Réunions hebdomadaires d'évaluation

Des réunions hebdomadaires internes du personnel de contrôle de gestion des déchets solides seront organisées sous la direction de l'ingénieur chef de service pour passer en revue les activités de la semaine, pour discuter des problèmes soulevés et des solutions à apporter. Les rapports journaliers ainsi que les résumés des statistiques des réclamations seront discutés et analysés lors de ces réunions. Des PV résumant les problèmes relevés et les solutions retenues par zone seront dressés.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

13.2.4.2 Réunions mensuelles

Des réunions mensuelles seront organisées avec les sociétés délégataires en présence des représentants des communes concernées. Ces réunions seront consacrées à la présentation par les sociétés délégataires des rapports mensuels de leurs activités. La liste non exhaustive ci-après présente les principales rubriques qui devraient être traitées dans le cadre du rapport mensuel :

- Evénements survenus
- Problèmes relevés et solutions adoptées
- Réclamations enregistrées
- Modifications proposées sur le planning initial
- Actions d'éducation publique et de sensibilisation réalisées
- Conclusion et recommandations

Les réunions mensuelles seront mises à profit pour la discussion des rapports mensuels, des problèmes soulevés, des réclamations enregistrées ainsi que pour la suggestion et l'adoption en commun accord, de solutions pertinentes afin de lever les contraintes identifiées en vue de l'amélioration des performances des prestations de gestion des déchets solides.

13.2.5 Instance de contrôle et de surveillance

En règle générale, une supervision et un contrôle rigoureux sont les aspects les plus importants afin de vérifier que le système mis en place est efficace et performant au moindre coût et que les opérateurs privés satisfont aux clauses du contrat.

L'ANPE a un rôle important en termes de contrôle environnemental des collectivités locales et des opérateurs privés, de par les dispositions des articles 3 et 10 de sa loi de création. C'est donc cette institution qui est responsable du contrôle environnemental.

En pratique, tant pour les communes que l'ANGed, cette mission nécessitera une mise à niveau de leurs cadres techniques en charge de la planification technique et budgétaire.

Cette mission devrait normalement couvrir les points suivants :

- Le suivi et le contrôle techniques, administratifs et comptables des services de gestion des déchets solides assurés tant par les communes que les sociétés délégataires ;
- Le contrôle du niveau de service requis ;
- L'établissement et le renforcement des procédures et du programme de suivi et de contrôle des prestations ;
- La programmation des contrôles sur le terrain et l'élaboration du bilan des inspections effectuées sur le terrain ;
- Le signalement aux prestataires (publics ou privés) des anomalies éventuelles dès leur constatation et la vérification que la situation signalée a bien été remédiée dans les délais prévus ;
- L'établissement des rapports journaliers des réclamations, le contrôle de vérification de la prise en charge des réclamations ;
- La tenue et la consultation périodique des registres et documents mis en place par les exploitants (publics et privés) conformément aux exigences du cahier des charges, à savoir :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- Le journal d'activité,
 - Le registre des réclamations,
 - Le carnet de bord et d'entretien des véhicules
- La vérification sur le terrain des moyens humains et matériels mobilisés pour l'exécution des prestations de gestion des déchets solides et vérifier l'état des ressources mobilisées ;
 - L'identification des problèmes à l'origine d'une dégradation du niveau des services de gestion des déchets solides et qui ne relèvent pas de la responsabilité de l'opérateur, en vue de trouver les solutions adéquates.

Dans le cas d'un recours à la coopération intercommunale pour la collecte, il est clair que la mission de gestion technique et financière sera partagée entre les communes signataires de la convention.

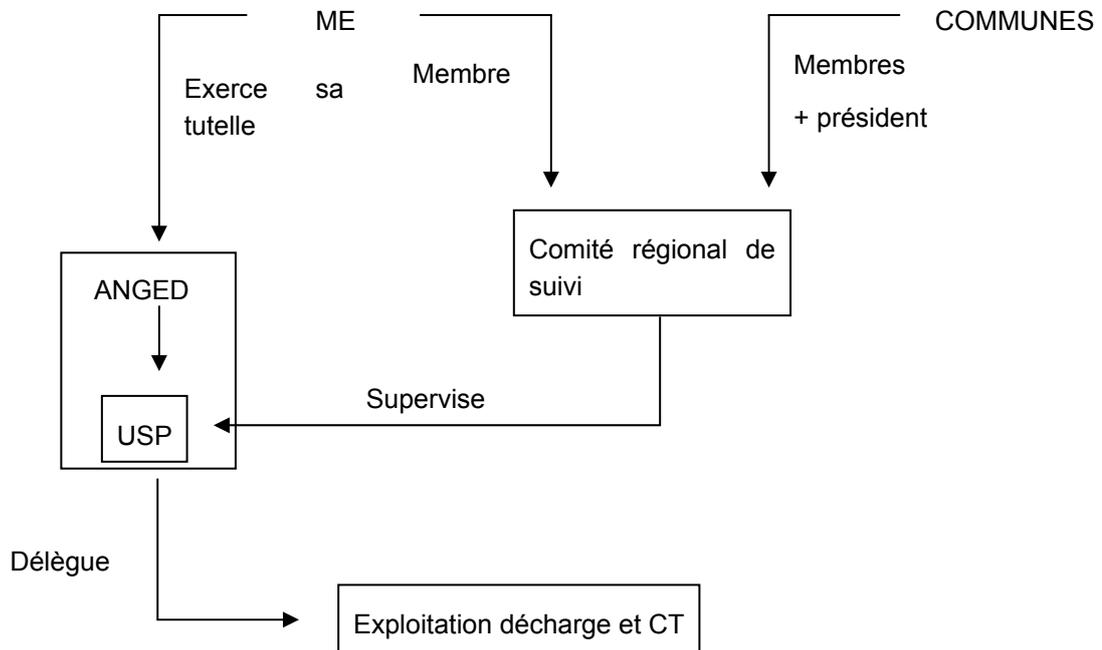
Etant en charge du transfert et du traitement des déchets solides, l'ANGed est également responsable de la gestion technique et financière du transfert. En particulier, l'agence définit le niveau de service requis (déchets admissibles, procédures d'admission des déchets, les itinéraires et les fréquences de transfert, les horaires d'ouverture des centres de transfert), évalue les budgets nécessaires, définit la tarification à appliquer aux utilisateurs des centres et affecte les moyens matériels et humains indispensables.

13.2.6 Schéma organisationnel

Durant la phase transitoire, qui devrait correspondre peu ou prou à celle couvrant la réalisation et l'exploitation des premiers casiers des CET de Erroumani et Salines, un comité régional de suivi pour la Vallée de la Medjerdah (regroupant les 4 gouvernorats concernés) serait mis en place, regroupant l'ensemble des communes concernées par le projet ainsi que des représentants des 4 gouvernorats et du Ministère de l'Environnement. Ce comité superviserait les activités de l'unité de suivi des performances (USP), logée dans un premier temps au sein de l'ANGed. L'ANGed par ailleurs exercerait les fonctions de maître d'ouvrage délégué, et, à ce titre, passerait les appels d'offres pour la construction et l'exploitation des ouvrages et assurerait les missions de suivi et contrôle des prestations des entreprises (travaux et services).

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Figure 13-1 Schéma organisationnel – phase transitoire



13.2.7 Coûts d'investissement et d'exploitation

13.2.7.1 Coûts d'investissement

Les principaux coûts d'investissement sont liés à la mise en place de l'unité de suivi des performances au sein de l'ANGed. Il y a lieu de souligner l'importance d'affecter rapidement les ressources matérielles requises pour un contrôle et un suivi effectifs des prestations des opérateurs privés.

Outre les équipements de transport pour le personnel de suivi (véhicules), l'ANGed devrait disposer des équipements nécessaires pour bien s'acquitter de ses missions. A ce niveau, il est recommandé d'acquérir les équipements suivants :

- micro-ordinateurs équipés
- Un data show pour la projection des présentations
- imprimantes couleur, scanner et fax
- appareils photos numériques
- lignes téléphoniques dont une dédiée à la réception des réclamations du public relatives aux services de gestion des déchets solides.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 13-2 Coûts d'investissement

Description	Nombre	Prix unitaire (DNT)	Total (DNT)
Véhicules de transport	06	20 000	120 000
Equipement informatique :			
Micro-ordinateurs	06	1 000	6 000
Data-show	01	800	800
Imprimante couleur	02	300	600
Scanner	02	100	200
Fax	02	200	400
Appareils photo numériques	06	300	1 800
Mobilier :			
Bureaux, chaises et bibliothèque	08	1 500	12 000
Lignes téléphoniques	16	20	320
Divers et imprévus			1 600
Total			150 000

13.2.7.2 Coûts d'exploitation

Les coûts d'exploitation sont relatifs au fonctionnement de l'unité de suivi des performances (frais de personnel, loyer, consommables et frais de gestion). Ces coûts sont estimés à environ 190 000 DNT. Il convient de rappeler que ces coûts seront intégrés aux coûts de transfert et d'enfouissement des déchets solides municipaux, et, ainsi, payés par les communes concernées.

Tableau 13-3 Coûts d'exploitation

Description	Nombre	Prix unitaire (DNT)	Total (DNT)
Ingénieur	01	15 000	15 000
Expert communication	01	10 000	10 000
Superviseur	06	10 000	60 000
Inspecteur/contrôleur	10	8 000	80 000
Loyer			5 000
Travaux, fournitures et services extérieurs			1 000
Télécommunications			5 000
Abonnement ADSL			200

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Description	Nombre	Prix unitaire (DNT)	Total (DNT)
Fournitures			5 000
Carburant			5 000
Total			186 200

13.3 PHASE ULTIME

13.3.1 Changements requis

Il est recommandé que, conformément au nouvel article 101 de la loi organique des communes n° 2006-48 du 17 juillet 2006⁴, les communes concluent des conventions touchant à des questions d'intérêt commun entre elles pour réaliser des projets, rendre des services ou exploiter des équipements. En pratique, les communes d'un gouvernorat donné pourraient apporter leur assistance technique et, dans certains cas, proposer leurs services à d'autres communes de moindre taille ou disposant de moins de compétences. Il serait également conseillé que le développement de la participation du secteur privé se fasse de pair avec la mise en place d'une coopération intercommunale. Cette option apparaît la mieux appropriée à un horizon moyen-long terme, compte tenu des importantes économies d'échelle qu'elle permet de dégager, surtout si elle est couplée à la participation du secteur privé.

Il est également souhaitable que l'ANGed transfère à moyen terme la gestion des ouvrages de transfert et de traitement aux communes (sous la forme d'une agence municipale), en soutenant la mise en œuvre d'une collaboration intercommunale sous forme de convention⁵.

Concernant le financement, il convient de rappeler que les propositions formulées en 2006 et relatives à la stratégie de financement et de recouvrement des coûts de la gestion des déchets solides sont restées lettre morte. L'une de ces propositions concernait l'introduction progressive d'une redevance déchets auprès des ménages, pouvant permettre de réduire la part des taxes environnementales dans le financement global. Il est donc important que le ministère définisse rapidement une solution durable pour le financement de la gestion des déchets municipaux, compte tenu des délais nécessaires pour sa mise en œuvre et du désengagement proposé de l'ANGed de l'activité de transfert et d'élimination des déchets solides municipaux.

13.3.2 Amendements légaux requis

A priori, concernant le cadre institutionnel, nul amendement légal n'est requis, si ce n'est l'application de la décision du conseil interministériel en date du 25 mai 2006, à savoir la charge du contrôle des prestations contractuelles par l'ANGed, d'une part, et, d'autre part, la création de comités au sein des conseils

⁴ Il convient de souligner que la loi n°2006-48 réduit fortement les possibilités de coopération intercommunale, puisque deux schémas ont été exclus de la loi (syndicat intercommunal et agence intercommunale). Le cadre de la convention est trop souple et pas assez engageant pour les communes pour garantir une collaboration durable entre elles.

⁵ Cf. Article 2 du décret n° 2005-2317 portant création de l'ANGed : « [l'Agence a notamment pour missions] de contribuer à aider et à consolider les groupements ou des structures régionales que les collectivités locales créent dans le domaine de la gestion durable des ouvrages et des décharges contrôlées »

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

régionaux pour le suivi de l'exploitation des décharges contrôlées et des centres de transfert, avec la participation des communes concernées et des représentants du ME.

Par rapport à l'intercommunalité, une circulaire d'explication du Ministère de l'Intérieur (et du ministère des finances) précisant les modalités de mise en œuvre et une assistance technique seront très probablement nécessaires pour encourager et soutenir les communes à s'associer et coopérer à un niveau régional.

Enfin, l'introduction de la redevance déchets peut se faire dans le cadre d'une loi des finances.

13.3.3 Personnel requis et description des tâches

Les besoins en personnel relatif à l'unité chargée du suivi des performances ainsi que la description de leurs tâches ont été précisés au paragraphe 13.2.2.

Concernant le comité pour le suivi de l'exploitation des décharges contrôlées et des centres de transfert, il est clair qu'il s'agit d'une instance politique, réunissant des cadres des communes, du gouvernorat, du ME (ANPE et ANGED) et éventuellement d'autres départements techniques (MSP, ONAS, etc.). Nul personnel additionnel n'est requis, le travail de préparation de l'ordre du jour et des décisions étant réalisé par l'ANGED et les communes.

13.3.4 Interface avec les communes

Dans une optique de bonne gouvernance, il est souhaitable de prévoir dans les statuts du comité des règles concernant l'information des parties et la prise de décision. Le comité prendra ses décisions sur la base du budget nécessaire pour couvrir le coût de fonctionnement de l'unité de suivi des performances (USP) et le coût du contrat passé avec l'opérateur privé. De même, le comité devra collecter des états fiables sur les sources de financement.

13.3.5 Instance de contrôle et de surveillance

La majorité des structures organisationnelles proposées demeureront même après leur transfert au niveau intercommunal. Progressivement, le ME se retirera du Comité régional de suivi et l'ANGED transfèrera les activités opérationnelles de contrôle et de surveillance des prestations des opérateurs privés au niveau intercommunal (agence municipale ou communes conventionnées). L'ANPE conservera sa mission on rôle de contrôle environnemental.

13.3.6 Schéma organisationnel

Durant la phase ultime, qui devrait correspondre à celle couvrant la réalisation et l'exploitation du second casier des CET de Erroumani et Salines (puis des casiers suivants), le comité régional de suivi pour la vallée de la Medjerdah suivrait et contrôlerait les activités du maître d'ouvrage des infrastructures de collecte, transfert, traitement et élimination des déchets solides municipaux. Pour mémoire, le maître d'ouvrage, qui passera les appels d'offres pour la construction et l'exploitation des ouvrages et assurerait les missions de suivi et contrôle des prestations des entreprises (travaux et services), pourra être soit une **agence municipale**, soit une commune agissant pour le compte d'autres communes dans le cadre de conventions. Il est clair que l'agence municipale est la meilleure des deux options.

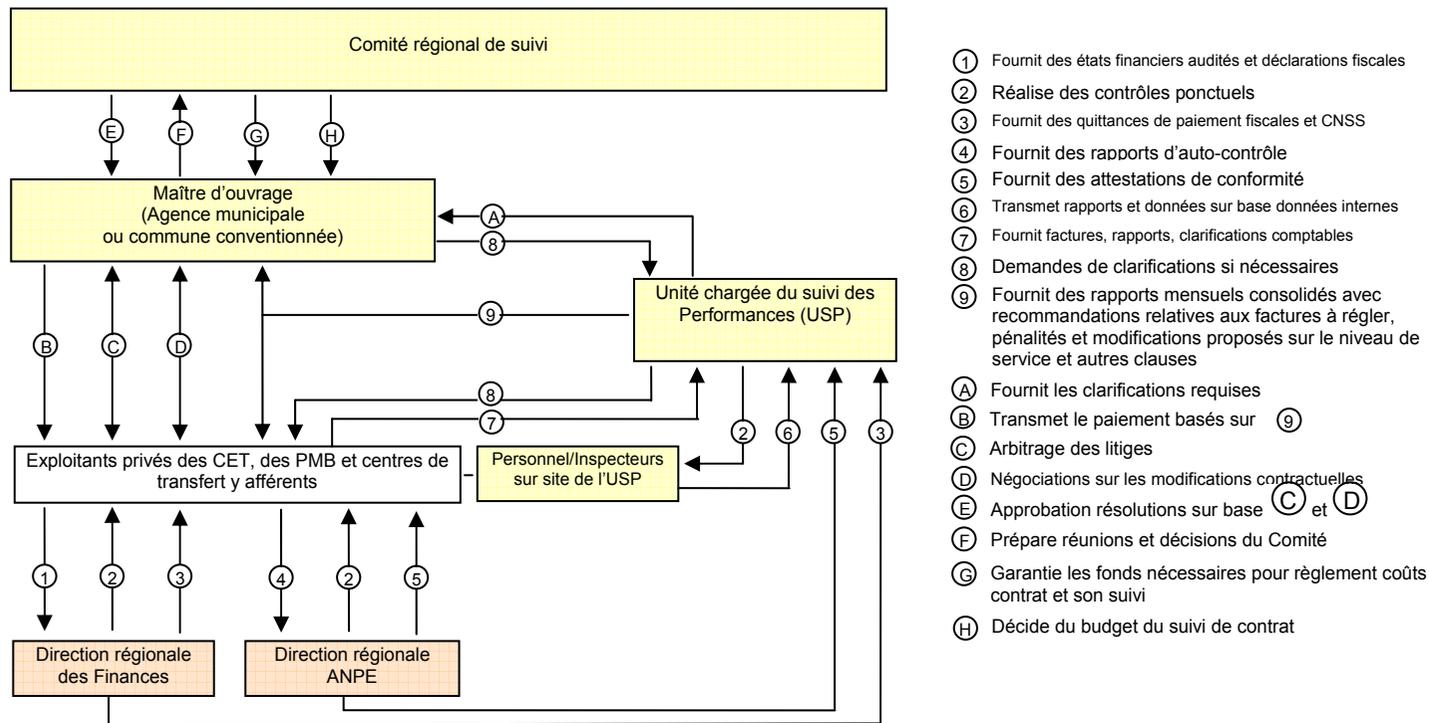
11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

L'unité de suivi des performances (USP), désormais sous tutelle du comité régional de suivi, suivra et contrôlera les prestations rendues par les exploitants des centres de transfert et des centres d'élimination. Il serait intéressant de faire évoluer les missions de cette unité vers celles d'une instance de régulation, destinée à contrôler l'ensemble des activités de gestion (transfert, traitement et élimination, mais aussi collecte) des déchets des opérateurs publics (services, régies ou agences municipales) et privés.

Enfin, l'ANGed verrait son rôle de conseil et d'assistance maintenu, notamment pour la mise en place d'une gestion intégrée et durable des déchets solides dans la région, d'une part, et, d'autre part, pour le soutien de la coopération intercommunale.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Figure 13-2 Schéma organisationnel – phase ultime



11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

13.3.7 Coûts d'investissement et d'exploitation

13.3.7.1 Coûts d'investissement

Le transfert des responsabilités de suivi et de contrôle vers les communes devrait se faire dans un horizon de 5 ans (lors de la réalisation des seconds casiers des CET de Erroumani et Salines), après une première phase où le contrat est géré par l'ANGed. Ce transfert sera accompagné du renouvellement des ressources matérielles identifiées dans le paragraphe 13.2.6.1.

Tableau 13-4 Coûts d'investissement

Description	Nombre	Prix unitaire (DNT)	Total (DNT)
Véhicules de transport	06	20 000	120 000
Equipement informatique :			
Micro-ordinateurs	06	1 000	6 000
Data-show	01	800	800
Imprimante couleur	02	300	600
Scanner	02	100	200
Fax	02	200	400
Appareils photo numériques	06	300	1 800
Mobilier :			
Bureaux, chaises et bibliothèque	08	1 500	12 000
Lignes téléphoniques	16	20	320
Divers et imprévus			1 600
Total			150 000

13.3.7.2 Coûts d'exploitation

Les coûts d'exploitation sont relatifs au fonctionnement de l'unité de suivi des performances de la gestion des déchets solides (frais de personnel, loyer, consommables et frais de gestion). Ces coûts sont estimés à environ 190 000 DNT.

Tableau 13-5 Coûts d'exploitation

Description	Nombre	Prix unitaire (DNT)	Total (DNT)
Ingénieur	01	15 000	15 000
Expert communication	01	10 000	10 000

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Description	Nombre	Prix unitaire (DNT)	Total (DNT)
Superviseur	06	10 000	60 000
Inspecteur/contrôleur	10	8 000	80 000
Loyer			5 000
Travaux, fournitures et services extérieurs			1 000
Télécommunications			5 000
Abonnement ADSL			200
Fournitures			5 000
Carburant			5 000
Total			186 200

13.4 PARTICIPATION DU SECTEUR PRIVE

L'un des acteurs principaux de la gestion des déchets municipaux de la vallée de la Medjerda et, à ce titre, l'un des facteurs clés de succès de ce nouveau système, est le secteur privé. Les partenariats public-privé peuvent prendre plusieurs configurations, mais nous nous limiterons pour la présente analyse aux trois les plus pertinentes.

13.4.1 Le contrat de service

Dans le cadre de ce partenariat public-privé, l'exploitation des installations est déléguée à un opérateur privé. Dans certains cas (et c'est actuellement la politique suivie par l'ANGed), afin de réduire les risques techniques et les surcoûts liés à l'utilisation d'équipements mobiles inconnus, l'opérateur privé est également chargé de l'acquisition du matériel mobile. Toutefois, la conception, la construction et le financement desdites installations restent du ressort du maître d'ouvrage.

Bien qu'il s'agisse de l'option la plus aisée à mettre en œuvre dans le cadre du code des marchés publics, l'ANGed a eu à gérer et tenter de résoudre tant bien que mal les conflits entre les bureaux d'études chargés de la conception des installations, les entreprises responsables de la construction desdites installations et les exploitations privées, chacun renvoyant sur l'autre les problèmes rencontrés lors de l'exploitation (vice caché ou exploitation non conforme aux prescriptions des concepteurs et des fabricants).

13.4.2 La concession

La législation tunisienne a introduit récemment la concession, en définissant un cadre approprié pour les projets d'infrastructure nécessitant un know-how pointu et mobilisant des financements importants. Dans le cadre de contrats de BOO(T) (build, operate, own, transfer (éventuellement)), les opérateurs privés sont appelés à financer, concevoir, construire, exploiter et éventuellement transférer la propriété des infrastructures au terme du contrat (généralement de plus de 20 ans).

L'essentiel des risques étant alors supporté par l'opérateur (risques pays (juridique, institutionnel, monétaire, politique), technologique (technologie de traitement, surcoût, retards), technique (quantité et qualité

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

des déchets), financier), les investisseurs exigent d'importantes garanties au maître d'ouvrage : non paiement, résiliation unilatérale du contrat, tarifs, mécanismes d'ajustement et d'actualisation des tarifs, taux de change, convertibilité et transfert, solvabilité du maître d'ouvrage, clause de « take or pay », domanialité, normes environnementales applicables, régime fiscal, modalités de terminaison du contrat, etc.

Dans le contexte actuel (instabilité politique et sociale, dégradation des comptes publics et des soldes courants, abaissement de la note souveraine de la Tunisie), il sera difficile d'attirer des investisseurs sur de tels projets pour des durées de 20 ans.

13.4.3 Le contrat DBO

Il existe une alternative aux deux précédents schémas de partenariat public-privé : le contrat DBO (design, build, operate), où un seul et unique opérateur privé est chargé de concevoir, construire et exploiter les infrastructures. Le maître d'ouvrage assure le financement de l'opération (investissements et exploitation).

Ce schéma a pour avantage de concilier l'efficacité opérationnelle du secteur privé et l'unicité de la maîtrise d'œuvre du projet avec un coût de financement plus compétitif (l'Etat tunisien obtenant des crédits à des conditions de financement plus intéressantes (taux d'intérêt et durée)). Toutefois, le droit tunisien ne prévoit pas (encore ?) un tel mode de partenariat public-privé.

13.5 PLAN DE REALISATION

► Phase transitoire : 18 mois à compter du lancement de l'appel d'offres pour l'exploitation des deux CET (1er casier), des centres de transfert y afférents et éventuellement des PMB (concept 2)

► Phase ultime : 18 mois à compter du lancement de l'appel d'offres pour l'exploitation des CET (2ème casier et suivants) et des centres de transfert y afférents

13.6 RESUME DES COUTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION

Tableau 13-6 Résumé des coûts d'investissement et d'exploitation

	Coûts investissement	Coûts d'exploitation
Phase transitoire	150 000 DNT	186 200 DNT/an
Phase ultime	150 000 DNT	186 200 DNT/an

13.7 ASSISTANCE INSTITUTIONNELLE REQUISE

L'assistance technique comprend deux volets :

- L'assistance technique à l'ANGed :
 - La rédaction d'un manuel de procédure de l'unité de suivi des performances
 - La formation des cadres de l'ANGed à l'usage du manuel de procédures
 - Le suivi et l'évaluation du fonctionnement de l'unité de suivi des performances

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- L'assistance technique aux communes de la vallée de la Medjerda :
 - Le soutien aux communes à la mise en place d'une coopération intercommunale : sensibilisation, formation et assistance technique
 - Renforcement des capacités des communes, par l'introduction d'un système d'évaluation technique et financière des performances de la collecte :
 - Le suivi et le contrôle techniques, administratifs et comptables du service de collecte assurés tant par la commune que les éventuelles sociétés délégataires ;
 - Le contrôle du niveau de service requis ;
 - L'établissement et le renforcement des procédures et du programme de suivi et de contrôle des prestations ;
 - La programmation des contrôles sur le terrain et l'élaboration du bilan des inspections effectuées sur le terrain ;
 - Le signalement aux prestataires (équipes communales ou opérateur privé) des anomalies éventuelles dès leur constatation et la vérification que la situation signalée a bien été remédiée dans les délais prévus ;
 - L'établissement des rapports journaliers des réclamations, le contrôle de vérification de la prise en charge des réclamations ;
 - La tenue (dans le cas de la commune) ou la consultation périodique des registres et documents mis en place par les sociétés délégataires conformément aux exigences du cahier des charges, à savoir :
 - Le journal d'activité,
 - Le registre des réclamations,
 - Le carnet de bord et d'entretien des véhicules
 - La vérification sur le terrain des moyens humains et matériels mobilisés pour l'exécution des prestations de collecte et de nettoyage et vérifier l'état des ressources mobilisées ;
 - L'organisation des réunions hebdomadaires d'évaluation et de coordination avec les équipes de collecte (communales ou privées) ;
 - La vérification des factures soumises par les sociétés délégataires et l'établissement des décomptes de paiement ;
 - La détermination du coût du service (cas de la commune) ;
 - L'établissement (dans le cas de la commune) ou l'évaluation des rapports mensuels et annuels des activités de collecte ;
 - L'identification des problèmes à l'origine d'une dégradation du niveau des services de GDS et qui ne relèvent pas de la responsabilité de l'opérateur, en vue de trouver les solutions adéquates.

L'assistance technique à l'ANGed pour la mise en place de l'instance de suivi et de contrôle des prestations de gestion des déchets solides est estimée à 3 hommes-mois (expert international), soit environ 60.000 EUR.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

L'assistance technique aux communes est évaluée à environ 18 hommes-mois (expert national), soit environ 100.000 EUR.

13.8 RISQUES DE REALISATION ET D'ENCADREMENT

Le tableau ci-dessous décrit les risques associés au cadre institutionnel ainsi que les mesures à réaliser pour les réduire.

Tableau 13-7 Risques de réalisation et mesures compensatoires

Nature du risque	Mesure compensatoire ou d'atténuation
Le comité régional de suivi n'est pas créé et l'ANGed est de facto toujours impliquée dans la gestion directe des installations de transfert et de traitement des déchets municipaux	<p>Une décision conjointe des Ministères de l'Environnement et de l'Interieur engage les communes à mettre en place dans un délai limité le comité régional de suivi et de créer une structure intercommunale destinée à assurer la maîtrise d'œuvre des ouvrages</p> <p>En outre, des sanctions (par exemple financières pour les communes du district de Tunis, sous forme de retenue sur la dotation de l'Etat aux budgets des communes (FCCL)) pourraient être envisagées</p>
Pas de ressources financières suffisantes pour la réalisation des extensions prévues des installations (nouveaux casiers, unité de prétraitement)	<p>L'Etat tunisien apporte sa garantie implicite et explicite quant au financement des coûts de ces installations</p> <p>Inscrire cette dépense parmi les dépenses obligatoires (au sens de la Loi Organique du budget des collectivités publiques locales) des communes</p>
Pas de ressources financières suffisantes pour l'exploitation des installations de gestion des déchets municipaux	<p>L'Etat tunisien apporte sa garantie implicite et explicite quant au financement des coûts de ces installations</p> <p>L'Etat s'engage à mettre en place dans un horizon proche un système de recouvrement des coûts durable (sous forme de redevance payée par les ménages)</p> <p>Inscrire cette dépense parmi les dépenses obligatoires (au sens de la Loi Organique du budget des collectivités publiques locales) des communes</p>

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

14 COUTS, FINANCEMENT, SYSTEME TARIFAIRE

14.1 HYPOTHESES SUR L'ANALYSE DES COUTS

Il convient de rappeler que l'objectif de cette analyse est d'estimer les coûts financiers du projet et de déterminer ainsi quel serait l'impact financier sur les parties concernées (collectivités locales, Etat).

La connaissance de cet impact financier pourra permettre ensuite au maître d'ouvrage de définir le schéma de financement de l'investissement et de l'exploitation en fonction de la solution institutionnelle retenue, de la capacité financière des parties concernées et des objectifs environnementaux et économiques des pouvoirs publics.

14.1.1 Prix de référence

L'ensemble des coûts et des gains est exprimé en dinars tunisiens constants de l'année 2012.

14.1.2 Taux de change

Il a été pris le taux de change officiel du dinar tunisien, tel que fourni par la Banque Centrale de Tunisie au 30/12/2011, soit 1 euro = 1,9383 DNT.

14.1.3 Coûts d'investissement

Les coûts d'investissement sont présentés en détail ci-après, décomposés en assistance technique et études, génie civil, équipements fixes, équipements mobiles, équipements de sécurité, équipement de laboratoire, sur la base des estimations du rapport technique.

Le coût des études et de l'assistance technique a été pris égal à 5% du coût d'investissement total.

En revanche, les détails de calcul des coûts (génie civil et équipements) ne sont pas repris dans la partie financière, ceux-ci ayant déjà été présentés dans le rapport technique.

14.1.4 Coûts d'exploitation

Les charges d'exploitation sont présentées en détail ci-après, décomposées en électricité, carburant, eau, produits chimiques, charges de personnel, frais de traitement des eaux usées et des déchets, frais de mise en décharge des résidus ultimes, matériaux de couverture, etc., sur la base des estimations du rapport technique.

14.1.4.1 Coûts fixes

Les coûts fixes ne posent généralement pas de difficulté particulière pour leur estimation, puisque indépendants de la quantité et de la qualité de déchets solides traités. Il s'agit principalement :

- des charges d'amortissement : Il a été pris comme hypothèse d'amortir les équipements de bureau et informatique sur 3 ans, les équipements mobiles et de laboratoire sur 5 ans, les équipements fixes sur 10 ans et le génie civil et VRD sur 20 ans.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

	Durée d'amortissement
Equipements de bureautique et informatique	3 ans
Equipements mobiles et de laboratoire	5 ans
Equipements fixes	10 ans
Génie civil et VRD	20 ans

- des charges de financement et de rémunération du capital : en général, les actionnaires exigent une rémunération du capital investi indexée sur le taux du marché monétaire (ou taux sans risque) majoré d'une prime de risque (variable selon les marchés et les actionnaires). Pour la Tunisie, nous avons considéré une rémunération de 6% du capital investi ;
- des frais de sensibilisation et de marketing : ils ont été évalués à 2% du total des coûts d'exploitation et de personnel ;
- des frais généraux : ils sont pris égaux à 10% du total des coûts d'exploitation et de personnel.

14.1.4.2 Charges fixes d'exploitation

A l'instar des coûts fixes, les charges fixes d'exploitation sont indépendantes de la quantité et sont déterminées indépendamment de la quantité et de la qualité de déchets solides traités. Il s'agit principalement :

- monitoring et suivi environnemental
- charges de personnel
- entretien et réparations
- provision pour gestion postopératoire,
- formation du personnel,
- assurances et taxes

14.1.4.3 Charges variables d'exploitation

Les charges variables d'exploitation variables comprennent :

- Electricité
- Eau
- Carburant
- Matériaux de couverture
- Traitement des lixiviats
- Traitement du biogaz

14.1.5 Fonds de roulement

Le besoin en fonds de roulement a été estimé à 3 mois de charges annuelles (personnel, frais financiers et divers).

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

14.1.6 Impôts et taxes

L'exploitant sera assujéti au régime général de la fiscalité. En particulier, l'exploitant sera assujéti à l'impôt sur les sociétés, qui frappe le résultat net d'exploitation. Toutes les recettes sont imposables, y compris les cessions d'actifs et les produits d'activités annexes à l'activité statutaires de l'entreprise. Les dépenses courantes viennent en déduction du bénéfice imposable, ainsi que les intérêts payés et les provisions pour amortissement des immobilisations.

En cas d'exercice déficitaire, le déficit est reportable sur les bénéfices imposables futurs pendant trois ans. En cas d'exercice déficitaire, il est également possible de différer les amortissements.

Conformément aux dispositions du code de l'impôt sur le revenu des personnes physiques et de l'impôt sur les sociétés, le taux d'imposition sur les bénéfices de la société a été pris égal à 15 %.

14.1.7 Date d'entrée en exploitation des installations

On a considéré dans l'analyse deux années de réalisation de l'investissement pour les différentes installations de traitement des déchets dangereux. L'exploitation desdites installations commencent donc le 1er janvier 2016, compte tenu des deux années nécessaires pour la préparation des dossiers d'appel d'offres et l'acquisition des emprises foncières.

14.1.8 Durées de vie technique des installations

Pour les besoins de l'analyse, il a été retenu les durées de vie technique suivantes :

	Durée de vie technique
Equipements de bureautique et informatique	5 ans
Equipements mobiles et de laboratoire	7 ans
Equipements fixes	12 ans
Génie civil et VRD	50 ans

En fin de vie technique, les équipements sont renouvelés à l'identique.

14.1.9 Durée d'analyse du projet

La durée d'analyse du projet est fixée à 50 ans, pour tenir compte de la gestion post-opératoire des installations (fermeture des décharges contrôlées, réhabilitation des sites et suivi environnemental).

14.1.10 Valeur résiduelle

Compte tenu du fait que la durée d'analyse du projet ne coïncide pas nécessairement avec la durée d'amortissement des équipements (et notamment, pour les équipements acquis en fin de période), une valeur résiduelle doit être déterminée. Pour mémoire, la valeur résiduelle représente la valeur de cession si elle est connue à l'avance, ou, dans le cas présent, la valeur comptable nette (c'est-à-dire la valeur d'acquisition moins la somme des amortissements déjà comptabilisés).

Nous avons donc calculé la valeur résiduelle en dernière année d'analyse (valeur positive imputée au flux d'investissement).

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

14.1.11 Taux d'actualisation

Pour la simulation, la KfW demande de considérer comme taux d'actualisation 0%, 5% et 8%. Nous avons pris comme hypothèse de base un taux d'actualisation 5%, avec une analyse de sensibilité à 0% et 8%.

14.1.12 Détermination du coût de revient dynamique

Deux coûts de revient dynamique seront déterminés (pour un taux d'actualisation de 5%) :

- coût de revient dynamique opérationnel : relatif à la somme actualisée des coûts d'exploitation sur 20 ans divisée par la somme actualisée des quantités de déchets admis durant cette même période
- coût de revient dynamique total : quotient de la somme actualisée des coûts d'investissement (minorés des valeurs résiduelles en 2035) et d'exploitation sur 20 ans divisée par la somme actualisée des quantités de déchets admis durant cette même période.

14.2 ANALYSE ECONOMIQUE

14.2.1 Investissements totaux – Collecte et centres de transfert

<i>En milliers de TND</i>	<i>Investissement initial</i>	<i>Renouvellement et extension</i>	<i>Investissement total</i>
Foncier	-	-	-
Etude et assistance technique	647	599	1 246
Génie civil	9 550	1 910	11 460
Equipements	3 380	10 060	13 440
Total	13 577	12 569	26 146

14.2.2 Investissements totaux – Concept 1 (2 centres d'enfouissement technique)

<i>En milliers de TND</i>	<i>Investissement initial</i>	<i>Renouvellement et extension</i>	<i>Investissement total</i>
Foncier	0	0	0
Etude et assistance technique	1 802	3 892	5 694
Génie civil	79 938	22 383	102 321
Equipements	3 855	7 711	11 566
Total	85 596	33 986	119 582

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012	Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version : finale

14.2.3 Investissements totaux – Concept 2 (2 centres d'enfouissement technique et 2 centres de prétraitement mécano-biologique)

<i>En milliers de TND</i>	<i>Investissement initial</i>	<i>Renouvellement et extension</i>	<i>Investissement total</i>
Foncier	0	0	0
Etude et assistance technique	2 470	5 695	8 165
Génie civil	41 022	10 126	51 148
Equipements	21 996	90 161	112 157
Total	65 488	105 982	171 470

14.2.4 Analyse du cash-flow

La démarche adoptée pour le calcul des coûts de revient dynamique peut être résumée dans les étapes suivantes :

- Détermination des coûts directs et indirects prévisionnels pour chaque option à partir des hypothèses précédentes,
- Calcul des charges financières (intérêts, remboursement du capital) en fonction de l'investissement prévu, du schéma de financement et des conditions de crédit,
- Détermination du résultat brut d'exploitation,
- Calcul du cash flow par la formule suivante :
 - cash flow = résultat brut d'exploitation + charges d'amortissement - impôts
 - Calcul du free cash flow par les formules suivantes :

Free cash flow = flux d'exploitation + flux d'investissement + flux financier

avec :

- flux d'exploitation = cash flow - besoin en fonds de roulement
- flux d'investissement = cessions d'immobilisation - investissements
- flux financier = augmentation de capital + nouveaux emprunts - remboursement du principal

Les tarifs à appliquer ont été déterminés de façon que la trésorerie en dernière année de projet soit nulle ou positive.

14.2.5 Coûts spécifiques

L'ensemble des coûts d'investissement et des charges d'exploitation et de personnel proviennent des estimations présentées dans la partie technique.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

14.2.5.1 Concept 1 : centre d'enfouissement technique de Salines

14.2.5.1.1 Investissements

<i>En milliers de TND</i>	<i>Investissement initial</i>	<i>Extension</i>	<i>Renouvellement</i>	<i>Total</i>
Terrain	0	0	0	0
Etude et assistance technique	343	0	304	647
Génie civil	5 100	0	1 020	6 120
Equipements	1 750	0	5 060	6 810
Total	7 193	0	6 384	13 577

14.2.5.1.2 Charges variables d'exploitation

<i>En TND</i>	<i>Coût total</i>
Consommables	510 635

14.2.5.1.3 Charges fixes d'exploitation

<i>En TND</i>	<i>Coût total</i>
Entretien	201 920
Réparations	201 920
Assurances	16 613
Personnel	980 565

14.2.5.1.4 Cash flows prévisionnels

<i>Année</i>	<i>Quantité de déchets (tonnes)</i>	<i>Excédent brut d'exploitation (MTND)</i>	<i>Flux d'exploitation (MTND)</i>	<i>Flux d'investissement (MTND)</i>	<i>Flux financier (MTND)</i>	<i>Variation de trésorerie (MTND)</i>
2013	65 973	-1,912	-1,912	-7,193	7,193	-1,912
2014	71 276	0,461	0,241	0,000	-0,432	-0,191
2015	72 800	0,517	0,210	0,000	-0,432	-0,221
2016	74 346	0,574	0,268	0,000	-0,432	-0,164
2017	75 916	0,631	0,300	0,000	-0,432	-0,131
2018	77 510	0,690	0,340	-0,798	0,319	-0,139
2019	79 127	0,728	0,359	0,000	-0,479	-0,120
2020	80 769	0,788	0,404	-1,040	0,498	-0,138
2021	82 435	0,821	0,417	0,000	-0,542	-0,125
2022	84 126	0,883	0,463	0,000	-0,542	-0,079
2023	85 842	0,946	0,514	-1,869	1,215	-0,140
2024	87 585	1,010	0,563	0,000	-0,654	-0,091
2025	89 353	1,075	0,612	0,000	-0,654	-0,042
2026	91 148	1,141	0,670	0,000	-0,654	0,016

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

2027	92 969	1,208	0,737	-1,040	0,323	0,021
2028	94 818	1,276	0,809	-0,798	0,034	0,045
2029	96 694	1,345	0,883	0,000	-0,764	0,119
2030	98 598	1,415	0,960	0,000	-0,764	0,196
2031	100 531	1,486	0,950	0,000	-0,764	0,186
2032	102 492	1,559	1,032	0,000	-0,764	0,268
2033	104 483	1,632	0,974	0,829	0,840	2,642

14.2.5.2 Concept 1 : centre d'enfouissement technique de Erroumani

14.2.5.2.1 Investissements

<i>En milliers de TND</i>	<i>Investissement initial</i>	<i>Extension</i>	<i>Renouvellement</i>	<i>Total</i>
Terrain	0	0	0	0
Etude et assistance technique	304	0	295	599
Génie civil	4 450	0	890	5 340
Equipements	1 630	0	5 000	6 630
Total	6 384	0	6 185	12 569

14.2.5.2.2 Charges variables d'exploitation

<i>En TND</i>	<i>Coût total</i>
Consommables	448 001

14.2.5.2.3 Charges fixes d'exploitation

<i>En TND</i>	<i>Coût total</i>
Entretien	161 909
Réparations	161 909
Assurances	74 339
Personnel	854 655

14.2.5.2.4 Cash flows prévisionnels

<i>Année</i>	<i>Quantité de déchets (tonnes)</i>	<i>Excédent brut d'exploitation (MTND)</i>	<i>Flux d'exploitation (MTND)</i>	<i>Flux d'investissement (MTND)</i>	<i>Flux financier (MTND)</i>	<i>Variation de trésorerie (MTND)</i>
2013	90 195	-1,701	-1,701	-6,384	6,384	-1,701
2014	97 939	0,416	0,220	0,000	-0,383	-0,163
2015	100 465	0,477	0,205	0,000	-0,383	-0,178
2016	103 035	0,522	0,251	0,000	-0,383	-0,132
2017	105 651	0,536	0,244	0,000	-0,383	-0,139

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

2018	108 314	0,600	0,293	-0,714	0,288	-0,133
2019	111 023	0,622	0,294	0,000	-0,426	-0,132
2020	113 779	0,688	0,344	-0,998	0,512	-0,141
2021	116 264	0,748	0,385	0,000	-0,486	-0,100
2022	118 790	0,808	0,430	0,000	-0,486	-0,056
2023	121 357	0,846	0,458	-1,848	1,251	-0,139
2024	124 518	0,922	0,521	0,000	-0,597	-0,075
2025	126 620	0,957	0,541	0,000	-0,597	-0,056
2026	129 317	1,022	0,599	0,000	-0,597	0,002
2027	132 058	1,088	0,662	-0,998	0,341	0,005
2028	134 844	1,154	0,730	-0,714	0,015	0,031
2029	137 677	1,222	0,801	0,000	-0,699	0,102
2030	140 555	1,291	0,880	-0,200	-0,512	0,169
2031	143 482	1,361	0,898	0,000	-0,711	0,187
2032	146 456	1,415	0,934	0,000	-0,711	0,222
2033	149 479	1,465	0,864	0,850	0,714	2,428

14.2.5.3 Concept 2 : centre d'enfouissement technique de Salines

14.2.5.3.1 Investissements

En milliers de TND	Investissement initial	Extension	Renouvellement	Total
Terrain	0	0	0	0
Etude et assistance technique	850	1 549	0	2 399
Génie civil	32 694	9 677	0	42 371
Equipements	1 867	3 735	0	5 602
Total	35 412	14 961	0	50 372

14.2.5.3.2 Charges variables d'exploitation

En TND	Coût total
Electricité	32 933
Eau	637
Carburant	197 189
Traitement des lixiviats	112 479

14.2.5.3.3 Charges fixes d'exploitation

En TND	Coût total
Entretien et réparations	183 479
Personnel	83 983
Coûts postopérateurs et autres	54 156

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

14.2.5.3.4 Cash flows prévisionnels

Année	Quantité de déchets (tonnes)	Excédent brut d'exploitation (MTND)	Flux d'exploitation (MTND)	Flux d'investissement (MTND)	Flux financier (MTND)	Variation de trésorerie (MTND)
2014	70 047	0,000	0,000	-9,905	9,905	0,000
2015	71 548	0,000	0,000	-7,945	7,945	0,000
2016	73 072	1,762	1,585	-0,021	-1,051	0,512
2017	74 619	1,748	1,744	-0,021	-1,052	0,670
2018	76 188	1,733	1,717	-0,021	-1,054	0,642
2019	77 782	1,772	1,645	0,000	-1,075	0,571
2020	79 400	1,812	1,680	-0,042	-1,035	0,602
2021	81 042	1,853	1,784	-7,819	6,273	0,238
2022	82 708	1,894	1,838	-0,021	-1,527	0,290
2023	84 400	1,936	1,874	-0,021	-1,528	0,324
2024	86 117	1,979	1,922	-1,677	0,027	0,272
2025	87 860	2,022	1,944	0,000	-1,650	0,294
2026	89 629	2,065	2,002	-3,003	1,174	0,172
2027	91 424	2,110	2,068	-2,906	0,902	0,064
2028	93 247	2,155	2,137	-1,982	-0,141	0,014
2029	95 097	2,201	2,181	-0,021	-2,103	0,056
2030	96 974	2,247	2,213	-0,021	-2,105	0,088
2031	98 880	2,295	2,191	0,000	-2,126	0,065
2032	100 813	2,342	2,199	-0,042	-2,086	0,071
2033	102 776	2,391	2,240	0,000	-2,128	0,112
2034	-	-0,601	-0,434	-11,570	11,570	-0,434
2035	-	-0,511	-0,506	0,000	0,000	-0,506
2036	-	-0,428	-0,424	-0,021	0,021	-0,424
2037	-	-0,345	-0,341	0,000	0,000	-0,341
2038	-	-0,261	-0,257	0,000	0,000	-0,257
2039	-	-0,252	-0,251	0,000	0,000	-0,251
2040	-	-0,244	-0,242	0,000	0,000	-0,242
2041	-	-0,235	-0,233	0,000	0,000	-0,233
2042	-	-0,226	-0,224	0,000	0,000	-0,224
2043	-	-0,217	-0,216	0,000	0,000	-0,216
2044	-	-0,209	-0,207	-1,656	1,656	-0,207
2045	-	-0,200	-0,198	0,000	0,000	-0,198
2046	-	-0,191	-0,190	0,000	0,000	-0,190
2047	-	-0,183	-0,181	0,000	0,000	-0,181
2048	-	-0,174	-0,172	0,000	0,000	-0,172
2049	-	-0,165	-0,163	0,000	0,000	-0,163
2050	-	-0,156	-0,155	0,000	0,000	-0,155
2051	-	-0,148	-0,146	0,000	0,000	-0,146
2052	-	-0,139	-0,137	0,000	0,000	-0,137
2053	-	-0,130	-0,128	0,000	0,000	-0,128
2054	-	-0,121	-0,120	-1,656	1,656	-0,120
2055	-	-0,113	-0,111	0,000	0,000	-0,111
2056	-	-0,104	-0,102	0,000	0,000	-0,102
2057	-	-0,095	-0,099	0,000	0,000	-0,099
2058	-	-0,087	-0,106	0,000	0,000	-0,106

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Année	Quantité de déchets (tonnes)	Excédent brut d'exploitation (MTND)	Flux d'exploitation (MTND)	Flux d'investissement (MTND)	Flux financier (MTND)	Variation de trésorerie (MTND)
2059	-	-0,078	-0,111	0,000	0,000	-0,111
2060	-	-0,069	-0,117	0,000	0,000	-0,117
2061	-	-0,060	-0,124	0,000	0,000	-0,124
2062	-	-0,052	-0,132	0,000	0,000	-0,132
2063	-	-0,043	-0,173	0,946	0,000	0,773

14.2.5.4 Concept 2 : centre d'enfouissement technique de Erroumani

14.2.5.4.1 Investissements

En milliers de TND	Investissement initial	Extension	Renouvellement	Total
Terrain	0	0	0	0
Etude et assistance technique	952	2 344	0	3 296
Génie civil	47 244	12 706	0	59 950
Equipements	1 988	3 976	0	5 964
Total	50 184	19 026	0	69 210

14.2.5.4.2 Charges d'exploitation

En TND	Coût total
Electricité	34 122
Eau	727
Carburant	222 821
Traitement des lixiviats	214 035

14.2.5.4.3 Charges fixes d'exploitation

En TND	Coût total
Entretien et réparations	240 159
Personnel	85 842
Coûts postopératoires et autres	68 255

14.2.5.4.4 Cash flows prévisionnels

Année	Quantité de déchets (tonnes)	Excédent brut d'exploitation (MTND)	Flux d'exploitation (MTND)	Flux d'investissement (MTND)	Flux financier (MTND)	Variation de trésorerie (MTND)
2014	97 939	0,000	0,000	-11,040	11,040	0,000

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Année	Quantité de déchets (tonnes)	Excédent brut d'exploitation (MTND)	Flux d'exploitation (MTND)	Flux d'investissement (MTND)	Flux financier (MTND)	Variation de trésorerie (MTND)
2015	100 465	0,000	0,000	-8,953	8,953	0,000
2016	103 035	2,381	2,171	-0,021	-1,180	0,970
2017	105 651	2,348	2,341	-0,021	-1,181	1,139
2018	108 314	2,312	2,088	-0,021	-1,182	0,885
2019	111 023	2,373	2,133	-7,911	6,233	0,455
2020	113 779	2,436	2,212	-0,042	-1,638	0,532
2021	116 264	2,493	2,305	-2,088	0,282	0,499
2022	118 790	2,551	2,357	-0,021	-1,786	0,550
2023	121 357	2,609	2,369	-0,021	-1,787	0,561
2024	123 967	2,669	2,439	-2,120	0,185	0,504
2025	126 620	2,729	2,597	-9,415	6,915	0,096
2026	129 317	2,791	2,731	-4,272	1,516	-0,026
2027	132 058	2,853	2,795	0,000	-2,757	0,038
2028	134 844	2,917	2,884	-2,109	-0,775	0,000
2029	137 677	2,981	2,903	-0,021	-2,864	0,019
2030	140 555	3,047	2,936	-0,021	-2,865	0,050
2031	143 482	3,114	2,887	0,000	-2,886	0,001
2032	146 456	3,181	2,880	-0,042	-2,846	-0,009
2033	149 479	3,250	2,931	0,000	-2,888	0,043
2034	-	-0,905	-0,701	-16,849	16,849	-0,701
2035	-	-0,749	-0,741	0,000	0,000	-0,741
2036	-	-0,601	-0,595	-0,021	0,021	-0,595
2037	-	-0,453	-0,447	0,000	0,000	-0,447
2038	-	-0,305	-0,299	0,000	0,000	-0,299
2039	-	-0,294	-0,292	0,000	0,000	-0,292
2040	-	-0,284	-0,281	0,000	0,000	-0,281
2041	-	-0,273	-0,271	0,000	0,000	-0,271
2042	-	-0,263	-0,261	0,000	0,000	-0,261
2043	-	-0,252	-0,250	0,000	0,000	-0,250
2044	-	-0,242	-0,240	-2,099	2,099	-0,240
2045	-	-0,231	-0,229	0,000	0,000	-0,229
2046	-	-0,221	-0,219	0,000	0,000	-0,219
2047	-	-0,210	-0,208	0,000	0,000	-0,208
2048	-	-0,200	-0,198	0,000	0,000	-0,198
2049	-	-0,189	-0,187	0,000	0,000	-0,187
2050	-	-0,179	-0,177	0,000	0,000	-0,177
2051	-	-0,168	-0,166	0,000	0,000	-0,166
2052	-	-0,158	-0,156	0,000	0,000	-0,156
2053	-	-0,148	-0,145	0,000	0,000	-0,145
2054	-	-0,137	-0,135	-2,099	2,099	-0,135
2055	-	-0,127	-0,124	0,000	0,000	-0,124
2056	-	-0,116	-0,114	0,000	0,000	-0,114
2057	-	-0,106	-0,116	0,000	0,000	-0,116
2058	-	-0,095	-0,122	0,000	0,000	-0,122
2059	-	-0,085	-0,128	0,000	0,000	-0,128
2060	-	-0,074	-0,135	0,000	0,000	-0,135
2061	-	-0,064	-0,142	0,000	0,000	-0,142

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Année	Quantité de déchets (tonnes)	Excédent brut d'exploitation (MTND)	Flux d'exploitation (MTND)	Flux d'investissement (MTND)	Flux financier (MTND)	Variation de trésorerie (MTND)
2062	-	-0,053	-0,151	0,000	0,000	-0,151
2063	-	-0,043	-0,276	1,200	0,000	0,923

14.2.5.5 Concept 2 : centre de prétraitement mécanico-biologique de Salines

14.2.5.5.1 Investissements

En milliers de TND	Investissement initial	Extension	Renouvellement	Total
Terrain	0	0	0	0
Etude et assistance technique	534	775	0	1 308
Génie civil	14 888	4 533	0	19 421
Equipements	1 686	5 058	0	6 744
Total	17 107	10 366	0	27 473

14.2.5.5.2 Charges variables d'exploitation

En TND	Coût total
Electricité	15 502
Eau	785
Carburant	257 116
Traitement des lixiviats	80 189

14.2.5.5.3 Charges fixes d'exploitation

En TND	Coût total
Entretien et réparations	106 965
Personnel	92 937
Coûts postopératoires et autres	15 974

14.2.5.5.4 Cash flows prévisionnels

Année	Quantité de déchets (tonnes)	Excédent brut d'exploitation (MTND)	Flux d'exploitation (MTND)	Flux d'investissement (MTND)	Flux financier (MTND)	Variation de trésorerie (MTND)
2014	35 024	0,000	0,000	-6,487	6,487	0,000
2015	35 774	0,000	0,000	-4,717	4,717	0,000
2016	36 536	0,953	0,852	-0,016	-0,657	0,179
2017	37 309	0,950	0,948	-0,021	-0,653	0,274

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Année	Quantité de déchets (tonnes)	Excédent brut d'exploitation (MTND)	Flux d'exploitation (MTND)	Flux d'investissement (MTND)	Flux financier (MTND)	Variation de trésorerie (MTND)
2018	38 094	0,947	0,945	-0,016	-0,660	0,269
2019	38 891	0,970	0,916	0,000	-0,675	0,241
2020	39 700	0,993	0,936	-0,037	-0,641	0,258
2021	40 521	1,017	0,982	-1,770	0,986	0,198
2022	41 354	1,041	1,006	-0,016	-0,769	0,221
2023	42 200	1,065	1,027	-0,021	-0,765	0,241
2024	43 059	1,090	1,048	-0,016	-0,771	0,261
2025	43 930	1,115	1,065	0,000	-0,787	0,278
2026	44 814	1,140	1,102	-2,067	1,156	0,190
2027	45 712	1,166	1,128	0,000	-0,911	0,217
2028	46 623	1,192	1,191	-4,508	3,326	0,009
2029	47 548	1,219	1,217	-0,021	-1,162	0,035
2030	48 487	1,246	1,244	-0,016	-1,168	0,061
2031	49 440	1,273	1,220	0,000	-1,184	0,036
2032	50 407	1,301	1,208	-0,037	-1,149	0,022
2033	51 388	1,329	1,232	0,000	-1,186	0,046
2034	52 370	1,358	1,258	-0,302	-0,902	0,054
2035	53 351	1,386	1,384	-1,791	0,480	0,072
2036	54 332	1,414	1,412	-0,016	-1,297	0,100
2037	55 314	1,442	1,386	0,000	-1,313	0,073
2038	56 295	1,471	1,359	-0,037	-1,278	0,044
2039	57 277	1,499	1,393	-2,030	0,594	-0,044
2040	58 258	1,527	1,422	-0,016	-1,422	-0,016
2041	59 240	1,555	1,438	-0,021	-1,418	0,000
2042	60 221	1,584	1,352	-0,016	-1,424	-0,088
2043	-	-0,295	-0,184	-3,477	3,477	-0,184
2044	-	-0,270	-0,268	0,000	0,000	-0,268
2045	-	-0,247	-0,246	0,000	0,000	-0,246
2046	-	-0,224	-0,223	0,000	0,000	-0,223
2047	-	-0,201	-0,200	0,000	0,000	-0,200
2048	-	-0,178	-0,177	0,000	0,000	-0,177
2049	-	-0,155	-0,154	0,000	0,000	-0,154
2050	-	-0,132	-0,131	0,000	0,000	-0,131
2051	-	-0,109	-0,108	0,000	0,000	-0,108
2052	-	-0,106	-0,105	0,000	0,000	-0,105
2053	-	-0,103	-0,102	0,000	0,000	-0,102
2054	-	-0,100	-0,099	0,000	0,000	-0,099
2055	-	-0,097	-0,096	0,000	0,000	-0,096
2056	-	-0,093	-0,093	0,000	0,000	-0,093
2057	-	-0,090	-0,090	0,000	0,000	-0,090
2058	-	-0,087	-0,086	0,000	0,000	-0,086
2059	-	-0,084	-0,083	0,000	0,000	-0,083
2060	-	-0,081	-0,080	0,000	0,000	-0,080
2061	-	-0,078	-0,077	0,000	0,000	-0,077
2062	-	-0,074	-0,074	0,000	0,000	-0,074
2063	-	-0,071	-0,071	0,000	0,000	-0,071

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

14.2.5.6 Concept 2 : centre de prétraitement mécanico-biologique de Erroumani

14.2.5.6.1 Investissements

En milliers de TND	Investissement initial	Extension	Renouvellement	Total
Terrain	0	0	0	0
Etude et assistance technique	641	0	936	1 578
Génie civil	18 731	0	5 593	24 324
Equipements	1 807	0	5 421	7 227
Total	21 179	0	11 950	33 129

14.2.5.6.2 Charges variables d'exploitation

En TND	Coût total
Electricité	15 459
Eau	789
Carburant	274 170
Traitement des lixiviats	119 003

14.2.5.6.3 Charges fixes d'exploitation

En TND	Coût total
Entretien et réparations	126 055
Personnel	95 286
Coûts postopératoires et autres	19 049

14.2.5.6.4 Cash flows prévisionnels

Année	Quantité de déchets (tonnes)	Excédent brut d'exploitation (MTND)	Flux d'exploitation (MTND)	Flux d'investissement (MTND)	Flux financier (MTND)	Variation de trésorerie (MTND)
2014	97 939	0,000	0,000	-13,382	13,382	0,000
2015	100 465	0,000	0,000	-2,162	2,162	0,000
2016	103 035	2,079	1,836	0,000	-0,933	0,904
2017	105 651	2,167	2,167	0,000	-0,933	1,235
2018	108 314	2,257	2,230	0,000	-0,933	1,298
2019	111 023	2,348	2,080	0,000	-0,933	1,147
2020	113 779	2,441	2,150	0,000	-0,933	1,217
2021	116 264	1,820	1,737	-14,425	12,627	-0,061
2022	118 790	1,905	1,905	0,000	-1,798	0,107
2023	121 357	1,991	1,991	0,000	-1,798	0,193
2024	123 967	2,079	2,079	0,000	-1,798	0,281
2025	126 620	2,169	2,169	0,000	-1,798	0,371

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Année	Quantité de déchets (tonnes)	Excédent brut d'exploitation (MTND)	Flux d'exploitation (MTND)	Flux d'investissement (MTND)	Flux financier (MTND)	Variation de trésorerie (MTND)
2026	129 317	2,260	2,260	0,000	-1,798	0,462
2027	132 058	2,352	2,352	0,000	-1,798	0,554
2028	134 844	2,338	2,314	-16,099	13,335	-0,451
2029	137 677	2,434	2,434	0,000	-2,764	-0,330
2030	140 555	2,531	2,531	0,000	-2,764	-0,233
2031	143 482	2,630	2,630	0,000	-2,764	-0,135
2032	146 456	2,730	2,730	0,000	-2,764	-0,034
2033	149 479	2,832	2,832	0,000	-2,764	0,068
2034	152 502	2,934	2,524	0,000	-2,764	-0,240
2035	155 525	2,908	2,879	-18,079	14,230	-0,970
2036	158 549	3,010	3,010	0,000	-3,849	-0,839
2037	161 572	3,112	3,112	0,000	-3,849	-0,737
2038	164 595	3,214	3,214	0,000	-3,849	-0,635
2039	167 618	3,316	3,316	0,000	-3,849	-0,533
2040	170 641	3,418	3,196	0,000	-3,849	-0,653
2041	173 665	3,520	2,640	0,000	-3,849	-1,209
2042	176 688	3,622	2,716	0,000	-3,849	-1,133
2043	-	0,000	0,379	0,000	0,000	0,379
2044	-	0,000	-0,028	0,000	0,000	-0,028
2045	-	0,000	0,006	0,000	0,000	0,006
2046	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2047	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2048	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2049	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2050	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2051	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2052	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2053	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2054	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2055	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2056	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2057	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2058	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2059	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2060	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2061	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2062	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2063	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

14.2.5.7 Concept 2 : centre de prétraitement mécanico-biologique de Salines

14.2.5.7.1 Investissements

En milliers de TND	Investissement initial	Extension	Renouvellement	Total
Terrain	0	0	0	0
Etude et assistance technique	555	0	1 670	2 225
Génie civil	3 285	0	0	3 285
Equipements	7 818	0	33 394	41 212
Total	11 658	0	35 064	46 721

14.2.5.7.2 Charges variables d'exploitation (moyenne annuelle)

En TND	Coût total
Electricité	247 336
Eau	1 277
Carburant	70 864

14.2.5.7.3 Charges fixes d'exploitation (moyenne annuelle)

En TND	Coût total
Entretien et réparations	187 578
Assurances	178 241
Personnel	122 393

14.2.5.7.4 Cash flows prévisionnels

Année	Quantité de déchets (tonnes)	Excédent brut d'exploitation (MTND)	Flux d'exploitation (MTND)	Flux d'investissement (MTND)	Flux financier (MTND)	Variation de trésorerie (MTND)
2014	70 047	0,000	0,000	-9,933	9,933	0,000
2015	71 548	0,000	0,000	-1,725	1,725	0,000
2016	73 072	1,593	1,406	0,000	-0,699	0,706
2017	74 619	1,649	1,649	0,000	-0,699	0,950
2018	76 188	1,707	1,670	0,000	-0,699	0,970
2019	77 782	1,765	1,560	0,000	-0,699	0,861
2020	79 400	1,824	1,604	0,000	-0,699	0,905
2021	81 042	1,341	1,278	-10,487	9,158	-0,051
2022	82 708	1,402	1,402	0,000	-1,329	0,073
2023	84 400	1,464	1,464	0,000	-1,329	0,135
2024	86 117	1,526	1,526	0,000	-1,329	0,198
2025	87 860	1,590	1,590	0,000	-1,329	0,261
2026	89 629	1,654	1,654	0,000	-1,329	0,326

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Année	Quantité de déchets (tonnes)	Excédent brut d'exploitation (MTND)	Flux d'exploitation (MTND)	Flux d'investissement (MTND)	Flux financier (MTND)	Variation de trésorerie (MTND)
2027	91 424	1,720	1,720	0,000	-1,329	0,391
2028	93 247	1,714	1,697	-11,620	9,594	-0,329
2029	95 097	1,781	1,781	0,000	-2,026	-0,244
2030	96 974	1,850	1,850	0,000	-2,026	-0,176
2031	98 880	1,919	1,919	0,000	-2,026	-0,106
2032	100 813	1,990	1,990	0,000	-2,026	-0,036
2033	102 776	2,062	2,062	0,000	-2,026	0,036
2034	104 739	2,133	1,842	0,000	-2,026	-0,184
2035	106 702	2,119	2,099	-12,957	10,153	-0,704
2036	108 665	2,191	2,191	0,000	-2,803	-0,612
2037	110 628	2,263	2,263	0,000	-2,803	-0,541
2038	112 591	2,334	2,334	0,000	-2,803	-0,469
2039	114 553	2,406	2,406	0,000	-2,803	-0,397
2040	116 516	2,477	2,301	0,000	-2,803	-0,503
2041	118 479	2,549	1,912	0,000	-2,803	-0,891
2042	120 442	2,621	1,966	0,000	-2,803	-0,838
2043	-	0,000	0,287	0,000	0,000	0,287
2044	-	0,000	-0,021	0,000	0,000	-0,021
2045	-	0,000	0,004	0,000	0,000	0,004
2046	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2047	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2048	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2049	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2050	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2051	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2052	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2053	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2054	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2055	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2056	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2057	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2058	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2059	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2060	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2061	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2062	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2063	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

14.2.5.8 Concept 2 : centre de prétraitement mécanico-biologique de Erroumani

14.2.5.8.1 Investissements

En milliers de TND	Investissement initial	Extension	Renouvellement	Total
Terrain	0	0	0	0

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012	Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version : finale

Etude et assistance technique	740	0	2 314	3 055
Génie civil	4 118	0	0	4 118
Equipements	10 685	0	46 288	56 974
Total	15 544	0	48 602	64 147

14.2.5.8.2 Charges variables d'exploitation (moyenne annuelle)

<i>En TND</i>	<i>Coût total</i>
Electricité	271 303
Eau	1 514
Carburant	141 728

14.2.5.8.3 Charges fixes d'exploitation (moyenne annuelle)

<i>En TND</i>	<i>Coût total</i>
Entretien et réparations	254 335
Assurances	246 665
Personnel	137 251

14.2.5.8.4 Cash flows prévisionnels

<i>Année</i>	<i>Quantité de déchets (tonnes)</i>	<i>Excédent brut d'exploitation (MTND)</i>	<i>Flux d'exploitation (MTND)</i>	<i>Flux d'investissement (MTND)</i>	<i>Flux financier (MTND)</i>	<i>Variation de trésorerie (MTND)</i>
2014	97 939	0,000	0,000	-13,382	13,382	0,000
2015	100 465	0,000	0,000	-2,162	2,162	0,000
2016	103 035	2,079	1,836	0,000	-0,933	0,904
2017	105 651	2,167	2,167	0,000	-0,933	1,235
2018	108 314	2,257	2,230	0,000	-0,933	1,298
2019	111 023	2,348	2,080	0,000	-0,933	1,147
2020	113 779	2,441	2,150	0,000	-0,933	1,217
2021	116 264	1,820	1,737	-14,425	12,627	-0,061
2022	118 790	1,905	1,905	0,000	-1,798	0,107
2023	121 357	1,991	1,991	0,000	-1,798	0,193
2024	123 967	2,079	2,079	0,000	-1,798	0,281
2025	126 620	2,169	2,169	0,000	-1,798	0,371
2026	129 317	2,260	2,260	0,000	-1,798	0,462
2027	132 058	2,352	2,352	0,000	-1,798	0,554
2028	134 844	2,338	2,314	-16,099	13,335	-0,451
2029	137 677	2,434	2,434	0,000	-2,764	-0,330
2030	140 555	2,531	2,531	0,000	-2,764	-0,233
2031	143 482	2,630	2,630	0,000	-2,764	-0,135
2032	146 456	2,730	2,730	0,000	-2,764	-0,034
2033	149 479	2,832	2,832	0,000	-2,764	0,068
2034	152 502	2,934	2,524	0,000	-2,764	-0,240

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Année	Quantité de déchets (tonnes)	Excédent brut d'exploitation (MTND)	Flux d'exploitation (MTND)	Flux d'investissement (MTND)	Flux financier (MTND)	Variation de trésorerie (MTND)
2035	155 525	2,908	2,879	-18,079	14,230	-0,970
2036	158 549	3,010	3,010	0,000	-3,849	-0,839
2037	161 572	3,112	3,112	0,000	-3,849	-0,737
2038	164 595	3,214	3,214	0,000	-3,849	-0,635
2039	167 618	3,316	3,316	0,000	-3,849	-0,533
2040	170 641	3,418	3,196	0,000	-3,849	-0,653
2041	173 665	3,520	2,640	0,000	-3,849	-1,209
2042	176 688	3,622	2,716	0,000	-3,849	-1,133
2043	-	0,000	0,379	0,000	0,000	0,379
2044	-	0,000	-0,028	0,000	0,000	-0,028
2045	-	0,000	0,006	0,000	0,000	0,006
2046	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2047	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2048	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2049	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2050	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2051	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2052	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2053	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2054	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2055	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2056	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2057	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2058	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2059	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2060	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2061	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2062	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2063	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

14.2.6 Coût de revient dynamique

Pour mémoire, deux coûts de revient dynamique ont été déterminés (pour un taux d'actualisation de 5%) :

- coût de revient dynamique opérationnel : relatif à la somme actualisée des coûts d'exploitation sur 50 ans divisée par la somme actualisée des quantités de déchets admis durant cette même période
- coût de revient dynamique total : quotient de la somme actualisée des coûts d'investissement (minorés des valeurs résiduelles en 2064) et d'exploitation sur 50 ans divisée par la somme actualisée des quantités de déchets admis durant cette même période.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

14.2.6.1 Concept 1 : 2 centres d'enfouissement technique

<i>En TND/tonne</i>	<i>coût de revient dynamique investissement</i>	<i>coût de revient dynamique opérationnel</i>	<i>coût de revient dynamique total</i>
Erroumani	5,985	24,500	30,485
Salines	9,218	37,974	47,192

14.2.6.2 Concept 2 : 2 centres d'enfouissement technique et 2 centres de prétraitement mécano-biologique

<i>En TND/tonne</i>	<i>coût de revient dynamique investissement</i>	<i>coût de revient dynamique opérationnel</i>	<i>coût de revient dynamique total</i>
CET Erroumani	44,505	16,230	60,734
CET Salines	47,323	18,358	65,681
Ensemble	45,663	17,105	62,768

Il apparaît ainsi que les coûts d'exploitation pèseront environ 27% du coût total de traitement des déchets municipaux de la vallée de la Medjerdah.

14.2.6.3 Concept 2 : 2 centres d'enfouissement technique et 2 centres de prétraitement mécano-biologique

<i>En TND/tonne</i>	<i>coût de revient dynamique investissement</i>	<i>coût de revient dynamique opérationnel</i>	<i>coût de revient dynamique total</i>
CET Erroumani	38,726	18,554	57,279
PMB Erroumani	35,207	13,543	48,750
CET Salines	45,576	23,453	69,029
PMB Salines	37,186	14,939	52,125
Ensemble	56,786	24,397	81,183

Il apparaît ainsi que le concept 2 est plus coûteux que le concept 1, même si le concept 2 comporte des avantages environnementaux (augmentation de la durée de vie de la décharge, réduction des émissions des gaz à effet de serre, impact moindre sur les populations avoisinantes (expropriations foncières)).

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

14.2.7 Analyse de sensibilité

Une analyse de sensibilité a été faite sur les hypothèses concernant le taux d'actualisation, le tonnage collecté/traité, les investissements et les charges d'exploitation, de façon à déterminer l'impact de leur variation sur les coûts de revient dynamiques.

Il a été considéré les sensibilités suivantes :

- Taux d'actualisation de 0% et de 8%
- Réduction de 50% du tonnage collecté/traité
- Augmentation de 30% du coût d'investissement initial
- Augmentation de 50% du coût d'investissement de renouvellement et d'extension
- Augmentation de 30% des charges d'exploitation

Les tableaux suivants présentent les résultats des tests de sensibilité.

14.2.7.1 Taux d'actualisation de 0%

<i>En TND/tonne</i>	<i>Collecte et transfert coût de revient dy- namique total</i>	<i>Concept 1 coût de revient dy- namique total</i>	<i>Concept 2 coût de revient dynamique total</i>
Erroumani	28,035	-	-
Salines	43,325	-	-
CET Erroumani	-	63,826	56,088
PMB Erroumani	-	-	48,288
CET Salines	-	68,445	68,254
PMB Salines	-	-	51,736
Ensemble	-	65,725	80,240

14.2.7.2 Taux d'actualisation de 8%

<i>En TND/tonne</i>	<i>Collecte et transfert coût de revient dy- namique total</i>	<i>Concept 1 coût de revient dy- namique total</i>	<i>Concept 2 coût de revient dynamique total</i>
Erroumani	32,045	-	-
Salines	49,617	-	-
CET Erroumani	-	60,285	59,135
PMB Erroumani	-	-	49,040

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

CET Salines	-	65,700	70,937
PMB Salines	-	-	52,373
Ensemble	-	62,512	82,394

Il apparaît clairement que plus le taux d'actualisation est fort, plus le coût de revient dynamique total devient élevé : en effet, l'augmentation du taux d'actualisation revient à considérer le présent beaucoup plus important que le futur, tant pour les coûts (et notamment pour l'investissement initial) que pour les quantités (plus faibles au début de période).

14.2.7.3 Réduction de 50% du tonnage collecté/traité

<i>En TND/tonne</i>	<i>Collecte et transfert coût de revient dy- namique total</i>	<i>Concept 1 coût de revient dy- namique total</i>	<i>Concept 2 coût de revient dynamique total</i>
Erroumani	53,193	-	-
Salines	83,082	-	-
CET Erroumani	-	121,469	114,558
PMB Erroumani	-	-	97,501
CET Salines	-	131,361	138,058
PMB Salines	-	-	104,249
Ensemble	-	125,537	162,366

Une baisse de 50% des quantités de déchets collectés entraîné une hausse de 74% à 76% du coût de revient dynamique de la collecte et du transfert de ces déchets.

S'agissant du traitement des déchets municipaux, les résultats montrent qu'une réduction de 50% des quantités de déchets collectés et traités se traduit respectivement par une hausse moyenne de 100% du coût de revient dynamique. D'une façon générale, cette forte augmentation observée montre qu'il s'agit d'activités principalement à coûts fixes.

14.2.7.4 Augmentation de 30% du coût d'investissement initial

<i>En DNT/tonne</i>	<i>Concept 1 coût de revient dy- namique total</i>	<i>Concept 2 coût de revient dynamique total</i>
CET Erroumani	81,471	81,045

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

<i>En DNT/tonne</i>	<i>Concept 1 coût de revient dy- namique total</i>	<i>Concept 2 coût de revient dynamique total</i>
PMB Erroumani	-	46,346
CET Salines	66,535	77,462
PMB Salines	-	48,040
Ensemble	75,329	86,828

Une hausse de 30% du coût des investissements initiaux a pour impact une augmentation respective-ment de 8,7% et 9,1% sur le coût de revient dynamique total du concept 1 et du concept 2. Par consé-quent, le coût de revient total apparaît relativement peu sensible à l'augmentation du coût des investis-sements initiaux.

14.2.7.5 Augmentation de 50% du coût d'investissement de renouvellement et d'extension

<i>En DNT/tonne</i>	<i>Concept 1 coût de revient dy- namique total</i>	<i>Concept 2 coût de revient dynamique total</i>
CET Erroumani	89,391	75,837
PMB Erroumani	-	49,277
CET Salines	67,719	76,635
PMB Salines	-	51,046
Ensemble	80,480	88,084

Une hausse de 50% du coût des investissements de renouvellement et d'extension a pour impact une augmentation respectivement de 16% et 11% sur le coût de revient dynamique total du concept 1 et du concept 2. Le concept 1 est le plus sensible à l'augmentation du coût des investissements initiaux.

14.2.7.6 Augmentation de 30% des charges d'exploitation

<i>En DNT/tonne</i>	<i>Concept 1 coût de revient dy- namique total</i>	<i>Concept 2 coût de revient dynamique total</i>
CET Erroumani	84,010	80,536
PMB Erroumani	-	49,403
CET Salines	68,799	80,566

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

PMB Salines	-	51,400
Ensemble	77,755	90,496

Une hausse de 30% des charges d'exploitation a pour impact une augmentation de 12,2% et 13,7% sur le coût de revient dynamique total du concept 1 et du concept 2.

14.2.7.7 Conclusion sur l'analyse de sensibilité

L'analyse précédente a montré que les coûts de revient dynamique de la collecte et du transfert des déchets municipaux sont principalement sensibles au tonnage à traiter et aux charges d'exploitation.

En revanche, les coûts de revient dynamique des concepts 1 et 2 sont principalement sensibles au tonnage à traiter et relativement moins au coût d'investissement, aux charges d'exploitation et aux investissements de renouvellement.

14.3 ANALYSE FINANCIERE

L'analyse financière a pour objectif d'estimer le coût en fonction des schémas d'investissement retenus, et, en particulier, des modes de participation du secteur privé. L'analyse a donc considéré trois schémas de participation public-privé :

- Le premier schéma est le schéma classique, où les installations sont conçues, financées et construites par le maître d'ouvrage (en l'occurrence l'ANGed) et leur exploitation est déléguée à un opérateur privé : contrat de service
- Le second schéma est innovant (et à l'heure actuelle, n'est pas prévu par la législation des marchés publics en vigueur) : les installations sont financées par le maître d'ouvrage (en l'occurrence l'ANGed) mais leur conception, leur construction et leur exploitation sont déléguée à un opérateur privé unique - contrat de DBO (design build operate).
- Le troisième schéma consiste à confier le financement, la conception, la construction et l'exploitation des installations à un opérateur privé unique : contrat de BOO(T) (design, build, own, operate – le transfert des installations au maître d'ouvrage étant facultatif, étant donné leur durée de vie).

Les schémas de financement considérés dans l'analyse financière sont les suivants :

	<i>Investissement initial</i>	<i>Extension</i>	<i>Renouvellement</i>	<i>Charges d'exploitation</i>	<i>Gestion post-opératoire (fermeture et réhabilitation)</i>
Contrat de service	ANGed	ANGed	Opérateur privé	Opérateur privé	ANGed
Contrat DBO	ANGed	ANGed	ANGed	Opérateur privé	ANGed

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

	<i>Investissement initial</i>	<i>Extension</i>	<i>Renouvellement</i>	<i>Charges d'exploitation</i>	<i>Gestion post-opératoire (fermeture et réhabilitation)</i>
Contrat BOO(T)	Opérateur privé	Opérateur privé	Opérateur privé	Opérateur privé	Opérateur privé

Les conditions de financement appliquées dans l'analyse sont :

	<i>Taux d'intérêt</i>	<i>Durée</i>	<i>Période de grâce</i>
Contrat de service (ANGed)	Euribor + 1%	30 ans	10 ans
Contrat de service (opérateur privé)	TMM + 2%	7 ans	1 an
Contrat DBO	Euribor + 1%	30 ans	10 ans
Contrat BOO(T)	TMM + 2%	10 ans	2 ans

14.3.1 Contrat de service

<i>En TND/tonne</i>	<i>Collecte et transfert coût total</i>	<i>Concept 1 coût total</i>	<i>Concept 2 coût total</i>
Contrat de service	24,197 (Erroumani) 37,149 (Salines)	62,940	80,921

Le concept 2 est 28,6% plus cher que le concept 1.

14.3.2 Contrat DBO

<i>En TND/tonne</i>	<i>Collecte et transfert coût total</i>	<i>Concept 1 coût total</i>	<i>Concept 2 coût total</i>
Contrat DBO	23,688 (Erroumani) 36,392 (Salines)	63,154	78,610

Le concept 2 est 24,5% plus cher que le concept 1.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

14.3.3 Contrat BOO(T)

<i>En TND/tonne</i>	<i>Collecte et transfert coût total</i>	<i>Concept 1 coût total</i>	<i>Concept 2 coût total</i>
Contrat BOO(T)	24,944 (Erroumani) 38,353 (Salines)	65,277	79,610

Le concept 2 est 22,0% plus cher que le concept 1.

14.3.4 Conclusion sur l'analyse financière

D'une façon générale, l'option concession (BOO(T)) est légèrement plus chère parmi tous les schémas de participation public-privé considérés. En outre, cette option comporte des risques (technologiques, techniques, commerciaux, financiers) non négligeables liés notamment à la durée du contrat, surtout dans le contexte économique et politique actuel.

L'option DBO apparaît la plus intéressante, notamment pour le concept 2, car elle permet de concilier moindres coûts de financement et efficacité opérationnelle. Cependant, le code des marchés publics ne prévoit pas ce type de partenariat public-privé.

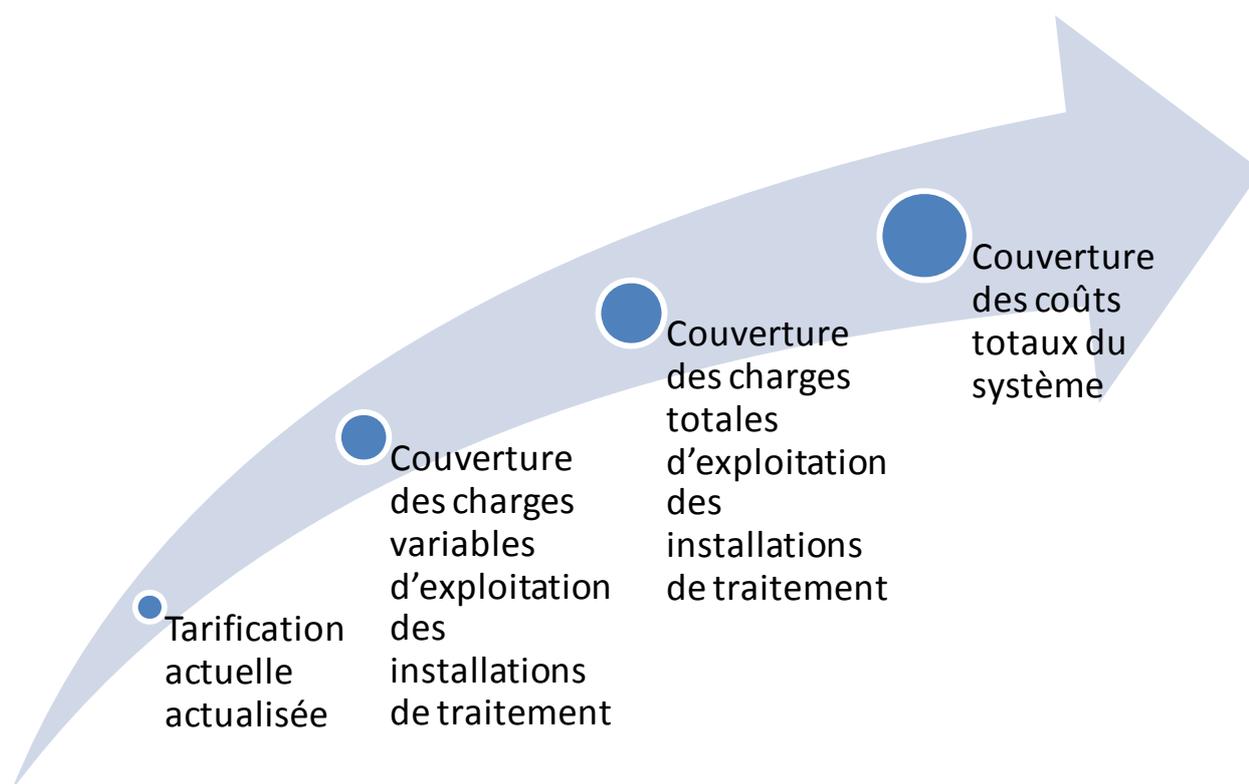
Par conséquent, l'option « contrat de service » est, dans l'état actuel des choses, l'option la plus plausible en termes de coûts.

14.4 SYSTEME DE TARIFICATION PROPOSE

Une question clef qui se dégage des analyses économique et financière précédentes est la suivante : alors que les ressources des communes sont limitées (et d'autant plus dans le contexte actuel de baisse des rentrées fiscales), comment s'assurer de l'adhésion des communes (principaux producteurs de déchets ménagers et assimilés) au nouveau système de gestion des déchets solides, et, par voie de conséquence, le recouvrement des coûts de gestion de ces déchets ? Il apparaît donc clairement que ces deux questions sont intimement liées et demandent une réponse globale, qui implique, entre autres, la contribution directe de l'Etat compte tenu des bénéfices qu'il tirera de l'amélioration de la gestion des déchets (protection des ressources hydriques et pédologiques, hygiène et santé publique, réduction des émissions des gaz à effet de serre).

Une réponse possible consiste à mettre en place une tarification incitative de façon à encourager les communes à mettre en place une gestion durable et intégrée de leurs déchets, ainsi que l'illustre la figure suivante :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale



La question du financement, du recouvrement des coûts et de la tarification est étudiée dans le cadre de l'étude de faisabilité économique et financière, de façon à dégager le schéma optimal de tarification.

14.4.1 Tarification phase 1 (tarif actuel actualisé)

Il est proposé de mettre en place un tarif unique (quel que soit le concept mis en œuvre) qui sera défini sur la base d'une actualisation du tarif actuellement appliqué pour le transfert et la mise en décharge des déchets municipaux provenant des communes de Bèjà, Jendouba, Siliana et Medjez El Bab⁶. Concernant la collecte, le tarif appliqué sera le coût réel (comme c'est le cas actuellement, les communes payant le coût réel de la collecte, qu'elle soit réalisée en régie directe ou en sous-traitance).

La grille tarifaire est la suivante :

	<i>Tarif en TND/tonne</i>	<i>Taux de couverture des coûts</i>
Collecte (Erroumani)	24,200	100%
Collecte (Salines)	37,200	100%
Tarif unique (concept 1)	8,600	13,7%
Tarif unique (concept 2)	8,600	10,6%

⁶ 6,400 TND/tonne en 2010.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

14.4.2 Tarification phase 2 (couverture frais variables)

Le tarif proposé ne couvre que les frais variables d'exploitation du transfert et du traitement des déchets municipaux, à savoir les frais relatifs au carburant, l'électricité, l'eau, les matériaux de couverture, le traitement (éventuel) des lixiviats et du biogaz.

Ces tarifs ne comprennent pas les coûts

- des charges d'exploitation fixes (qui comprennent la provision pour gestion postopératoire, contrôle et suivi, formation du personnel, assurances et taxes, divers et imprévus, charges de personnel, charges d'entretien, etc.),
- des coûts fixes (qui comprennent les charges d'amortissement, charges de financement et de rémunération du capital), les frais de sensibilisation et de marketing et les frais de gestion.

Comme précédemment, le tarif appliqué pour la collecte des déchets ménagers et ménagers sera le coût réel.

La grille tarifaire est la suivante :

	<i>Tarif en TND/tonne</i>	<i>Taux de cou- verture des coûts</i>
Collecte (Erroumani)	24,200	100%
Collecte (Salines)	37,200	100%
Tarif phase 2 (concept 1)	8,640	13,8%
Tarif phase 2 (concept 2)	11,007	13,6%

14.4.3 Tarification phase 3 (couverture OPEX⁷)

Dans une troisième phase, cette grille tarifaire évoluera de façon à intégrer l'ensemble des charges d'exploitation (fixes et variables) des installations de traitement des déchets ménagers et assimilés. Toutefois, ces tarifs ne comprennent pas les coûts :

- de la collecte,
- du transfert et stockage intermédiaire des déchets ménagers et assimilés,
- des coûts fixes (qui comprennent les charges d'amortissement, charges de financement et de rémunération du capital), les frais de sensibilisation et de marketing et les frais de gestion.

Comme précédemment, le tarif appliqué pour la collecte des déchets ménagers et ménagers sera le coût réel.

La grille tarifaire est la suivante :

	<i>Tarif en TND/tonne</i>	<i>Taux de cou- verture des coûts</i>
Collecte (Erroumani)	24,200	100%
Collecte (Salines)	37,200	100%

⁷ OPEX : Operational Expenditures

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

	<i>Tarif en TND/tonne</i>	<i>Taux de cou- verture des coûts</i>
Tarif phase 3 (concept 1)	17,105	27,3%
Tarif phase 3 (concept 2)	24,397	30,1%

14.4.4 Tarification phase 4 (couverture OPEX et CAPEX⁸)

Enfin, dans une dernière phase, les tarifs intégreront l'ensemble des coûts du système (exploitation, sensibilisation, frais généraux, investissements). Toutefois, ces tarifs ne comprennent pas les coûts :

- de la collecte,
- du transfert et stockage intermédiaire des déchets ménagers et assimilés.

Comme précédemment, le tarif appliqué pour la collecte des déchets ménagers et ménagers sera le coût réel.

La grille tarifaire est la suivante :

	<i>Tarif en TND/tonne</i>	<i>Taux de cou- verture des coûts</i>
Collecte (Erroumani)	24,200	100%
Collecte (Salines)	37,200	100%
Tarif phase 4 (concept 1)	62,768	100%
Tarif phase 4 (concept 2)	81,183	100%

14.4.5 Détermination de l'impact financier sur les parties concernées

14.4.5.1 L'Etat

L'amélioration de la gestion des déchets ménagers et assimilés dans la vallée de la Medjerdah aura certes un impact positif sur l'environnement et la santé publique, mais ne manquera pas de dégrader les comptes des communes concernées. Il convient donc d'appliquer le principe du pollueur-payeur aux communes progressivement, de façon à lisser dans le temps son impact. Par conséquent, l'impact de l'entrée en exploitation des nouvelles installations sera fort sur le budget de l'Etat.

Sur la base d'un échéancier raisonnable d'introduction et d'actualisation des tarifs, le tableau suivant présente le montant des subventions d'équilibre à verser par l'Etat en fonction des grilles tarifaires choisies :

⁸ CAPEX: Capital Expenditures

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

	2014-2018			2019-2023			2024-2028			A compter de 2029		
	Tarif 1 (TND/T)	Q (T)	Etat (TND)	Tarif 2 (TND/T)	Q (T)	Etat (TND)	Tarif 3 (TND/T)	Q (T)	Etat (TND)	Tarif 4 (TND/T)	Q (T)	Etat (TND)
Collecte (Erroumani)	24,200	515 404	0	24,200	581 212	0	24,200	646 807	-	24,200	2 199 004	0
Collecte (Salines)	37,200	365 475	0	37,200	405 331	0	37,200	448 277	0	37,200	1 507 855	0
Concept 1	8,600	880 879	47 715 744	8,640	986 544	53 399 749	17,105	1 095 084	50 005 324	62,768	1 212 189	0
Concept 2	8,600	880 879	63 936 710	11,007	986 544	69 231 536	24,397	1 095 084	62 185 390	81,183	3 706 859	0

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Le concours cumulé de l'Etat sur la période 2014-2042 à l'équilibre du système de gestion des déchets municipaux de la vallée de la Medjerdah sera ainsi de 151,1 millions de dinars constants (valeur 2012) pour le concept 1 et de 195,4 millions de dinars constants (valeur 2012) pour le concept 2. Ce montant important souligne l'ampleur des enjeux.

Ce constat permet de dégager les enseignements suivants :

- L'entrée en exploitation du système amélioré de gestion des déchets municipaux de la vallée de la Medjerdah (avec le processus de délégation au secteur privé) doit aller de pair avec la recherche de nouvelles recettes pour les communes. Ceci passe par l'introduction à plus ou moins brève échéance d'une redevance pour traitement des déchets aux ménages et autres producteurs de déchets assimilés aux déchets ménagers.
- Toutefois, il est illusoire d'escompter l'application de la vérité des coûts du nouveau système auprès des communes dès la première année, ni même à court terme, compte tenu du fait qu'aujourd'hui la majorité de celles-ci ne paient presque rien pour le traitement de leurs déchets (à l'exception des 4 communes de Béja, Siliana, Jendouba et Medjez El Bab). L'obtention de subventions du budget de l'Etat aux communes est conditionnée par la recherche d'un consensus et de l'adhésion des communes (notamment des élus et de la population) à ce nouveau concept, à la mise en place d'un système de contrôle des productions de déchets municipaux, et l'engagement de l'Etat et des communes à introduire une redevance auprès des producteurs de déchets ménagers et assimilés.

14.4.5.2 Les communes

De façon symétrique, il a été déterminé le montant de la contribution des communes sur la base du même échéancier d'introduction et d'actualisation des tarifs.

Le tableau suivant présente la progression des contributions des communes au financement du système amélioré de gestion des déchets municipaux de la vallée de la Medjerdah, en fonction des grilles tarifaires choisies.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

	2014-2018			2019-2023			2024-2028			A compter de 2029		
	Tarif 1 (TND/T)	Q (T)	Communes (TND)	Tarif 2 (TND/T)	Q (T)	Communes (TND)	Tarif 3 (TND/T)	Q (T)	Communes (TND)	Tarif 4 (TND/T)	Q (T)	Communes (TND)
Collecte (Erroumani)	24,200	515 404	12 472 777	24,200	581 212	14 065 330	24,200	646 807	15 652 729	24,200	2 199 004	53 215 897
Collecte (Salines)	37,200	365 475	13 595 670	37,200	405 331	15 078 313	37,200	448 277	16 675 904	37,200	1 507 855	56 092 206
Concept 1	8,600	880 879	7 575 556	8,640	986 544	8 523 966	17,105	1 095 084	18 731 305	62,768	1 212 189	76 087 082
Concept 2	8,600	880 879	7 575 556	11,007	986 544	10 858 917	24,397	1 095 084	26 716 700	81,183	3 706 859	300 933 476

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Il apparaît que la contribution cumulée sur la période 2014-2042 des communes s'élèvera à 307,8 millions de dinars constants (valeur 2012) pour le concept 1 et de 542,9 millions de dinars constants (valeur 2012) pour le concept 2.

14.4.6 Conclusion sur l'analyse tarifaire

L'analyse a permis de dégager deux résultats importants :

- Le coût du traitement des déchets ménagers et assimilés sera élevé et pourra avoir un impact financier non négligeable sur les budgets de certaines communes de la région ;
- Le calcul des prix de revient dynamique montre que l'investissement représente entre 69,9% (concept 2) et 72,7% (concept 1) du coût total.

Par conséquent, il peut être raisonnable de proposer un mode de recouvrement des coûts graduel, en commençant à un niveau bas de façon à d'abord convaincre les communes et autres producteurs de déchets assimilables aux déchets ménagers de l'intérêt d'améliorer la gestion des déchets (tarification phase 1), puis en l'augmentant progressivement en intégrant les charges fixes d'exploitation (tarification phases 2 et 3), puis l'ensemble des coûts du traitement des déchets municipaux (tarification phase 4).

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

15 EVALUATION SOCIO-ECONOMIQUE

L'impact du projet sur la lutte contre la pauvreté et l'intégration du secteur informel est important.

La création de 37 centres de transfert et de deux centres d'élimination va créer une forte création d'emploi non qualifié (collecte, tri sélectif, exploitation de décharge et de centres de PMB) et faiblement qualifié (chauffeurs), voire qualifiés (cadres, mécanicien, personnel administratif). Il peut être évalué comme suit :

Tableau 15-1 Evaluation de la main d'œuvre requise pour l'exploitation des infrastructures du projet

Personnel	Qualification	37 CT	2 PMB + CET avec tri	Total
Gardien	Non qualifié	80	6	328
Ouvrier		80	70	
Nettoyeur		80	12	
Chauffeur	Qualification technique	25	10	51
Mécanicien		5	6	
Electricien		2	3	
Directeur	Cadre et administration	2	2	23
Ingénieur		5	2	
Administration		6	6	

Soit la création d'environ **400 emplois** sur les 4 gouvernorats.

Ce sont des emplois plutôt pour des hommes, mais les activités de tri manuel sur les bandes de tri peuvent être confiées aussi à des femmes. Cela représente environ **une cinquantaine** d'emplois potentiels **pour des femmes**.

Les activités de tri et d'exploitation des décharges, ainsi que les activités de personnel non qualifié au niveau des centres de transfert sont des activités qui permettent d'embaucher les acteurs du **secteur informel** et de les faire ainsi passer dans le secteur formel. Cela représente environ **240 emplois**.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

16 RESUME DES MESURES D'ACCOMPAGNEMENT

Les mesures d'accompagnement du personnel de l'ANGed ont été présentées au chapitre 13.7. Ces mesures d'accompagnement sont estimées à 60.000 EUR (3 H/mois d'expertise internationale) pour l'ANGed et 100.000 EUR (18 H/mois d'expertise nationale) pour les communes.

Par ailleurs, l'enquête menée en mars 2012 auprès des populations bénéficiaires du projet a montré la nécessité de réaliser des formations et des sensibilisations **à court terme** au niveau du personnel communal et des populations de la zone du projet. Le Consultant a recommandé ces actions (voir rapport de mars 2012) rapidement, afin de sécuriser les sites des CT et des deux décharges qui ne posent pas de problème, mais aussi de faciliter l'acquisition et de résoudre les problèmes sur les sites qui présentent des difficultés.

L'ANGed dit vouloir confier ces tâches à son département « Communication », mais il semble qu'à ce jour (juillet 2012), aucune action n'ait été entreprise en ce sens. Ce qui est dommage et probablement dommageable pour la réalisation du projet, car tous les contacts sur le terrain ont montré que les bénéficiaires (aussi bien les communes que les populations) sont demandeurs d'infrastructures modernes de gestion des déchets ménagers et assimilés dans la Vallée de la Medjerda.

C'est pourquoi nous recommandons d'intégrer ces mesures d'accompagnement d'urgence dans la suite de la réalisation du projet (voir chapitre suivant).

L'assistance technique requise pour accompagner l'ANGed dans la phase de sensibilisation d'urgence peut être estimée à 100.000 EUR, à réaliser sur environ 12 mois (3 mois d'activités intenses, puis 9 mois d'accompagnement et de soutien d'urgence).

Enfin, il serait souhaitable que chaque commune réalise son propre « Plan de Gestion Communal des Déchets », initialisé dans certaines communes par l'action pilote de la GIZ.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

17 PRESENTATION D'UN CONCEPT DE REALISATION

Le concept de réalisation du projet sera déterminé par deux éléments importants : le choix d'opter ou non pour le PMB et la possibilité légale d'opter pour une réalisation / exploitation des centres d'élimination suivant la formule DBO.

Nous présentons ci-dessous un planning de réalisation des tâches du projet, en considérant que le choix se portera sur le PMB et que la réalisation des travaux / l'exploitation se fera sur base du schéma actuel, à savoir le contrat de service.

Tableau 17-1 Planning de Réalisation du Concept du Projet

Objet	Remarques	2012		2013				2014				2015				2016			
		03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04
Projet pilote de PMB à Béja																			
Soumission et contrat																			
Projet Pilote																			
Décision ANGED >< PMB																			
Extension des 4 décharges existantes																			
Etudes et DAO																			
Soumissions et contrat travaux																			
Travaux																			
Fermeture des dépotoirs sauvages																			
Etudes																			
Travaux																			
Etude Faisabilité - Phase 3																			
Phase 3 version finale	Conclusions																		
Investigations terrain de 11 CT																			
APS des 17 CT restants	Progressivement																		
EIE des 37 CT	Progressivement																		
EIE des 2 CET + PMB																			
Campagne de sensibilisation																			
Etude Faisabilité - Phase 4																			
CT : APD et DAO																			
CET + PMB : APD et DAO																			
Travaux de Construction CT																			
Soumissions et contrats	Par lots					1	1	2	2	3	3	4	4						
Construction	Par lots						1	1	2	2	3	3	4	4					
Mise en exploitation	Progressivement																		
Travaux de Construction CET + PMB																			
Soumissions et contrats																			
Construction																			
Assistance Technique																			
Renforcement des capacités de l'ANGED																			
Comité Régional de Suivi du Projet																			
DAO exploitation CET + PMB																			
Soumission et adjudication																			
Mise en exploitation																			
Assistance à l'exploitation																			

1 En priorité, CT qui peuvent être attachés aux 4 décharges existantes

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012	Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version : finale

L'exécution du projet se fera selon le schéma classique de la Coopération Financière allemande avec l'ANGed :

- Le Consultant achèvera l'étude de faisabilité et réalisera les APD / DAO des infrastructures financées par la KfW
- Les appels d'offres et les adjudications de travaux et d'exploitation des installations seront menés par l'ANGed
- Assistance Technique pour la surveillance des travaux de construction de Génie Civil
- Assistance Technique pour le renforcement des capacités de l'ANGed, pour le choix de l'exploitant des centres d'élimination (si l'option PMB est retenue) et assistance à l'exploitation de ces deux centres.

Le fait de procéder à l'essai pilote du PMB va retarder de plus d'une année les conclusions de l'étude de faisabilité. Nous suggérons que cette période soit mise à profit pour réaliser l'extension des 3 décharges existantes (Jendouba, Siliana et Medjez El Bab – l'extension de la décharge de Béja étant déjà faite depuis 2008) et que la quatrième décharge en service soient « alimentée » à partir de centres de transfert à construire. Cette option permettra d'initialiser la phase de réalisation du projet (qui est attendue par les populations et les autorités régionales), et aussi de prendre possession des terrains qui sont affectés par les municipalités depuis plus de trois ans (et qui faute d'être attribués rapidement à l'ANGed seront proposés à d'autres fins).

Les quatre décharges seront ainsi utilisées au maximum et leur fermeture finale pourra être faite.

Le rôle des opérateurs privés dans le projet concernera l'exploitation des centres de transfert et des deux sites d'élimination. Les opérateurs publics joueront le rôle de Maître de l'Ouvrage (ANGed), de contrôle (ANPE) et d'accompagnement (Comité Régional de Suivi pour la Vallée de la Medjerda).

Les études APD et DAO seront normalement confiées au bureau d'études IGIP (phase 4 - avenant au contrat de l'étude de faisabilité). L'assistance technique pour les travaux de génie civil peut faire l'objet d'une consultation nationale, alors que l'assistance technique pour le renforcement des capacités de l'ANGed et l'adjudication des exploitants des centres d'élimination doit faire l'objet d'une consultation internationale.

Les risques concernant l'exécution du projet sont les suivants :

- Refus / objections des populations de certaines communes à accepter un centre de transfert, voire un centre d'élimination. Il faut remédier à ce risque par des campagnes de sensibilisation générales et locales.
- Retard dans le choix de l'ANGed sur le procédé ou non de PMB. Mais l'essai pilote devrait permettre de faire un choix circonstancié à la fin 2013.
- Retard au sein de l'ANGed dans les lancements d'appels d'offres et les adjudications, notamment au niveau du choix de l'exploitant des centres d'élimination. Mais l'assistance technique proposée devrait remédier à ce risque.
- Faible intérêt des opérateurs privés pour l'exploitation des centres d'élimination avec le PMB, suite aux expériences antérieures en Tunisie dans le secteur de l'exploitation des décharges. Pour re-

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

médier à ce risque, il convient de rédiger un dossier d'appel d'offres clair et précis, et mener une campagne d'informations internationale préliminaire afin que les sociétés intéressées puissent se documenter suffisamment à l'avance. De plus, l'intérêt des cimentiers et de nouveaux acteurs privés du secteur de la GDS devrait réduire ce risque.

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

18 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS FINALES DU CONSULTANT

L'étude de faisabilité a débuté en février 2009. Le présent rapport provisoire est achevé en juillet 2012, alors que plusieurs terrains pour des centres de transfert n'ont pas encore été attribués officiellement au Consultant et qu'aucune étude d'impact n'a été réalisée.

L'étude fut donc longue pour plusieurs raisons :

- La technologie de prétraitement anaérobie (digesteur) pressentie initialement s'est révélée inadéquate car trop onéreuse et trop sophistiquée pour la région d'étude. L'étude s'est alors concentrée sur le PMB qui a été analysé plus en détail, en ce inclus les technologies avec ventilation forcée au détriment des solutions à ventilation passive (choix initial pour le site de Kabouti).
- Malgré l'assistance technique renforcée pour l'analyse des options de PMB fournie par le Consultant, et malgré la visite d'une installation de PMB en Hongrie d'une délégation de l'ANGed en octobre 2011, l'ANGed n'a pas voulu se prononcer sur les choix de la technologie de PMB, décidant d'attendre les résultats d'un pilote sur le site de la centrale de compostage de Béja.
- Le Consultant a donc développé dans le présent rapport les études APS des options « sans PMB » et « avec PMB » pour les deux sites d'élimination.
- L'ANGed, craignant une opposition forte au projet, a dans un premier temps (dernier trimestre 2011) suspendu les activités du Consultant relatives aux investigations de terrain des centres de transfert, et a sollicité l'appui du Consultant pour faire un sondage de l'acceptabilité du projet par les bénéficiaires.
- Tout ceci sans compter les retards engendrés par les effets de la révolution de janvier 2010.

Néanmoins, en juillet 2012, le projet semble relancé :

- Le projet pilote devrait débuter au début de l'année 2013
- Le Consultant va être chargé de réaliser les études APD et DAO des centres de transfert dont les terrains sont disponibles, ainsi que des travaux d'extension des trois décharges existantes.
- De ce fait, les premiers investissements pourront être déboursés au milieu de l'année 2013, et se poursuivre jusqu'à la construction (et l'équipement si l'option PMB est retenue) des deux centres d'élimination.

Ainsi, la zone de la Medjerda va voir ses infrastructures de GDS renforcées et modernisées, en prolongation des actions menées dans les années 1990 et 2000 avec l'aide de la Coopération financière Allemande.

Pour ce faire, nous estimons les investissements initiaux comme suit :

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 18-1 Investissements initiaux pour la réalisation du projet

Objet	Montants	
	DNT	EUR
Construction de 36 centres de transfert	8 201 259	4 205 774
GC des deux centres de PMB + décharge - Casier 1	22 996 055	11 792 849
Total investissements initiaux	31 197 314	15 998 623

Objet	Montants	
	DNT	EUR
Construction de 36 centres de transfert	8 201 259	4 205 774
GC des deux centres de PMB + décharge - Casier 1	22 996 055	11 792 849
Equipements fixes et mobiles de deux centres (décharge + PMB)	26 166 617	13 418 778
Total investissements initiaux	57 363 931	29 417 401

11849 - Rapport Phase 3 - final 12 12 2012		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	12/12/2012
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale