



Tunisie

Ministère de l'Environnement et du Développement Durable



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 2
AOUT 2011

**Version finale / Original
Rapport + Annexes**



Consulting Engineers

Germany – www.igjp.com

TABLE DES MATIERES

1	RÉSUMÉ	XV
1.1	Introduction	XV
1.2	Les déchets ménagers	XV
1.2.1	Production	XV
1.2.2	Options techniques	XVI
1.2.3	Les systèmes de gestion étudiés	XVIII
1.2.3.1	Système décentralisé	XVIII
1.2.3.2	Système semi central	XVIII
1.2.3.3	Système centralisé	XX
1.2.4	Pré-collecte, collecte, transport et transfert	XX
1.2.5	Tri des déchets ménagers	XXII
1.2.6	Prétraitement mécano-biologique (PMB)	XXIII
1.2.7	Le prétraitement anaérobique des déchets ménagers - digesteur	XXIV
1.2.7.1	Procédé choisi pour le projet	XXIV
1.2.7.2	Options de prétraitement par voie anaérobique	XXV
1.2.7.3	Hypothèses de calcul	XXV
1.2.7.4	Conclusion	XXVI
1.2.8	Enfouissement	XXVIII
1.2.9	Combinaison et harmonisation de scénarios – Coûts du concept recommandé	XXIX
1.3	Autres flux	XXXI
1.3.1	Boues de STEP de l'ONAS	XXXI
1.3.2	DASRI	XXXI
1.3.3	Déchets d'abattoirs	XXXI
1.3.4	Déchets industriels banals (DIB)	XXXI
1.3.5	Déchets inertes	XXXII
1.4	Développement des options du concept institutionnel et organisationnel	XXXII
1.4.1	Précollecte, collecte, Transfert, transport et élimination des déchets ménagers et assimilés	XXXII
1.4.2	Tri des déchets ménagers recyclables	XXXII
1.4.3	Recyclage des déchets ménagers recyclables triés	XXXIII
1.4.4	Pré-traitement des déchets ménagers	XXXIII
1.4.5	Contrôle technique et financier de la post-collecte	XXXIII
1.4.6	Gestion des boues des stations d'épuration	XXXIII
1.4.7	Gestion des déchets de soin	XXXIII
1.4.8	Gestion des déchets d'abattoirs	XXXIV

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

1.4.9	Gestion des déchets inertes et de démolition	XXXIV
1.4.10	Gestion des déchets industriels banals	XXXV
2	INTRODUCTION	1
2.1	Progression de l'étude de faisabilité et Contenu du rapport	1
2.2	Rappel de la Phase 1 – Hypothèses de base	1
2.3	Présentation des options	3
3	DÉVELOPPEMENT DES SCÉNARII DE GESTION DES DÉCHETS MÉNAGERS	9
3.1	Introduction	9
3.1.1	Système décentralisé	9
3.1.2	Système semi central	9
3.1.3	Système centralisé	9
3.2	Actions au niveau des ménages et des Municipalités	10
3.2.1	Elaboration des Plans Communaux de Gestion des Déchets – Mén 1	10
3.2.1.1	Le Plan Communal de Gestion des déchets (PCGD)	10
3.2.1.2	Programme de formation et de sensibilisation des équipes communales	12
3.2.1.3	Programme de communication et de sensibilisation de la population	13
3.2.1.4	PCGD dans la zone du projet	14
3.2.2	Développement de déchetterie dans les centres de transfert – Mén 2	15
3.3	Tri des déchets ménagers (fraction recyclable)	16
3.3.1	Présentation des options	16
3.3.2	Tri dans les Centres de Transfert (système semi central – Tri 1)	17
3.3.3	Tri sur les lieux de valorisation et d'élimination (système centralisé - Tri 2)	18
3.3.4	Conclusion Tri 1 et Tri 2	19
3.3.5	Plastiques : développement d'Eco-Lef	19
3.3.6	Déchets à haute valeur calorifique : élimination en cimenterie	21
3.4	Pré-collecte et collecte dans les zones municipales	21
3.4.1	Introduction	21
3.4.2	Coût du système actuel - PCC 1	24
3.4.3	Optimisation du système actuel – PCC2	28
3.4.4	Collecte par des bennes tasseuses – PCC3	30
3.4.5	Collecte par bennes tasseuses par le secteur privé – PCC 4	33
3.4.6	Comparaison des options de pré-collecte et de collecte	34
3.5	Pré-collecte, collecte et transport dans les conseils ruraux	36
3.5.1	Introduction	36

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

3.5.2	Collecte porte à porte avec tracteurs et remorque 3,5 m ³	38
3.5.3	Transport avec tracteurs et remorque 3,5 m ³ – CCR 1	40
3.5.4	Transport avec des camions hook-lift, via des points de transbordement - CCR 242	
3.6	Centres de transfert	47
3.6.1	Introduction	47
3.6.2	Affectation et capacité des 37 centres de transfert – CT 1	47
3.6.2.1	Centre de transfert adapté pour les conteneurs ouverts de 30 / 40 m ³	50
3.6.2.2	Centre de transfert adapté pour des camions à presse de 60 m ³	51
3.6.3	Système semi central : 13 centres de transfert – CT 2	52
3.6.4	Comparaison des deux options	55
3.7	Transport et transfert des déchets municipaux	55
3.7.1	Introduction	55
3.7.2	Comparaison des différentes options de transport/transfert	56
3.7.3	Combinaison de collecte et de transport / transfert	59
3.7.4	Développement des combinaisons	60
3.8	Prétraitement des Déchets Ménagers (PT)	62
3.8.1	Définition des options de prétraitement	62
3.8.2	Options de prétraitement	63
3.8.2.1	Pas de prétraitement (Option PT1)	63
3.8.2.2	Prétraitement par voie aérobique (PMB) (Option PT2)	64
3.8.2.2.1	Processus du prétraitement par voie aérobique	64
3.8.2.2.2	Avantages et contraintes	68
3.8.2.2.3	Options de PMB par voie aérobique	69
3.8.2.2.4	Prétraitement par voie aérobique (PMB) décentralisé (Option PT2a)	69
3.8.2.2.5	Prétraitement par voie aérobique (PMB) centralisé (Option PT2b)	70
3.8.2.2.6	Conclusion	70
3.8.2.3	Prétraitement par voie anaérobique - digesteur (Option PT3)	71
3.8.2.3.1	Processus du prétraitement par voie anaérobique	71
3.8.2.3.2	Avantages et contraintes	80
3.8.2.3.3	Options de prétraitement par voie anaérobique	81
3.8.2.3.4	Hypothèses de calcul	81
3.8.2.3.5	Prétraitement par voie anaérobique semi central - PT3a	82
3.8.2.3.6	Prétraitement par voie anaérobique centralisé - PT3b	83
3.8.2.3.7	Prétraitement par voie anaérobique à Tabarka - PT3c	83
3.8.2.3.8	Conclusion	83
3.8.2.4	L'incinération des déchets (Option PT4)	85
3.8.3	Evaluation des options et recommandations	86
3.8.3.1	Volume à enfouir en décharge	86
3.8.3.2	Comparaison du coût des options de prétraitement	87
3.8.3.3	Recommandations	89
3.9	Elimination	90
3.9.1	Présentation des deux sites de décharge retenus dans la zone du projet	90

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

3.9.2	Concept de décharge	92
3.9.2.1	Site Nord : Erromani (Bou Salem)	92
3.9.2.1.1	Aménagement	92
3.9.2.1.2	Conception générale de la décharge	93
3.9.2.1.3	Système d'étanchéité de base	94
3.9.2.1.4	Système de drainage des lixiviats	94
3.9.2.1.5	Traitement des lixiviats	95
3.9.2.1.6	Système de dégazage	97
3.9.2.1.7	Exploitation	97
3.9.2.1.8	Mesures pour la surveillance et la maintenance après fermeture	98
3.9.2.2	Site Sud : Les Salines (Lorbeus)	98
3.9.2.2.1	Aménagement	98
3.9.2.2.2	Conception générale de la décharge	99
3.9.2.2.3	Système d'étanchéité de base	99
3.9.2.2.4	Système de drainage des lixiviats	100
3.9.2.2.5	Traitement des lixiviats	100
3.9.2.2.6	Système de dégazage	100
3.9.2.2.7	Exploitation	100
3.9.2.2.8	Mesures pour la surveillance et la maintenance après fermeture	100
3.9.3	Coûts de la mise en décharge	101
3.9.3.1	Options	101
3.9.3.2	Deux décharges contrôlées sans prétraitement (Option D1)	101
3.9.3.2.1	Décharge au site des Salines – D1	101
3.9.3.2.2	Décharge au site Erromani – D1	102
3.9.3.2.3	Coûts moyens de l'option D 1	103
3.9.3.3	Deux décharges contrôlées avec prétraitement (Option D2)	103
3.9.3.3.1	Décharge au site des Salines – D2	103
3.9.3.3.2	Décharge au site Erromani – D2	104
3.9.3.3.3	Coûts moyens du scénario D 2	105
3.9.3.4	Conclusion	105
3.10	Autres	105
3.10.1	Gestion des déchets ménagers dans les zones rurales – A 1	105
3.10.2	Réhabilitation des 4 décharges contrôlées et des dépotoirs municipaux – A 2	108
3.10.2.1	Les quatre décharges contrôlées	108
3.10.2.2	Les dépotoirs municipaux	108
4	DÉVELOPPEMENT DES OPTIONS DE GESTION DES AUTRES FLUX DE DÉCHETS	110
4.1	Les boues de Station d'épuration	110
4.1.1	Quantités des boues	110
4.1.2	Les voies d'élimination des boues	111
4.1.2.1	Valorisation agricole des boues (Option BSE 1)	112
4.1.2.2	Elimination des boues en décharge contrôlée ou en mono-décharge (Options BSE 2 et 3)	113
4.1.2.3	Coûts de transport vers les deux décharges contrôlées	114

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

4.1.3	Conclusions et perspectives	115
4.2	Déchets de soin	115
4.2.1	Introduction	115
4.2.2	Sensibilisation et formation de tous les acteurs - DS 1	118
4.2.3	Option centralisée : un banaliseur central – DS 2	119
4.2.4	Option décentralisée : un banaliseur dans chaque chef lieu de gouvernorat – DS 3	123
4.2.5	Conclusions	126
4.3	Déchets d'abattoirs	127
4.3.1	Introduction	127
4.3.2	Déchets des contenus digestifs	127
4.3.2.1	Système centralisé géré avec les déchets ménagers (DA 1)	127
4.3.2.2	Système décentralisé géré par le secteur privé (DA 2)	128
4.3.2.3	Conclusion sur la gestion des déchets de contenus digestifs	128
4.3.3	Déchets des saisies	128
4.4	DIB – Fractions inertes	129
4.4.1	Introduction	129
4.4.2	Les options pour la gestion des DIB – fractions inertes	130
4.5	DIB – Fractions fermenticibles et déchets agricoles	130
4.6	Déchets inertes et de démolition	132
5	EXAMEN DES POSSIBILITÉS DE GÉNÉRATION DE CERTIFICATS D'ÉMISSION	133
6	DÉVELOPPEMENT DES OPTIONS DU CONCEPT INSTITUTIONNEL ET ORGANISATIONNEL	133
6.1	Précollecte et collecte des déchets ménagers et assimilés	133
6.1.1	Situation actuelle	133
6.1.2	Proposition	133
6.1.3	Cadre financier	137
6.1.4	Conclusion	137
6.2	Tri des déchets ménagers recyclables	137
6.2.1	Situation actuelle	137
6.2.2	Proposition	138
6.2.3	Cadre financier	142
6.2.4	Conclusion	143
6.3	Recyclage des déchets ménagers recyclables triés	143

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

6.3.1	Situation actuelle	143
6.3.2	Proposition	144
6.3.3	Cadre financier	146
6.3.4	Conclusion	146
6.4	Transfert et transport des déchets ménagers	146
6.4.1	Situation actuelle	146
6.4.2	Proposition	146
6.4.3	Cadre financier	150
6.4.4	Conclusion	151
6.5	Pré-traitement des déchets ménagers	151
6.5.1	Situation actuelle	151
6.5.2	Proposition	151
6.5.3	Cadre financier	151
6.6	Élimination des déchets ménagers	152
6.6.1	Situation actuelle	152
6.6.2	Proposition	152
6.6.3	Cadre financier	155
6.6.4	Conclusion	156
6.7	Contrôle technique et financier de la post-collecte	156
6.7.1	Situation actuelle	156
6.7.2	Proposition	156
6.7.3	Cadre financier	156
6.8	Gestion des boues des stations d'épuration	156
6.8.1	Situation actuelle	156
6.8.2	Proposition	157
6.8.3	Cadre financier	157
6.8.4	Conclusion	157
6.9	Gestion des déchets de soin	157
6.9.1	Situation actuelle	157
6.9.2	Proposition	157
6.9.3	Cadre financier	158
6.10	Gestion des déchets d'abattoirs	158
6.10.1	Situation actuelle	158
6.10.2	Proposition	158
6.10.3	Cadre financier	158

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

6.11	Gestion des déchets inertes et de démolition	158
6.11.1	Situation actuelle	158
6.11.2	Proposition	159
6.11.3	Cadre financier	159
6.12	Gestion des déchets industriels banals	159
6.12.1	Situation actuelle	159
6.12.2	Proposition	160
6.12.3	Cadre financier	160
7	RECOMMANDATIONS LÉGALES	161
8	COMBINAISON ET HARMONISATION DE SCÉNARIOS – COÛTS DU CONCEPT RECOMMANDÉ	162
8.1	Déchets ménagers	162
8.2	Autres flux de déchets	164
8.2.1	Boues de STEP de l'ONAS	164
8.2.2	DASRI	164
8.2.3	Déchets d'abattoirs	164
8.2.4	Déchets industriels banals (DIB)	164
8.2.5	Déchets inertes	165
9	PLANNING DE LA SOLUTION RECOMMANDÉE	166

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

FIGURES

Figure 1-1	Les 13 centres de transfert du système semi central	XIX
Figure 1-2	Procédé de méthanisation recommandé	XXV
Figure 3-1	Les phases de l'élaboration d'un PCGD	10
Figure 3-2	Contenu d'un PCGD	11
Figure 3-3	Localisation des points de transbordement dans les 40 agglomérations des conseils ruraux	37
Figure 3-4	Relation tonne / kilomètres pour le transport par un tracteur avec remorque de 3,5 m ³	42
Figure 3-5	Exemple de quai de transbordement	43
Figure 3-6	Coupe AA du quai de transbordement	44
Figure 3-7	Coupe BB du quai de transbordement	44
Figure 3-8	Relation tonne / kilomètres pour le transport avec un camion hooklift de 15 m ³	46
Figure 3-9	Localisation des 37 centres de transfert	49
Figure 3-10	Exemple de centre de transfert à deux quais	50
Figure 3-11	Localisation des 13 centres de transfert	54
Figure 3-12	Combinaison de collecte et de transport / transfert	56
Figure 3-13	Comparaison des différentes options de transport / transfert	57
Figure 3-14	Comparaison détaillée des différentes options de transport / transfert	58
Figure 3-15	Schéma du processus de PMB par voie aérobique	65
Figure 3-16	Coupe transversale d'une pile aérée passivement	66
Figure 3-17	Comparaison d'un m ³ de méthane	72
Figure 3-18	Schéma du processus de PMB par voie anaérobique	73
Figure 3-19	Coupe du pré-broyeur	74
Figure 3-20	Coupe du crible	75
Figure 3-21	Processus biologique de la méthanisation	76
Figure 3-22	Schématisation d'une unité type de méthanisation	77
Figure 3-23	Procédé de méthanisation recommandé	80
Figure 3-24	Quantité de déchets à enfouir en décharge pour chaque option	87
Figure 3-25	Localisation et limites de la parcelle du site de la décharge d'Erromani (Nord)	91
Figure 3-26	Localisation et limites de la parcelle du site de la décharge des Salines (Sud)	92
Figure 3-27	Schéma du processus de traitement des lixiviats	97
Figure 4-1	Boîte utilisée pour la collecte et le transport des DASRI	121
Figure 9-1	Planning de la solution recommandée	166

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

TABLEAUX

Tableau 1-1	Projection de la production de déchets ménagers	XVI
Tableau 1-2	Options techniques – Déchets ménagers	XVI
Tableau 1-3	Comparaison des coûts de collecte et de transport / transfert des différentes combinaisons	XX
Tableau 1-4	Résumé des coûts actualisés pour le centre de tri	XXII
Tableau 1-5	Résumé des coûts actualisés du PMB par voie aérobie	XXIII
Tableau 1-6	Résumé des coûts actualisés du prétraitement par voie anaérobie	XXVII
Tableau 1-7	Coûts totaux actualisés avec revenus pour le pré-traitement anaérobie en variant les paramètres	XXVIII
Tableau 1-8	Résumé des coûts des deux décharges	XXVIII
Tableau 1-9	Coûts des options de la gestion des déchets ménagers (en DNT/t)	XXIX
Tableau 1-10	Investissements initiaux pour le scénario recommandé (en DNT)	XXX
Tableau 2-1	Projection de la production de déchets ménagers	3
Tableau 2-2	Options techniques – Déchets ménagers	3
Tableau 2-3	Options techniques – Autres flux de déchets	5
Tableau 2-4	Options institutionnelles et financières – Déchets ménagers	7
Tableau 2-5	Options institutionnelles et financières – Autres flux	8
Tableau 3-1	Expertise requise pour l'élaboration d'un PCGD	14
Tableau 3-2	Planning d'élaboration d'un PCGD	14
Tableau 3-3	Coûts de réalisation d'un PCGD	15
Tableau 3-4	Coût de la réalisation des PCGD dans la zone du projet	15
Tableau 3-5	Municipalités susceptibles d'accueillir une déchèterie	16
Tableau 3-6	Coûts actualisés d'un centre de tri semi central au site de Siliana (Tri 1)	18
Tableau 3-7	Coûts actualisés d'un centre de tri centralisé au site Les Salines (Tri 2)	19
Tableau 3-8	Résumé des coûts actualisés pour le centre de tri	19
Tableau 3-9	Les paramètres des différents véhicules pour le système de collecte actuel d'El Kef	24
Tableau 3-10	Coûts calculés pour le système actuel avec une distance moyenne de 20 km	26
Tableau 3-11	Coûts calculés pour le système actuel avec une distance moyenne de 5 km	26
Tableau 3-12	Les paramètres des différents véhicules pour le système pilote de collecte de Siliana	26
Tableau 3-13	Coûts des différents véhicules pour l'option PCC 2	29
Tableau 3-14	Coûts calculés pour l'option PCC 2 avec une distance moyenne de 20 km	30
Tableau 3-15	Coûts calculés pour l'option PCC 2 avec une distance moyenne de 5 km	30
Tableau 3-16	Coûts de la collecte de l'option PCC 3	32

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 3-17	Coûts calculés pour l'option PCC 3 avec une distance moyenne de 20km	33
Tableau 3-18	Coûts calculés pour l'option PCC 3 avec une distance moyenne de 5 km	33
Tableau 3-19	Comparaison des coûts pour les options de collecte dans les zones communales	35
Tableau 3-20	Distribution des engins de collecte	36
Tableau 3-21	Paramètres de la collecte avec des tracteurs - CCR 1	39
Tableau 3-22	Paramètres du transport avec des tracteurs - CCR 1	40
Tableau 3-23	Investissement pour un point de transbordement	43
Tableau 3-24	Paramètres pour le transport avec des camions hooklift de 15 m3 CCR 2	45
Tableau 3-25	Comparaison des coûts entre les options de transport pour les conseils ruraux	46
Tableau 3-26	Affectation et capacité des 37 centres de transfert	48
Tableau 3-27	Coûts annuels d'un centre de transfert de 2 quais pour conteneurs ouverts	51
Tableau 3-28	Coûts annuels d'un centre de transfert pour camions de 60 m3 à presse	52
Tableau 3-29	Localisation, affectation et capacité des 13 centres de transfert	53
Tableau 3-30	Comparaison financière des options CT 1 et CT 2 pour les centres de transfert pour conteneurs ouverts	55
Tableau 3-31	Comparaison financière des options CT 1 et CT 2 pour les centres de transfert pour camions à presse	55
Tableau 3-32	Comparaison de coût des différents moyens de transport	56
Tableau 3-33	Combinaisons de collecte et de transport / transfert	59
Tableau 3-34	Comparaison des coûts de collecte et de transport / transfert des différentes combinaisons	60
Tableau 3-35	Coûts actualisés de l'installation de PMB semi central au site de « Siliana » (PT2a)	69
Tableau 3-36	Coûts actualisés de l'installation de PMB centralisé au site « Les Salines » (PT2b)	70
Tableau 3-37	Résumé des coûts actualisés du PMB par voie aérobique	70
Tableau 3-38	Coûts actualisés de l'installation anaérobique au site de « Siliana » (PT3a)	82
Tableau 3-39	Coûts actualisés de l'installation anaérobique au site « Les Salines » (PT3b)	83
Tableau 3-40	Coûts actualisés de l'installation anaérobique au site de Tabarka (PT3c)	83
Tableau 3-41	Résumé des coûts actualisés du prétraitement par voie anaérobique	83
Tableau 3-42	Coûts totaux pour le pré-traitement anaérobique en variant les paramètres	85
Tableau 3-43	Quantité de déchets à enfouir en décharge pour chaque option	86
Tableau 3-44	Comparaison du coût des options de prétraitement (PT) en DNT/tonne	88
Tableau 3-45	Caractéristiques du site Erromani	90
Tableau 3-46	Caractéristiques du site des Salines	91
Tableau 3-47	Coûts des deux options de traitement des lixiviats	96
Tableau 3-48	Coûts actualisés de la décharge des Salines - D1	102

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 3-49	Calcul des coûts actualisés de la décharge Erromani - D1	103
Tableau 3-50	Coûts actualisés de la décharge des Salines - D2	103
Tableau 3-51	Calcul des coûts actualisés de la décharge Erromani - D2	104
Tableau 3-52	Résumé des coûts des deux décharges	105
Tableau 3-53	Coût de la réhabilitation d'un dépotoir municipal	109
Tableau 3-54	Coût du programme de réhabilitation des dépotoirs municipaux	109
Tableau 4-1	Evolution du volume des boues à évacuer de 2008 à 2033	110
Tableau 4-2	Evolution de la MS des boues dans la région de 2008 à 2033	111
Tableau 4-3	Les surfaces et les tonnages des boues valorisées pour les essais pilotes	112
Tableau 4-4	Valeurs limites pour les boues d'épuration fixées par la norme NT 106.20 (2002)	113
Tableau 4-5	Les coûts de transport des boues jusqu'aux décharges Erroumani et Seres	114
Tableau 4-6	Production de DASRI par gouvernorat en 2009	115
Tableau 4-7	Infrastructures sanitaires répertoriées dans la zone d'étude	116
Tableau 4-8	Coûts de formation du personnel dans les hôpitaux (Option DS1)	119
Tableau 4-9	Coûts d'un banaliseuse central de capacité 600 T/an - DS2	119
Tableau 4-10	Coûts de transport des DASRI avec un banaliseuse central à Jendouba - DS2	122
Tableau 4-11	Coûts de l'enfouissement des DASRI traités en décharge	123
Tableau 4-12	Coûts des banaliseuses dans les chefs lieux (Option DS3)	123
Tableau 4-13	Coûts de transport des DASRI dans l'option DS3	125
Tableau 4-14	Coût de la gestion des DASRI dans la vallée de la Medjerda	126
Tableau 4-15	Projection des quantités de déchets d'abattoirs de 2009 à 2033 (t/an)	127
Tableau 4-16	Prévision des quantités de DIB de 2008 à 2033	129
Tableau 4-17	Résultats de 3 études de cas de projet de biométhanisation	131
Tableau 6-1	Comparaison des scénarios de la précollecte et de la collecte des déchets ménagers	134
Tableau 6-2	Comparaison des scénarios du tri des déchets ménagers recyclables	138
Tableau 6-3	Comparaison des scénarii du tri des déchets ménagers recyclables	144
Tableau 6-4	Présentation des scénarios de transfert et transport des déchets ménagers	146
Tableau 6-5	Présentation des scénarii d'élimination des déchets ménagers	152
Tableau 8-1	Coûts des options de la gestion des déchets ménagers (en DNT/t)	162
Tableau 8-2	Investissements initiaux pour le scénario recommandé (en DNT)	163

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

ANNEXES

- Annexe 2 – 1 Détails des hypothèses et des calculs des fractions des OM
- Annexe 2 – 2 Détails des options, indicateurs, commentaires
- Annexe 3 – 1 Etude sur les déchetteries (GTZ, Octobre 2009)
- Annexe 3 – 2 Détails des calculs des coûts pour l'option Tri 1
- Annexe 3 – 3 Détails des calculs des coûts pour l'option Tri 2
- Annexe 3 – 4 Détails des calculs des coûts pour l'option PT2a
- Annexe 3 – 5 Détails des calculs des coûts pour l'option PT2b
- Annexe 3 – 6 Détails des calculs des coûts pour l'option PT3a
- Annexe 3 – 7 Détails des calculs des coûts pour l'option PT3b
- Annexe 3 – 8 Détails des calculs des coûts pour l'option PT3c
- Annexe 3 – 9 Détails des calculs des coûts pour l'option D1
- Annexe 3 – 10 Détails des calculs des coûts pour l'option D2
- Annexe 4 – 1 Détermination des coûts unitaires de transport de boues
- Annexe 4 – 2 Détermination des coûts unitaires de transport de DASRI
- Annexe 4 – 3 Trois études de cas de projet de biométhanisation
- Annexe 5 – 1 Analyse de possibilités de génération des certificats

ACRONYMES ET ABREVIATIONS

ANGed	Agence Nationale de Gestion des Déchets
ANPE	Agence Nationale de Protection de l'Environnement
BTP	Bâtiment & Travaux Publiques
BE	Bureau d'Etudes
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique
CH4	Méthane
CITET	Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis
CL	Collectivités Locales
CO2	Dioxyde de carbone
CO2-e	Dioxyde de carbone équivalent
CPSCCL	Caisse des Prêts et Soutiens aux Collectivités Locales

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

CT	Centre de transfert
DAS	Déchets d'activités sanitaires
DASRI	Déchets d'Activités Sanitaires à Risques Infectieux
DDS	Département Déchets Solides et embellissement
DEI	Direction de l'Environnement Industriel
DEU	Direction de l'Environnement Urbain
DGACTA	Direction Générale de l'Aménagement et de la Conservation des Terres Agricoles
DGCPL	Direction Générale des Collectivités Publiques et Locales
DGEQV	Direction Générale de l'Environnement et de la Qualité de la Vie
DHMPE	Direction de l'Hygiène du Milieu et de la Protection de l'Environnement
DIB	Déchet industriel banal
DNT	Dinar tunisien (1 Euro = 1.85 DNT)
ECOLEF	Programme national de recyclage des déchets valorisables
EPIC	Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial
FCCL	Fond Commun des Collectivités Locales
FICC	Forum Intergouvernemental sur le changement climatique
FODEP	FOND de DEPOLLUTION
GC	Génie Civil
GDDS	Composante Gestion Durable des Déchets Solides (de la PPE)
GDS	Gestion des Déchets Solides
GES	Gaz à effet de serre
GMG	Groupement de Maintenance et de Gestion
GTZ (ou GiZ)	Coopération Technique Allemande
INNORPI	Institut National de la Normalisation et de la Propriété Industrielle
INRST	Institut National de la Recherche Scientifique et Technique
INS	Institut National de la Statistique
KfW	KfW Bankengruppe - Banque Allemande de Développement
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft - Comité pour la technique et le bâtiment dans l'agriculture
LOC	Loi Organique des Communes
MDC	Ministère du Développement Economique et de la Coopération Internationale
MDNT	Millions de Dinars Tunisiens
MDP	Mécanisme de développement propre

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

MEDD	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
MF	Ministère des Finances
MIDL	Ministère de l'Intérieur et du Développement Local
MSP	Ministère de la Santé Publique
N2O	Oxyde d'azote
OEP	Office de l'Élevage et des Pâturages
OM	Ordures ménagères
OM	Ordures ménagères (municipales)
ONAS	Office National de l'Assainissement
ONTT	Office National du Tourisme Tunisien
OTED	Observatoire tunisien de l'Environnement et du Développement
PCGD	Plan communal de gestion des déchets
PMB	Prétraitement mécano-biologique (des ordures ménagères)
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PPE	Projet de coopération tuniso-allemande pour l'Environnement
PRONAGDES	PROgramme NAtional de Gestion des DEchets Solides
PV	Procès verbal
SOMAGED	Société Maghrébine de gestion des déchets (exploitant de la décharge de Djebel Chékir)
STEP	Station d'épuration (à priori des eaux d'égouts)
TCL	Taxe sur les établissements professionnels
TH	Taxe sur les établissements Hôteliers
TIB	Taxe sur les Immeubles Bâties
TMB	Traitement mécano-biologique = PMB (prétraitement mécano-biologique)
TNB	Taxe sur les terrains Non Bâties

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

1 RESUME

1.1 INTRODUCTION

Le présent rapport fait partie de la seconde phase de l'étude de faisabilité de la gestion des déchets municipaux dans la vallée de la Medjerda. Cette seconde phase de concept est constituée, suivant les termes de référence, du présent rapport de concept, qui inclut l'examen des possibilités de générer des certificats d'émission, ainsi que des rapports sur les sites des décharges et sur les sites des centres de transfert. Ces rapports sur les sites sont élaborés séparément.

La seconde phase a débuté par l'élaboration d'un rapport intermédiaire (mars 2010) qui établissait la comparaison entre une solution à deux décharges régionales et une solution à une décharge centrale. La conclusion en fut que la solution avec une décharge unique s'avérait plus onéreuse en raison des coûts de transport élevés.

Les options et scénarios qui sont développés ci-dessous ont été présentés à l'ANGed lors de différentes réunions (mars et mai 2010).

Le rapport débute par le développement des options techniques, institutionnelles et financières, se poursuit par différentes combinaisons possibles d'options, pour aboutir à un scénario recommandé par le consultant, dont les coûts sont estimés.

Les populations concernées par le système municipal de gestion des déchets sont nommées « populations municipales » et elles sont constituées de :

- La population communale (2004) qui représente 37,05 % de la population totale.
- Des populations limitrophes situées dans des secteurs adjacents aux communes (que nous avons dénommés « secteurs mixtes ») qui peuvent être facilement desservies par les services communaux.
- Des populations des conseils ruraux qui sont regroupées dans des centres communaux. Ces populations représentent en moyenne 53% du total des populations dans les conseils ruraux. Elles sont constituées de 71.398 habitants en 2004.
- **Pour toutes ces populations, le nouveau système central de GD desservira en 2014 une population totale de 683.706 habitants qui passera à 835.727 habitants en 2033, soit environ la moitié de la population totale de la Vallée de la Medjerda.**

1.2 LES DECHETS MENAGERS

1.2.1 Production

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

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 1-1 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

- La production totale de **déchets ménagers** sera de :
 - 1.867.422 tonnes de 2014 à 2023
 - 2.307.273 tonnes de 2024 à 2033
 - **Soit 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.**

1.2.2 Options techniques

Les options techniques développées pour la gestion des déchets ménagers sont présentées dans le tableau qui suit :

Tableau 1-2 Options techniques – Déchets ménagers

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Déchets ménagers - Options techniques

Actions au niveau des ménages	N°	Tri et recyclage	N°	Pré-collecte et collecte	N°	Centres de transfert et quais de transbordement	N°	Transport	N°	Pré-traitement des déchets	Nbr.	Elimination	Nbr.	Autres	Nbr.
Elaboration de Plans Communaux de Gestion des Déchets	Mén 1	Tri dans les Centres de Transfert (système décentralisé).	Tri 1	Système existant	PCC 1	Création d'un CT dans chaque municipalité et de quais de transbordement dans les CR (soit 37 CT)	CT 1	Transport entre les CT et le lieu d'élimination, dans conteneurs ouverts de 30 m3 par camion + remorque	TR 1	Pas de prétraitement	PT 1	Deux (ou trois) décharges avec traitement des lixiviats et extraction des gaz	D 1	Solutions décentralisées pour la gestion des déchets ménagers des familles dans les zones rurales	A 1
Développement de déchèteries dans les centres de transfert	Mén 2	Tri sur les lieux de prétraitement et / ou d'élimination (système centralisé)	Tri 2	Optimisation du système existant : plus de conteneurs, réduire le nombre de tournées, ...	PCC 2	Création de (13) CT régionaux + quais de transbordement (adaptés pour les BT) dans les CR	CT 2	Transport entre les CT et le lieu d'élimination par des camions de grande capacité - 60 m3 avec presse	TR 2	Prétraitement par voie aérobie (PMB), aération active ou passive (sur les sites de décharge)	PT 2	Deux (ou trois) décharges avec systèmes réduits de traitement des lixiviats et d'extraction des gaz suite au pré-traitement des déchets	D 2	Réhabilitation des 4 décharges contrôlées et des dépotoirs municipaux	A 2
		Plastiques : développement d'Eco-Lef	Tri 3	Collecte et transfert par des bennes tasseuses -	PCC 3			Transport entre quais de transbordement et Ct par tracteur avec remorque 3,5 m3	CCR 1	Tri et prétraitement de la fraction organique par voie anaérobie (digesteur)	PT 3				
		Déchets à haute valeur calorifique : élimination en cimenterie	Tri 4	PCC 3 mais collecte et transfert par opérateurs privés	PCC 4			Transport entre quais de transbordement et CT par camion avec conteneur ouvert 15 m3	CCR 2	Unité(s) d'incinération	PT 4				

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011

Préparé par :

AKr + PWi

Date :

03/08/2011

Nr de contrat :

11849

Vérfié par :

PWi

Version :

finale

1.2.3 Les systèmes de gestion étudiés

Le principal enjeu de l'étude réside dans la collecte et le transport des déchets ménagers : compte tenu du grand nombre de zones de productions (37 municipalités réparties sur quatre gouvernorats), de la faible production de déchets (en moyenne, 6.069 tonnes par an par municipalité) et de leur élimination dans deux décharges, l'étude va comparer trois systèmes de gestion des déchets ménagers. En fonction des systèmes de collecte et de transport, il est possible de développer des installations de tri et de pré-traitement décentralisées, semi centrales ou centrales.

1.2.3.1 Système décentralisé

Le système décentralisé est défini comme étant une solution à 37 centres de transfert, dans lesquels nous avons envisagé la possibilité de mettre une déchèterie, mais dont les capacités sont trop réduites que pour y envisager un tri ou un prétraitement.

La collecte se fait par les engins existants, le transport entre les centres de transfert et les décharges par des camions avec conteneurs ouverts ou presse.

1.2.3.2 Système semi central

Le système semi central est défini comme étant la solution avec 13 centres de transfert (CT) qui pourraient être équipés d'un petit centre de tri et d'une petite unité de traitement des déchets. La collecte se fait par des bennes tasseuses et le transport par camion (conteneurs ouverts ou presses).

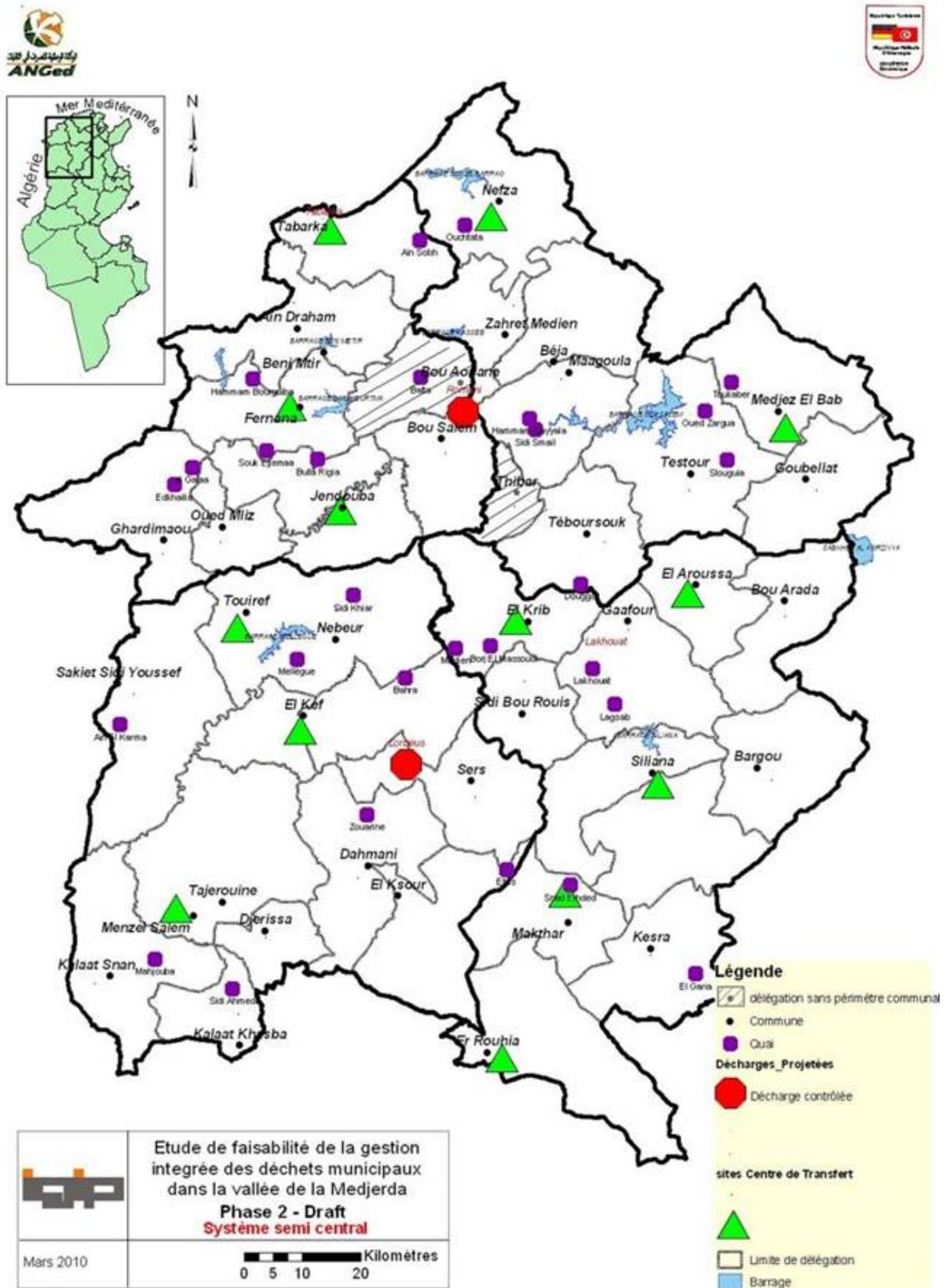
Afin de définir à partir de quelles quantités de déchets produites et triées un centre de tri est viable, la valeur médiane de la quantité des déchets des 13 CT fut calculée et choisie comme grandeur représentative. Le **CT de Siliana (10.594 t/an)** fut choisi comme exemple type pour la solution semi centrale.

De plus, suite à la réunion intermédiaire de mars 2010, nous avons étudié la faisabilité technico-économique d'un **prétraitement anaérobique** localisé à **Tabarka**, pouvant également accueillir les déchets de Aïn Draham et de Nefza, d'une capacité moyenne de **25.633 t/an**.

Sur la carte suivante, sont représentés les 37 CT du système décentralisé (en triangle), dont les 13 CT qui sont encadrés du système semi central.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Figure 1-1 Les 13 centres de transfert du système semi central



11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011	Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version : finale

1.2.3.3 Système centralisé

Le système centralisé se compose uniquement de deux décharges, la collecte et le transport se faisant uniquement avec des bennes tasseuses. Sur les décharges peuvent être implantés un grand centre de tri et une grande unité de traitement des déchets.

La **décharge des Salines (89.573 t/an)** fut choisie comme exemple type : la quantité de déchets enfouis étant inférieure à celle de la décharge d'Erromani, le coût spécifique de la tonne de déchets enfouie devrait donc être plus élevé que pour la décharge d'Erromani.

1.2.4 Pré-collecte, collecte, transport et transfert

L'analyse des options de pré-collecte, collecte, transport et transfert se résume comme suit :

Tableau 1-3 Comparaison des coûts de collecte et de transport / transfert des différentes combinaisons

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Scénario N°	Explication		Coûts de collecte distance moy. de 5 km TDN/an	Coûts de transport pour les véhicules de collecte TDN/an	Coûts de transfert avec camions et remorques TDN/an	Coûts des CT / Quais TDN/an	Coûts totaux TDN/an	Coûts totaux TDN/tonne	Comparaison %	Total Collecte/pré- Collecte TDN/an	Total Post- Collecte TDN/an
Combinaison 0 (système existant)	Collecte et transport au moyen de la flotte des véhicules existante, 0 CT (Hors Investissement)		6 895 562	3 319 229	0	0	10 214 791	45	100%	10 214 791	0
Combinaison 1 (système central)	Collecte et transport avec des bennes tasseuses de 16m3, pas de CT	Municipalités	4 288 676	1 974 240	0	0	8 062 606	36	79%	8 062 606	0
		Conseils Ruraux (1j/2)	1 645 839	80 647	0	73 204					
Combinaison 2a (système décentralisé)	Système de collecte optimisé, 37 CT adaptés pour le transfert au moyen de camions presse avec conteneur de 60 m³	Municipalités	4 620 992	778 825	1 605 724	5 538 900	14 448 683	64	141%	6 266 831	8 181 852
		Conseils Ruraux	1 645 839	258 403	*						
Combinaison 2b (système décentralisé)	Système de collecte optimisé, 37 CT adaptés pour le transfert au moyen de véhicule avec conteneur de 30 m³ ouvert avec remorque de 30 m3	Municipalités	4 620 992	778 825	1 581 535	4 332 700	13 218 294	59	129%	6 266 831	6 951 463
		Conseils Ruraux	1 645 839	258 403	*						
Combinaison 3a (système semi- central)	Collecte avec des bennes tasseuses de 16 m3, 13 CT adaptés pour le transfert au moyen de camions presse avec conteneur de 60 m³ (privatisation de la collecte)	Municipalités	4 288 676	849 498	1 183 202	1 946 100	10 274 218	46	101%	5 934 515	4 339 703
		Conseils Ruraux	1 645 839	360 904	*						
Combinaison 3b (système semi- central)	Collecte avec des bennes tasseuses de 16 m3, 13 CT adaptés pour le transfert au moyen de véhicule avec conteneur de 30 m³ ouvert (privatisation de la collecte) avec remorque de 30 m3	Municipalités	4 288 676	849 498	1 077 937	1 522 300	9 745 154	43	95%	5 934 515	3 810 639
		Conseils Ruraux	1 645 839	360 904	*						
				* Inclus investissement des Quais							
	coût de la collecte dans les conseils ruraux	DNT/tonne	119,950								
	tonnage par an pour les CR	t/an	13 721								
	coûts de référence actuels, sans élimination										

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

On notera à la lecture de ce tableau comparatif que :

- Le **coût actuel** de la collecte (et du transport vers les décharges et dépotoirs existants), supporté par les municipalités, est de **6,9 MDNT par an**.
- La **combinaison 1 est la moins coûteuse**, mais elle nécessite l'entente des municipalités pour la collecte et le transfert des déchets, à priori en passant par une concession de ces activités au secteur privé.
- Les **combinaisons 2a et 3a**, avec camion presse, sont plus onéreuses que celles avec conteneurs ouverts. Dans la zone du projet, compte tenu des faibles quantités de déchets et de l'étroitesse des voiries, elles **ne doivent pas être recommandées**.
- La combinaison 3b est moins onéreuse que la combinaison 2b. Cependant, le système semi central nécessite lui aussi le regroupement des municipalités et par conséquent, il n'a pas été retenu à court terme, mais il consiste certainement en une possibilité d'optimisation de la combinaison 3a.
- Par conséquent, bien que relativement onéreuse, la **combinaison 2b est la solution qui est la seule recommandable dans la structure institutionnelle actuelle**. On notera que cette combinaison soulagera légèrement les efforts des municipalités, pour autant bien entendu qu'elles acceptent l'optimisation des moyens de collecte telle que nous l'avons recommandée. Par contre, l'ANGed aura à supporter les investissements et les coûts d'exploitation de 37 centres de transfert et 40 quais de tranbordement.

1.2.5 Tri des déchets ménagers

Les coûts d'un centre de tri avant l'enfouissement en décharge pour les variantes semi centrales et centralisées sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 1-4 Résumé des coûts actualisés pour le centre de tri

Description	Centre de tri	
	Semi central	Centralisé
Option	Tri 1	Tri 2
Coûts d'investissement actualisés	11,14 DNT/t	4,69 DNT/t
Coûts d'exploitation actualisés	27,64 DNT/t	10,57 DNT/t
Coûts d'exploitation actualisés avec revenus	21,92 DNT/t	5,23 DNT/t
Coûts totaux actualisés	38,78 DNT/t	15,25 DNT/t
Coûts totaux actualisés avec revenus	33,07 DNT/t	9,92 DNT/t
Coûts totaux actualisés sur 20 ans (pour un centre de tri)	4.583.878 DNT	11.628.866 DNT
Coût du centre de tri par tonne de déchets produits	33,07 DNT/t	9,92 DNT/t

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Il faut aussi rappeler que dans l'option semi centrale, certaines municipalités iront directement aux décharges, ce qui implique quasiment de réaliser aussi un centre de tri sur les lieux d'enfouissement.

A ce stade, l'économie réalisée sur les coûts de mise en décharge n'est pas considérée car elle concerne les deux options.

Les coûts totaux actualisés de la variante semi centrale sont plus de 3 fois plus élevés que la variante centralisée et par conséquent, au regard des inconvénients du tri décentralisé, il est recommandé que le tri se fasse sur les deux sites de décharges de la zone du projet.

1.2.6 Prétraitement mécano-biologique (PMB)

L'étude technico-économique aboutit à recommander un PMB des déchets ménagers avec un système de piles trapézoïdales passivement aérées. Les coûts de ce système pour les variantes semi centrale et centrale sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 1-5 Résumé des coûts actualisés du PMB par voie aérobique

Description	Prétraitement par voie aérobique (PMB) Aération passive	
	Semi central	central
Localisation	Siliana	Salines
Site exemplaire	Siliana	Salines
Option	PT2a	PT2b
Coûts d'investissement actualisés	18,88 DNT/t	7,04 DNT/t
Coûts d'exploitation actualisés	33,66 DNT/t	12,94 DNT/t
Coûts d'exploitation inclus revenus	24,13 DNT/t	3,40 DNT/t
Coûts totaux actualisés	52,55 DNT/t	19,97 DNT/t
Coûts totaux actualisés inclus revenus	43,01 DNT/t	10,44 DNT/t
Coûts totaux actualisés sur 20 ans	5.962.147 DNT	12.230.982 DNT
Coûts du traitement par tonne de déchets produits	43,01 DNT/t	10,44 DNT/t

A ce stade, l'économie réalisée sur les coûts de mise en décharge n'est pas considérée.

Il semble assez évident que la solution de PMB au niveau des 13 centres de transfert ne soit pas envisageable : les surfaces requises pour un site de PMB ne sont pas disponibles dans les centres de transfert de la zone d'étude et les coûts totaux actualisés de la variante décentralisée sont 4 fois plus élevés que la variante centralisée. Par conséquent, il est considéré que le PMB par voie aérobique pourrait se faire sur les deux sites de décharges de la zone du projet :

- site envisagé pour la décharge d'Erromani,
- site envisagé pour la décharge des Salines.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

1.2.7 Le prétraitement anaérobie des déchets ménagers - digesteur

La méthanisation est un processus endothermique¹ qui se déroule en enceinte fermée généralement calorifugée afin d'y maintenir une température constante. On estime que près d'un tiers de l'énergie primaire produite par le biogaz est utilisée pour réchauffer et maintenir en température le digesteur (mésophile ou thermophile). Les procédés se distinguent principalement selon² :

- Le nombre d'étapes du processus : une ou deux phases
- La teneur en matière sèche : procédés par voie humide (matière sèche < 15%) ou sèche (matière sèche entre 15% et 40%)
- La température de réaction : digestion mésophile (température moyenne = 35°C ; temps de séjour moyen = 3 semaines) ou thermophile (température moyenne 55 à 60°C ; temps de séjour moyen réduit = 10 à 15 jours)
- Les modes d'alimentation et d'extraction des déchets : les procédés continus, discontinus, dits « batch » et semi-continus

1.2.7.1 Procédé choisi pour le projet

Les déchets organiques dans la vallée de la Medjerda sont pauvres en matières structurantes et ont une teneur en eau très élevée, si bien que ces matériaux conviennent comme matière entrante pour les deux procédés de méthanisation, c. à d. pour la voie sèche comme pour la voie humide.

L'expérience en Europe a montré que pour le traitement des déchets agricoles (par exemple du lisier) et des boues d'épuration les procédés par voie humide se sont avérés être les plus efficaces.

Quant au traitement de la fraction organique des déchets municipaux, les deux procédés ont été expérimentés et ont tous les deux fait leurs preuves. Cependant le procédé par voie humide montre certains avantages par rapport au procédé par voie sèche, qui sont :

- une production de gaz plus constante,
- une dégradation/digestion plus régulière,
- un temps de fermentation plus court.

Mais ce procédé présente aussi quelques désavantages, qui sont :

- le procédé est plus fragile quant aux matières perturbatrices,
- les besoins énergétiques sont plus élevés.

La comparaison des aptitudes et des coûts des deux technologies pour la fraction organique des déchets municipaux ne permet pas clairement de donner une préférence à une ou l'autre technologie.

¹ Une réaction endothermique est un processus ou une réaction chimique accompagnée d'une absorption de chaleur. C'est l'opposée d'une réaction exothermique.

² Source : Avantages et contraintes de la méthanisation, www2.ademe.fr

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

En général, au début du procédé de prétraitement anaérobique par voie sèche, une séparation des fractions organiques et non organiques n'est pas prévue, comme c'est le cas avec le procédé par voie humide, si bien qu'une utilisation du digestat comme engrais est à exclure.

Compte tenu :

- de l'objectif d'une valorisation maximale des déchets (énergie, chaleur et compost),
- et de la possibilité de co-méthanisation avec les déchets agricoles et les boues de stations d'épuration,

le procédé par voie humide s'avère être plus avantageux par rapport au procédé par voie sèche. De ce fait, nous recommandons le procédé par voie humide pour la présente étude.

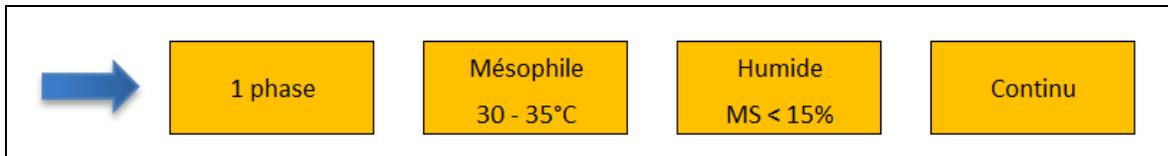
Etant donné que le procédé en 2 phases de fermentation demande plus de maintenance et que les coûts d'exploitation sont plus élevés, on préférera un système plus simple avec 1 seule phase de fermentation.

La digestion anaérobique mésophile consomme moins d'énergie, permet de traiter des déchets mixtes et est plus facile à gérer que la digestion thermophile, c'est pourquoi la digestion mésophile est choisie.

Quant au mode d'alimentation, il est évident que le procédé continu soit préférable car c'est le procédé le plus courant et surtout il demande moins de maintenance que les deux autres.

La figure suivante récapitule le procédé de méthanisation choisi pour l'étude de la Medjerda :

Figure 1-2 Procédé de méthanisation recommandé



1.2.7.2 Options de prétraitement par voie anaérobique

Les options de prétraitement par voie anaérobique étudiées ci-après sont les suivantes :

- **Option PT3a** : prétraitement par voie anaérobique semi central à l'exemple du site de « Siliana » (moyenne de **10.594 t/an** de déchets)
- **Option PT3b** : prétraitement par voie anaérobique centralisé à l'exemple du site « Les Salines » (moyenne de **89.573 t/an** de déchets)
- **Option PT3c** : prétraitement par voie anaérobique à Tabarka pour les villes de Tabarka, Aïn Draham et Nefza (moyenne de **25.633 t/an** de déchets).

1.2.7.3 Hypothèses de calcul

Les hypothèses suivantes ont été prises en considération :

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- pour les paramètres de l'unité de prétraitement :
 - Input : ~ 60 % de la quantité totale des déchets
 - Qualité :
 - Humidité : 70 %
 - Masse organique sèche : 85 %
 - Output :
 - Quantité allant à la décharge : min. 50 % de la quantité totale entrante
 - Eaux résiduaires : ~ 10 % d'eau de process à acheminer dans l'installation de traitement des lixiviats

- pour les paramètres du biogaz :
 - Pouvoir calorifique : 6,1 kWh
 - Production de gaz : ~ 130 m³/t déchets

- pour le calcul des coûts de l'unité de méthanisation :
 - Les restes solides de l'unité de méthanisation sont enfouis en décharge
 - Les eaux résiduaires sont traitées dans la station de traitement des lixiviats
 - Eau potable : 0,6 DNT/m³
 - Carburant : 1 DNT/l
 - Electricité : 0,2 DNT/kWh
 - Traitement des eaux de process : 9 DNT/m³

- pour le calcul des recettes de l'unité de méthanisation :
 - Aucune recette pour les matières entrantes à l'unité de méthanisation (taxes)
 - L'énergie de chaleur n'est pas valorisée :
 - Chaleur : 0 DNT/kWh
 - Le compost est donné gratuitement ou enfoui en décharge :
 - Compost : 0 DNT/t
 - Recyclables : 30 DNT/t
 - Certificats CDM : 9 DNT/t (5 Euro/t)
 - Electricité : 0,1 DNT/kWh

Nous verrons ultérieurement, pour le cas de Tabarka, comment ces différentes hypothèses influencent les coûts finaux.

1.2.7.4 Conclusion

Les coûts de ce système de prétraitement pour les variantes semi centrales et centrales sont résumés dans le tableau suivant :

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 1-6 Résumé des coûts actualisés du prétraitement par voie anaérobique

Description	Prétraitement par voie anaérobique		
	Semi central	Central	Regroupement
Localisation	Siliana	Salines	Tabarka
Site exemplaire	Siliana	Salines	Tabarka
Option	PT3a	PT3b	PT3c
Coûts d'investissement actualisés	66,03 DNT/t	27,03 DNT/t	49,46 DNT/t
Coûts d'exploitation actualisés	44,50 DNT/t	21,12 DNT/t	27,83 DNT/t
Coûts d'exploitation inclus les revenus	21,81 DNT/t	-1,57 DNT/t	5,14 DNT/t
Coûts totaux actualisés	110,52 DNT/t	48,15 DNT/t	77,29 DNT/t
Coûts totaux actualisés inclus revenus	87,83 DNT/t	25,46 DNT/t	54,60 DNT/t
Coûts totaux annuels actualisés sur 20 ans	12.175.733 DNT	29.837.213 DNT	18.313.142 DNT
Coûts du traitement par tonne de déchets entrant dans le centre	87,83 DNT/t	25,46 DNT/t	54,60 DNT/t

En comparaison avec l'étude du Grand Tunis qui ne recommandait pas la méthanisation comme technologie de prétraitement des déchets avant leur élimination dans les conditions à cette époque en Tunisie, aujourd'hui la Tunisie montre de l'intérêt envers cette solution et souhaiterait la développer.

A remarquer que de manière générale, les coûts totaux actualisés pour l'option anaérobique sont très élevés pour les trois options.

Aussi, même remarque que pour les solutions du PMB par voie aérobie, il est évident que la solution centralisée s'avère être la moins onéreuse. Les coûts totaux actualisés de la variante semi centrale sont au moins 3 fois plus élevés que la variante centralisée et par conséquent il est considéré que le prétraitement par voie anaérobique pourrait se faire sur les deux sites de décharges de la zone du projet.

Quant à l'option **PT3c**, les coûts totaux actualisés sont également 2 fois plus élevés que ceux de l'option **PT3b**.

L'option **PT3b** s'avère être très intéressante. Si l'on considère les revenus perçus par cette variante, les coûts d'exploitation seraient positifs (-1,57 DNT/tonne). Cela signifie qu'une fois l'investissement effectué, l'exploitation de l'installation est possible pour des coûts minimes. Donc si des fonds sont mis à disposition par un tiers pour l'investissement des installations, cette option serait vivable de par son exploitation.

Par ailleurs, nous avons analysé la sensibilité du modèle de calcul aux différents paramètres de calcul. En effet, cette première approche conservatrice peut s'avérer plus rentable si :

- Le prix de rachat par la STEG du KWh produit passe de 0,100 à 0,180 DNT
- Le prix obtenu pour les certificats CO2 passe de 5 EUR à 10 EUR/t CO2
- Le compost peut être revendu (il passe de 0 EUR/tonne à 5 EUR/tonne)
- Les eaux de process peuvent être utilisées en agriculture comme fertilisant liquide (coût d'élimination gratuit).

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

En faisant varier ces différents paramètres pour le cas de Tabarka (Option PT3c), on obtient les coûts totaux suivants :

Tableau 1-7 Coûts totaux actualisés avec revenus pour le pré-traitement anaérobie en variant les paramètres

Vente électricité	DNT/KWh	0,100	0,180	0,180	0,180	0,180
Certificat CO2	EUR	5,00	5,00	10,00	10,00	10,00
Compost	EUR/tonne	-	-	-	5,00	5,00
Traitement eaux de process	DNT/m3	9,000	9,000	9,000	9,000	-
Coûts total actualisé du prétraitement anaérobie	DNT/tonne	54,600	47,590	39,810	36,640	35,720

On constate que :

- Le coût de rachat de l'électricité et le prix des certificats d'émission CO2 ont le plus d'influence sur le coût total du prétraitement : ils interviennent pour environ 15 % chacun dans le coût du traitement (sur base des hypothèses prises).
- Les autres éléments du coût sont moins influents et d'ailleurs plus aléatoires.

En conclusion, on peut raisonnablement considérer que le coût du traitement anaérobie à Tabarka s'élèverait à environ 40 DNT/tonne avec un rachat de l'électricité à 0,180 DNT/KWh et les certificats CO2 à 10 EUR.

1.2.8 Enfouissement

Deux options ont été étudiées, aussi bien sur le site des Salines que sur le site Erromani, à savoir l'enfouissement avec prétraitement et sans prétraitement des déchets.

Les coûts moyens (compte tenu de la distribution 60 % vers Erromani et 40 vers les Salines) des deux variantes de décharge se récapitulent comme suit :

Tableau 1-8 Résumé des coûts des deux décharges

	Sans prétraitement D1	Avec prétraitement D2
Coûts moyens totaux actualisés	33,85 DNT/t	18,17 DNT/t

Les coûts se répartissent à parts égales entre les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Les coûts totaux actualisés sur 50 ans contiennent les coûts durant 20 années d'exploitation (frais d'investissement pour la construction, y compris le système d'étanchéité de surface (capping) et les coûts d'exploitation) ainsi que les coûts durant 30 années postopératoires (essentiellement pour le suivi, le dégazage ainsi que le traitement des lixiviats s'il y a lieu pour plus de 30 années après la fermeture). Peu d'années après l'installation d'un système d'étanchéité de surface (capping), le traitement des lixiviats sera diminué (une géomembrane d'une épaisseur de 2,5 mm est considérée).

En conclusion, lorsqu'on compare le prix de l'enfouissement à la tonne de déchets produits (sur la totalité des déchets), on constate que le coût de l'enfouissement pour l'option D1 de 33,85 DNT/t est environ deux fois plus élevé que pour l'option D2 qui est de 18,17 DNT/t.

1.2.9 Combinaison et harmonisation de scénarios – Coûts du concept recommandé

Les coûts des différents systèmes de gestion des déchets ménagers, ainsi que les options possibles de tri, prétraitement et d'enfouissement sont présentés dans le tableau récapitulatif suivant :

Tableau 1-9 Coûts des options de la gestion des déchets ménagers (en DNT/t)

Système	Collecte et transport		Tri *	PMB **	PT anaérobie **	Enfouissement sans PT ***	Enfouissement avec PT
	Combinaison	Coût					
Système central	Pas de CT, bennes tasseuses	36	10	10	25	34	18
Système semi central	Bennes tasseuses, 13 CT, conteneurs ouverts 2 x 30 m3	43	33	43	88	34	18
Système décentralisé	Engins existants, 37 CT, conteneurs ouverts 2 x 30 m3	59	-	10	25	34	18
Tabarka + Aïn Draham + Nefza					55		

* Inclus revenus des certificats CO2 + recyclables

** Inclus tri et revenus des certificats CO2 + recyclables

*** Avec revenus des certificats CO2

A la lecture de ce tableau, on peut dire que :

- Un centre de tri, qu'il soit placé dans un des 13 centres de transfert ou sur les deux décharges, ne se justifie pas s'il n'est pas destiné à alimenter une unité de prétraitement.
- Il y a toujours intérêt à réaliser le prétraitement sur les zones de décharges, plutôt qu'au niveau des (13) centres de transfert.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- Le prétraitement aérobique est plus de deux fois plus économique que le prétraitement anaérobique.
- Le **scénario le moins coûteux** consiste en une collecte et un transport des déchets ménagers avec des bennes tasseuses (ce qui évite le recours à des centres de transfert), un prétraitement aérobique (prétraitement mécano biologique) suivi d'un enfouissement dans une des deux futures décharges.

Le coût de ce scénario s'élèverait à environ (36 + 10 + 18 =) **64 DNT/tonne**.

- Le **scénario classique** qui est actuellement réalisé dans la Tunisie, consistant en une collecte avec différents types d'engins, des centres de transferts proches des zones de collecte, suivi d'une mise en décharge sans prétraitement, s'élèverait dans la zone d'étude à (59 + 34=) **93 DNT/tonne**.
- Une unité de **prétraitement** anaérobique située à **Tabarka** présente plusieurs avantages et si les budgets alloués au projet le permettent, elle devrait être réalisée. Cette option présente un coût de **55 DNT/tonne**.

Lors de la réunion de mars 2010, l'ANGed a clairement marqué sa réticence pour le scénario sans centres de transfert, ainsi que pour celui à 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.

Par conséquent, le Consultant recommande ce scénario, bien que les coûts en soit près de 50 % plus élevés.

Les coûts des premiers investissements à réaliser en 2011 – 2033 pour la réalisation du scénario recommandé sont estimés comme suit :

Tableau 1-10 Investissements initiaux pour le scénario recommandé (en DNT)

Objet	Quantité	P.U (DNT)	Montant (DNT)
GC des Centres de transfert	37	500 000	18 500 000
GC des quais de transbordement	40	37 000	1 480 000
Premier casier décharge Erromani	1	8 400 000	8 400 000
Premier casier décharge Les Salines	1	7 300 000	7 300 000
Unité de prétraitement anaérobique Tabarka	1	11 400 000	11 400 000
Total			47 080 000

Les coûts des autres mesures visant à améliorer la gestion des déchets ménagers sont :

- Elaboration de PCGD : le coût de cette mesure qui permettrait une prise de conscience des populations desservies et à terme un meilleur recouvrement de l'impôt foncier est estimé à 1,725 M DNT (soit 0,767 DNT/tonne produite)

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- Déchèteries : seules les villes de Béja, Jendouba, Tabarka et Le Kef présentent une taille suffisante que pour y envisager la mise en service d'une déchèterie économiquement viable. Une implantation dans le chef lieux de Siliana est également recommandée.
- Réhabilitation des dépotoirs municipaux : la réhabilitation de la trentaine de dépotoirs municipaux qui seront abandonnés lors de la mise en service du système de gestion décentralisé est une mesure nécessaire à la protection de l'environnement de la zone d'étude. Cette mesure est estimée à environ 7 MDNT.

Ces mesures sont recommandées, mais peuvent faire l'objet d'un développement indépendant de celui financé par la coopération financière allemande.

1.3 AUTRES FLUX

1.3.1 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 est d'environ 15 MDNT, soit une moyenne annuelle de 0,73 MDNT/an.

1.3.2 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.

1.3.3 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.

1.3.4 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 pré-traitement sur les décharges. S'il n'y a pas de tri / pré-traitement, la fraction inerte des DIB sera alors assimilée aux déchets ménagers. Par contre, s'il y a un tri et un pré-traitement 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.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

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.

1.3.5 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.

1.4 DEVELOPPEMENT DES OPTIONS DU CONCEPT INSTITUTIONNEL ET ORGANISATIONNEL

1.4.1 Précollecte, collecte, Transfert, transport et élimination des déchets ménagers et assimilés

Il est clair que la situation actuelle relative au transfert, transport et élimination des déchets ménagers n'est pas satisfaisante : une gestion durable et intégrée des déchets impose que l'ANGed transfère à moyen terme la gestion de ces ouvrages aux communes, en encourageant leur collaboration intercommunale dans le cadre d'une convention.

Par ailleurs, la collecte des déchets municipaux par une entreprise privée contractée par une commune concessionnaire agissant pour le compte de plusieurs communes dans le cadre d'une convention est le mieux approprié à un horizon moyen-long terme, compte tenu des importantes économies d'échelle qu'il permet de dégager. A court terme, dans les conditions actuelles, il est souhaitable d'encourager la professionnalisation de la précollecte et de la collecte des déchets ménagers.

A moyen ou long terme, avec le désengagement de l'ANGed de cette activité, une nouvelle source de financement issue de l'introduction progressive d'une redevance déchets auprès des ménages, permettra de réduire la part des taxes environnementales.

1.4.2 Tri des déchets ménagers recyclables

Il y a lieu de souligner que le développement du tri à la source (au niveau des ménages) procède d'une stratégie à long terme. En revanche, il est possible de développer le tri par apport volontaire dans des déchetteries : l'ANGed est d'ailleurs en train d'étudier la faisabilité de créer des déchetteries communales et industrielles.

Dans le contexte actuel, il est proposé de développer la gestion en régie de déchetterie de déchets ménagers par les communes. A plus long terme, la gestion déléguée par le secteur privé de déchetteries de déchets ménagers est à encourager.

Si cette activité est gérée par les communes (soit en régie, soit en délégation), les communes devront financer les coûts d'investissement et d'exploitation des déchetteries à créer sur leur budget propre. La loi sur la fiscalité locale leur offre la possibilité de créer une redevance spécifique, partant du principe qu'il s'agit d'un service spécifique.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

1.4.3 Recyclage des déchets ménagers recyclables triés

Les propositions relatives au recyclage des déchets ménagers s'appuient sur l'important acquis de la Tunisie en terme de filières de collecte et de recyclage des déchets ménagers, tout en veillant à les renforcer. Toutefois, il est recommandé de développer l'affermage au secteur privé des éco-organismes (Eco-Lef, Eco-Zit, Eco-Filtre) par l'ANGed, l'ANGed se concentrant sur son rôle de régulateur du secteur.

1.4.4 Pré-traitement des déchets ménagers

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.

A terme, il serait souhaitable que l'ANGed transfère la gestion de ces ouvrages aux communes, en soutenant la mise en place d'une collaboration intercommunale dans le cadre d'une convention.

A court terme, le financement des coûts d'exploitation du prétraitement devrait reposer sur des aides et incitations de l'Etat destinées à promouvoir le prétraitement. A priori, ce financement devrait donc avoir pour source une part des taxes environnementales affectées au budget de fonctionnement de l'ANGed. A moyen et long terme, dans le cadre de la réflexion du gouvernement tunisien relative au financement et au recouvrement des coûts de la gestion des déchets solides, le prétraitement pourra être partiellement financé par une redevance déchets due par les ménages et autres producteurs de déchets solides assimilés aux déchets ménagers.

1.4.5 Contrôle technique et financier de la post-collecte

L'évolution des responsabilités institutionnelles épousera celle concernant les centres de transfert et d'élimination : dès lors que l'exploitation du transfert et de l'élimination des déchets ménagers sera de la responsabilité des communes, la gestion technique et financière de la post-collecte reviendra à terme aux communes, qui pourront coopérer dans le cadre d'une convention.

Compte tenu que l'exploitation des centres de transfert et d'élimination est déléguée au secteur privé, il convient de mettre en place un suivi et un contrôle des performances de l'opérateur.

Le financement de cette mission sera identique à celui du transfert et de l'élimination.

1.4.6 Gestion des boues des stations d'épuration

Il est conseillé de conserver l'ONAS comme responsable de la gestion des boues des stations d'épuration, selon le principe du producteur-récupérateur. En particulier, l'Office doit définir un plan de gestion des boues et mettre en place le système adéquat pour suivre et contrôler les performances du système de gestion des boues.

Selon le principe du pollueur-payeur, l'ONAS doit supporter le coût de la gestion des boues des stations d'épuration. Ceci dit, en fonction des objectifs sociaux et économique de l'Etat, ce coût pourra être partiellement ou totalement répercuté sur les abonnés de l'ONAS.

1.4.7 Gestion des déchets de soin

Selon le principe du producteur-récupérateur, les établissements publics et privés de santé sont responsables de la gestion des déchets de soin, avec la possibilité de déléguer cette gestion aux communes,

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

les communes pouvant choisir de mutualiser cette gestion. En tout état de cause, chaque établissement doit définir un plan de gestion des déchets de soins et mettre en place le système adéquat pour suivre et contrôler les performances du système de gestion de ces déchets.

S'agissant de déchets infectieux et donc dangereux, il convient que l'ANGed définisse le cadre légal régissant l'intervention des acteurs de ce secteur.

Selon le principe du pollueur-payeur, les établissements publics et privés de santé doivent supporter le coût de la gestion des déchets de soin. Ceci dit, en fonction des objectifs sociaux et économique de l'Etat, ce coût pourra être partiellement ou totalement répercuté sur les patients.

1.4.8 Gestion des déchets d'abattoirs

Selon le principe du producteur-récupérateur, les abattoirs sont responsables de la gestion de leurs déchets. En particulier, chaque abattoir doit définir un plan de gestion de leurs déchets et mettre en place le système adéquat pour suivre et contrôler les performances du système de gestion des déchets. Lorsque ces derniers n'ont pas de personnalité juridique, cette responsabilité incombe aux communes (cas le plus fréquent). Dans ce cas, il sera possible aux communes de gérer en régie directe ou de déléguer la gestion de leurs déchets au secteur privé, les communes pouvant choisir de mutualiser cette gestion.

Toutefois, s'agissant de déchets infectieux et donc dangereux, il convient que l'ANGed définisse le cadre légal régissant l'intervention des acteurs de ce secteur.

Selon le principe du pollueur-payeur, les abattoirs doivent supporter le coût de la gestion de leurs déchets. Ce coût devrait normalement être répercuté sur le prix de leurs prestations (internalisation du coût environnemental).

1.4.9 Gestion des déchets inertes et de démolition

D'un point de vue institutionnel, la collecte et l'élimination des déchets de construction ne soulèvent pas de problème particulier. Il est donc recommandé de maintenir les communes responsables de la gestion de ce type de déchets. Toutefois, il est souhaitable de renforcer le cadre organisationnel par l'information des citoyens des modalités de collecte de ces déchets (lieux, modes de présentation, jours et horaires, tarifs) et le contrôle sur terrain de façon à limiter autant que faire se peut le dépôt illégal de ces déchets sur la voie publique.

Il pourrait être intéressant pour une commune de déléguer cette mission à une entreprise privée (comme cela se fait pour la fourrière). Cette solution peut être d'autant plus aisée à mettre en œuvre que ses sources de financement sont claires (redevances), permettant une autonomie de gestion et que l'étendue des prestations couvrirait d'autres types de déchets.

Pour des raisons d'économies d'échelle, il peut être opportun à plusieurs communes limitrophes de s'associer, dans le cadre d'une convention, pour gérer les déchets de démolition ou de passer un marché cadre commun pour la gestion de leurs déchets de démolition.

La loi organique des communes prévoit l'instauration d'une redevance pour service rendu pour les déchets spéciaux non assimilables aux déchets ménagers produits par les ménages. Il est donc clair que les producteurs devraient supporter l'intégralité du coût de collecte et élimination de leurs déchets de construction. Pour améliorer le recouvrement de cette redevance, il est recommandé d'exiger son paiement d'avance, par exemple lors de la délivrance du permis de bâtir.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

1.4.10 Gestion des déchets industriels banals

La gestion des déchets industriels banals, qu'il s'agisse de leur fraction fermentescible ou recyclable, obéit à la même logique.

Il convient que les pouvoirs publics donnent une date limite pour la constitution des Groupements de Maintenance et de Gestion GMG³ et s'assurent ensuite du respect de la loi, notamment en terme de gestion des déchets de leurs adhérents industriels.

Selon le principe du pollueur-payeur, les industriels doivent supporter le coût de la gestion de leurs déchets. Ce coût devrait normalement être répercuté sur le prix de leurs produits (internalisation du coût environnemental).

³ Dans certains cas, la création d'un GMG est tributaire de l'apurement de la situation foncière de la zone industrielle.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

2 INTRODUCTION

2.1 PROGRESSION DE L'ETUDE DE FAISABILITE ET CONTENU DU RAPPORT

Le présent rapport fait partie de la seconde phase de l'étude de faisabilité de la gestion des déchets municipaux dans la vallée de la Medjerda. Cette seconde phase de concept est constituée, suivant les termes de référence, du présent rapport de concept, qui inclut l'examen des possibilités de générer des certificats d'émission, ainsi que des rapports sur les sites des décharges et sur les sites des centres de transfert. Ces rapports sur les sites sont élaborés séparément.

La seconde phase a débuté par l'élaboration d'un rapport intermédiaire (mars 2010), non prévu par les termes de références, qui établissait la comparaison entre une solution à deux décharges régionales et une solution à une décharge centrale. La conclusion en fut que la solution avec une décharge unique s'avérait plus onéreuse en raison des coûts de transport élevés, mais insistait sur la nécessité d'accroître la surface de la décharge nord (« Erromani »), afin de pouvoir garantir l'élimination des déchets produits dans les deux gouvernorats du nord (Béja et Jendouba) vers le site nord, et l'élimination des déchets des deux gouvernorats du sud (Kef et Siliana) dans la décharge sud (« Les Salines »).

L'ANGed a entrepris alors les démarches afin d'acquérir des terrains limitrophes à la parcelle initiale d'Erromani, et le consultant a pu de ce fait concevoir une décharge qui satisfasse aux exigences du projet (enfouissement garanti de 2014 à 2033).

Les options et les scénarios qui sont développés ci-dessous ont été présentés à l'ANGed lors de différentes réunions (mars et mai 2010).

Le rapport débute par le développement des options techniques, institutionnelles et financières, se poursuit par différentes combinaisons possibles d'options, pour aboutir à un scénario recommandé par le consultant, dont les coûts sont estimés.

Il est prévu la tenue d'un atelier de présentation publique des différents concepts développés ici, qui permettra d'informer les bénéficiaires du projet (municipalités, conseils ruraux et gouvernorats), et d'entériner un scénario qui aura retenu l'approbation.

2.2 RAPPEL DE LA PHASE 1 – HYPOTHESES DE BASE

La Phase 1 d'analyse de la situation existante a présenté au Chapitre 16 les principaux problèmes rencontrés actuellement dans la gestion des déchets municipaux dans la région du projet. Elle a aussi présenté les objectifs à atteindre par le projet, ainsi que ses principaux indicateurs. Ils ont fait l'objet de la matrice du Cadre Logique du Chapitre 17.

Sur base des problèmes et des objectifs à atteindre, nous avons développé des options techniques, institutionnelles et financières qui permettront de mettre en place une gestion intégrée et pérenne des déchets municipaux dans la zone d'étude.

Rappelons toutefois, avant de développement des différentes options, les hypothèses de travail qui soutiennent cette étude.

► **Horizons du projet** : nous proposons les horizons de l'étude comme suit :

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

- Etude de faisabilité, Phases 1 à 4 : 2009 et 2011, suivie des travaux et mise en service : 2011 à 2013
- Exploitation – Horizon 1 : 2014 – 2023
- Exploitation – Horizon 2 : 2024 – 2033.

► **Populations de l'étude :**

Les populations concernées par le système municipal de gestion des déchets sont nommées « populations municipales » et elles sont constituées de :

- La population communale (2004) ne représente que 37,05 % de la population totale. Son taux d'accroissement moyen annuel est estimé à 1,01 % durant les Horizons 1 et 2. Par contre, le taux d'accroissement annuel des populations rurales est négatif et estimé à - 0,16 % durant les deux Horizons du projet
- Des populations limitrophes situées dans des secteurs adjacents aux communes (que nous avons dénommés « secteurs mixtes ») peuvent être facilement desservies par les services communaux. De plus, deux secteurs ne sont pas érigés en communes, mais possèdent néanmoins chacune une agglomération de type communale. Nous proposons donc d'intégrer Thibar et Bou Alta au système central de GD.
- Des populations des conseils ruraux qui sont regroupées dans des centres communaux. Ces populations représentent en moyenne 53% du total des populations dans les conseils ruraux. Elles sont constituées de 71.398 habitants en 2004.
- **Pour toutes ces populations, le nouveau système central de GD desservira en 2014 une population totale de 683.706 habitants qui passera à 835.727 habitants en 2033, soit environ la moitié de la population totale de la Vallée de la Medjerda.**

► **Production future des déchets ménagers :**

Nous estimons que la production spécifique des trois centres urbains (Béja, Jendouba et Le Kef) va passer de 0,75 Kg/hab/jour en 2009 à 1,0 kg/hab/j en 2033, et celle des autres agglomérations à caractère plus rural ayant une production spécifique de 0,58 kg/hab/j en 2009 va atteindre 0,75 kg/hab/j en 2033. Si l'on considère que 50 % des plastiques seront récupérés en 2033 et que le potentiel de réduction de 6,6 % sera atteint de moitié en 2033, on obtient la projection de la production de déchets ménagers suivante :

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 2-1 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

- La production totale de **déchets ménagers** sera de :
 - 1.867.422 tonnes de 2014 à 2023
 - 2.307.273 tonnes de 2024 à 2033
 - **Soit 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.**

Les détails de ces hypothèses sont donnés à l'**Annexe 2-1**. Y est également présenté le calcul des quantités des différentes fractions composant les déchets municipaux, de 2014 à 2033.

2.3 PRESENTATION DES OPTIONS

Les options techniques développées dans la présente étude de concept sont décrites dans les tableaux qui suivent.

Tableau 2-2 Options techniques – Déchets ménagers

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Déchets ménagers - Options techniques

Actions au niveau des ménages	N°	Tri et recyclage	N°	Pré-collecte et collecte	N°	Centres de transfert et quais de transbordement	N°	Transport	N°	Pré-traitement des déchets	Nbr.	Elimination	Nbr.	Autres	Nbr.
Elaboration de Plans Communaux de Gestion des Déchets	Mén 1	Tri dans les Centres de Transfert (système décentralisé).	Tri 1	Système existant	PCC 1	Création d'un CT dans chaque municipalité et de quais de transbordement dans les CR (soit 37 CT)	CT 1	Transport entre les CT et le lieu d'élimination, dans conteneurs ouverts de 30 m3 par camion + remorque	TR 1	Pas de prétraitement	PT 1	Deux (ou trois) décharges avec traitement des lixiviats et extraction des gaz	D 1	Solutions décentralisées pour la gestion des déchets ménagers des familles dans les zones rurales	A 1
Développement de déchèteries dans les centres de transfert	Mén 2	Tri sur les lieux de prétraitement et / ou d'élimination (système centralisé)	Tri 2	Optimisation du système existant : plus de conteneurs, réduire le nombre de tournées, ...	PCC 2	Création de (13) CT régionaux + quais de transbordement (adaptés pour les BT) dans les CR	CT 2	Transport entre les CT et le lieu d'élimination par des camions de grande capacité - 60 m3 avec presse	TR 2	Prétraitement par voie aérobique (PMB), aération active ou passive (sur les sites de décharge)	PT 2	Deux (ou trois) décharges avec systèmes réduits de traitement des lixiviats et d'extraction des gaz suite au pré-traitement des déchets	D 2	Réhabilitation des 4 décharges contrôlées et des dépotoirs municipaux	A 2
		Plastiques : développement d'Eco-Lef	Tri 3	Collecte et transfert par des bennes tasseuses -	PCC 3			Transport entre quais de transbordement et Ct par tracteur avec remorque 3,5 m3	CCR 1	Tri et prétraitement de la fraction organique par voie anaérobique (digesteur)	PT 3				
		Déchets à haute valeur calorifique : élimination en cimenterie	Tri 4	PCC 3 mais collecte et transfert par opérateurs privés	PCC 4			Transport entre quais de transbordement et CT par camion avec conteneur ouvert 15 m3	CCR 2	Unité(s) d'incinération	PT 4				

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 2-3 Options techniques – Autres flux de déchets

Autres flux de déchets - Options techniques

Boue de stations d'épuration	N°	Déchets de soins *	N°	Déchets d'abattoirs *	N°	DIB / fraction inertes	N°	DIB / fraction fermenticible *	N°	Déchets inertes et de démolition	N°
Valorisation agricole des boues	BSE 1	Sensibilisation et formation de tous les acteurs <i>Objectif : générer des flux séparés DAS et DASRI</i>	DS1	Système centralisé géré avec les déchets ménagers	DA 1	Système centralisé et géré avec les déchets ménagers : collecte par les municipalités vers CT, transport vers lieux d'élimination et mise en décharge comme déchets ménagers	DIBI 1	Système centralisé et géré avec les déchets ménagers : collecte par les municipalités vers CT, transport vers lieux d'élimination, tri, recyclage, prétraitement et mise en décharge comme déchets ménagers	DIBF 1	Système actuel	DC1
Elimination en mono-décharge(s)	BSE 2	Un banaliseur central	DS2	Système décentralisé géré par le secteur privé	DA 2	Système mixte : tri dans les industries, récupération des valorisables et transport vers lieux d'élimination, tri, recyclage, prétraitement. Gestion des non valorisables avec les déchets ménagers	DIBI 2	Valorisation anaérobie et énergétique au sein des entreprises (pilotes)	DIBF 2		
Enfouissement en décharge contrôlée	BSE 3	Un banaliseur dans chaque chef lieu de gouvernorat	DS 3								
		* Gestion dans les établissements, transport et élimination des déchets		* Gestion dans les abattoirs, transport et élimination des déchets				* Essentiellement les déchets des industries agro-alimentaires et OTD			

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Les détails des options, les indicateurs et les commentaires y relatifs sont présentés en **Annexe 2-2**

Les options institutionnelles développées dans la présente étude de concept sont présentées dans les tableaux qui suivent.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 2-4 Options institutionnelles et financières – Déchets ménagers

Options Institutionnelles et Financières - Déchets ménagers															
Pré-collecte et collecte	N°	Tri des déchets ménagers recyclables	N°	Recyclage des déchets recyclables triés	N°	centres de transfert et quais de transbordement	N°	Transport	N°	Pré-traitement des déchets	N°	Elimination	N°	Contrôle Technique et Financier de la Post-Collecte	N°
Municipalités / conseil régional - Engager les micro-entreprises (médiinas, zones péri-urbaines)	I-PCC1	Micro-entreprises	I-TRI1	ANGED - Eco-organismes (Eco-Lef, Eco-Zit, Eco-batterie, Eco-pile, Eco-filtre, etc.)	I-REC1	Municipalités - service municipal	I-TR1	Municipalités - service municipal	I-TR1	Cette activité n'est actuellement pas intégrée		ANGED - Engager le secteur privé	I-D1	ANGED	I-CTFPC1
Municipalités / conseil régional - Engager le secteur privé (zones modernes)	I-PCC2	Secteur informel	I-TRI2			Municipalités - engager le secteur privé	I-TR2	Municipalités - engager le secteur privé	I-TR2			Municipalités - service municipal	I-D2		
Municipalités - service municipal	I-PCC3					ANGED - Engager le secteur privé	I-TR3	ANGED - Engager le secteur privé	I-TR3			Municipalités - engager le secteur privé	I-D3		
Municipalité concessionnaire - service municipal	I-PCC4	ANGED - Déchetterie déchets ménagers (régie)	I-TRI3	Secteur privé - Eco-organismes (Eco-Lef, Eco-Zit, Eco-batterie, Eco-pile, Eco-filtre, etc.)	I-REC2	Municipalité concessionnaire - service municipal	I-TR4	Municipalité concessionnaire - service municipal	I-TR4	ANGED - Engager le secteur privé	I-P1	Conseil régional - Engager le secteur privé	I-D4	Conseil régional	I-CTFPC2
Municipalité concessionnaire - engager le secteur privé	I-PCC5	ANGED - Déchetterie déchets ménagers (secteur privé)	I-TRI4	Cimentiers - co-incinération	I-REC3	Municipalité concessionnaire - engager le secteur privé	I-TR5	Municipalité concessionnaire - engager le secteur privé	I-TR5	Municipalité concessionnaire - service municipal	I-P2	Municipalité concessionnaire - service municipal	I-D5	Municipalité concessionnaire	I-CTFPC3
		ANGED - Déchetterie déchets ménagers (micro-entreprises)	I-TRI5			Conseil régional - Engager le secteur privé (zones communales et rurales)	I-TR6	Conseil régional - Engager le secteur privé	I-TR6	Municipalité concessionnaire - engager le secteur privé	I-P3	Municipalité concessionnaire - engager le secteur privé	I-D6		
		Municipalités - Déchetterie déchets ménagers (régie)	I-TRI6			Conseil régional - Engager les micro-entreprises (zones rurales)	I-TR7			Conseil régional - Engager le secteur privé	I-P4				
		Municipalités - Déchetterie déchets ménagers (secteur privé)	I-TRI7												
		Municipalités - Déchetterie déchets ménagers (micro-entreprises)	I-TRI8												

Régie: service autonome placé sous la responsabilité du Conseil régional, disposant d'un budget propre et de recettes spécifiques

Municipalité concessionnaire: par décision municipale, des municipalités mettent en commun un service donné et désignent l'une d'elles comme responsable de ce service

Situation actuelle Proposition

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 2-5 Options institutionnelles et financières – Autres flux

Options Institutionnelles et Financières - Autres flux											
Boues de stations d'épuration	N°	Déchets de soins	N°	Déchets d'abattoirs	N°	Déchets inertes et de Démolition	N°	DIB / fraction recyclable	N°	DIB / fraction fermenticible	N°
ONAS - régie	I-BSE1	Municipalités - service municipal	I-DS1	Municipalités - service municipal	I-DA1	Municipalités - service municipal	I-DC1	Municipalités - service municipal	I-DIB11	Municipalités - service municipal	I-DIBF1
		Municipalités - Engager le secteur privé	I-DS2	Municipalités - Engager le secteur privé	I-DA2	Municipalités - Engager le secteur privé	I-DC2	Municipalités - Engager le secteur privé	I-DIB12	Municipalités - Engager le secteur privé	I-DIBF2
Il n'existe pas actuellement de gestion des déchets de boues		Ministère de la santé	I-DS3								
ANGED - Engager le secteur privé	I-BSE2	ANGED - Engager le secteur privé	I-DS4	ANGED - Engager le secteur privé	I-DA3	Conseil régional - Engager le secteur privé	I-DC3	Conseil régional - Engager le secteur privé	I-DIB13	Conseil régional - Engager le secteur privé	I-DIBF3
ONAS - Engager le secteur privé	I-BSE3	Conseil régional - Engager le secteur privé	I-DS5	Conseil régional - Engager le secteur privé	I-DA4	Municipalité concessionnaire - service municipal	I-DC4	Municipalité concessionnaire - service municipal	I-DIB14	Municipalité concessionnaire - service municipal	I-DIBF4
		Municipalité concessionnaire - service municipal	I-DS6	Municipalité concessionnaire - service municipal	I-DA5	Municipalité concessionnaire - engager le secteur privé	I-DC5	Municipalité concessionnaire - engager le secteur privé	I-DIB15	Municipalité concessionnaire - engager le secteur privé	I-DIBF5
		Municipalité concessionnaire - engager le secteur privé	I-DS7	Municipalité concessionnaire - engager le secteur privé	I-DA6			GMG	I-DIB16	GMG	I-DIBF6

GMG: groupement de maintenance et de gestion. GIE formé entre les entreprises d'une même zone industrielle, pour entretenir le patrimoine commun (voirie, éclairage public, collecte des déchets, station de prétraitement, etc.)

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

3 DEVELOPPEMENT DES SCENARII DE GESTION DES DECHETS MENAGERS

3.1 INTRODUCTION

Le principal enjeu de l'étude réside dans la collecte et le transport des déchets ménagers : compte tenu du grand nombre de zones de productions (37 municipalités réparties sur quatre gouvernorats), de la faible production de déchets (en moyenne, 6.069 tonnes par an par municipalité) et de leur élimination dans deux décharges, l'étude va comparer un système décentralisé (37 centres de transfert), un système semi central (avec 13 centres de transfert) et un système centralisé (pas de centres de transfert). Les moyens de collecte et de transport envisagés seront bien entendu différents selon les systèmes.

En fonction des systèmes de collecte et de transport, il est possible de développer des installations de tri et de prétraitement décentralisées, semi centrales ou centrales.

3.1.1 Système décentralisé

Le système décentralisé est défini comme étant une solution à 37 centres de transfert, dans lesquels nous avons envisagé la possibilité de mettre une déchèterie, mais dont les capacités sont trop réduites que pour y envisager un tri ou un prétraitement.

La collecte se fait par les engins existants, le transport entre les centres de transfert et les décharges par des camions avec conteneurs ouverts ou presse.

3.1.2 Système semi central

Le système semi central est défini comme étant la solution avec 13 centres de transfert (CT) qui pourraient être équipés d'un petit centre de tri et d'une petite unité de traitement des déchets. La collecte se fait par des bennes tasseuses et le transport par camion (conteneurs ouverts ou presse).

Afin de définir à partir de quelles quantités de déchets produites et triées un centre de tri est viable, la valeur médiane de la quantité des déchets des 13 CT fut calculée et choisie comme grandeur représentative. Le **CT de Siliana (10.594 t/an)** fut choisi comme exemple type pour la solution semi centrale.

De plus, suite à la réunion intermédiaire de mars 2010, nous avons étudié la faisabilité technico-économique d'un **prétraitement anaérobique** localisé à **Tabarka**, pouvant également accueillir les déchets de Aïn Draham et de Nefza, d'une capacité moyenne de **25.633 t/an**.

3.1.3 Système centralisé

Le système centralisé se compose uniquement de deux décharges, la collecte et le transport se faisant uniquement avec des bennes tasseuses. Sur les décharges peuvent être implantés un grand centre de tri et une grande unité de traitement des déchets.

La **décharge des Salines (89.573 t/an)** fut choisie comme exemple type : la quantité de déchets enfouis étant inférieure à celle de la décharge d'Erromani, le coût spécifique de la tonne de déchets enfouie devrait donc être plus élevé que pour la décharge d'Erromani.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

3.2 ACTIONS AU NIVEAU DES MENAGES ET DES MUNICIPALITES

3.2.1 Elaboration des Plans Communaux de Gestion des Déchets – Mén 1

3.2.1.1 Le Plan Communal de Gestion des déchets (PCGD)

L'amélioration de la gestion des déchets au niveau des municipalités passe par l'élaboration de Plans Communal de Gestion des Déchets (PCGD). Les objectifs de ces plans communaux sont de :

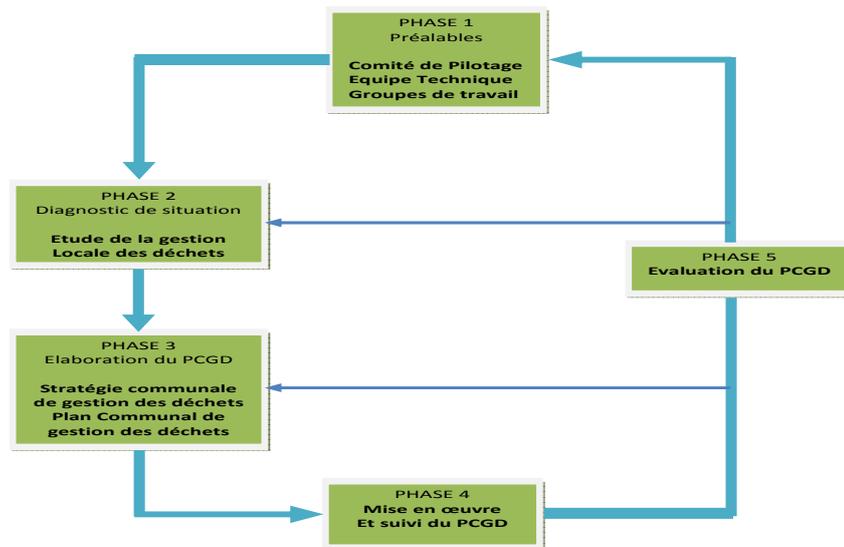
- Favoriser la conception et la prévision de l'évolution des activités de gestion des déchets au sein de la commune
- Fournir aux responsables un guide et un cadre général de réflexion et de décision permettant d'améliorer la gestion des déchets
- Permettre de gérer les changements que la gestion des déchets implique pour une nouvelle approche de la gestion de l'environnement
- Impliquer les citoyens dans la réflexion stratégique sur toutes les possibilités d'amélioration et de développement de la gestion des déchets
- Permettre d'intensifier et d'équilibrer l'usage des moyens et des capacités de collecte car ils sont souvent limités et qu'il est nécessaire de les coordonner afin d'en faire le meilleur usage possible.

Il n'y a pas de nouveaux besoins organisationnels, de personnel, de régulation au niveau de l'ANGed (principe de la responsabilité du producteur appliqué).

La GTZ a élaboré pour ce faire un Guide pratique pour l'élaboration d'un PCGD. Ce manuel est un référentiel de base pour l'élaboration et la confection des Plans Communaux de Gestion des Déchets, qui se déroule en 5 phases :

Figure 3-1 Les phases de l'élaboration d'un PCGD

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale



Nous ne développerons pas en détail ici les différentes étapes du PCGD, mais son contenu peut se résumer comme suit :

Figure 3-2 Contenu d'un PCGD

1. PRESENTATION GENERALE
1. Rappel des objectifs nationaux, régionaux et locaux en matière de développement de la gestion des déchets
2. Rappel des principales orientations générales du plan,
3. Rappel des relations du PPD avec les autres plans communaux tel que le PIC
2. SYNTHESE DES RESULTATS DU DIAGNOSTIC
4. PRESENTATION DU CADRE CONCEPTUEL DU PLAN : DEFINITION DE LA VISION FUTURE, DES OBJECTIFS ET DES ORIENTATIONS STRATEGIQUES
5. PRESENTATION DU PLAN D' ACTIONS
6. FICHES-ACTIONS
1. Organisation et ressources humaines
2. Communication
3. Technique de collecte
4. Analyse des coûts
7. SCHEMA DE FINANCEMENT DU PCGD
8. PLANNING DE MISE EN ŒUVRE DU PCGD
9. MODALITES DE SUIVI ET D' EVALUATION DU PCGD
10. MESURES D' ACCOMPAGNEMENT ET D' APPUI
11. ANNEXES - ESSENTIELLEMENT DE TABLEAUX DE SYNTHESE DES INFORMATIONS

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Les **programmes de formation** des deux groupes cibles, à savoir les employés des services communaux et la population de la commune, peuvent se résumer comme suit :

3.2.1.2 Programme de formation et de sensibilisation des équipes communales

► Présentations des objectifs de la formation

- Elaborer un PGDS : définition et consistance
- Impliquer l'ensemble du personnel et de la ligne hiérarchique : pourquoi et dans quel objectif
- Améliorer la motivation et la communication interne
- Pour les services financiers : améliorer les revenus communaux et établir une comptabilité analytique des coûts et revenus
- Pour les services techniques : optimiser l'utilisation et la gestion des équipements existants
- Proposer des outils simplifiés de gestion environnementale

► Aperçu général sur le secteur des déchets en Tunisie

- Rappel sur la typologie des déchets en Tunisie et en particulier en milieu semi urbain
- Gestion actuelle des déchets dans les milieux communaux de type semi urbain : problématiques et perspectives
- Présentations de quelques projets en cours
- Présentation de l'état des lieux dans la zone de l'étude (Nefza, et les trois communes pilotes) : les études préalables, les projets déjà entamés et leur niveau de réalisation ainsi que les retombées jusqu'ici atteintes
- Introduction au système d'échange d'expériences dans la gestion des Déchets Ménagers et Assimilés entre régions et communes similaires.

► Sensibilisation du personnel à la gestion environnementale

- Introduction aux notions environnementales (législation, empreinte écologique, protection des ressources naturelles dans les zones vulnérables, notion de bilan carbone, etc.)
- Amener le personnel à mieux intégrer les procédures liées à la gestion des déchets dans les zones de production potentielles

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

- Conseils pratiques pour gérer l'environnement au quotidien dans le cadre de la gestion des déchets (entreposage, optimisation de la pré-collecte, de la collecte et de l'élimination)
- Adoption de bonnes pratiques (par ex. : la réduction de la fréquence, la collecte en point de regroupement, l'usage de conteneurs et de moyens adaptés et optimisés à chaque situation, approche pour la participation du secteur privé, etc.)
- Précision du cadre institutionnel et du niveau des implications de chaque acteur
- Présentation d'outils de suivi adaptés au contexte local (renforcement des procédures de contrôle et des mesures dissuasives, organisation de réunion d'évaluation périodiques avec les acteurs concernés...)

► **Sensibilisation du personnel en termes de santé et de sécurité du travail**

- Vulgarisation sur l'effet pathologique et morbide des déchets et leur impact sur la santé humaine
- Identification et description des risques encourus suite à des mauvaises manipulations des déchets
- Présentation des bonnes pratiques dans toute la chaîne de gestion (moyens et durée d'entreposage, types de matériels de collecte, moyens humains et équipements personnels de travail assurant santé et sécurité : tenue, gants de protection, bottes, etc.)

3.2.1.3 Programme de communication et de sensibilisation de la population

- Organisation des réunions d'information et de vulgarisation avec les représentants de la population active dans la zone d'étude sur les risques et les bonnes pratiques en terme de gestion des déchets de manière respectueuses des consignes de protection de l'environnement
- Communication sur les services couverts par la taxe d'habitation (et les taxes communales), son taux de recouvrement, l'importance de son paiement, les perspectives d'amélioration des services si le taux de recouvrement augmente
- Pour les populations rurales rattachées au projet : discussion d'une rémunération possible des services de GDS
- Conception d'affiches et de dépliants simples et visibles destinés à l'ensemble de la population illustrant les risques et les bonnes pratiques (entreposage des déchets, mise en place dans un lieu accessible et sécurisé, ne pas fouiller dans les tas de déchets, etc.).
- Prévoir des campagnes de propretés exceptionnelles en liaison avec les traditions de la zone
- Introduction aux bienfaits du recyclage et de la valorisation en l'occurrence le compostage individuel ou groupé en fonction des situations.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

3.2.1.4 PCGD dans la zone du projet

Selon le guide les experts requis pour la réalisation du PCGD sont :

Tableau 3-1 Expertise requise pour l'élaboration d'un PCGD

Equipe Technique	Expert 1	Organisation, gestion des ressources humaines
	Expert 2	Techniques de collecte des déchets
	Expert 3	Communication
	Expert 4	Analyse des coûts

Toujours selon le guide, le processus d'élaboration du plan peut se faire en 3 mois :

Tableau 3-2 Planning d'élaboration d'un PCGD

Phases	Etapas	Mois 1				Mois 2				Mois 3				Input des experts (j)					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4		
Phase 1 : Préalables	Création du CP	■														4		2	
	Désignation des experts	■	■													1	1	1	1
	Journée de lancement public			■												2	1	2	1
Phase 2 : Diagnostic	Administration du Questionnaire	■	■	■												5	5	3	5
	Analyse du questionnaire				■											4	5	1	5
	Diagnostic sur terrain					■										1	5	1	5
	Analyse et rédaction du rapport de diagnostic						■	■								5	3	2	3
	Rapport de synthèse générale								■							4			
Phase 3 : Elaboration du PCGD	Organisation de l'atelier de planification stratégique									■						4	3	5	3
	Organisation de l'atelier de programmation									■	■					3	2	5	2
	Elaboration du PCGD									■	■	■	■			10	2	2	2
Total													43	27	24	27			

Soit un total de 121 jours ou 5,5 homme/mois de travail pour les phases 1 à 3. On rajoutera 0,50 homme/mois pour les phases 4 et 5. Ce qui donne 6,0 homme/mois pour la réalisation d'un PCGD.

Compte tenu de ces temps de travail, on peut estimer le coût de la réalisation d'un PCGD comme suit :

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 3-3 Coûts de réalisation d'un PCGD

Objet	Unité	Quantité	Prix unitaire (DNT)	Montant (DNT)
Expert - siège	h/mois	4,50	7 500,00	33 750,00
Expert - terrain	h/mois	1,50	5 000,00	7 500,00
Voiture	mois	4,50	2 000,00	9 000,00
Rapports	ff	1,00	1 500,00	1 500,00
Autres et imprévus		20%		10 350,00
Total				62 100,00

Si l'on considère un effet d'échelle pour la réalisation des PCGD dans les (35 + 2) municipalités de la zone du projet, qui réduirait les coûts de 25 %, on peut estimer le coût de cette mesure Mén 1 comme suit :

Tableau 3-4 Coût de la réalisation des PCGD dans la zone du projet

Coût unitaire	62 100,00	DNT
Effet d'échelle	25%	
Soit pour 37 entités	1 723 275,00	DNT
Durée de vie du PGCD	10 ans	
Tonnages 10 ans	2 245 370,00	tonnes
Soit un coût à la tonne de	0,767	DNT

3.2.2 Développement de déchetterie dans les centres de transfert – Mén 2

La GTZ a financé une étude intitulée « Etude de faisabilité technico-économique des déchetteries en Tunisie⁴ ». Elle présente de propositions de concepts de déchetteries adaptées aux orientations et à la stratégie de gestion durable des déchets en Tunisie, pour les déchets urbains et pour les déchets industriels. Le contenu de cette étude relatif aux déchetteries urbaines est présenté en **Annexe 3-1**.

L'établissement d'un compte d'exploitation prévisionnel théorique démontre que **le point mort de ce type de déchetterie, se situe autour de 450 à 500 t/an de déchets réceptionnés** (150 t d'emballages plastiques et 300 t pour les cartons, journaux et ferrailles cumulés), soit 2 tonnes/jour.

Sur cette base, quelles sont les municipalités de la zone d'étude susceptibles d'accueillir une déchetterie? Pour y répondre, nous prendrons les hypothèses de travail suivantes :

- les apports dans les déchetteries sont des apports volontaires, donc nous estimerons que 25 % du potentiel valorisable arrivera à la déchetterie, et ce pour autant que les producteurs de déchets aient été préalablement sensibilisés (lors de l'élaboration du PCGD)
- nous considérerons que les déchets pouvant être amenés à la déchetterie sont aussi bien les déchets ménagers que les DIB et les déchets hôteliers (à Tabarka), car compte tenu de la dispersion

⁴ Laurent Dubost – Octobre 2009

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

des municipalités dans la zone d'étude, il est peu probable que les DIB puissent être traités séparément (voir options Rec ci-après).

Sur base de ces hypothèses, pour qu'une déchèterie soit viable, il faut qu'elle accueille sur 10 années 450 x 10 / 0,25 tonnes, soit 18.000 tonnes. Lorsque l'on compare cette estimation avec les productions municipales par fraction dans les tableaux de l'Annexe 2 – 1, on constate que seules quatre municipalités sont susceptibles d'accueillir une déchèterie.

Tableau 3-5 Municipalités susceptibles d'accueillir une déchèterie

Centre de transfert	Total des fractions - 2014 - 2023			
	Plastiques	Papiers et cartons	Métaux	Total en déchèterie
Gouvernorat de Béja				
Béja	24 830	10 283	3 511	38 624
Gouvernorat de Jendouba				
Jendouba	28 276	11 710	3 999	43 985
Tabarka	17 580	6 530	2 101	26 211
Gouvernorat du Kef				
Le Kef	17 969	7 442	2 541	27 951
Gouvernorat de Siliana				
Siliana	7 564	3 133	1 070	11 767

Il s'agit des municipalités de Béja, Jendouba, Tabarka et du Kef. Toutefois, nous suggérons de prévoir l'implantation d'une déchèterie à Siliana en raison de sa position de chef lieu de gouvernorat et du projet pilote de collecte qui s'y déroule.

Dans un premier temps, nous recommandons de localiser la déchèterie au niveau du centre de transfert, ensuite elle pourra être localisée de façon plus centrale.

Par définition, le coût de ces déchèteries est nul puisque nous sommes partis de l'hypothèse de l'équilibre financier.

3.3 TRI DES DECHETS MENAGERS (FRACTION RECYCLABLE)

3.3.1 Présentation des options

Les analyses de la composition des déchets réalisées en Phase 1 montrent que les fractions recyclables représentent (théoriquement) environ 19% de la totalité des déchets.

Afin de diminuer les quantités de déchets à enfouir en décharge, un tri peut être réalisé afin de sélectionner ces fractions recyclables. Cette opération se fait dans un centre de tri, soit mécaniquement, soit manuellement. Le tri peut générer des revenus par la vente des matières secondaires valorisables et des économies par le gain réalisé au niveau du volume mis en décharge, voire du tonnage transporté si le tri se fait de façon décentralisée.

Les options pour un centre de tri sont les suivantes :

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- **Option Tri 1** : centre de tri semi central. Le centre de tri est situé à priori sur le terrain du centre de transfert. Cette option est à combiner avec l'option de 13 centres de transfert (il n'est pas envisageable de faire du tri dans les 37 centres de transfert compte tenu des petites quantités générées). Pour le calcul de l'option, nous avons retenu la municipalité de Siliana comme étant représentative des 13 autres centres de transfert (moyenne annuelle : **10.594 t/an**) ;
- **Option Tri 2** : centre de tri centralisé. Le centre de tri est situé sur le site d'une des deux décharges. Nous avons retenu le site des Salines pour le calcul de l'option (moyenne annuelle : **89.573 t/an**).
- **Option Tri 3** : analyse du développement d'Eco Lef dans la zone d'étude.
- **Option Tri 4** : déchets à haute valeur calorifique, analyse de la possibilité de les éliminer en cimenterie.

3.3.2 Tri dans les Centres de Transfert (système semi central – Tri 1)

Les tableaux qui suivent présentent une estimation des coûts actualisés d'un centre de tri semi central au site de Siliana avant transfert vers la décharge des Salines. Le détail des calculs des coûts actualisés est donné en **Annexe 3-2**.

Nous avons considéré que la fraction recyclable, constituée de déchets triables et valorisables, représente 8 % des quantités totales collectées (soit environ 40 % de la fraction potentiellement valorisable). Toujours pour rester du côté conservatoire, nous avons considéré 30 DNT/tonne comme prix moyen reçu pour les matériaux valorisables, même si les prix actuels du marché de recyclage sont bien supérieurs à cette valeur⁵.

Le tri dans les centres de transfert comporte certains désavantages par rapport au tri sur une décharge :

- L'espace est souvent limité au niveau des centres de transfert (car proches des agglomérations)
- Le risque de nuisances dues aux émissions (odeurs, poussières,...) est accru par ces activités de tri, d'autant que l'activité est peu éloignée des agglomérations
- Comme toutes les solutions techniques, les centres de tri doivent comporter au moins deux lignes opérationnelles. Par conséquent, il existe une capacité minimale sous laquelle une installation de tri ne peut être justifiée (économie d'échelle). C'est pourquoi nous n'avons pas envisagé un centre de tri dans le système à 37 centres de transfert.

Le système semi central implique également que les déchets triés soient stockés en 13 points dans les quatre gouvernorats (contrairement aux deux points pour l'option centralisée), et par conséquent le transport vers les points de recyclage est plus difficile à organiser (et moins attractif pour les recycleurs).

► Plastiques

⁵ Plastique : 120 DNT/t, Carton : 50 DNT/t, bouteilles plastiques : 200 DNT/t, Métaux : 500 DNT/t, Papier : 20 DNT/t

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Actuellement, les recycleurs s'approvisionnent auprès des centres Ecolef, ou auprès de collecteurs privés.

Concernant les centres Ecolef, les quantités disponibles sont stationnaires et ne peuvent plus faire face aux demandes de plus en plus croissantes des recycleurs. Les nouveaux projets de recyclage de plastiques sont même bloqués actuellement par l'ANGed, étant donné la non disponibilité de plastiques collectés pour ces nouveaux projets.

Les quantités supplémentaires qui seront triées au niveau des centres de transfert varient de 0,100 t/jour à L'Aroussia à 6,8 t/jour à Jendouba.

Le tri au niveau des CT est une opportunité de mettre à disposition des recycleurs une nouvelle quantité de plastiques à valoriser. Néanmoins, le principal problème réside dans le fait que le plastique trié est sale, du fait de son mélange avec les ordures ménagères, et les recycleurs rechignent à s'en approvisionner, comparé aux plastiques provenant des centres Ecolef, qui sont propres.

Le recyclage du plastique sale nécessite une installation de lavage du plastique, généralement jumelée avec un broyeur. Ce sont des installations assez lourdes et assez coûteuses, que le recycleur moyen ne peut pas réaliser. Le coût de ces installations varie selon la capacité, et elle est supérieure à 300.000 DNT pour une installation de 2 t/h.

Par conséquent, les plastiques issus d'un centre de tri semi central ne pourront pas être recyclés.

► Textile, papiers cartons, verre

Il n'existe pas actuellement de recycleurs de ces déchets dans la zone d'étude. Les principaux recycleurs sont situés à Tunis et Bizerte.

Tableau 3-6 Coûts actualisés d'un centre de tri semi central au site de Siliana (Tri 1)

Coûts d'investissement actualisés	11,14	DNT/t
Coûts d'exploitation actualisés	27,64	DNT/t
Coûts d'exploitation avec revenus	21,92	DNT/t
Coûts totaux actualisés	38,78	DNT/t
Coûts totaux actualisés avec revenus	33,07	DNT/t
Coûts totaux actualisés sur 20 ans	4.583.878	DNT
Coût du centre de tri par tonne de déchets produits	33,07	DNT/t

3.3.3 Tri sur les lieux de valorisation et d'élimination (système centralisé - Tri 2)

Les tableaux qui suivent présentent une estimation des coûts actualisés d'un centre de tri centralisé au site des Salines avant l'enfouissement en décharge. Le détail des calculs des coûts actualisés est donné en **Annexe 3-3**.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 3-7 Coûts actualisés d'un centre de tri centralisé au site Les Salines (Tri 2)

Coûts d'investissement actualisés	4,69	DNT/t
Coûts d'exploitation actualisés	10,57	DNT/t
Coûts d'exploitation avec revenus	5,23	DNT/t
Coûts totaux actualisés	15,25	DNT/t
Coûts totaux actualisés avec revenus	9,92	DNT/t
Coûts totaux actualisés sur 20 ans	11.628.866	DNT
Coût du centre de tri par tonne de déchets produits	9,92	DNT/t

3.3.4 Conclusion Tri 1 et Tri 2

Les coûts d'un centre de tri avant l'enfouissement en décharge pour les variantes semi centrales et centralisées sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 3-8 Résumé des coûts actualisés pour le centre de tri

Description	Centre de tri	
	Semi central	Centralisé
	Tri 1	Tri 2
Localisation		
Option		
Coûts d'investissement actualisés	11,14 DNT/t	4,69 DNT/t
Coûts d'exploitation actualisés	27,64 DNT/t	10,57 DNT/t
Coûts d'exploitation actualisés avec revenus	21,92 DNT/t	5,23 DNT/t
Coûts totaux actualisés	38,78 DNT/t	15,25 DNT/t
Coûts totaux actualisés avec revenus	33,07 DNT/t	9,92 DNT/t
Coûts totaux actualisés sur 20 ans (pour un centre de tri)	4.583.878 DNT	11.628.866 DNT
Coût du centre de tri par tonne de déchets produits	33,07 DNT/t	9,92 DNT/t

Il faut aussi rappeler que dans l'option semi centrale, certaines municipalités iront directement aux décharges, ce qui implique quasiment de réaliser aussi un centre de tri sur les lieux d'enfouissement.

A ce stade, l'économie réalisée sur les coûts de mise en décharge n'est pas considérée car elle concerne les deux options.

Les coûts totaux actualisés de la variante semi centrale sont plus de 3 fois plus élevés que la variante centralisée et par conséquent, au regard des inconvénients du tri décentralisé, il est recommandé que le tri se fasse sur les deux sites de décharges de la zone du projet.

3.3.5 Plastiques : développement d'Eco-Lef

La présentation du programme Eco-Lef a été faite dans le rapport de la Phase 1. C'est un programme de gestion des déchets d'emballage, plastique et métallique, qui date de 2001, et a permis en 2008 la collecte de 15.700 tonnes de déchets d'emballages plastiques.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Actuellement, ces déchets sont repris par l'ANGed auprès des collecteurs aux tarifs de 500 DNT/tonne pour les corps creux, et 700 DNT/tonne pour les sacs bretelle et les sacs plastiques, et cédés aux recycleurs à un prix maximal de 100 DNT/tonne.

L'ANGed, le gestionnaire direct du programme, a réalisé en 2009 une étude sur l'optimisation du système public Eco-Lef⁶.

Il ressort de cette étude que :

- Les coûts par tonne du système sont globalement décroissants de 2003 à 2008, de 1.219 DNT/tonne à 927 DNT/tonne. Plus de 14 millions de dinars ont été mobilisé en 2008 pour la collecte de 15.700 tonnes de déchets d'emballage (DEM), soit à peine 0,7 % du total des déchets produits, et entre 17 % et 30 % des DEM produits par les ménages.
- L'objectif social du système semble atteint, grâce à l'activation du Fonds national pour l'Emploi « 21-21 ». 1900 entreprises de collecte (5.500 emplois) et 110 entreprises de recyclage (1.000 emplois) ont vu le jour grâce au « mécanisme 41 » du-dit fonds.
- Les performances économiques semblent cependant nettement moins favorables :
 - La viabilité des micro-entreprises repose sur les conventions passées avec l'ANGed, elles-mêmes tributaire des subventions versées par le fonds 21-21 pendant les quatre premières années du projet
 - Le contrôle Général des Finances a établi, dans son rapport d'audit, que le budget moyen de fonctionnement d'un point Eco-Lef s'établissait à 20.000 DNT/an, soit une collecte de 40 tonnes/an de déchets plastiques. Or, il est constaté que 178 des 318 points privés Eco-Lef n'arrivent pas à ce seuil. D'ailleurs, 63 points ont été inactifs en 2008.

Afin d'optimiser le système, 4 scénarii d'évolution ont été proposés dans cette étude, selon les critères et hypothèses tenant compte de : i) la maîtrise du cout, ii) l'amélioration de la productivité du système, iii) les performances techniques, financières et sociale et selon 4 options : optimisation économique, optimisation sociale, contrainte budgétaire et une dernière tenant compte des trois précédentes options.

Le scénario retenu est le scénario 4, qui combine des mesures de rationalisation et de développement. Ce scénario prévoit de collecter 27.000 tonnes de DEM en 2012 (soit + 74 % par rapport à 2009), de créer 7.300 emplois directs et indirects tout en maîtrisant ses couts (18,2 MDNT en 2012, soit une hausse de 45 % par rapport à 2009).

Des mesures d'accompagnement sont donc nécessaires pour assurer le succès du développement d'Eco Lef dans la zzone du projet :

- Optimisation de la collecte : meilleur quadrillage des secteurs, définition d'objectifs-quantités auprès des collecteurs, collecte au porte à porte, distribution de sacs de collecte

⁶ Rapport « Etude pour l'optimisation du système public Eco-Lef, GOPA/ANGed, 09-2009 »

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

- Contrôle et meilleure répartition des collecteurs
- Encouragement pour la collecte des DEM métalliques
- Réalisation d'installations de lavage de plastiques, soit par l'ANGed, soit par des groupements de recycleurs
- Incitations économiques et fiscales pour l'amélioration de la valeur ajoutée du secteur.

Ces mesures seront prises conjointement au développement d'Eco Lef au niveau national.

3.3.6 Déchets à haute valeur calorifique : élimination en cimenterie

Si les cimenteries sont susceptibles d'accepter comme combustibles secondaires en co-incinération des déchets, elles nécessitent néanmoins des flux stables en terme de qualité et de quantités. C'est pourquoi certains flux de déchets sont préférés par les cimentiers : déchets dangereux, pneus, margines et boues. Les fractions triées des déchets municipaux arrivent en fin de liste. Ces fractions sont constituées de plastiques, papier et cartons. Elles ont un pouvoir calorifique d'environ 6.000 kcal/kg. Pour être acceptées en cimenterie, elles doivent être triées puis broyées pour ensuite être incinérées.

En Europe, la quantité totale de combustibles secondaires est limitée à 30% des besoins énergétiques des cimenteries.

La cimenterie d'Oum El Kelil à Tajerouine dans le gouvernorat du Kef produit environ 1,3 millions de tonnes de clinker par an. Sachant que 1 tonne de clinker produite nécessite 3,2 GJ d'énergie, la cimenterie consomme $1,0 \times 10^{15}$ calories par an.

Si l'on considère que 30 % de cette énergie provient de la co-incinération de combustibles secondaires, dont un tiers est constitué des plastiques, papier et cartons triés des déchets municipaux, la cimenterie de Tajerouine est susceptible d'éliminer environ 18.000 tonnes par an de déchets municipaux à haute valeur calorifique.

Sachant que la quantité moyenne de plastiques, papier et cartons produits sur 20 ans dans la région d'étude est d'environ 29.000 tonnes / an, la co-incinération pourrait être théoriquement une solution d'élimination pour environ 60 % de ces flux. Il faut préciser que ce potentiel de déchets pouvant être co-incinéré est estimé de façon maximale et optimiste.

D'après les responsables de la cimenterie, il n'est actuellement pas prévu de co-incinérer les combustibles secondaires, à fortiori les fractions issues des déchets municipaux. Si ce devait être le cas, resterait à résoudre des questions telles que le conditionnement des fractions municipales, les quantités envisageables, et surtout leur coût (positif ou négatif) d'acceptation en cimenterie comparé aux frais encourus pour les produire : tri, broyage, conditionnement, transport.

3.4 PRE-COLLECTE ET COLLECTE DANS LES ZONES MUNICIPALES

3.4.1 Introduction

Trois modes de collecte sont en place de façon complémentaire sur la zone d'étude :

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- La collecte en apport volontaire : dans les 6 communes disposant de conteneurs de grand volume (750 l, 770 l ou 110 l)
- La collecte en regroupement : dans les 7 municipalités disposant de bennes tasseuses
- La collecte en porte à porte : dans toutes les municipalités enquêtées.

Quels que soient les moyens de collecte, toutes les zones urbanisées sont couvertes par un ou plusieurs dispositifs de collecte complémentaires. La plupart du temps, le service est exploité en régie municipale.

Ces systèmes de collecte ont été décrits en détail dans le rapport de Phase 1. Bien qu'ils aient tous leurs avantages et leurs inconvénients, leurs rendements s'avèrent acceptables en général. L'option qui sera retenue devra donc présenter une amélioration au système de collecte actuel.

► Le système d'apport volontaire avec des conteneurs montre plusieurs problèmes. Outre la grande distance qui les sépare, ces conteneurs montrent une apparence inopportune et pas agréable, leur utilisation est peu commode. L'environnement de ces conteneurs est toujours sale et leur volume est dans la plupart des cas, insuffisant. Le système amélioré recommanderait d'arrêter progressivement l'utilisation de cette méthode de collecte de déchets ménagers.

► Le système de regroupement dans des conteneurs de 340 – 1000 litres et enlèvement par bennes tasseuses souffrent essentiellement de l'insuffisance de volume des conteneurs installés (chapitre 4.6.1.2 du rapport initial). Cependant, ce système est le meilleur en raison du chargement mécanisé. De plus, avec un tel système, les rues restent souvent propres. Par conséquent, la mise en valeur de cette option sera considérée comme une amélioration de la collecte. Vu les équipements existants, le changement radical pour d'autres types de conteneurs est impossible à court terme (mise en application estimée à 5 ans environ) mais demeure à considérer dans le futur. D'ici là, une grande partie des mesures préconisées sera mise en application.

► **Collecte porte à porte - exemple de Siliana** : l'efficacité de la collecte porte-à-porte avec des conteneurs de 240 litres à Siliana réside dans le fait qu'elle est également mécanisée. Ce projet pilote a débuté en 1998 et s'inscrit dans le cadre des travaux réalisés par la GTZ. Il consiste à distribuer des conteneurs individuels de 240 litres dans les quartiers accessibles en benne tasseuse. Chaque ménage doté d'un conteneur doit s'engager par écrit à entretenir régulièrement son bac et à respecter des horaires de présentation de ses déchets. Dans ces quartiers conteneurisés, la fréquence de collecte a été fortement diminuée : la benne tasseuse passe 1 fois par semaine en hiver et 2 fois par semaine en été pour vider les conteneurs.

Pour l'instant, des conteneurs ont été distribués dans trois quartiers de la ville de Siliana : Cité lycée, Cité de la République et Cité Taieb Mhiri, soit auprès de 30 % de la population de Siliana. L'objectif à plus long terme est d'atteindre plus de ménages. En effet, près de 4 000 ménages pourraient être équipés, soit environ 66 % de la population de Siliana.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

L'analyse comparative⁷ des coûts de collecte et transport des déchets a montré que la collecte quotidienne en tracteurs revient à 38 DNT/tonne alors que la collecte hebdomadaire en conteneurs revient à 27 DNT/tonne, soit près de 30 % moins cher.

Il existe un autre système plus efficace que la collecte porte-à-porte sans conteneur standard et qui pourrait éviter la présence des conteneurs dans les rues : la collecte par des sacs de dimensions standardisées. Dans ce cas là, seuls des sacs standards seraient distribués aux ménages qui recevraient un nombre limité de sacs par an. Cela pourrait offrir la possibilité d'introduire le principe du pollueur/payeur, si des sacs supplémentaires devaient être vendus aux ménages.

La collecte porte-à-porte sans conteneur standard, n'offre pas de possibilités efficaces pour une collecte mécanisée, elle ne sera donc pas considérée comme une option pour l'amélioration du système de collecte.

Trois options, au total, seront développées pour améliorer la collecte :

- Optimisation du système actuel – PCC 2
- Amélioration du système de collecte par conteneur - PCC 3
- L'option PCC 3 gérée par le secteur privé – PCC 4

Ces trois options seront décrites, discutées et comparées au système de collecte actuel (PCC 1). Pour cela, on a calculé le coût à la tonne de déchet collecté.

Pour établir la comparaison entre ces trois options, on commence par l'estimation du coût du système actuel, en le plaçant dans les mêmes conditions et contraintes. On suppose donc que tous les équipements techniques ont récemment été acquis comme cela sera supposé dans les options PCC 2 à PCC 4.

Tous les coûts sont calculés pour des distances moyennes de 5 km et de 20 km afin de refléter la gamme de coûts pour les différents moyens de collecte. Seul le calcul des brouettes est basé sur le temps et non pas sur la distance⁸.

Les coûts de la collecte varient selon le véhicule, sa capacité et le type de conteneur utilisé. La collecte se fait quotidiennement, tel que souhaité par les autorités locales. Le changement pour une fréquence de collecte d'un jour sur deux, voire plus, pourrait affecter toutes les options comparées (bien que pas au même niveau). Ils deviennent tous moins coûteux, mais la relation entre les options ne sera pas considérablement changée.

Dans les paragraphes suivants, tous les coûts ont été calculés sans intégrer les frais de management (overhead) et les coûts administratifs. De même le nettoyage des rues n'a pas été considéré dans la mesure où ce travail est effectué par des équipes distinctes. Seuls sont considérés les quantités de déchets ramassées par les équipes de collecte. Ainsi, les calculs auront les caractéristiques d'un modèle qui permettra d'établir la comparaison des différentes options développées dans les mêmes conditions.

⁷ Rapport de Phase 1, page 83.

⁸ On suppose que chaque tour prend 30 minutes.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

3.4.2 Coût du système actuel - PCC 1

Le tableau suivant montre les coûts actuels de la collecte, par tonne, pour tous les engins utilisés dans la zone du projet (benne tasseuse, tracteur, tricycle et brouette), pour des distances de 5 et 20 km. L'exemple analysé est celui de la commune d'El Kef.

Tableau 3-9 Les paramètres des différents véhicules pour le système de collecte actuel d'El Kef

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

		bennes tasseuses El Kef	bennes tasseuses El Kef	bennes tasseuses El Kef	bennes tasseuses El Kef	tractor (El Kef)	tractor (El Kef)	tractor (Makthar)	tractor (Makthar)	tricycles	tricycles	Brouette s (1m³)	Brouette s (0,5m³)	Units	
Capacité du Véhicule		20km	5km	20km	5km	20km	5km	20km	5km	20km	5km				
1	Volume Véhicule	Mesure	16	16	16	16	3,5	3,5	3,5	3,5	2	2	1	0,5	m³
2	Densité des déchets compactés	Mesure	0,6	0,6	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	Mg/m³
3	Régime de remplissage	Estimation	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	%
4	Quantité de déchets / Véhicule	(1)*(2)*(3)	8,6	8,6	8,6	8,6	0,95	0,95	0,95	0,95	0,54	0,54	0,27	0,14	Mg
5	Volume de déchets / Véhicule (1 tonne)	(4)/0,3	28,8	28,8	28,8	28,8	3,2	3,2	3,2	3,2	1,8	1,8	0,9	0,5	m³
Volume / point de collecte															
6	Système de collecte majoritaire	Mesure ¹⁾	750	750	1100	1100									Porte-à-porte
7	Déchets sur la route	Estimation	16,74	16,74	11	11	2,06	2,06	1,84	1,84	10	10	10	10	l/m
8	Volume moyen par point de dépôt	Estimation	886	886	1200	1200	61	61	109	109					l/point
9	Volume moyen par point de dépôt	(9) / 1.000	0,886	0,886	1,2	1,2	0,061	0,061	0,109	0,109	0,01	0,01	0,01	0,01	l/point; m³
Capacité annuelle du véhicule															
10	Rendement de l'équipe de chargement	Estimation	0,2615	0,2615	0,2615	0,35	0,0365	0,0365	0,019	0,019	0,06	0,06	0,02	0,02	m³/min
11	Rendement d'un éboueur	Estimation	0,074	0,074	0,074	0,074	0,041	0,041	0,018	0,018					m³/min
12	Vitesse moyenne	Estimation	5,8	5,8	5,8	5,8	3,3	3,3	5,1	5,1					km/h
13	Performance totale	Mesure ¹⁾	4,707	4,707	4,707	6,3	0,657	0,657	0,342	0,342	1,08	1,08	0,36	0,36	Mg/h
14	Point de dépôt / tour	(5)/(9)	33	33	24	24	52	52	29	29	180	180	90	45	points/tour
15	Temps par Tour	(5)/(10)/60	1,84	1,84	1,84	1,37	1,44	1,44	2,76	2,76	0,50	0,50	0,8	0,38	hours
16	Temps entre les tours	Estimation	1,3	0,5	1,3	0,5	2,2	0,7	2,2	0,7	2,2	0,7	0,5	0,5	hours
17	Temps du Travail	Estimation	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	h/shift
18	Temps du Travail	Estimation	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	d/a
19	Tours par shift	Rounded	2,3	3,0	2,3	3,7	1,9	3,3	1,4	2,0	2,6	6,0	5,6	8,0	tours/shift
20	Shifts par jour	Mesure ¹⁾	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	shift/day
21	Capacité annuelle	(4)*(18)*(19)	6 115	8 079	6 115	10 083	1 145	1 961	837	1 203	885	2 022	943	674	Mg/a
Coût véhicule															
22	Investissement camions	Mesure ²⁾	190 000	190 000	190 000	190 000	32 000	32 000	32 000	32 000	15 000	15 000	1 000	700	TDN
23	Dépréciation	Estimation	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	4	4	a
24	Intérêt	Estimation	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	%
25	Coût d'investissement	(22) - (24) * (1 + (24)) ⁽²³⁾ / (1 + (24)) ⁽²³⁾ - 1	32 840	32 840	32 840	32 840	5 540	5 540	5 540	5 540	2 600	2 600	290	200	TDN/a
26	Maintenance, assurance, pièces de rechange	(22) * 0,25	47 500	47 500	47 500	47 500	6 400	6 400	6 400	6 400	3 000	3 000	200	140	TDN/a
27	Consommation	Estimation	20	20	20	20	15	15	15	15	5	5			l/h
28	Prix de Consommation	Estimation	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		TDN/l
29	Coût de consommation	(17)*(18)*(20)	43 680	43 680	43 680	43 680	65 520	65 520	65 520	65 520	21 840	21 840			TDN/a
30	Disponibilité	Estimation	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	%
31	Coût total des véhicules	((25)+(26))/(3)	144 105	144 105	144 105	144 105	80 445	80 445	80 445	80 445	28 840	28 840	613	425	TDN/a
Coût des conteneurs															
32	Investissement en conteneurs	Mesure ²⁾	507	507	625	625									TDN
33	Dépréciation	Estimation	3	3	3	3									a
34	Intérêt	Estimation	5%	5%	5%	5%									%
35	conteneurs requis par camion	(14)*(19)*(20)	74	97	54	90									pcs.
36	Coût d'investissement	(35) - (32) - (34) * (1 + (34)) ⁽³³⁾ / (1 + (34)) ⁽³³⁾ - 1	14 011	18 511	12 523	20 647									TDN/a
37	Maintenance, ins., etc.	(32)*(35)*0,1	3 742	4 943	3 405	5 614									TDN/a
38	Disponibilité	Estimation	90%	90%	90%	90%									%
39	Coût total des conteneurs	(36)+(37)/(38)	19 725	26 060	17 698	29 180									TDN/a
Coût de la main d'œuvre															
40	Salaires d'un Surveillant	Estimation	9 000	9 000	9 000	9 000	9 000	9 000	9 000	9 000	9 000	9 000	9 000	9 000	TDN/a
41	Number Surveillant	Estimation	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	pers.
42	Salaires d'un Chauffeur	Mesure ²⁾	8 176	8 176	8 176	8 176	5 252	5 252	5 252	5 252	5 252	5 252			TDN/a
43	Number de Chauffeur	Mesure ¹⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	pers.
44	Salaires d'un ouvrier	Estimation	7 050	7 050	7 050	7 050	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	TDN/a
45	Number d'ouvrier	Mesure ¹⁾	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	pers.
46	Disponibilité	Estimation	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	%
47	Coût total pour la main d'œuvre	(42)+(43)+(44)*(46)	28 970	28 970	28 970	28 970	22 880	22 880	30 380	30 380	30 380	30 380	9 750	9 750	TDN/a
Coût total															
48	Coût /jour	((31)+(39)+(47))/(18)	618	638	611	648	331	331	355	355	190	190	33	33	TDN/d
49	Coût par tonne	(48)/((21)/(18))	31,53	24,65	31,19	20,06	90,24	52,69	132,36	92,09	66,95	29,29	10,98	15,10	TDN/tonne
50	Coût du transport additionnel (20 km/5 km)	Estimation											20 / 13	20 / 13	TDN/tonne

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011	Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version : finale

La collecte avec des bennes tasseuses de 16 m³ avec une densité de déchets compactés estimée à 0,6 t/m³, et des conteneurs de 750 ou 1100 litres montre des coûts par tonne les plus bas ; suivis par la combinaison des brouettes et des bennes tasseuses. Cependant, les tracteurs avec 3,5 t de volume et une densité de 0,3 t/m³, génèrent les coûts par tonne les plus élevés à cause de leur capacité de charge limitée et de leur faible vitesse.

Pour le calcul des coûts de la collecte par brouettes, on a considéré qu'une moitié d'entre elles a un volume de 1 m³, l'autre moitié de 0,5 m³. De même on a estimé que 20 DNT/tonne sont nécessaires pour le transport sur 20 km et que 13 DNT/tonne pour le transport sur 5 km, le transport depuis les brouettes vers les conteneurs y étant inclus.

Avec les capacités calculées ainsi que les coûts par tonne pour chaque type de véhicule du Tableau 3-9 et connaissant le nombre de véhicules pour chaque délégation, le coût total de la collecte dans la zone du projet peut être calculé.

Tableau 3-10 Coûts calculés pour le système actuel avec une distance moyenne de 20 km

Commune El Kef	Bennes Tasseuses	Tracteurs	Tricycles	Brouettes (1m ³)	Brouettes (0,5m ³)	Total	Unité
Nombre de véhicules	2	8	14	51			pcs.
Capacité journalière (1 véhicule)	19,60	3,67	2,84	3,02	2,16		t/j
Capacité journalière (flotte)	39,20	29,36	39,69	77,11	55,08	240,44	t/j
Coût/t	31,53	90,24	66,95	10,98	15,10		DNT/t
Transport				20,00	20,00		DNT/t
Coûts Totaux	1 235,90	2 649,36	2 657,31	2 389,18	1 933,21	10 864,95	DNT/j
Coût du Système						45,19	DNT/t

Comme le montre le calcul, les coûts pour le système actuel à El Kef sont de 45,190 DNT/tonne pour une distance moyenne de 20 km. Si on considère une distance moyenne de 5 km, les coûts seront de 30,710 DNT/tonne.

Tableau 3-11 Coûts calculés pour le système actuel avec une distance moyenne de 5 km

Commune El Kef	Bennes Tasseuses	Tracteurs (El Kef)	Tricycles	Brouettes (1m ³)	Brouettes (0,5m ³)	Total	Unité
Nombre de véhicules	2	8	14	51			pcs.
Capacité journalière (1 véhicule)	25,90	6,28	6,48	3,02	2,16		t/j
Capacité journalière (flotte)	51,79	50,28	90,72	77,11	55,08	325,0	t/j
Coût/t	24,65	52,69	29,29	10,98	15,10		DNT/t
Transport				13,00	13,00		DNT/t
Coûts Totaux	1 277	2 649,4	2 657	1 849	1 548	9 980	DNT/j
Coût du Système						30,71	DNT/t

Un système intéressant se trouve à Siliana avec les coûts suivants :

Tableau 3-12 Les paramètres des différents véhicules pour le système pilote de collecte de Siliana

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

			bennes tasseuses Siliana	bennes tasseuses Siliana	Unités
Capacité du Véhicule			20km	5km	
1	Volume Véhicule	Mesure	16	16	m ³
2	Densité des déchets compactés	Mesure	0,6	0,6	t/m ³
3	Régime de remplissage	Estimation	98%	98%	%
4	Quantité de déchets / Véhicule	(1)*(2)*(3)	9,4	9,4	tonne
5	Volume de déchets / Véhicule (1 tour)	(4)/0,3	31,4	31,4	m ³
Volume / point de collecte					
6	Système de collecte majoritaire	Mesure ¹⁾	240	240	Porte-à-porte
7	Déchets sur la route	Estimation	1820	1820	l/m
8	Volume moyen par point de dépôt	Estimation	240	240	l/point
9	Volume moyen par point de dépôt	(9) / 1.000	0,24	0,24	m ³ /point; m ³ /m
Capacité annuelle du véhicule					
10	Rendement de l'équipe de chargement	Estimation	0,45	0,45	m ³ /min
11	Rendement d'un éboueur	Estimation	0,074	0,074	m ³ /min
12	Vitesse moyenne	Estimation	5,8	5,8	km/h
13	Performance totale	Mesure ¹⁾	8,1	8,1	Mg/h
14	Point de dépôt / tour	(5)/(9)	131	131	points/tour
15	Temps par Tour	(5)/(10)/60	1,16	1,16	heure
16	Temps entre les tours	Estimation	1,3	0,5	heure
17	Temps du Travail	Estimation	7	7	h/shift
18	Journées de travail annuel. (6 j / sem)	Estimation	312	312	d/a
19	Tours par shift	Rounded (17)/(15+16)	2,9	4,2	tours/shift
20	Shifts par jour	Mesure ¹⁾	2	2	shift/j
21	Capacité annuelle	(4)*(18)*(19)*(20)	17 041	24 733	t/a
Coût véhicule					
22	Investissement camions	Mesure ²⁾	190 000	190 000	DNT
23	Dépreciation	Estimation	7	7	a
24	Intérêt	Estimation	5%	5%	%
25	Coût d'investissement	$(22) \cdot \frac{(24) \cdot [1 + (24)]^{(23)}}{[1 + (24)]^{(23)} - 1}$	32 840	32 840	DNT/a
26	Maintenance, assurance, pièces de r	(22) * 0.25 ou (22)*0.2	47 500	47 500	DNT/a
27	Consommation	Estimation	20	20	l/h
28	Prix de Consommation	Estimation	1,00	1,00	DNT/l
29	Coût de consommation	(17)*(18)*(20)*(27)*(28)	87 360	87 360	DNT/a
30	Disponibilité	Estimation	80%	80%	%
31	Coût total des véhicules	[(25)+(26)]/(30)+(29)	187 785	187 785	DNT/a
Coût des conteneurs					
32	Investissement en conteneurs	Mesure ²⁾	507	507	DNT
33	Dépreciation	Estimation	3	3	a
34	Intérêt	Estimation	5%	5%	%
35	Conteneurs requis par camion	(14)*(19)*(20)	759	1 101	pcs.
36	Coût d'investissemnt	$(35) \cdot (32) \cdot \frac{(34) \cdot [1 + (34)]^{(33)}}{[1 + (34)]^{(33)} - 1}$	144 133	209 195	DNT/a
37	Maintenance, ins., etc.	(32)*(35)*0.1	38 491	55 866	DNT/a
38	Disponibilité	Estimation	90%	90%	%
39	Coût total des conteneurs	[(36)+(37)]/(38)	202 915	294 512	DNT/a
Coût de la main d'œuvre					
40	Salaire d'un Surveillant	Estimation	9 000	9 000	DNT/a
41	Nombre de Surveillant	Estimation	0,1	0,1	pers.
42	Salaire d'un Chauffeur	Mesure ²⁾	8 176	8 176	DNT/a
43	Nombre de Chauffeur	Mesure ¹⁾	1	1	pers.
44	Salaire d'un ouvrier	Estimation	7 050	7 050	DNT/a
45	Nombre d'ouvrier	Mesure ¹⁾	2	2	pers.
46	Disponibilité	Estimation	80%	80%	%
47	Coût total pour la main d'œuvre	(41)+(42)*(43)+(44)*(45)]*(20)	57 940	57 940	DNT/a
Coût total					
48	Coût /jour	[(31)+(39)+(47)]/(18)	1 438	1 732	DNT/d
49	Coût par tonne	(48)/[(21)/(18)]	26,33	21,84	DNT/tonne

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

3.4.3 Optimisation du système actuel – PCC2

Il semble évident d'envisager l'amélioration de l'efficacité du système actuel. Pour cela, il faut supprimer les inconvénients recensés sur les véhicules de collecte (voir chapitre 4.6.4.3 du rapport initial).

Le problème principal avec les bennes tasseuses et les conteneurs de 750 litres réside dans le fait que les gens n'y versent pas souvent leurs déchets parce que ces conteneurs sont placés trop loin de chez eux. Pour cette raison, les ouvriers mettent plus de temps pour ramasser les déchets sur les trottoirs et pour nettoyer les emplacements des conteneurs.

Comme nous l'avons précisé dans le rapport initial, il nous semble indispensable d'augmenter le nombre des conteneurs utilisés dans la plupart des régions qui pourront être desservies par bennes tasseuses. On considèrera donc pour cette option que ce nombre est effectivement augmenté et qu'on dispose d'un plus grand nombre de conteneurs. Par conséquent la distance qui les sépare des habitations sera réduite et l'utilisation des conteneurs sera plus fréquente. Afin d'accroître la satisfaction du public, ils doivent être régulièrement nettoyés ainsi que les emplacements qui leurs sont réservés sur la voirie.

Outre l'amélioration des types des véhicules, le rendement des ouvriers doit aussi s'améliorer. Tel qu'il est indiqué dans l'expérience de Tunis⁹, les entreprises privées chargées de la collecte sont nettement plus efficaces que les ouvriers municipaux. Cela veut dire qu'il est généralement possible de rendre la collecte plus rentable et moins coûteuse.

Une possibilité pour améliorer le rendement des équipes de la collecte est de créer des systèmes d'incitation pour les employés municipaux. Toutefois, l'expérience a montré que l'établissement d'un tel système dans les unités opérationnelles publiques s'avère très difficile.

Dans cette option PCC 2, on considèrera donc qu'il est possible d'améliorer légèrement le rendement des équipes de la collecte. Le tableau suivant montre les calculs des coûts pour chaque véhicule pour cette option.

⁹ *Rapport de la phase 1 de l'Etude de faisabilité pour la réalisation d'une deuxième Décharge Contrôlée et des installations y afférentes pour le Grand Tunis*

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 3-13 Coûts des différents véhicules pour l'option PCC 2

		benne tasseuses	benne tasseuse s	tracteur (El Kef)	tracteur (El Kef)	tricycles	tricycles	Brouettes (1m³)	Brouette s (0,5m³)	Unités	
Capacité du Véhicule		20km	5km	20km	5km	20km	5km				
1	Volume Véhicule	Mesure	16	16	3,5	3,5	2	1	0,5	m³	
2	Densité des déchets compactés	Mesure	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	t/m³	
3	Régime de remplissage	Estimation	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%		
4	Quantité de déchets / Véhicule	(1)*(2)*(3)	8,6	8,6	0,95	0,95	0,54	0,54	0,27	t	
5	Volume de déchets / Véhicule (1 t)	(4)/0,3	28,8	28,8	3,2	3,2	1,8	1,8	0,9	m³	
Volume / point de collecte											
6	Système de collecte majoritaire	Mesure	750	750						Porte-à-porte	
7	Déchets sur la route	Mesure	16,74	16,74	2,06	2,06	10	10	10	10	l/m
8	Volume moyen par point de dépôt	Mesure	700	700	61	61					l/point
9	Volume moyen par point de dépôt	(9) / 1.000	0,7	0,7	0,061	0,061	0,01	0,01	0,01	0,01	l/point: m³
Capacité annuelle du véhicule											
10	Rendement de l'équipe de charge	Estimation	0,4	0,4	0,05	0,05	0,080	0,080	0,030	0,030	m³/min
11	Rendement d'un éboueur	Estimation	0,074	0,074	0,041	0,041					m³/min
12	Vitesse moyenne	Estimation	5,8	5,8	3,3	3,3					km/h
13	Performance totale	(10)*0,3*60	4,707	7,2	0,9	0,9	1,44	1,44	0,54	0,54	t/h
14	Point de dépôt / tour	(5)/(9)	41	41	52	52	180	180	90	45	points/tour
15	Temps par Tour	(5)/(10)/60	1,20	1,20	1,05	1,05	0,38	0,38	0,50	0,25	heure
16	Temps entre les tours	Estimation	1,3	0,5	1,3	0,6	1,1	0,3	0,5	0,5	heure
17	Temps du Travail	Estimation	7	7	7	7	7	7	7	7	h/shift
18	Temps du Travail	Estimation	312	312	312	312	312	312	312	312	j/a
19	Tours par shift	(17)/(15+16)	2,9	4,2	3,0	4,3	4,8	9,9	7,0	9,3	tours/shift
20	Shifts par jour	Estimation	2	2	2	2	2	2	2	2	shift/j
21	Capacité annuelle	(4)*(18)*(19)*(20)	15 404	22 568	1 749	2 527	1 617	3 330	1 179	786	t/a
Coût véhicule											
22	Investissement camions	Mesure	190 000	190 000	32 000	32 000	15 000	15 000	1 000	700	DNT
23	Dépréciation	Estimation	10	10	10	10	10	10	5	5	a
24	Intérêt	Estimation	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	
25	Coût d'investissement	(22) - $\frac{(24) \cdot [1 + (24)]^{(23)}}{[1 + (24)]^{(23)} - 1}$	24 610	24 610	4 150	4 150	1 950	1 950	240	170	DNT/a
26	Maintenance, assurance, pièces d	(22)*0,2	38 000	38 000	3 200	3 200	1 500	1 500			DNT/a
27	Consommation	Estimation	20	20	15	15	5	5			l/h
28	Prix de Consommation	Mesure	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			DNT/l
29	Coût de consommation	(27)*(28)	87 360	87 360	65 520	65 520	21 840	21 840			DNT/a
30	Disponibilité	Assumption	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	
31	Coût total des véhicules	(29)*(30)	165 623	165 623	74 708	74 708	26 153	26 153	300	213	DNT/a
Coût des conteneurs											
32	Investissement en conteneurs	Mesure	507	507							DNT
33	Dépréciation	Estimation	3	3							a
34	Intérêt	Estimation	5%	5%							
35	conteneurs requis par camion	(14)*(19)*(20)	235	344							pcs.
36	Coût d'investissemnt	(35) - $\frac{(34) \cdot [1 + (34)]^{(33)}}{[1 + (34)]^{(33)} - 1}$	44 669	65 446							DNT/a
37	Maintenance, ins., etc.	(32)*(35)*0,1	11 929	17 477							DNT/a
38	Disponibilité	Estimation	90%	90%							
39	Coût total des conteneurs	[(36)+(37)]/(38)	62 887	92 137							DNT/a
Coût de la main d'œuvre											
40	Salaire d'un Surveillant	Mesure	9 000	9 000	9 000	9 000	9 000	9 000	9 000	9 000	DNT/a
41	Number Surveillant	Mesure	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	pers.
42	Salaire d'un Chauffeur	Mesure	8 176	8 176	8 176	8 176	8 176	8 176			DNT/a
43	Nombre de Chauffeur	Mesure	1	1	1	1	1	1			pers.
44	Salaire d'un ouvrier	Mesure	7 050	7 050	7 050	7 050	7 050	7 050	7 050	7 050	DNT/a
45	Nombre d'ouvrier	Estimation	2	2	2	2	2	1	1	1	pers.
46	Disponibilité	Estimation	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	
47	Coût total pour la main d'œuvre	(42)*(43)+(44)*(45)	57 940	57 940	57 940	57 940	57 940	57 940	19 875	19 875	DNT/a
Coût total											
48	Coût /jour	[(31)+(39)+(47)]/(18)	918	1 012	425	425	270	270	65	64	DNT/j
49	Coût par tonne	(48)/[(21)/(18)]	18,60	13,99	75,82	52,49	51,99	25,25	17,11	25,55	DNT/tonne

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Le tableau suivant résume les coûts de la collecte avec ce système. Pour déterminer le nombre de bennes tasseuses nécessaires, on a calculé la capacité journalière des véhicules actuellement en service.

Tableau 3-14 Coûts calculés pour l'option PCC 2 avec une distance moyenne de 20 km

Commune El Kef	Bennes Tasseuses	Tracteurs	Tricycles	Brouettes (1m³)	Brouettes (0,5m³)	Total	Unité
Nombre de véhicules	4	1	7	32			pcs.
Capacité journalière (1 véhicule)	49,37	5,61	5,18	3,78	2,52		t/j
Capacité journalière (flotte)	197,49	5,61	36,29	60,48	40,32	340,18	t/j
Coût/t	18,60	75,82	51,99	17,11	25,55		DNT/t
Transport				20,00	20,00		DNT/t
Coûts Totaux	3 672,43	425,15	1 886,69	2 244,22	1 836,53	10 065,02	DNT/j
Coût du Système						29,59	DNT/t

Et :

Tableau 3-15 Coûts calculés pour l'option PCC 2 avec une distance moyenne de 5 km

Commune El Kef	Bennes Tasseuses	Tracteurs (El Kef)	Tricycles	Brouettes (1m³)	Brouettes (0,5m³)	Total	Unité
Nombre de véhicules	4	1	7	32			pcs.
Capacité journalière (1 véhicule)	72,33	8,10	10,67	3,78	2,52		t/j
Capacité journalière (flotte)	289,34	8,10	74,71	60,48	40,32	473,0	t/j
Coût/t	13,99	52,49	25,25	17,11	25,55		DNT/t
Transport				13,00	13,00		DNT/t
Coûts Totaux	4 047	425,2	1 887	1 821	1 554	9 734	DNT/j
Coût du Système						20,58	DNT/t

Tel que les calculs l'indiquent, les coûts du système existant amélioré sont de 29,590 DNT/tonne pour une distance moyenne de 20 km. Si on prend en considération une distance moyenne de 5 km seulement, les coûts seront de 20,580 DNT/tonne.

3.4.4 Collecte par des bennes tasseuses – PCC3

Cette option consiste à introduire la collecte avec des conteneurs de 1100 litres et des bennes tasseuses dans toute la région du projet, en procédant à l'abandon de tous les autres véhicules tels que les tracteurs, les camions et les tricycles.

Outre l'expérience de Siliana, décrite dans le chapitre 3.4.1, la conteneurisation des déchets en bacs individuels et/ou collectifs a été déjà mise en place par 14 municipalités soit près de 37 % du territoire d'étude. Cependant, 7 parmi elles ne disposent pas de bennes tasseuses avec bras de levage : Tebour-souk ; Zahret Medien ; Bou Salem ; Dahmani ; Jerissa ; Ksour et Touiref. Les conditions de travail sont alors particulièrement pénibles pour les agents de collecte qui doivent manipuler et vider manuellement les bacs dans les remorques de tracteurs.

Dans les rues étroites ou non goudronnées, où il est impossible aux bennes tasseuses de passer, et donc seules les brouettes de 1 m³ seront considérées, puisqu'elles apportent un plus grand rendement que les petites. Les brouettes transporteront les déchets jusqu'aux conteneurs disponibles de 1.100 litres, qui seront vidés dans les bennes tasseuses. Deux ouvriers vont manipuler les brouettes afin d'améliorer

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

cette prestation et faciliter le déchargement. Des tricycles peuvent remplacer les brouettes sans pour autant modifier le coût du système tant que le déchargement se fait toujours dans des bennes tasseuses.

Les conteneurs de 750 litres conviennent pour la plupart des zones d'habitation. Cependant, il a été constaté que ces conteneurs sont souvent surchargés par conséquent insalubres, devenant une source de mauvaise odeur et de risque sanitaire. Cela montre que le volume disponible n'est pas suffisant. Ce problème sera résolu avec l'utilisation de conteneurs plus volumineux de 1.100 l. Ce système a montré une légère réduction de coût (Tableau 3-9) qui pourrait s'avérer plus importante si on envisage ces conteneurs pour les bâtiments de plusieurs étages. Toutefois, ils doivent être compatibles avec le dispositif de levage, afin d'éviter les problèmes courants (casses et déformations). L'introduction d'un plus grand nombre de conteneurs demeure aussi une solution qui réduira, par la même occasion, la distance que doivent parcourir les habitants entre leurs logements et les conteneurs.

Cette option est essentiellement avantagée par sa grande efficacité due à la collecte mécanisée et au coût peu élevé des bennes tasseuses. Il faut de même remédier au problème des distances entre les conteneurs, dans les centres des cités où peu de places sont disponibles. De plus, des mesures de sensibilisation peuvent motiver d'avantage les habitants pour qu'ils ne mettent pas leurs déchets sur les trottoirs (voir option Mén 1).

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 3-16 Coûts de la collecte de l'option PCC 3

		System: conteneur 750l	System : conteneur 1100l	System: conteneur 750l		
		benne tasseuses		benne tasseuses	Brouettes (1m²)	Unités
Capacité du Véhicule		20km	20km	5km		
1	Volume Véhicule	Mesure	16	16	16	1 m³
2	Densité des déchets compactés	Mesure	0,6	0,6	0,6	0,3 t
3	Régime de remplissage	Estimation	90%	90%	90%	90%
4	Quantité de déchets / Véhicule	(1)*(2)*(3)	8,6	8,6	8,6	0,27 t
5	Volume de déchets / Véhicule (1)	(4)/0,3	28,8	28,8	28,8	0,9 m³
Volume / point de collecte						
6	Système de collecte majoritaire	Mesure	750	1100	750	litre
7	Déchets sur la route	Estimation	20	15	20	10 l/m
8	Volume moyen par point de dépôt	Estimation	600	1000	600	l/point
9	Volume moyen par point de dépôt	(9) / 1.000	0,6	1	0,6	0,01 m³/point
Capacité annuelle du véhicule						
10	Rendement de l'équipe de chargement	Estimation	0,2	0,45	0,2	0,02 m³/min
11	Rendement d'un éboueur	Estimation	0,074	0,074	0,074	m³/min
12	Vitesse moyenne	Estimation	5,8	5,8	5,8	km/h
13	Performance totale	Estimation	6	8	6	l/h
14	Point de dépôt / tour	(5)/(9)	48	29	48	90 points/tour
15	Temps par Tour	(5)/(10)/60	2,40	1,07	2,40	0,8 heures
16	Temps entre les tours	Estimation	1,3	1,3	0,5	0,5 heures
17	Temps du Travail	Estimation	7	7	7	7 h/shift
18	Annual working days (6 days / week)	Estimation	312	312	312	312 j/a
19	Tours par shift	(17)/(15+16)	1,9	3,0	2,4	5,6 tours/shift
20	Shifts par jour	Estimation	2	2	2	2 shift/j
21	Capacité annuelle	(4)*(18)*(19)*(20)	10 340	16 290	13 014	943 t/a
Coût véhicule						
22	Investissement camions	Mesure	190 000	190 000	190 000	1 000 DNT
23	Dépreciation	Estimation	7	7	7	4 a
24	Intérêt	Estimation	5%	5%	5%	5%
25	Coût d'investissement	(22) * $\frac{(24) \cdot (1 + (24))^{(23)}}{(1 + (24))^{(23)} - 1}$	32 840	32 840	32 840	290 DNT/a
26	Maintenance, assurance, pièces	(22)*0,25 ou	47 500	47 500	47 500	200 DNT/a
27	Consommation	Estimation	20	20	20	l/h
28	Prix de Consommation	Mesure	1,00	1,00	1,00	DNT/l
29	Coût de consommation	(17)*(18)*(20)	87 360	87 360	87 360	DNT/a
30	Disponibilité	Estimation	80%	80%	80%	80%
31	Coût total des véhicules	((25)+(26))/(30)	187 785	187 785	187 785	613 DNT/a
Coût des conteneurs						
32	Investissement en conteneurs	Mesure	507	625	550	DNT
33	Dépreciation	Estimation	3	3	3	a
34	Intérêt	Estimation	5%	5%	5%	
35	conteneurs requis par camion	(14)*(19)*(20)	184	174	232	pcs.
36	Coût d'investissement	(35) * (32) * $\frac{(34) \cdot (1 + (34))^{(33)}}{(1 + (34))^{(33)} - 1}$	34 981	40 030	48 662	DNT/a
37	Maintenance, ins., etc.	(32)*(35)*0,1	9 334	10 878	12 745	DNT/a
38	Disponibilité	Estimation	80%	80%	80%	
39	Coût total des conteneurs	((36)+(37))/(38)	55 394	63 635	76 759	DNT/a
Coût de la main d'œuvre						
40	Salaire d'un Surveillant	Mesure	9 000	6 000	6 000	6 000 DNT/a
41	Nombre de Surveillant	Estimation	0,1	0,1	0,1	0,1 pers.
42	Salaire d'un Chauffeur	Mesure	8 176	5 252	5 252	DNT/a
43	Nombre de Chauffeur	Mesure	1	1	1	pers.
44	Salaire d'un ouvrier	Mesure	7 050	3 000	3 000	3 000 DNT/a
45	Nombre d'ouvrier	Mesure	3	3	3	2 pers.
46	Disponibilité	Estimation	80%	80%	80%	80%
47	Coût total pour la main d'œuvre	2)*(43)+(44)*(46)	75 565	37 130	37 130	16 500 DNT/a
Coût total						
48	Coût/jour	((41)+(39)+(47))	1 022	925	967	55 DNT/j
49	Coût par tonne	(47)/((20)/(17))	30,83	17,71	23,18	18,14 DNT/tonne

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 3-17 Coûts calculés pour l'option PCC 3 avec une distance moyenne de 20km

Commune El Kef	Bennes Tasseuses	Tracteurs	Tricycles	Brouettes (1m ³)	Brouettes (0,5m ³)	Total	Unité
Nombre de véhicules	7			30			pcs.
Capacité journalière (1 véhicule)	52,21			3,02			t/j
Capacité journalière (flotte)	365,49			45,36		410,9	t/j
Coût/t	17,71			18,14			DNT/t
Transport				20,00	20,00		DNT/t
Coûts Totaux	6 473,87	0,00	0,00	1 729,92	0,00	8 203,78	DNT/j
Coût du Système						19,97	DNT/t

Et :

Tableau 3-18 Coûts calculés pour l'option PCC 3 avec une distance moyenne de 5 km

Commune El Kef	Bennes Tasseuses	Tracteurs (El Kef)	Tricycles	Brouettes (1m ³)	Brouettes (0,5m ³)	Total	Unité
Nombre de véhicules	7			30			pcs.
Capacité journalière (1 véhicule)	52,21			3,02			t/j
Capacité journalière (flotte)	365,49			45,36		410,9	t/j
Coût/t	17,71			18,14			DNT/t
Transport				13,00	13,00		DNT/t
Coûts Totaux	6 474	0,0	0	1 412	0	7 886	DNT/j
Coût du Système						19,19	DNT/t

Comme le montre les calculs, les coûts de ce système sont de 19,970 DNT/tonne pour une distance moyenne de 20 km. Si on considère seulement une distance moyenne de 5 km, les coûts seront estimés à 19,190 DNT/tonne.

3.4.5 Collecte par bennes tasseuses par le secteur privé – PCC 4

Dans le but d'améliorer l'efficacité des équipes de collecte, il est possible d'attribuer cette tâche à des compagnies privées fiables et expérimentées.

Afin d'obtenir des coûts bon marché pour ce service privé, il est important de contracter à un opérateur privé plusieurs quartiers adjacents ou plusieurs municipalités adjacentes, le nombre d'habitants à desservir devant être de cent mille au minimum (voir rapport GTZ¹⁰). Si les contrats portent sur des petites quantités de population à desservir, des capacités de collecte ne seront pas utilisées et les économies d'échelle ne seront pas possibles, ce qui induira des coûts plus élevés. De même, les coûts fixes de gestion seront à répartir sur un plus faible nombre d'habitants, ce qui fera augmenter les coûts spécifiques.

¹⁰ Étude d'optimisation de la collecte et du transport des déchets ménagers et assimilés dans les communes tunisiennes - Comète Engineering et Girus – Avril 2005

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Compte tenu des populations peu élevées des municipalités dans la zone d'étude (Jendouba ne compte pas plus de 75.000 habitants), la délégation de la collecte au secteur privé ne peut se faire que parallèlement au développement de l'inter municipalité.

Nous rappellerons ici les conclusions de l'étude de la GTZ qui précise que les difficultés que rencontrent les municipalités dans la sous-traitance de la collecte au secteur privé résident essentiellement dans la faible qualité des contrats (rédaction et non adaptation aux exigences du terrain).

Les mesures générales pour parvenir à améliorer cette option PCC 4 sont donc :

- Aider les municipalités à identifier clairement les objectifs de la collecte, telles que les fréquences de collecte et de balayage, l'échange de données avec l'entreprise contractée, l'apparence de l'équipe de collecte
- Emettre des documents bien élaborés pour la collecte des déchets, déterminer les objectifs des municipalités et le cadre du mode de la collecte plutôt que de réglementer les équipements à utiliser
- Définir dans les appels d'offres des règles strictes pour la sélection des compagnies privées, notamment en les sélectionnant sur leur sérieux et leur expérience.
- Combiner le balayage des rues et la collecte des déchets d'une zone bien définie afin d'assurer la propreté et éviter les litiges entre les différentes compagnies.
- Aider les municipalités dans la définition des modes de paiements et les assortir de principes d'encouragements et d'amendes.
- Aider les municipalités, si elles acceptent, à vendre leur équipement existant aux compagnies privées en début de contrat et définir un mode de reprise pour les conteneurs en fin de contrat.
- Aider les municipalités à affecter son personnel de collecte et de balayage à d'autres tâches ou trouver une méthode pour pousser les compagnies privées à l'engager.
- La durée du contrat doit être d'au moins 6 ans afin de permettre aux compagnies d'amortir leurs investissements.

Le passage vers une collecte gérée par le privé peut être facile et ne demande pas d'autres investissements que de l'expertise d'assistance pour l'élaboration de contrats de collecte. Néanmoins, le coût de la collecte privatisée restera dans le même ordre de grandeur que les coûts de l'option PCC 3 si l'on considère que le calcul qui précède ne tient pas compte de frais de risques et de marges bénéficiaires. A long terme, l'économie se fera sur la réduction de coûts de gestion municipaux et sur les frais de nettoyage des rues.

3.4.6 Comparaison des options de pré-collecte et de collecte

Le tableau suivant résume les coûts du système actuel (PCC 1) en comparaison avec les options PCC 2 et PCC3 (PCC 4 étant considéré de même ordre que PCC 3).

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 3-19 Comparaison des coûts pour les options de collecte dans les zones communales

	Système actuel (PCC1)		Optimisation du système actuel (PCC2)		Système avec Bennes tasseuses (PCC3)	
	DNT/tonne	%	DNT/tonne	%	DNT/tonne	%
Coûts pour 20 km	45,19	100%	29,59	65%	19,97	44%
Coûts pour 5 km	30,71	100%	20,58	67%	19,19	63%

Les résultats des calculs sont interprétés de la manière suivante :

- L'écart entre les coûts calculés pour les différentes options de collecte sur les courtes et les longues distances est significatif pour le système actuel, et s'avère quasi nul pour le système avec les bennes tasseuses.
- L'amélioration du système actuel (PCC2) est autant efficace sur les distances de collecte élevées, que sur les courtes distances. En effet, il génère une réduction de 35% du prix de la collecte avec le système existant pour des distances de 20 km, et 33 % pour des distances de 5 km.
- Le système avec des bennes tasseuses et des conteneurs de 1.100 litres (PCC3) s'avère la meilleure option pour le transport sur de longues distances d'un point de vue économique. Il devrait générer une réduction de prix de 56 % et 37 % par rapport au niveau de prix du système existant. Toutefois, cette réduction n'est possible que si la population accepte d'utiliser les conteneurs. L'acceptation du changement demandé à la population au regard de sa faible conscience environnementale est le risque principal de cette option.

En conclusion, le système optimal pour la vallée de la Medjerda est **l'amélioration du système actuel (PCC2)** : il ne s'agit pas de changer tout le système mais essentiellement d'en accroître les capacités techniques. Nous proposons pour ce faire :

- Utilisation des bennes tasseuses de plus grandes capacités en combinaison avec des conteneurs de plus grand volume et en plus grand nombre afin de résorber les débordements. Ces conteneurs seraient préférablement placés près des résidences et des quartiers à populations denses. Il est recommandé qu'ils soient fabriqués en acier galvanisé, leurs roulettes doivent être de haute qualité.
- Afin de mieux accepter l'emplacement des conteneurs, il convient de prendre des mesures pour les embellir.
- Là où c'est possible, on devrait remplacer les tracteurs avec remorque, assez coûteux, par des tricycles.
- En prenant l'exemple de Tunis, la compagnie privée SELTENE utilise des pick-up avec des superstructures amovibles. Ils peuvent entrer dans les zones étroites, ils offrent une capacité de 3,5 m³ et en plus ils sont capables de décharger directement dans les bennes tasseuses.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

L'amélioration du système actuel consiste à générer une meilleure distribution des engins de collecte, comme montrée dans le tableau qui suit :

Tableau 3-20 Distribution des engins de collecte

Distribution des engins de collecte	Système optimisé PCC2	Système existant
Nbre Benne Tasseuses	60%	13%
Nbre de Tracteurs	10%	87%
Nbre de Tricycles	20%	
Nbre de Brouettes 1m ³	5%	
Nbre de Brouettes 0,5m ³	5%	
Nbre de conteneurs		

3.5 PRE-COLLECTE, COLLECTE ET TRANSPORT DANS LES CONSEILS RURAUX

3.5.1 Introduction

Nous avons estimé au chapitre 2.6.2 du rapport de Phase 1, que les populations regroupées en conseils ruraux organisés sont estimées à 68.349 personnes. En fait, ces agglomérations sont excessivement décimées dans tout le territoire du projet (distantes parfois de 30 km du centre de la délégation, mais en moyenne de 12 km) et leurs populations relativement faibles en terme de gestion des déchets (de 250 à 5.000 personnes, avec une moyenne de 1.700 habitants).

Pour ces conseils ruraux, on constate généralement l'absence d'équipements de collecte, ce qui conduit fréquemment à l'accumulation des déchets dans des dépôts non contrôlés. Les déchets sont souvent incinérés sur place, générant des nuisances olfactives importantes et des risques pour les populations riveraines.

Parfois, la collecte dans les conseils ruraux est assurée au moyen d'équipements de la délégation correspondante, le plus souvent avec un tracteur et un tractopelle ou un conteneur de 5 m³ collectant plusieurs conseils ruraux voisins.

Les tracteurs peuvent facilement passer dans des rues non goudronnées et sont relativement bon marché du point de vue investissement et maintenance. De même, ils peuvent être maintenus et réparés dans n'importe quel atelier. En Tunisie, seules les remorques déchargeant par l'arrière sont disponibles, ce qui est regrettable car elles sont adaptées à la collecte des déchets ménagers. On peut aussi utiliser les tricycles comme alternative : ils sont moins chers (voir ci-avant) mais ne peuvent circuler que sur les pistes qui conviennent aussi aux voitures ordinaires. Ce véhicule est une possibilité générale et n'a pas été pris en considération dans le calcul.

L'objectif du projet est de faire bénéficier les populations des agglomérations des 40 conseils ruraux de la zone du projet du système central de gestion des déchets municipaux.

La collecte dans les conseils ruraux ne peut être accordée à des compagnies privées comme cela peut être le cas pour les zones municipales. Avec des routes non goudronnées et des habitations diffuses, le nettoyage des rues est très cher, voir pas forcément faisable. C'est la raison pour laquelle le système actuel de collecte avec des tracteurs avec remorques de 3,5 m³ est à maintenir.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Toutefois, pour le transport entre le conseil rural et le centre de transfert le plus proche, deux options sont proposées.

La première option, CCR 1, consiste à transporter les déchets avec les tracteurs de collecte (remorque de 3,5 m³), vers le centre de transfert le plus proche.

L'option CRR 2 propose de créer dans chaque conseil rural un point de transbordement qui est équipé de conteneurs de 15 m³, placés dans un site aménagé à cet effet. Depuis ce point de transbordement, le transport des déchets jusqu'au centre de transfert se fera par des camions hooklift.

Figure 3-3 Localisation des points de transbordement dans les 40 agglomérations des conseils ruraux



11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

3.5.2 Collecte porte à porte avec tracteurs et remorque 3,5 m³

La collecte dans les conseils ruraux est maintenue : système existant utilisant des tracteurs avec remorques de 3,5 m³.

Le tableau suivant présente le coût de collecte par des tracteurs avec une remorque 3,5 m³.

Le coût de collecte par ce système pour un circuit de 5 km, est **119,950 DNT/tonne**, investissement et frais d'exploitation inclus.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 3-21 Paramètres de la collecte avec des tracteurs - CCR 1

		tracteur	tracteur	tracteur	tracteur	tracteur	Unités	
Capacité du Véhicule								
1	Volume Véhicule	Estimation	3,5	3,5	3,5	3,5	m³	
2	Densité des déchets compactés	Mesure	0,3	0,3	0,3	0,3	tonne/m³	
3	Régime de remplissage	Estimation	90%	90%	90%	90%	%	
4	Quantité de déchets / Véhicule	(1)*(2)*(3)	0,95	0,95	0,95	0,95	tonne	
5	Volume de déchets / Véhicule (1 tour	(4)/0,3	3,2	3,2	3,2	3,2	m³	
Volume / point de collecte								
6	Système de collecte majoritaire	Mesure	Porte-à-porte					
7	Déchets sur la route	Mesure	1,84	1,84	1,84	1,84	l/m	
8	Volumen moyen par point de dépôt	Mesure	109	109	109	109	l/point	
9	Volumen moyen par point de dépôt	(9) / 1.000	0,109	0,109	0,109	0,109	m³/point; m³/m	
Capacité annuelle du véhicule								
10	Rendement de l'équipe de chargeme	Mesure	0,05	0,05	0,05	0,05	m³/min	
11	Rendement d'un éboueur	Mesure	0,074	0,074	0,041	0,041	0,018	m³/min
12	Vitesse moyenne	Mesure	5,8	5,8	3,3	3,3	5,1	km/h
13	Performance totale	(10)*0,3*60	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	tonne/h
14	Point de dépôt / tour	(5)/(9)	29	29	29	29	29	points/tour
15	Temps par Tour	(5)/(10)/60	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	h
17	temps de déchargement moyen	Estimation	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	h
18	Distance moyenne	Estimation	1	2	3	4	5	km
19	temps entre les tours	Estimation	0,5	0,9	2,0	2,6	2,1	h
20	temps de travail	Estimation	7	7	7	7	7	h/shift
21	jours de travail annuels (6 j / semaine	Estimation	312	312	312	312	312	ja
22	Tours par shift	Rounded (17)/(15+16)	4,48	3,67	2,31	1,92	2,20	tours/shift
23	Shifts par jour	Estimation	2	2	2	2	2	shift/j
24	Capacité annuelle	(4)*(18)*(19)*(20)	2.643	2.165	1.360	1.134	1.299	tonne/a
Coût véhicule								
25	Investissement en camions	Mesure	32.000	32.000	32.000	32.000	32.000	DNT
26	Dépreciation	Estimation	7	7	7	7	7	a
27	Intérêt	Estimation	5%	5%	5%	5%	5%	%
28	Coût d'investissement	$(22) \cdot \frac{(24) \cdot [1 + (24)]^{(23)}}{[1 + (24)]^{(23)} - 1}$	5.540	5.540	5.540	5.540	5.540	DNT/a
29	Maintenance, assurance, pièces	(22) * 0,25 ou (22)*0,2	6.400	6.400	6.400	6.400	6.400	DNT/a
30	Consommation	Estimation	15	15	15	15	15	l/h
31	Prix de consommation	Estimation	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	DNT/l
32	Coût de consommation	(17)*(18)*(20)*(27)*(28)	65.520	65.520	65.520	65.520	65.520	DNT/a
33	Disponibilité	Estimation	80%	80%	80%	80%	80%	%
34	Total Costs vehicle	[(25)+(26)]/(30)+(29)	80.445	80.445	80.445	80.445	80.445	DNT/a
Coût de la main d'œuvre								
35	Salaire d'un Surveillant	Mesure	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	DNT/a
36	Nombre de Surveillant	Estimation	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	pers.
37	Salaire d'un Chauffeur	Mesure	8.102	8.102	8.102	8.102	8.102	DNT/a
38	Nombre de Chauffeur	Mesure	1	1	1	1	1	pers.
39	Salaire d'un ouvrier	Mesure	7.050	7.050	7.050	7.050	7.050	DNT/a
40	Nombre d'ouvrier	Mesure	3	3	3	3	3	pers.
41	Disponibilité	Estimation	80%	80%	80%	80%	80%	%
42	Coût total pour la main d'œuvre	(35)+(36)*(37)+(38)*(39)	75.380	75.380	75.380	75.380	75.380	DNT/a
Coût total								
43	Coût /jour	[(31)+(39)]/(18)	499	499	499	499	499	DNT/j
44	Coût par tonne	(40)/[(21)/(18)]	58,95	71,96	114,57	137,45	119,95	DNT/tonne
45	Coût par Tkm [DNT/Tkm]	(41)/(km)	58,95	35,98	38,19	34,36	23,99	DNT/Tkm

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

3.5.3 Transport avec tracteurs et remorque 3,5 m³– CCR 1

Le tableau suivant présente le coût de transport par des tracteurs avec une remorque 3,5 m³, pour des différentes distances, allant de 1 à 54 Km.

Tableau 3-22 Paramètres du transport avec des tracteurs - CCR 1

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

		tracteur	tracteur	tracteur	tracteur	tracteur	tracteur	tracteur	tracteur	tracteur	tracteur	tracteur	tracteur	Unités	
Capacité du Véhicule															
1	Volume Véhicule	Estimation	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	m³
2	Densité des déchets compactés	Mesure	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	tonne/m³
3	Régime de remplissage	Estimation	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	%
4	Quantité de déchets / Véhicule	(1)*(2)*(3)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	tonne
5	Volume de déchets / Véhicule (1 tour)	(4)/0,3	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	m³
Volume / point de collecte															
6	Système de collecte majoritaire	Mesure	Porte-à-porte												
7	Déchets sur la route	Mesure	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	l/m
8	Volumen moyen par point de dépôt	Mesure	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	l/point
9	Volumen moyen par point de dépôt	(9) / 1.000	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109	m³/point: m³/m
Capacité annuelle du véhicule															
10	Rendement de l'équipe de chargement	Mesure	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	m³/min
11	Rendement d'un éboueur	Mesure	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	m³/min
12	Vitesse moyenne	Mesure	5,8	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	km/h
13	Performance totale	(10)*0,3*60	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	tonne/h
14	Point de dépôt / tour	(5)/(9)	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	points/tour
15	Temps par Tour	(5)/(10)/60	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	h
16	Vitesse moyenne	Estimation	10,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	km/h
17	temps de déchargement moyen	Estimation	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	h
18	Distance moyenne	Estimation	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	54	km
19	temps entre les tours	Estimation	0,4	0,7	1,2	1,7	2,2	2,7	3,2	3,7	4,2	4,7	5,2	5,6	h
20	temps de travail	Estimation	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	h/shift
21	jours de travail annuels (6 j / semaine)	Estimation	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	j/a
22	Tours par shift	Rounded (17)/(15+16)	4,94	4,08	3,16	2,58	2,18	1,88	1,66	1,48	1,34	1,22	1,13	1,06	tours/shift
23	Shifts par jour	Estimation	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	shift/j
24	Capacité annuelle	(4)*(18)*(19)*(20)	2.914	2.405	1.862	1.519	1.283	1.111	979	875	791	722	664	624	tonne/a
Coût véhicule															
25	Investissement en camions	Mesure	32.000	32.000	32.000	32.000	32.000	32.000	32.000	32.000	32.000	32.000	32.000	32.000	DNT
26	Dépréciation	Estimation	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	a
27	Intérêt	Estimation	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	%
28	Coût d'investissement	$(22) \cdot \frac{(24) \cdot (11 + (24)^{(22)})}{11 + (24)^{(22)} - 1}$	5.540	5.540	5.540	5.540	5.540	5.540	5.540	5.540	5.540	5.540	5.540	5.540	DNT/a
29	Maintenance, assurance, pièces	(22) * 0,25 ou (22)*0,2	6.400	6.400	6.400	6.400	6.400	6.400	6.400	6.400	6.400	6.400	6.400	6.400	DNT/a
30	Consommation	Estimation	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	l/h
31	Prix de consommation	Estimation	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	DNT/l
32	Coût de consommation	(17)*(18)*(20)*(27)*(28)	65.520	65.520	65.520	65.520	65.520	65.520	65.520	65.520	65.520	65.520	65.520	65.520	DNT/a
33	Disponibilité	Estimation	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	%
34	Total Costs vehicle	((25)+(26))/(30)+(29)	80.445	80.445	80.445	80.445	80.445	80.445	80.445	80.445	80.445	80.445	80.445	80.445	DNT/a
Coût de la main d'œuvre															
35	Salaires d'un Surveillant	Mesure	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	DNT/a
36	Nombre de Surveillant	Estimation	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	pers.
37	Salaires d'un Chauffeur	Mesure	8.102	8.102	8.102	8.102	8.102	8.102	8.102	8.102	8.102	8.102	8.102	8.102	DNT/a
38	Nombre de Chauffeur	Mesure	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	pers.
39	Salaires d'un ouvrier	Mesure	7.050	7.050	7.050	7.050	7.050	7.050	7.050	7.050	7.050	7.050	7.050	7.050	DNT/a
40	Nombre d'ouvrier	Mesure	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	pers.
41	Disponibilité	Estimation	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	%
42	Coût total pour la main d'œuvre	82)*(33)+(34)*(35)+(36)*(37))* (20)/(3	75.380	75.380	75.380	75.380	75.380	75.380	75.380	75.380	75.380	75.380	75.380	75.380	DNT/a
Coût total															
43	Coût /jour	((31)+(39))/(18)	499	499	499	499	499	499	499	499	499	499	499	499	DNT/j
44	Coût par tonne	(40)/((21)/(18))	53,48	64,81	83,68	102,56	121,43	140,31	159,18	178,06	196,93	215,81	234,68	249,78	DNT/tonne
45	Coût par Tkm [TDN/Tkm]	(41)/(km)	53,48	12,96	8,37	6,84	6,07	5,61	5,31	5,09	4,92	4,80	4,69	4,63	DNT/Tkm

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011

Préparé par :

AKr + PWi

Date :

03/08/2011

Nr de contrat :

11849

Vérfié par :

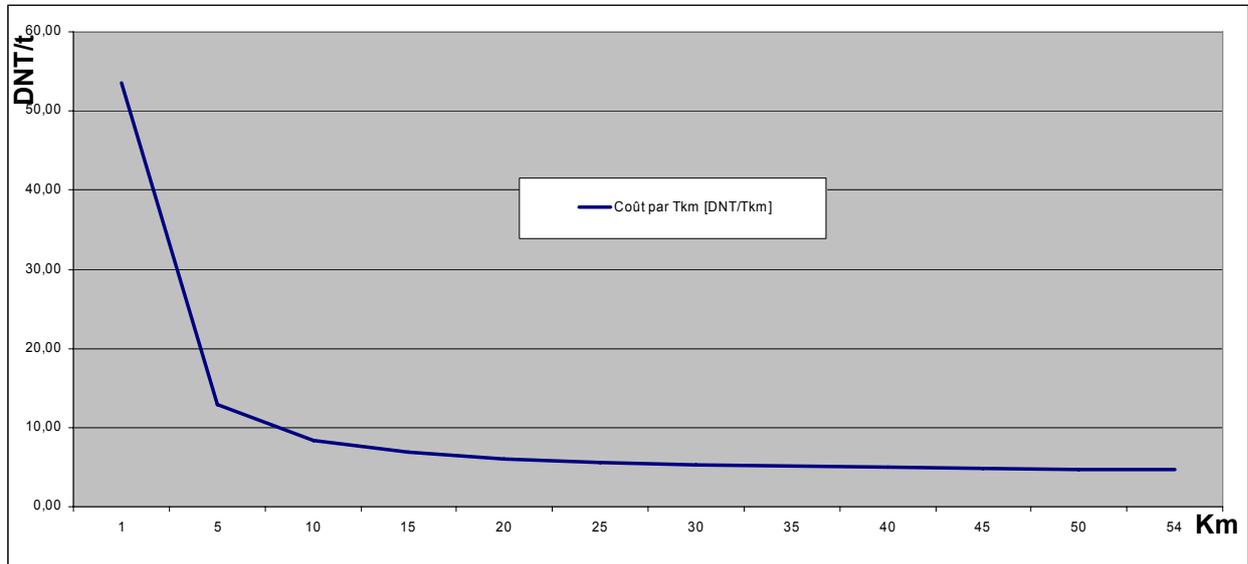
PWi

Version :

finale

La figure qui suit présente la relation tonne / kilomètres pour le transport par un tracteur avec une remorque de 3,5 m³.

Figure 3-4 Relation tonne / kilomètres pour le transport par un tracteur avec remorque de 3,5 m³



Pour un transport sur 12 Km, distance moyenne jusqu'à l'un des 37 centres de transfert (système décentralisé), par le système utilisant les tracteurs avec remorque de 3,5 m³, les coûts sont de l'ordre de **91,230 DNT/tonne**.

Le coût de transport jusqu'à l'un des 13 centres de transfert (système semi central) sur une distance moyenne de 24 km est de l'ordre de **136,530 DNT/tonne**

Vu ces coûts, ce système ne peut être recommandé.

3.5.4 Transport avec des camions hook-lift, via des points de transbordement - CCR 2

Dans le but de baisser les coûts de l'option CCR 1, on peut envisager le transfert de déchets. Pour les petites quantités, on introduit un système avec des 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. Si les conteneurs étaient plus volumineux, ces petites quantités collectées pourraient demeurer longtemps en stockage, ce qui est à éviter à cause de toutes les nuisances que cela pourrait engendrer.

Pour que la collecte se fasse quotidiennement, il faudra que la production de déchets soit de l'ordre de 4,5 tonnes, sachant que la densité des déchets est de l'ordre de 0,3 t/m³.

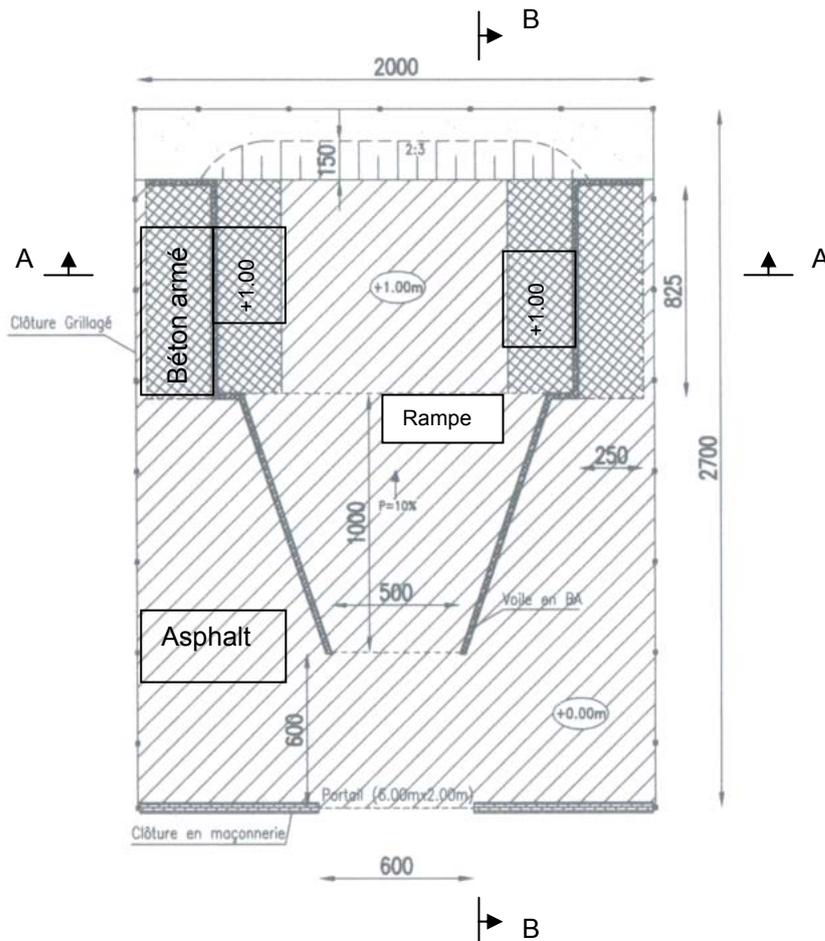
Le coût d'investissement d'un simple point de transbordement (petite rampe, clôture, asphalte) se calcule comme suit :

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 3-23 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
Caniveaux 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 10 %				3 327,500
Grand total				36 602,500

Figure 3-5 Exemple de quai de transbordement



11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Figure 3-6 Coupe AA du quai de transbordement

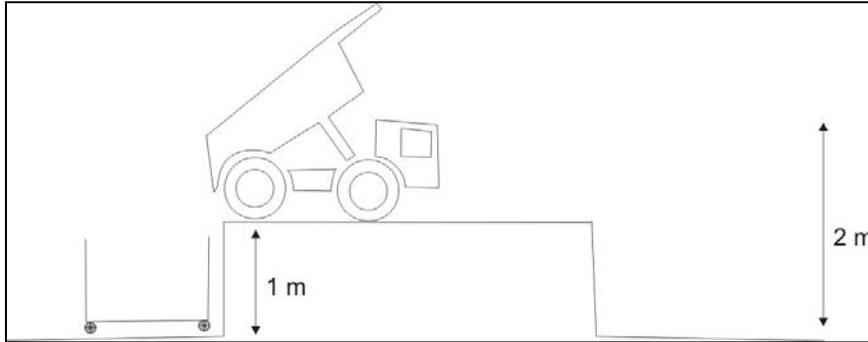
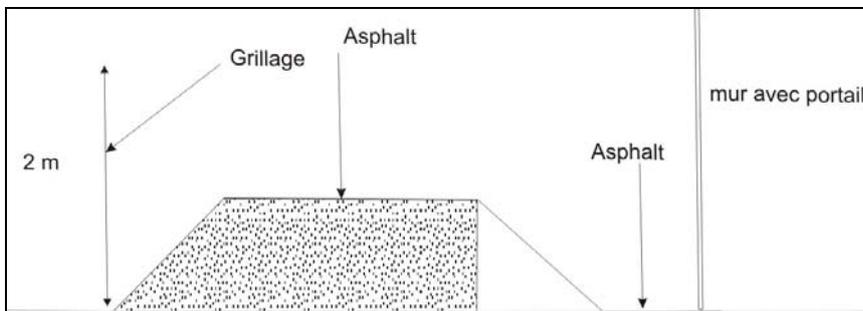


Figure 3-7 Coupe BB du quai de transbordement



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 tableau suivant présente le coût d'un camion hooklift en combinaison avec un point de transbordement, et ce pour plusieurs longueurs de trajet.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

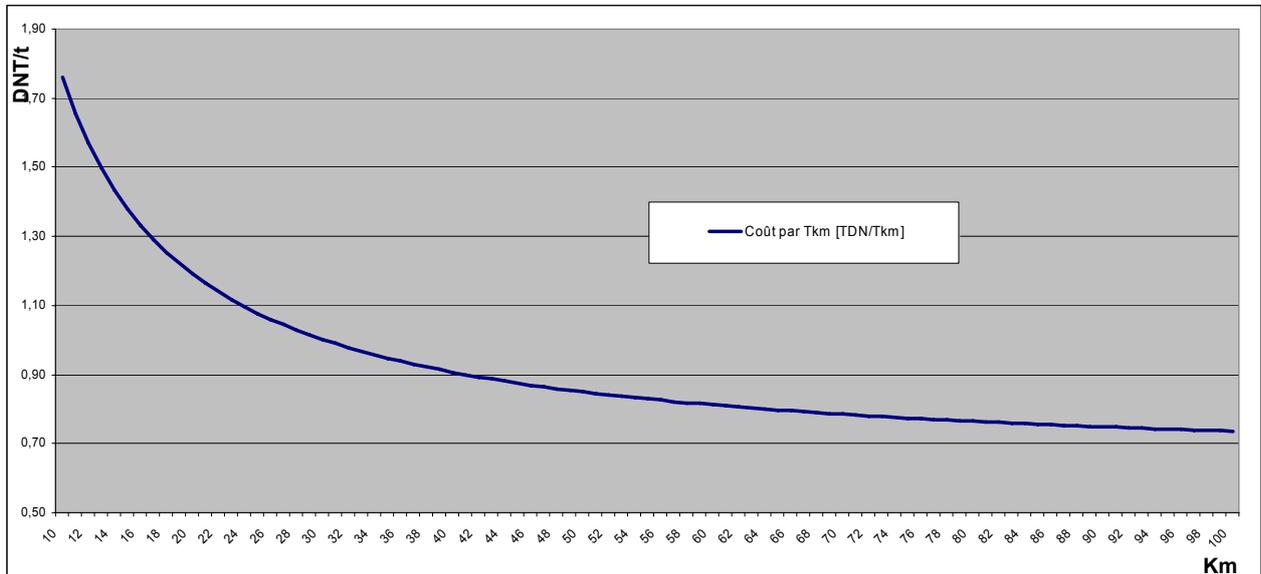
Tableau 3-24 Paramètres pour le transport avec des camions hooklift de 15 m³ CCR 2

		hooklift	hooklift	hooklift	hooklift	hooklift	hooklift	hooklift	hooklift	Unités
Capacité du Véhicule										
1	Volume Véhicule	Estimation	15	15	15	15	15	15	15	m ³
2	Densité des déchets compactés	Measurement	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	tonne/m ³
3	Régime de remplissage	Estimation	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	%
4	Quantité de déchets / Véhicule	(1)*(2)*(3)	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	tonne
5	Volume de déchets / Véhicule (1 tour)	(4)/0,3	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	m ³
Capacité annuelle du véhicule										
6	Point de dépôt / tour	Estimation	2	2	2	2	2	2	2	points/tour
7	Temps de déchargement	Estimation	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	heure
8	Vitesse moyenne	Estimation	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	km/h
9	Temps de déchargement moyen	Estimation	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	heure
10	Distance moyenne	Estimation	10	20	40	50	60	80	100	km
11	Temps entre les tours	Estimation	0,51	1,01	2,01	2,51	3,01	4,01	5,01	heure
12	Temps de travail	Estimation	7	7	7	7	7	7	7	h/shift
13	Jours de travail annuels (6 j / semaine)	Estimation	312	312	312	312	312	312	312	j/a
14	Tours par shift	(12)/(7+11)	6,94	4,64	2,79	2,33	2,00	1,55	1,27	tours/shift
15	Shifts par jour	Estimation	2	2	2	2	2	2	2	shift/j
16	Capacité annuelle	(4)*(13)*(14)*(15)	17.544	11.728	7.053	5.880	5.042	3.924	3.212	tonne/a
Coût véhicule										
17	Investissement en camions	Measurement ²⁾	190.000	190.000	190.000	190.000	190.000	190.000	190.000	DNT
18	Dépréciation	Estimation	7	7	7	7	7	7	7	a
19	Intérêt	Estimation	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	%
20	Coût d'investissement	(17) * $\frac{(19) \cdot [1 + (19)]^{18}}{[1 + (19)]^{18} - 1}$	32.840	32.840	32.840	32.840	32.840	32.840	32.840	DNT/a
21	Maintenance, assurance, pièces	(17)*0,05	38.000	38.000	38.000	38.000	38.000	38.000	38.000	DNT/a
22	Consommation	Estimation	25	25	25	25	25	25	25	l/h
23	Prix de consommation	Estimation	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	DNT/l
24	Coût de consommation	(12)*(13)*(15)*(22)	109.200	109.200	109.200	109.200	109.200	109.200	109.200	DNT/a
25	Disponibilité	Estimation	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	%
26	Coûts totaux pour le véhicule	[(20)+(21)]/(25)+(2)	197.750	197.750	197.750	197.750	197.750	197.750	197.750	DNT/a
Coût de quai de transbordement										
27	Investissement	Estimation	36.602	36.602	36.602	36.602	36.602	36.602	36.602	DNT
28	Depréciation	Estimation	20	20	20	20	20	20	20	a
29	Intérêt	Estimation	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	%
30	Coût d'investissement	(27) * $\frac{(29) \cdot [1 + (29)]^{28}}{[1 + (29)]^{28} - 1}$	2.940	2.940	2.940	2.940	2.940	2.940	2.940	DNT/a
31	Maintenance		1.830	1.830	1.830	1.830	1.830	1.830	1.830	DNT/a
32	Coût annuel par centre	(30)+(31)	4.770	4.770	4.770	4.770	4.770	4.770	4.770	DNT/a
33	Moyenne des conteneurs par centre	Estimation	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	pcs.
34	Capacité annuelle du centre	(4)/2*(33)*(13)	948	948	948	948	948	948	948	tonne/a
35	Centre desservi par camion	(16)/(34)	18,51	12,38	7,44	6,20	5,32	4,14	3,39	pcs.
36	Coût de centre de transfert par camion	(35)*(32)	88.306	59.033	35.498	29.598	25.380	19.751	16.165	DNT/a
Coût de la main d'œuvre										
37	Salaires d'un Surveillant	Measurement ²⁾	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	DNT/a
38	Nombre de Surveillant	Estimation	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	pers.
39	Salaires d'un Chauffeur	Measurement ²⁾	8.102	8.102	8.102	8.102	8.102	8.102	8.102	DNT/a
40	Nombre de Chauffeur	Measurement ¹⁾	1	1	1	1	1	1	1	pers.
41	Disponibilité	Estimation	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	%
42	Coût total pour la main d'œuvre	*(38)+(39)*(40)*(15)	22.505	22.505	22.505	22.505	22.505	22.505	22.505	DNT/a
Total Coûts										
43	Coût /jour	[(26)+(36)+(42)]/(13)	989	895	820	801	787	769	758	DNT/j
44	Coût par tonne	(43)/[(16)/(13)]	17,59	23,81	36,26	42,49	48,71	61,16	73,62	DNT/tonne
45	Coût par Tkm [DNT/Tkm]	(45)/(10)	1,76	1,19	0,91	0,85	0,81	0,76	0,74	DNT/Tkm

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

La figure qui suit présente la relation tonne / kilomètres pour le transport avec un camion hooklift de 15 m³, calculée pour toutes les distances possibles entre 10 à 100 km. Il apparaît clairement que le coût de ce système s'avère beaucoup moins cher que celui utilisant des tracteurs.

Figure 3-8 Relation tonne / kilomètres pour le transport avec un camion hooklift de 15 m³



En considérant 12 km comme distance moyenne de transfert (entre le point de transbordement et l'un des 37 centres de transfert – voir chapitre 3.6 ci-après), le coût du transfert des déchets depuis le point de transbordement jusqu'au centre de transfert est estimé à **18,830 DNT/tonne de déchets, en ce inclus les coûts d'investissement et d'exploitation du point de transbordement.**

En considérant 24 km comme distance moyenne (entre le point de transbordement et l'un des 13 centres de transfert – voir chapitre 3.6 ci-après), le coût du transfert des déchets depuis le point de transbordement jusqu'au centre de transfert est estimé à **26,300 DNT/tonne de déchets, en ce inclus les coûts d'investissement et d'exploitation du point de transbordement.**

Le tableau suivant récapitule les prix pour le transport avec les deux systèmes proposés.

Tableau 3-25 Comparaison des coûts entre les options de transport pour les conseils ruraux

	Transport avec tracteur et remorque		Transport avec camion hooklift depuis un Quai, investissement compris (CCR2)	
	DNT/tonne	%	DNT/tonne	%
sur 12 Km (37 CT)	91,23	100%	18,83	21%
Sur 24 Km (13 CT)	136,53	100%	26,30	19%

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

En conclusion, **le système recommandé**, c'est celui qui utilise un tracteur avec remorque, voire un pick-up ou un tricycle pour la collecte des déchets jusqu'à un point de transbordement équipé de conteneurs 15 m³. Ensuite les déchets sont transportés (dans des conteneurs 15 m³) par camion hooklift jusqu'au centre de transfert.

3.6 CENTRES DE TRANSFERT

3.6.1 Introduction

Ce chapitre a pour objectif de présenter la localisation des centres de transfert selon le système décentralisé ou semi central, de définir la capacité de chaque centre, ainsi que de présenter et comparer les coûts de centres de transfert destinés à un transport effectué avec des conteneurs ouverts (30 ou 40 m³) ou avec de grandes remorques à presse (surélevées).

Compte tenu de la faible quantité de déchets générés par les municipalités, que se soit pour les systèmes à 37 ou 13 centres de transfert, tous les centres auront (à ce stade de l'étude) deux quais de transbordement.

3.6.2 Affectation et capacité des 37 centres de transfert – CT 1

Cette option CT 1 prévoit la réalisation de 37 centres de transfert dont la distribution et la capacité sont présentées dans le tableau qui suit.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 3-26 Affectation et capacité des 37 centres de transfert

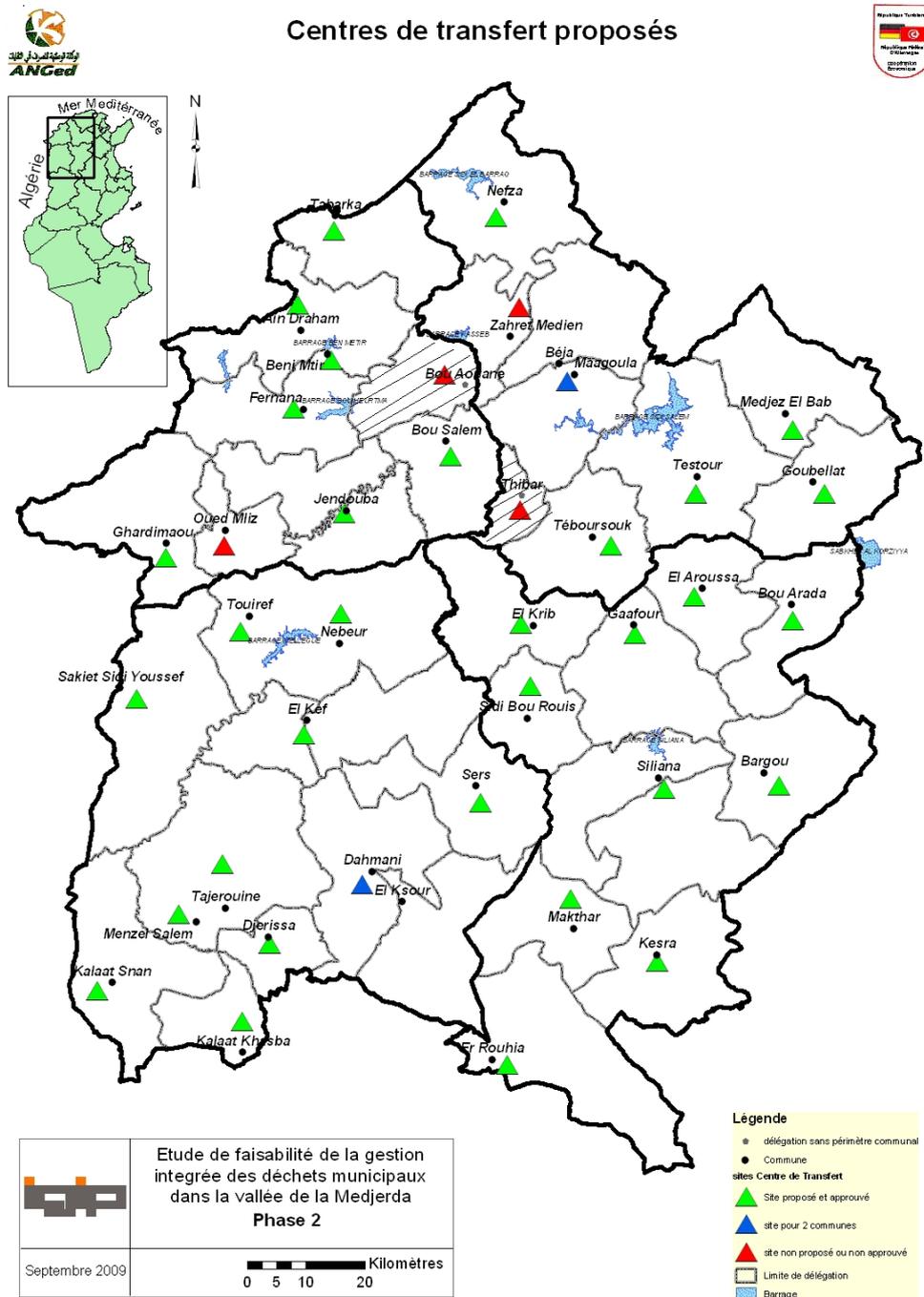
Num. CT	Centre de transfert	Communes concernées	C.R. Concernés	Moyenne annuelle 2014 - 2023	Moyenne annuelle 2024 - 2033	Moyenne annuelle 2014 - 2033
Gouvernorat de Béja						
1	Béja	Béja + Maagoula	Hammam Siala + Sidi Ismail	25 901	31 571	28 736
2	Zahret Medien	Zahret Medien		1 823	2 204	2 013
3	Nefza	Nefza	Bouchtata	4 165	5 037	4 601
4	Téboursouk	Téboursouk	Nouvelle Dougga	4 378	5 295	4 837
5	Thibar	Thibar *		915	1 106	1 011
6	Testour	Testour	Sloukia + Oued Ezzarga	6 008	7 265	6 637
7	Goubella	Goubella		1 312	1 587	1 449
8	Medjez El Bab	Medjez El Bab	Tokaber	6 220	7 521	6 871
8	Total gouvernorat de Béja			50 722	61 586	56 154
Gouvernorat de Jendouba						
1	Jendouba	Jendouba	Souk Essebet + Bellarejia + Souk jemaa	29 504	38 069	33 787
2	Bou Salem	Bou Salem		7 134	9 172	8 153
3	Tabarka	Tabarka	Aib Sobeh + El Hamdia	14 926	18 345	16 636
4	Aïn Draham	Aïn Draham	Hammam Bourguiba	3 847	4 946	4 397
5	Fernana	Fernana		1 997	2 568	2 283
6	Beni Mtir	Beni Mtir		269	346	307
7	Ghardimaou	Ghardimaou	El Kalaa	8 288	10 655	9 471
8	Oued Miz	Oued Miz	Edkhaylia	2 235	2 873	2 554
9	Balta Bouaouane	Balta Bouaouane *	Bouaouane	1 070	1 375	1 222
9	Total gouvernorat de Jendouba			69 270	88 350	78 810
Gouvernorat du Kef						
1	Le Kef	Le Kef		18 726	22 713	20 720
2	Nébeur	Nébeur	Melleg + Tel Gherziane + Bahra + Sidi Khiair	1 758	2 114	1 936
3	Touiref	Touiref		896	1 077	987
4	Sakiet Sidi Youssef	Sakiet Sidi Youssef	Sidi Rabeah + Ain Karma	2 735	3 289	3 012
5	Tejerouine	Tejerouine	Jezza	5 012	6 026	5 519
6	Menzel Salem	Menzel Salem		594	714	654
7	Kalaat Snan	Kalaat Snan	Mahjoubia	2 399	2 885	2 642
8	Kalaat Khasba	Kalaat Khasba	Sidi Ahmed Saleh	1 180	1 419	1 299
9	Djerissa	Djerissa		3 035	3 649	3 342
10	Ksour	Ksour + Dahmani	Zouarine + Zitouna	6 941	8 346	7 644
11	Sers	Sers	Ellès	3 749	4 507	4 128
11	Total gouvernorat du Kef			47 025	56 740	51 883
Gouvernorat de Siliana						
1	Siliana	Siliana	Khalsa	7 967	10 167	9 067
2	Bouarada	Bouarada		3 622	4 622	4 122
3	Gaafour	Gaafour		3 767	4 807	4 287
4	El Krib	El Krib		5 390	6 878	6 134
5	Sidi Bou Rouis	Sidi Bou Rouis		1 092	1 393	1 243
6	Makthar	Makthar	Send el Haddad	4 210	5 372	4 791
7	Er Rouhia	Er Rouhia		2 584	3 297	2 941
8	Kesra	Kesra	Mansoura Nord + Village Nord	1 640	2 092	1 866
9	Bargou	Bargou		1 342	1 712	1 527
10	El Aroussa	El Aroussa		1 505	1 920	1 712
10	Total gouvernorat de Siliana			33 119	42 261	37 690
40		* C.R. assimilé à une municipalité	Total projet	200 137	248 938	224 537

Comme on peut le voir, la capacité annuelle moyenne varie de 307 tonnes par an (< 1 tonne/jour) à Beni Mtir (gouvernorat de Jendouba) à 33.787 tonnes par an (93 tonnes par jour) pour l'agglomération de Jendouba.

La localisation des 37 centres de transfert est présentée dans la carte qui suit.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Figure 3-9 Localisation des 37 centres de transfert



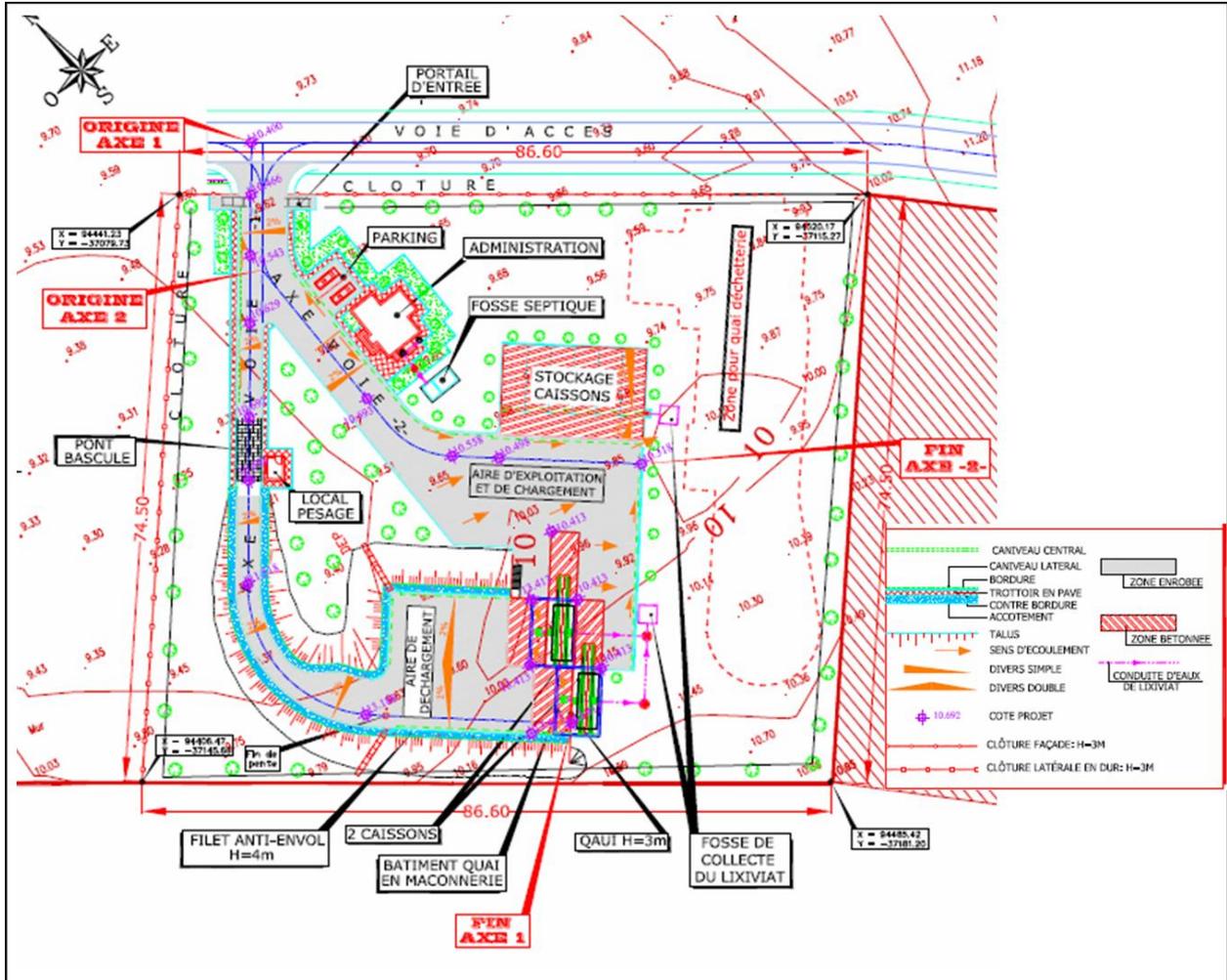
Dans les chapitres qui suivent, nous verrons que deux options de transfert ont été envisagées : avec des conteneurs ouverts de 30 m³ (maximum 40 m³), ou avec des camions à presse de 60 m³. Bien entendu, la conception des centres de transfert doit être adaptée aux véhicules de transfert. C'est pourquoi nous détaillerons ci-après ces deux options.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

3.6.2.1 Centre de transfert adapté pour les conteneurs ouverts de 30 / 40 m³

La figure qui suit présente un modèle de centre de transfert à deux quais.

Figure 3-10 Exemple de centre de transfert à deux quais



Le coût d'investissement pour le génie civil pour un centre de transfert de deux quais est estimé, sur base de l'expérience du projet de Tunis 2, à 500.000 DNT.

Les coûts annuels sont calculés comme suit :

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 3-27 Coûts annuels d'un centre de transfert de 2 quais pour conteneurs ouverts

Centre de transfert de 2 quais						
Frais fixes	Investissements	Taux d'intérêts, durée	Annuité	Réparation-maintenance	Assurances, taxes	Frais fixes annuels
	[DNT]	[%]	[-]	[%]		[DNT/a]
		[a]	[DNT/a]	[DNT/a]	[DNT€/a]	[DNT/a]
Bâtiment	500 000,00	5% 20	0,080	3% 15 000	2% 10 000	65 100
Frais variables						
Nombre d'employers				4		
Salaires	10 000	DNT/personne*a		40 000		
Autre (management etc.)	30%	des frais de personnel		12 000		
Coûts totaux					[DNT/a]	117 100

3.6.2.2 Centre de transfert adapté pour des camions à presse de 60 m³

Les centres de transfert destinés à accueillir des camions de transfert de 60 m³ doivent, comparativement à ceux destinés aux conteneurs de 30 m³ :

- offrir des zones de manœuvre plus grandes pour le camion
- présenter un pont bascule plus long
- offrir des quais de transfert plus hauts (5,0 m au lieu de 3,5 m)
- donc présenter une rampe d'accès plus longue pour les véhicules de collecte.

De ce fait, on estimera que les coûts de génie civil seront plus élevés de 50 % par rapport à ceux d'un centre de transfert pour conteneurs ouverts.

Par conséquent, les coûts de génie civil s'élèveront à 750.000 DNT et les annuités sont calculées comme suit :

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 3-28 Coûts annuels d'un centre de transfert pour camions de 60 m³ à presse

Centre transfert pour camion presse						
Frais fixes	Investissements	Taux d'intérêts, durée	Annuité	Réparation et maintenance	Assurances, taxes	Coûts fixes annuels
		[%]	[-]	[%]		
	[DNT]	[a]	[DNT/a]	[DNT/a]	[DNT/a]	[DNT/a]
		5%	0,080	3%	2%	
Bâtiment	750 000,00	20	60 200	22 500	15 000	97 700
Frais variables						
Nombre d'employers				4		
Salaires	10 000	DNT/personne*a		40 000		
Autre (management etc.)	30%	des frais de personnel		12 000		
Coûts totaux					[DNT/a]	149 700

3.6.3 Système semi central : 13 centres de transfert – CT 2

Cette option CT 2 prévoit la réalisation de 13 centres de transfert dont la distribution et la capacité est présentée dans le tableau qui suit.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 3-29 Localisation, affectation et capacité des 13 centres de transfert

Num. CT	Centre de transfert	Communes concernées	Moyenne annuelle 2014 - 2033	Tonnes par jour
Gouvernorat de Béja				
1	Nefza	Nefza	4 601	13
2	Medjez El Bab	Testour Goubella Medjez El Bab	14 957	41
	En direct vers Erromani	Béja Maagoula Zahret Medien Thibar	28 736 2 013 1 011	79 6 3
Gouvernorat de Jendouba				
3	Jendouba	Jendouba Ghardimaou Oued Miz	45 812	126
4	Fernana	Fernana Aïn Draham Beni Mtir	6 987	19
5	Tabarka	Tabarka	16 636	46
	En direct vers Erromani	balta Bouaouane Bou Salem	9 376	26
Gouvernorat du Kef				
6	Le Kef	Le Kef	20 720	57
7	Touiref	Touiref Nébeur Sakiet Sidi Youssef	5 935	16
8	Menzel Salem	Menzel Salem Tejerouine Kalaat Snan Kalaat Khasba Djerissa	13 456	37
	En direct vers Les Salines	Ksour Dahmani Sers	11 772	32
Gouvernorat de Siliana				
9	Siliana	Siliana Siliana	10 594	29
10	El Krib	El Krib Téboursouk	10 970	30
11	Makthar	Makthar Kesra	6 657	18
12	Er Rouhia	Er Rouhia	2 941	8
13	El Aroussa	El Aroussa Bouarada Gaafour	10 122	28
	En direct vers Les Salines	Sidi Bou Rouis	1 243	3
Total 4 gouvernorats			224 537	615
	Dont	En direct vers Erromani	41 136	113
		En direct vers Les Salines	13 014	36

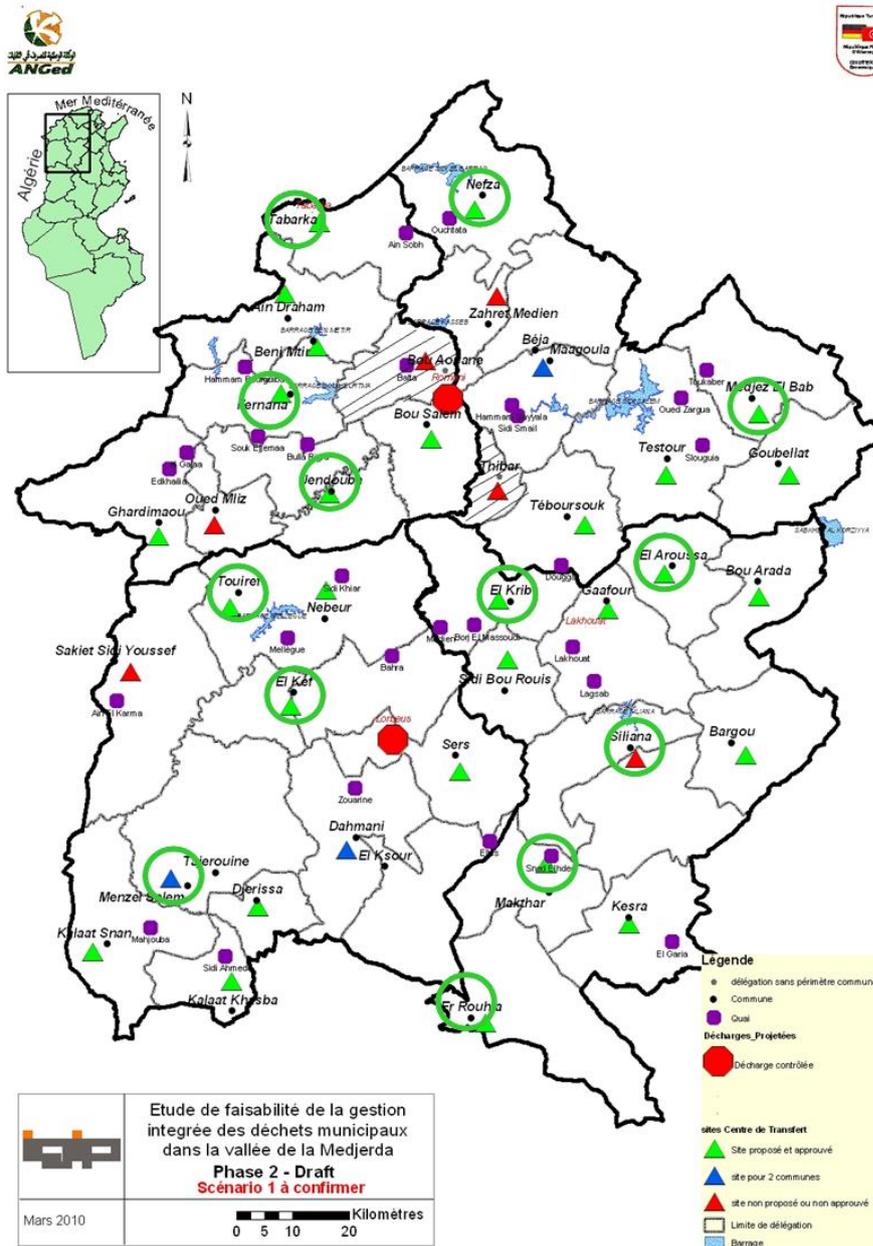
Comme on peut le voir, la capacité annuelle moyenne varie de 2.941 tonnes par an (8 tonnes/jour) à Er Rouhia (gouvernorat de Siliana) à 45.812 tonnes par an (126 tonnes par jour) pour le centre de transfert de Jendouba. On notera également que les deux décharges devront être équipées de quais de transfert

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

permettant de recevoir 41.136 tonnes par an (113 tonnes par jour) à Erromani et 13.014 tonnes par an (36 tonnes par jour) aux Salines.

La localisation des 13 centres de transfert (CT encerclés) est présentée dans la carte qui suit.

Figure 3-11 Localisation des 13 centres de transfert



Compte tenu de leur faible capacité, tous les centres de transfert seront considérés à ce niveau de l'étude comme ayant deux quais de déchargement pour les centres destinés aux conteneurs ouverts, voire du même type qu'en chapitre 3.6.2.2 pour les camions à presse. Les coûts annuels calculés aux chapitres 3.6.2.1 et 3.6.2.2 resteront donc identiques pour l'option à 13 centres de transfert.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

3.6.4 Comparaison des deux options

D'un point de vue technique, les deux options sont équivalentes et seront donc départagées lors de l'établissement de la combinaison des scénarios.

D'un point de vue financier, les deux approches se comparent comme suit :

Tableau 3-30 Comparaison financière des options CT 1 et CT 2 pour les centres de transfert pour conteneurs ouverts

Option	Nombre de centres de transfert	Coûts unitaire par an (DNT)	Coût total par an (DNT)	Tonnes par an	Coût par tonne (DNT/t)
CT 1	37	117 100	4 332 700	224 537	19,296
CT 2	13	117 100	1 522 300	224 537	6,780

Et

Tableau 3-31 Comparaison financière des options CT 1 et CT 2 pour les centres de transfert pour camions à presse

Option	Nombre de centres de transfert	Coûts unitaire par an (DNT)	Coût total par an (DNT)	Tonnes par an	Coût par tonne (DNT/t)
CT 1	37	149 700	5 538 900	224 537	24,668
CT 2	13	149 700	1 946 100	224 537	8,667

Les coûts à la tonne sont évidemment proportionnels au nombre de centres de transfert.

3.7 TRANSPORT ET TRANSFERT DES DECHETS MUNICIPAUX

3.7.1 Introduction

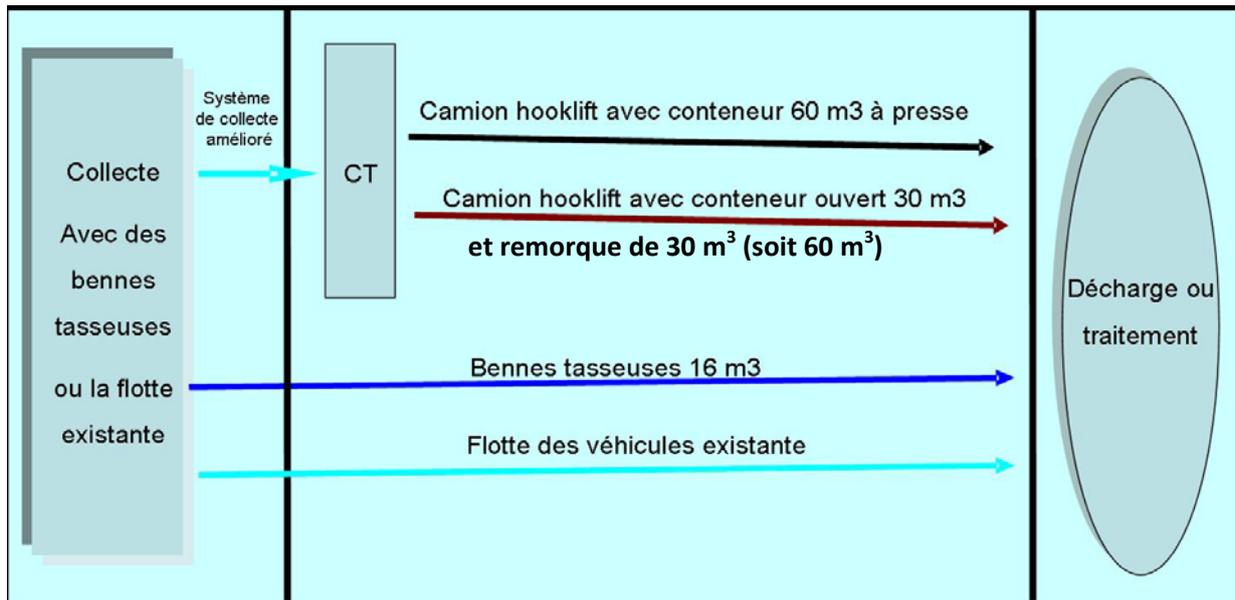
On appellera « transport » le fait de transporter les déchets municipaux par les véhicules de collecte (flotte existante ou bennes tasseuses) depuis la zone de collecte vers les centres de transfert ou les décharges (ou les centres de prétraitement).

On appellera « transfert » le fait de transporter les déchets municipaux entre les centres de transfert et les décharges (centre de prétraitement). Ce transfert s'effectue soit au moyen de camions hook-lift avec conteneurs ouverts de 30 m³ (maximum 40 m³) et remorque équipée d'un conteneur de 30 m³, soit au moyen de camions à presse de 60 m³.

Lorsque l'on combine la collecte et le transport / transfert, on génère des combinaisons que l'on peut schématiser comme suit :

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Figure 3-12 Combinaison de collecte et de transport / transfert



3.7.2 Comparaison des différentes options de transport/transfert

Le tableau suivant présente les coûts par tonne kilomètre des différents moyens de transport/transfert sur une distance qui varie de 1 à 100 km.

Ce tableau nous a permis de dresser les figures ci-dessous et de déterminer les distances critiques pour le transport/transfert.

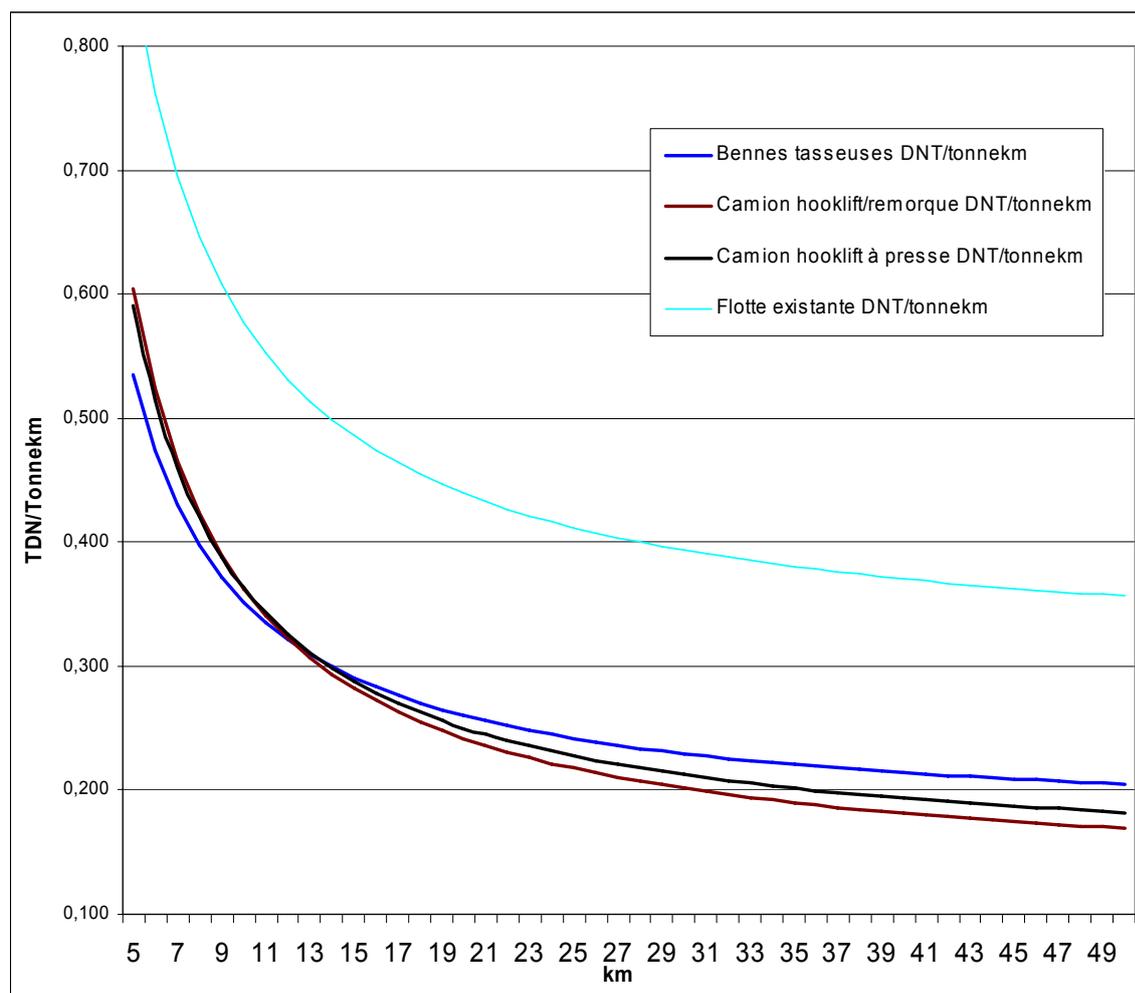
Tableau 3-32 Comparaison de coût des différents moyens de transport

Distance km	Bennes tasseuses DNT/tonnekm	Camion hooklift/remorque DNT/tonnekm	Camion hooklift à presse DNT/tonnekm	Flotte existante DNT/tonnekm
1	1,612	2,176	1,953	2,677
10	0,352	0,363	0,363	0,578
20	0,260	0,242	0,250	0,439
30	0,229	0,201	0,212	0,393
40	0,214	0,181	0,194	0,370
50	0,205	0,169	0,182	0,357
60	0,199	0,161	0,175	0,347
70	0,194	0,155	0,169	0,341
80	0,191	0,151	0,166	0,336
90	0,189	0,148	0,162	0,054
100	0,187	0,145	0,160	0,053

Les deux figures suivantes présentent la comparaison des différentes options de transport / transfert.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

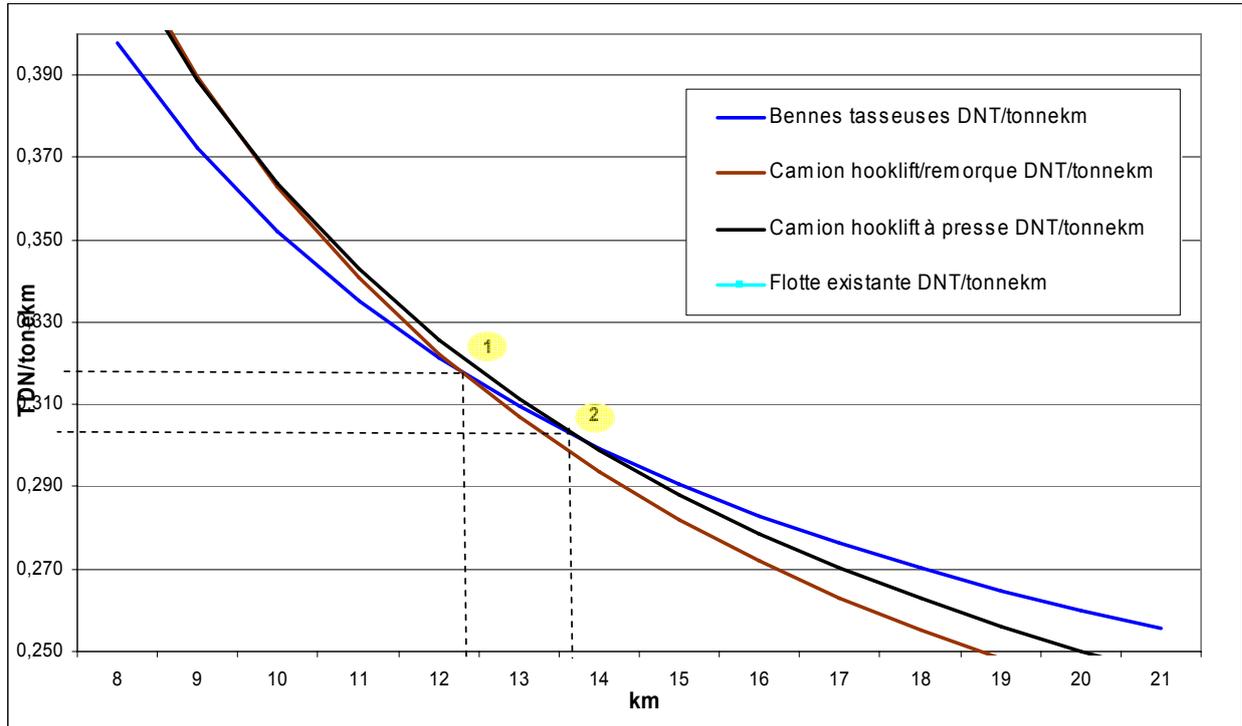
Figure 3-13 Comparaison des différentes options de transport / transfert



Et plus précisément pour les distances entre 10 et 20 km :

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Figure 3-14 Comparaison détaillée des différentes options de transport / transfert



Les graphiques ci-dessus représentent le coût par tonne-kilomètre de chacune des options de transport / transfert. Les points d'intersection représentent les points de rupture en termes de coût. On notera que :

- Dans le cas de la vallée de la Medjerda le coût de transport / transfert avec la flotte existante demeure toujours le plus coûteux. Il est plus avantageux de passer au transfert avec des camions hooklift et conteneurs.
- Le transport des déchets avec des bennes tasseuses est moins cher sur des distances ne dépassant pas 12 km que celui assuré par des camions hooklift avec des conteneurs à presse de 60 m³ ou ceux avec conteneur ouvert de 2 x 30 m³ (point 1).
- Les bennes tasseuses sont aussi avantageuses que les camions de transport avec conteneur à presse de 60 m³ jusqu'à une distance ne dépassant pas 14 km (point 2).
- A partir de 12 km, le transport avec des camions hooklift avec conteneur ouvert de 2 x 30 m³, s'avère le moins onéreux. C'est pourquoi nous avons identifié une option avec 13 centres de transfert répartis dans la zone du projet pour lesquels la distance de transfert entre les zones de collecte municipale et les centres de transfert ne dépasse pas la distance optimale de transport par les bennes tasseuses.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

3.7.3 Combinaison de collecte et de transport / transfert

Nous avons identifié 6 combinaisons possibles si l'on considère les deux options pour les centres de transfert (décentralisés CT1 et semi centraux CT2, voir paragraphes 3.6.2 et 3.6.3) :

Tableau 3-33 Combinaisons de collecte et de transport / transfert

N° de la combinaison	Combinaison	Nombre de Centres de transfert considérés
0	Collecte et transfert au moyen de la flotte des véhicules existante, pas de CT	0
1	Collecte et transfert avec des bennes tasseuses de 16 m ³ , pas de CT	0
2a	Système de collecte amélioré, 37 CT adaptés pour le transfert effectué par des camions presse avec conteneur de 60 m ³	37
2b	Système de collecte amélioré, 37 CT adaptés pour le transfert par des camions avec conteneur de 30 m ³ ouvert et remorque de 30 m ³	37
3a	Collecte avec des bennes tasseuses de 16 m ³ , 13 CT adaptés pour le transfert effectué au moyen de camions presse de 60 m ³	13
3b	Collecte avec des bennes tasseuses de 16 m ³ , 13 CT adaptés pour le transfert par des camions avec conteneur de 30 m ³ ouvert et remorque de 30 m ³	13

La combinaison 0 reflète les coûts de la situation existante. Les calculs ont été faits sur la base de la moyenne des quantités des déchets produits dans la région investiguée. Ces coûts ne comprennent que les coûts de fonctionnement de la flotte existante, pas les coûts d'investissement qui ont été engagés pour acquérir le matériel.

La combinaison 1 considère que la collecte et le transport vers les centres d'élimination se fera uniquement au moyen des bennes tasseuses de 16 m³. Aucun centre de transfert n'est prévu pour cette combinaison. Les calculs de coûts comprennent les investissements initiaux et les frais d'exploitation.

Les combinaisons 2a et 2b prévoient un centre de transfert pour chaque municipalité situé dans un rayon de 3 km de son centre. 37 centres de transfert sont prévus (système CT1). Les calculs de coûts comprennent les investissements initiaux (amélioration de la collecte, centres de transfert et engins de transfert) et les frais d'exploitation. **La combinaison 2a** suppose un transport entre les centres de transfert et le lieu d'élimination par des camions à presse de 60 m³. On estime que la durée du déchargement est de 20 minutes et que la vitesse moyenne est de 40 km/h pour des distances supérieures à 4 km.

Dans la combinaison 2b on suppose que le transport se fera par des camions hooklift à conteneur ouvert de 30 m³ avec remorque de 30 m³ (soit 2 x30 m³). On estime que la durée du déchargement est de 30 minutes et que la vitesse moyenne est de 40 km/h pour des distances supérieures à 4 km.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Les combinaisons 3a et 3b prévoient 13 centres de transfert qui vont regroupés des municipalités éloignées l'une de l'autre de 12 km maximum, afin de limiter les distance parcourues par les bennes tasseuses (système CT2). Les calculs de coûts comprennent les investissements initiaux (bennes tasseuses, centres de transfert et engins de transfert) et les frais d'exploitation.

La combinaison 3a prévoit un transport entre les centres de transfert et le lieu d'élimination par les camions à presse de 60 m³ (identique à la combinaison 2a). Les hypothèses de calcul sont celles de la combinaison 2a.

Le scénario 3b prévoit un transport par des camions hooklift à conteneur ouvert de 30 m³ avec remorque de 30 m³. Les hypothèses de calcul sont celles de la combinaison 2b.

3.7.4 Développement des combinaisons

Les résultats des calculs des coûts de collecte combinés aux coûts de transport / transfert, pour les municipalités et les agglomérations des conseils ruraux sont présentés dans le tableau suivant. On notera à la lecture de ce tableau comparatif que :

- Le **coût actuel** de la collecte (et du transport vers les décharges et dépotoirs existants), supporté par les municipalités, est de **6,9 MDNT par an**.
- La **combinaison 1 est la moins coûteuse**, mais elle nécessite l'entente des municipalités pour la collecte et le transfert des déchets, à priori en passant par une concession de ces activités au secteur privé.
- Les **combinaisons 2a et 3a**, avec camion presse, sont plus onéreuses que celles avec conteneurs ouverts. Dans la zone du projet, compte tenu des faibles quantités de déchets et de l'étroitesse des voiries, elles **ne doivent pas être recommandées**.
- La combinaison 3b est moins onéreuse que la combinaison 2b. Cependant, le système semi central nécessite lui aussi le regroupement des municipalités et par conséquent, il n'a pas été retenu à court terme, mais il consiste certainement en une possibilité d'optimisation de la combinaison 3a.
- Par conséquent, bien que relativement onéreuse, la **combinaison 2b est la seule recommandable dans la structure institutionnelle actuelle**. On notera que cette combinaison soulagera légèrement les efforts des municipalités, pour autant bien entendu qu'elles acceptent l'optimisation des moyens de collecte telle que nous l'avons recommandée. Par contre, l'ANGed aura à supporter les investissements et les coûts d'exploitation de 37 centres de transfert et 40 quais de transbordement.

Tableau 3-34 Comparaison des coûts de collecte et de transport / transfert des différentes combinaisons

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Scénario N°	Explication		Coûts de collecte	Coûts de transport pour les	Coûts de transfert	Coûts des CT /	Coûts totaux	Coûts totaux	Comparaison	Total Collecte/pré-	Total Post-
			distance moy. de 5 km	véhicules de collecte	avec camions et remorques	Quais	Totaux	Tonne	%	Collecte	Collecte
			TDN/an	TDN/an	TDN/an	TDN/an	TDN/an	TDN/tonne		TDN/an	TDN/an
Combinaison 0 (système existant)	Collecte et transport au moyen de la flotte des véhicules existante, 0 CT (Hors Investissement)		6 895 562	3 319 229	0	0	10 214 791	45	100%	10 214 791	0
Combinaison 1 (système central)	Collecte et transport avec des bennes tasseuses de 16m3, pas de CT	Municipalités	4 288 676	1 974 240	0	0	8 062 606	36	79%	8 062 606	0
		Conseils Ruraux (1j/2)	1 645 839	80 647	0	73 204					
Combinaison 2a (système décentralisé)	Système de collecte optimisé, 37 CT adaptés pour le transfert au moyen de camions presse avec conteneur de 60 m³	Municipalités	4 620 992	778 825	1 605 724	5 538 900	14 448 683	64	141%	6 266 831	8 181 852
		Conseils Ruraux	1 645 839	258 403	*	*					
Combinaison 2b (système décentralisé)	Système de collecte optimisé, 37 CT adaptés pour le transfert au moyen de véhicule avec conteneur de 30 m³ ouvert avec remorque de 30 m3	Municipalités	4 620 992	778 825	1 581 535	4 332 700	13 218 294	59	129%	6 266 831	6 951 463
		Conseils Ruraux	1 645 839	258 403	*	*					
Combinaison 3a (système semi-central)	Collecte avec des bennes tasseuses de 16 m3, 13 CT adaptés pour le transfert au moyen de camions presse avec conteneur de 60 m³ (privatisation de la collecte)	Municipalités	4 288 676	849 498	1 183 202	1 946 100	10 274 218	46	101%	5 934 515	4 339 703
		Conseils Ruraux	1 645 839	360 904	*	*					
Combinaison 3b (système semi-central)	Collecte avec des bennes tasseuses de 16 m3, 13 CT adaptés pour le transfert au moyen de véhicule avec conteneur de 30 m³ ouvert (privatisation de la collecte) avec remorque de 30 m3	Municipalités	4 288 676	849 498	1 077 937	1 522 300	9 745 154	43	95%	5 934 515	3 810 639
		Conseils Ruraux	1 645 839	360 904	*	*					
				* Inclus investissement des Quais							
	coût de la collecte dans les conseils ruraux	DNT/tonne	119,950								
	tonnage par an pour les CR	t/an	13 721								
	coûts de référence actuels, sans élimination										

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

3.8 PRETRAITEMENT DES DECHETS MENAGERS (PT)

Ce chapitre aborde les différentes possibilités de prétraitement des déchets ménagers avant leur élimination.

Les décharges contrôlées du type de celle de Djebel Chekir dans la zone du Grand Tunis produisent des lixiviats et des biogaz à effet de serre, générés par la décomposition anaérobie de la fraction organique des déchets (solides) qui y sont éliminées sans prétraitement. L'objectif est de réduire ces émissions polluantes et de réduire les volumes à enfouir, au moyen des technologies de prétraitement suivantes :

- le prétraitement par voie aérobie (PMB) avec aération active ou passive
- le prétraitement par voie anaérobie (digesteur)
- l'incinération

Ces technologies montrent des différences considérables en ce qui concerne leurs aspects économiques, écologiques et opérationnels. Il convient de les analyser et de les comparer afin de définir la solution la plus appropriée pour la zone du projet, compte tenu des conditions locales existantes.

Après avoir évalué succinctement les trois alternatives, la technologie la plus adaptée à la zone du projet sera retenue et ensuite détaillée, en tenant particulièrement compte de la possibilité de mettre en œuvre le mécanisme de développement propre (MDP)¹¹.

Les calculs économiques se basent sur un taux d'escompte de 5 % tenant compte non seulement du taux d'intérêt mais aussi de l'inflation. Dans le calcul dynamique des frais d'acquisition, les coûts d'investissement et les coûts d'opération figurent pour chaque année. La période de calcul couvre la période de planning de 20 ans.

Les estimations des coûts des installations sont basées sur les coûts donnés dans l'étude du Grand Tunis¹².

La composition des déchets est issue de l'étude de Phase 1 de la Medjerda, suite aux analyses réalisées sur le terrain.

3.8.1 Définition des options de prétraitement

Les options suivantes ont été sélectionnées et développées ci-après :

- **Option PT1** : élimination sans prétraitement (option de base)

¹¹ Voir le rapport séparé relatif à la réduction des gaz à effet de serre en **Annexe 5-1**.

¹² Voir le rapport de Phase 2 de l'« Etude de faisabilité pour la réalisation d'une deuxième décharge contrôlée et des installations y afférentes pour le Grand Tunis », Novembre 2007.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- **Option PT2a** : prétraitement par voie aérobique (PMB) semi central à l'exemple du site de « Siliana »
 - avec aération active
 - avec aération passive
- **Option PT2b** : prétraitement par voie aérobique (PMB) centralisé à l'exemple du site « Les Salines »
 - avec aération active
 - avec aération passive
- **Option PT3a** : prétraitement par voie anaérobique (digesteur) semi central à l'exemple du site de « Siliana »
- **Option PT3b** : prétraitement par voie anaérobique (digesteur) centralisé à l'exemple du site « Les Salines »
- **Option PT3c** : prétraitement par voie anaérobique (digesteur) à l'exemple du site de « Tabarka »
- **Option PT4** : incinération

3.8.2 Options de prétraitement

3.8.2.1 Pas de prétraitement (Option PT1)

L'option PT1 prévoit l'enfouissement des déchets sans prétraitement dans les deux nouvelles décharges d'Erromani et des Salines de 2014 à 2033 avec extraction du gaz et combustion par torchère.

Il est supposé que :

- tous les déchets (100%) sont transportés vers la décharge
- une séparation et un prétraitement des déchets ne sont pas prévus
- l'exploitation se fasse en casiers successifs d'une durée de vie virtuelle de 5 ans
- les puits de dégazage sont installés lorsque l'enfouissement des déchets est achevé dans le casier
- le dispositif de mise en dépression et de combustion des gaz de la décharge (booster station et torchère) ne soit pas installé et exploité avant le remplissage du premier casier. C'est à dire que

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

la première torchère sera installée 5 ans après l'ouverture de la décharge et qu'ensuite le système sera étendu tous les 5 ans.¹³

- les couches de déchets soient régulièrement recouvertes de terre.

Le coût spécifique d'une tonne de déchets pour l'enfouissement en décharge sans prétraitement a été calculé au chapitre 3.9.3.2.

3.8.2.2 Prétraitement par voie aérobique (PMB) (Option PT2)

Le prétraitement mécano-biologique (PMB) vise à la stabilisation des déchets ménagers par un processus microbiologique de décomposition aérobique de leur fraction fermentescible.

Cette décomposition peut réduire le volume et la masse des déchets à enfouir jusqu'à 50 % 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 décharge.

D'une façon générale, il existe deux solutions techniques de PMB :

- le PMB avec aération active
- le PMB avec aération passive.

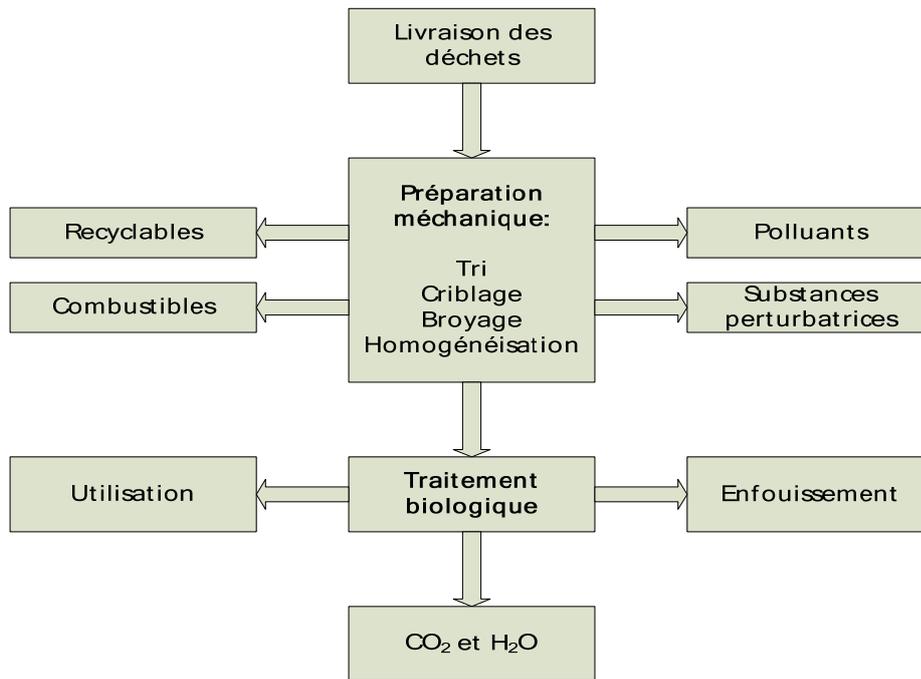
3.8.2.2.1 Processus du prétraitement par voie aérobique

Le processus du PMB par voie aérobique peut être schématisé comme suit :

¹³ A ce niveau de l'étude, le système de dégazage ne peut être défini plus en détail, mais cette approximation est suffisante pour ce chapitre.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Figure 3-15 Schéma du processus de PMB par voie aérobie



- Préparation mécanique

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

- du broyage,
- de l'homogénéisation et l'humidification,
- de l'extraction et de la récupération des fractions valorisables,
- de l'extraction complémentaire des fractions ferreuses et non ferreuses ainsi que
- de l'extraction des autres substances nocives, qui peuvent perturber le processus.

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

- Tri et valorisation des fractions recyclables

Les résultats du PMB peuvent être améliorés par un tri des fractions recyclables pouvant être séparés 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 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

- Traitement biologique

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. Pour cela, il existe deux processus aérobie :

- Aération active

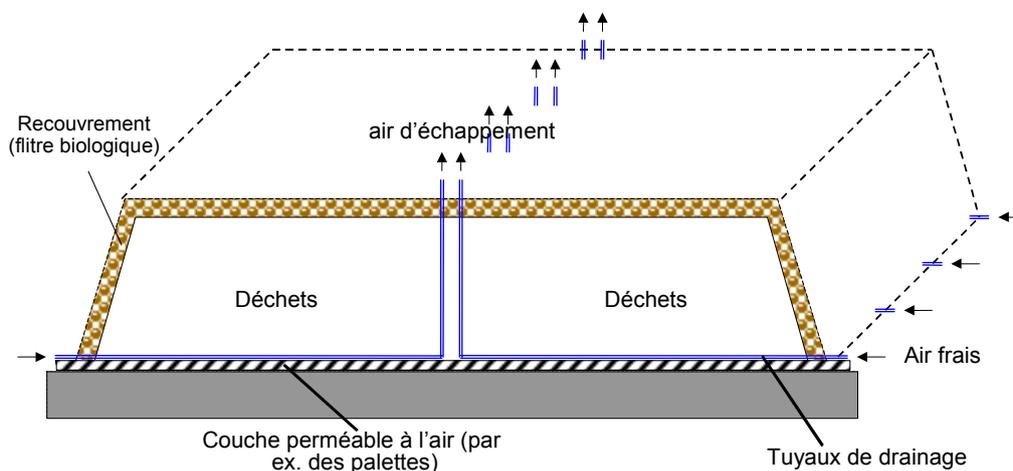
Les systèmes à aération active consomment beaucoup d'énergie pour la ventilation des déchets et par conséquent nécessitent des installations complexes et coûteuses. Leur avantage principal est la période de décomposition plus courte et le risque minimisé de trouver des zones anaérobies dans les tas en cours de traitement. Les coûts spécifiques des systèmes activement aérés s'avèrent plus chers (environ 10 DNT /tonne) que les systèmes passivement aérés, en ce inclus les coûts d'amortissement et d'exploitation.

- Aération passive

Si l'on s'oriente vers des solutions plus économiques, les systèmes d'aération passive dans des andains de décomposition apparaissent plus avantageux.

La figure ci-dessous schématise une pile de décomposition, aussi appelée « andain », aérée passivement :

Figure 3-16 Coupe transversale d'une pile aérée passivement



Les eaux de pluie qui s'infiltrent dans la pile génèrent des lixiviats qui doivent être collectés, mais qui peuvent être en partie utilisés comme eaux de process au niveau des tambours d'homogénéisation lors de la préparation mécanique. Afin d'éviter l'infiltration des lixiviats dans le sol, un soubassement étanche est réalisé sous les piles. On considère généralement que les périodes de décomposition durent entre 4 et 6 mois. La durée du processus de décomposition dépend des niveaux de décomposition que l'on souhaite atteindre. La période de traitement est de 7-9 mois en Allemagne afin de ré-

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

pondre aux standards européens. Nous n'avons pas encore de durées précises de prétraitement pour ce qui concerne la région nord de la Tunisie, mais elles seront bientôt disponibles lorsque les essais de PMB auront été réalisées au centre pilote de Kabouti à Tunis.

Entre le soubassement étanche et les déchets bruts est placée une couche perméable à l'air, comme par exemple de vieilles palettes en bois ou des copeaux grossiers de bois. Les tuyaux de drainage posés dans cette couche perméable assurent l'aération des déchets en air frais ainsi que l'extraction de l'air d'échappement. Les déchets peuvent être stockés jusqu'à une hauteur de 2 à 3 mètres. Les andains peuvent avoir une largeur de maximum 25 mètres. La longueur n'est limitée que par la géométrie de l'aire de traitement.

Afin de limiter des émissions organiques et olfactives, les andains sont recouverts d'une couche de matières déjà décomposées ou par du composte (de déchets organiques) qui fonctionne comme filtre biologique (biofiltre). Les piles ne doivent pas être retournées pendant le processus de décomposition. Suivant les conditions climatiques locales, un système d'humidification est à prévoir afin de garantir une humidité constante dans les andains.

A la fin de la période de décomposition, une partie des matériaux est tamisée et utilisée pour la couverture des nouvelles piles. La partie restante est transportée vers la décharge et compactée en minces couches.

Si l'on compare les avantages et les inconvénients des deux systèmes (aération active ou passive), l'utilisation du système d'aération passive s'avère être le mieux adapté, même pour les centres de grande capacité, pour autant bien entendu que les surfaces requises soient disponibles¹⁴.

- Utilisation de la fraction fine

Après le traitement biologique, un matériau fin peut être généré par une coupure granulométrique de 15 mm. Cette fraction fine est comparable à un certain niveau au composte qui résulte du traitement des déchets organiques. Mais comme les déchets qui entrent le processus de PMB sont mixtes et d'origines variées, la qualité de la fraction fine est certainement plus faible que celle du compost et elle ne peut par conséquent pas être considérée comme moyen d'amélioration des sols.

Sur base des résultats des analyses (essentiellement des métaux lourds), son utilisation peut être envisagée pour la lutte contre la désertification, le recouvrement des andains de décomposition et matériau de couverture journalière de déchets enfouis en décharge ou la mise en culture (par exemple d'anciens terroirs miniers).

- Résidus

A la sortie du traitement biologique, la fraction fine (< 15 mm) peu être utilisée entre autres pour le recouvrement des andains (voir ci-dessus), la fraction d'une granulométrie > 80 mm peu être réutilisées comme matériaux structurants lors de la phase biologique du traitement et finalement les résidus sortants du PMB sont enfouis en décharge. Ainsi une réduction volumique de 30 à 50 % peut être générée par le PMB.

¹⁴ Même conclusion que dans l'étude : « Elaboration d'un plan directeur pour la valorisation des déchets organiques par compostage » - GEREP – 2007.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

3.8.2.2.2 Avantages et contraintes

Bien que le prétraitement mécano-biologique (PMB) augmente les coûts directs d'élimination, le calcul global doit être comparé à celui du coût de l'élimination des déchets sans PMB dans une décharge qui assure la gestion de ses lixiviats et de ses gaz, et qui aura une période postopératoire de l'ordre de 30 à 50 ans.

Les principaux avantages d'un PMB des déchets avant enfouissement sont les suivants :

- Réduction des volumes de déchets à enfouir

Une réduction volumique de 30 à 50 % peut être générée par le PMB. Elle dépend notamment de la quantité des matériaux valorisables pouvant être triés. De plus, la densité des matériaux prétraités mis en décharge est nettement plus élevée que celle des déchets enfouis sans PMB. Des expériences menées dans de nombreux pays montrent que la densité des déchets prétraités peut atteindre 1,5 tonne/m³. Enfin, l'enfouissement de déchets prétraités ne nécessite plus l'utilisation de matériaux de couverture journalière. Nous avons aussi montré qu'une fraction fine de bonne qualité pouvait avoir différents usages.

- Simplification des procédés de traitement des lixiviats

Du fait de la décomposition microbologique, la charge polluante des lixiviats peut être réduite considérablement (jusqu'à 90 % de réduction de la DCO et de la DBO), au prorata de la durée du processus de PMB. De ce fait, les procédés de traitement des lixiviats d'une décharge pour déchets prétraités sont beaucoup plus simples et leur capacité peut être réduite du fait du gain de volume des déchets enfouis. En plus, les lixiviats peuvent être utilisés pour l'humidification des piles, réduisant encore le volume total à traiter.

- Réduction des quantités de biogaz

Du fait de la décomposition microbologique, la production des émissions de biogaz - en particulier du méthane - vont être réduites considérablement (jusqu'à 95 %), au prorata de la durée du processus de décomposition. Le système de collecte actif des gaz de la décharge peut ainsi être remplacé par un système passif (venting).

- Réduction des incendies à la décharge

Le PMB réduit effectivement le danger d'incendie par le tri de la fraction à forte valeur calorifique.

- Utilisation de la fraction à valeur calorifique élevée

Conjointement à une valorisation des matières (vente des fractions valorisables), une valorisation thermique de la fraction à haute valeur calorifique peut être considérée. Leur utilisation comme combustibles secondaires dans des fours industriels est la solution classique, mais elle dépend bien entendu des prix de l'énergie. Toutefois, cette pratique n'est pas actuellement développée en Tunisie et elle ne sera par conséquent pas considérée.

En fait, la valorisation de la fraction fine du tamisage comme produit d'amélioration du sol est envisageable dans les zones dont la qualité des terres est pauvre. Le coût de la mise en décharge qui serait

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

ainsi évité peut par conséquent être investi dans le transport et la distribution de cette fraction fine destinée à l'agriculture.

Mais le prétraitement mécano-biologique (PMB) par voie aérobique présente également des désavantages importants :

- Ce procédé présente un haut risque d'émissions d'odeurs étant donné que les déchets sont décomposés à l'air libre,
- Les déchets en décomposition en andains présentent un haut risque de l'envol des déchets volatiles et donc les mesures nécessaires sont à prévoir,
- La durée de décomposition est assez longue, entre 4 à 9 mois selon les standards requis et par conséquent,
- ce système nécessite beaucoup de surface pour les piles : plus la durée de décomposition est longue, plus de surface sera nécessaire.

3.8.2.2.3 Options de PMB par voie aérobique

Etant donné que la technologie à aération active nécessite des installations complexes et coûteuses qui demandent un personnel hautement qualifié, le BE favorise la solution à aération passive. Cette technologie demande certes beaucoup de surface, mais d'après les sites de décharges choisis, le BE estime que les surfaces sont suffisantes pour la réalisation d'une installation de traitement biologique par aération passive.

Les options de prétraitement par voie aérobique étudiées ci-après sont les suivantes :

- **Option PT2a** : prétraitement par voie aérobique (PMB) semi central avec aération passive à l'exemple du site de « Siliana » (moyenne de **10.594 t/a** de déchets)
- **Option PT2b** : prétraitement par voie aérobique (PMB) centralisé avec aération passive à l'exemple du site « Les Salines » (moyenne de **89.573 t/a** de déchets)

3.8.2.2.4 Prétraitement par voie aérobique (PMB) décentralisé (Option PT2a)

Les tableaux qui suivent présentent une estimation des coûts actualisés de l'installation de PMB semi central au site de « Siliana » (PT2a). Le détail des calculs des coûts actualisés est donné en **Annexe 3-4**. De même, les hypothèses de calculs sont données en **Annexe 3-4**.

Tableau 3-35 Coûts actualisés de l'installation de PMB semi central au site de « Siliana » (PT2a)

Coûts d'investissement actualisés	18,88	DNT/Tonne
Coûts d'exploitation actualisés	33,66	DNT/Tonne
Coûts d'exploitation inclus revenus	24,13	DNT/Tonne

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Coûts totaux actualisés	52,55	DNT/Tonne
Coûts totaux actualisés inclus revenus	43,01	DNT/Tonne

3.8.2.2.5 Prétraitement par voie aérobique (PMB) centralisé (Option PT2b)

Les tableaux qui suivent présentent une estimation des coûts actualisés de l'installation de PMB centralisée au site « Les Salines » (PT2b). Le détail des calculs des coûts actualisés est donné en **Annexe 3-5**. De même, les hypothèses de calculs sont données en **Annexe 3-5**.

Tableau 3-36 Coûts actualisés de l'installation de PMB centralisé au site « Les Salines » (PT2b)

Coûts d'investissement actualisés	7,04	DNT/Tonne
Coûts d'exploitation actualisés	12,94	DNT/Tonne
Coûts d'exploitation inclus revenus	3,40	DNT/Tonne
Coûts totaux actualisés	19,97	DNT/Tonne
Coûts totaux actualisés inclus revenus	10,44	DNT/Tonne

3.8.2.2.6 Conclusion

Il convient donc d'envisager le PMB des déchets par un système de piles trapézoïdales passivement aérées. Les coûts de ce système pour les variantes semi centralisée et centralisée sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 3-37 Résumé des coûts actualisés du PMB par voie aérobique

Description	Prétraitement par voie aérobique (PMB) Aération passive	
	Semi central	Central
Localisation	Siliana	Salines
Site exemplaire	Siliana	Salines
Option	PT2a	PT2b
Coûts d'investissement actualisés	18,88 DNT/t	7,04 DNT/t
Coûts d'exploitation actualisés	33,66 DNT/t	12,94 DNT/t
Coûts d'exploitation inclus revenus	24,13 DNT/t	3,40 DNT/t
Coûts totaux actualisés	52,55 DNT/t	19,97 DNT/t
Coûts totaux actualisés inclus revenus	43,01 DNT/t	10,44 DNT/t
Coûts totaux actualisés sur 20 ans	5.962.147 DNT	12.230.982 DNT
Coûts du traitement par tonne de déchets produits	43,01 DNT/t	10,44 DNT/t

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

A ce stade, l'économie réalisée sur les coûts de mise en décharge n'est pas considérée.

Il semble assez évident que la solution de PMB au niveau des 13 centres de transfert ne soit pas envisageable : les surfaces requises pour un site de PMB ne sont pas disponibles dans les centres de transfert de la zone d'étude et les coûts totaux actualisés de la variante semi central sont 4 fois plus élevés que la variante centralisée. Par conséquent il est considéré que le PMB par voie aérobie pourrait se faire sur les deux sites de décharges de la zone du projet :

- site envisagé pour la décharge d'Erromani,
- site envisagé pour la décharge des Salines.

3.8.2.3 Prétraitement par voie anaérobie - digesteur (Option PT3)

La méthanisation, aussi appelée fermentation ou digestion anaérobie, est une technologie qui est particulièrement appropriée pour des déchets fermentescibles ayant une teneur élevée en eau.

La méthanisation peut réduire le volume et la masse des déchets à enfouir jusqu'à 50-60 % 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 décharge.

3.8.2.3.1 Processus du prétraitement par voie anaérobie

► La méthanisation

La méthanisation, est le processus naturel biologique de dégradation de la matière organique en absence d'oxygène qui est réalisée par une communauté microbienne complexe. La matière organique dégradée se retrouve principalement sous la forme de biogaz (à plus de 90%), composé principalement de méthane (CH₄) et de gaz carbonique ou dioxyde de carbone (CO₂). Le reste est utilisé pour la croissance et la maintenance des micro-organismes.

La méthanisation permet de traiter des rejets aussi divers que les eaux usées, les boues de stations d'épuration, les déjections animales, les déchets de l'industrie agro-alimentaires, les ordures ménagères, les déchets agricoles, etc. Plus précisément, la méthanisation des déchets s'applique à la plupart des déchets organiques :

- municipaux : déchets alimentaires, journaux, emballages, textiles, déchets verts, sous-produits de l'assainissement urbain
- industriels : boues des industries agroalimentaires, déchets de transformation des industries végétales et animales, fraction fermentescible des déchets industriels banals (DIB)
- agricoles : déjections d'animaux, substrats végétaux solides.

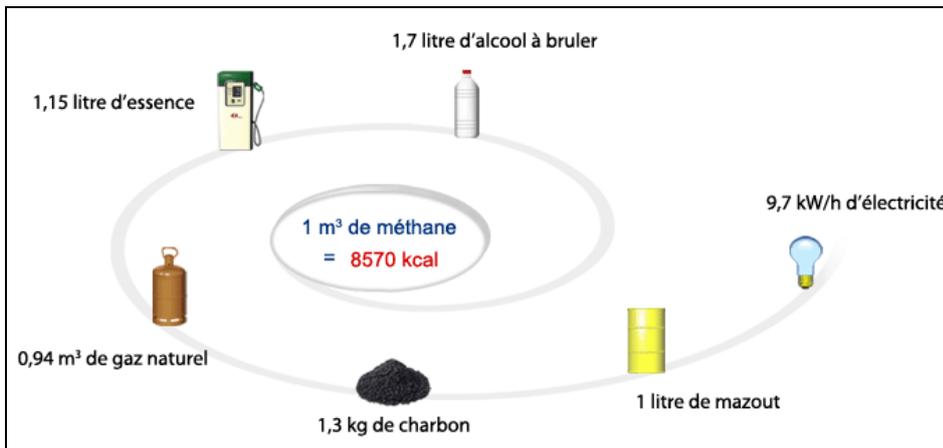
11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

La méthanisation a toute sa place parmi l'ensemble des diverses solutions de production d'énergie renouvelable. En outre, elle permet de produire :

- du biogaz, composé à 50-70% de méthane et qui offre diverses possibilités de valorisation énergétique (production de chaleur, d'électricité, transport du biogaz vers un utilisateur proche).
- un digestat désodorisé et hygiénisé. Si la qualité du digestat le permet, celui-ci peut servir au comblement d'anciennes décharges, à la réhabilitation de sites pollués, sur des sols à usage alimentaires ou non alimentaires, sur les espaces verts et jardin. Cependant, une phase de compostage supplémentaire est parfois nécessaire pour traiter ces déchets ligneux plus difficilement dégradables et pour finaliser la maturation de la matière organique.
- des eaux résiduaires (ou eaux de process) qui peuvent être utilisées pour l'humidification des sols arides (comme une sorte de fertilisant), pour l'humidification des piles d'une installation de PMB ou pour la fabrication de briques dans une briqueterie par exemple.

Le méthane issu du processus est utilisable comme source d'énergie, ainsi 1 m³ de méthane (soit 8.570 kcal) est l'équivalent d'un litre de mazout, comme le montre la figure ci-dessous :

Figure 3-17 Comparaison d'un m³ de méthane 15

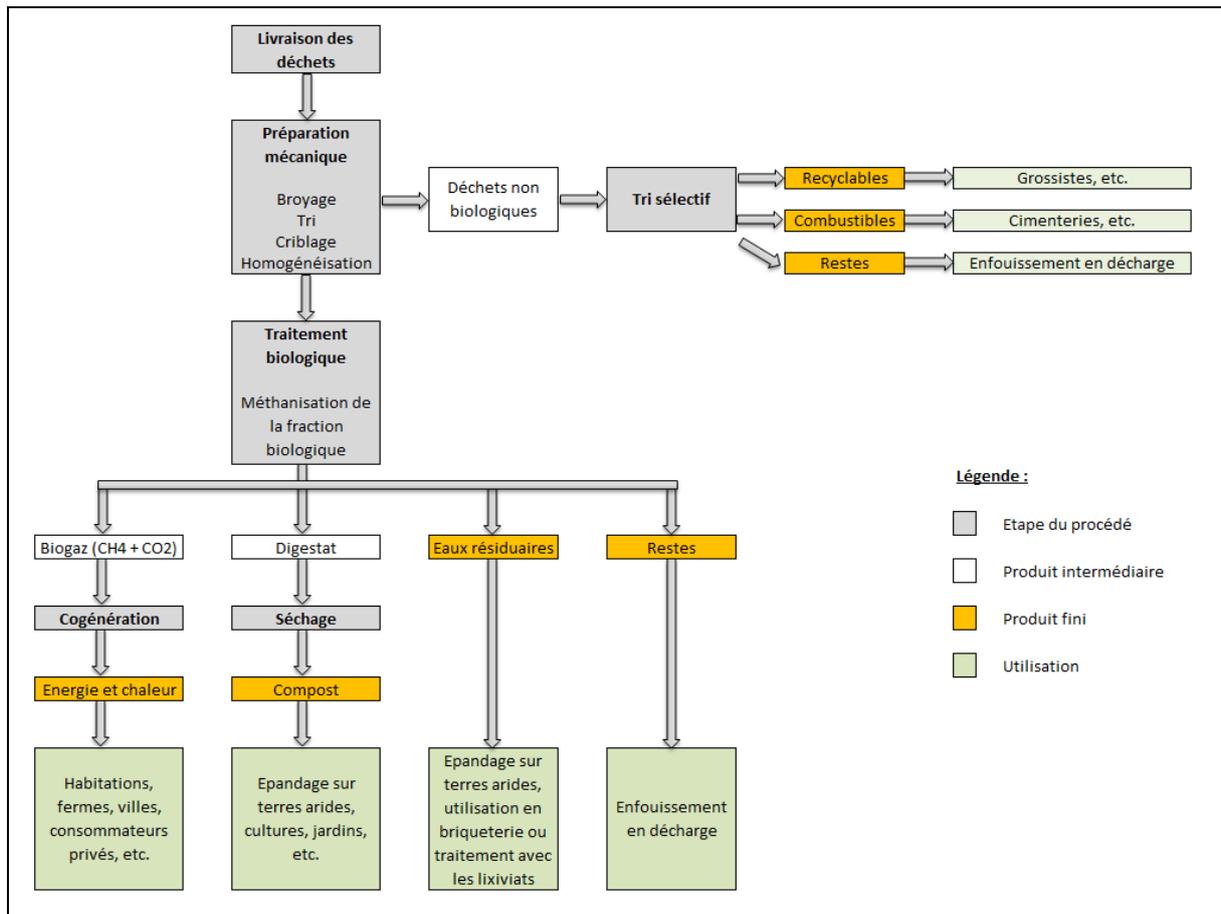


Le processus du PMB par voie anaérobie peut être schématisé comme suit :

¹⁵ Source : Avantages de la méthanisation, www.methanisation.info

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Figure 3-18 Schéma du processus de PMB par voie anaérobie



► La préparation mécanique

Avant de procéder à la stabilisation biologique, les déchets organiques doivent être séparés des autres fractions. La fraction organique entre dans le digesteur alors que le reste est soit traité / valorisé par un autre procédé, soit directement enfoui en décharge.

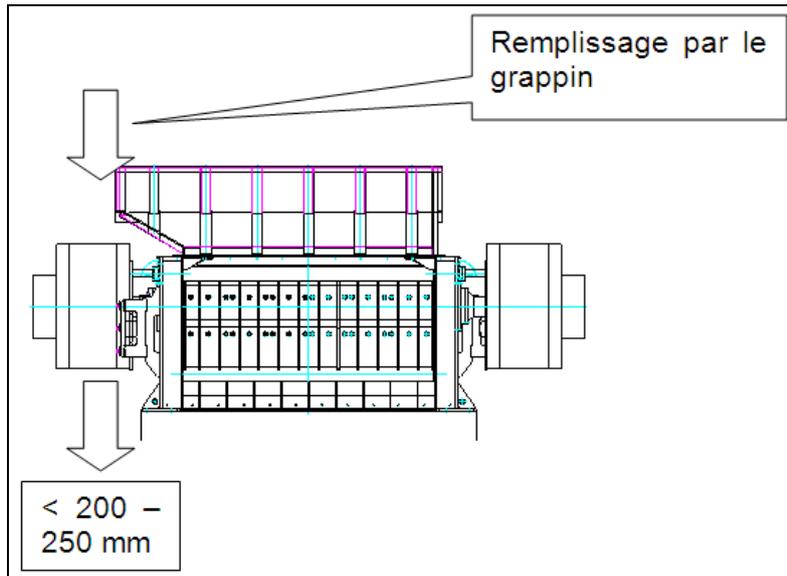
La préparation mécanique comprend des équipements de séparation suivant :

- Pré-broyeur

Dans le pré broyage, les matériaux sont broyés à une grandeur de particule inférieure à 200 mm environ. Simultanément, le flux des matières entrantes et l'alimentation de la bande transporteuse vers le crible restent constants.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Figure 3-19 Coupe du pré-broyeur¹⁶



- Criblage et séparation de la fraction organique

Le crible spécial pour les déchets ménagers sépare le flux de matières entrantes en trois flux partiels :

- Flux de matières 1 : < 60 mm
Déchets organiques
- Flux de matières 2 : 60 – 120 mm
Combustible à pouvoir calorifique moyen (bois, cuir, etc.) à haut (papiers, cartons, etc.) avec une fraction de matériaux valorisables
- Flux de matières 3 : 120 – 250 mm
Combustible à haut pouvoir calorifique (papiers, cartons, plastiques, etc.) avec une fraction de matériaux valorisables

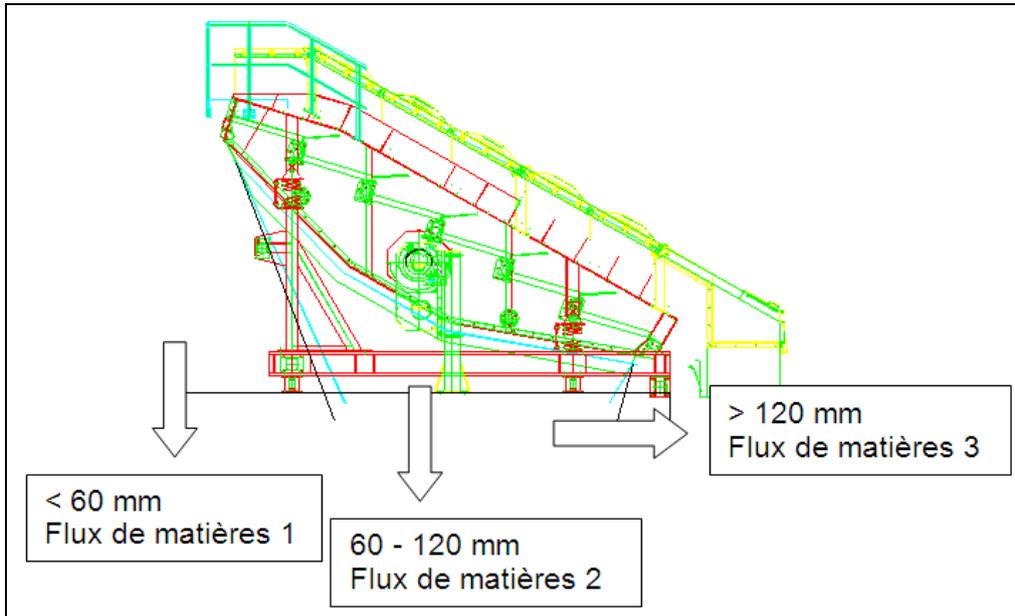
Le crible vibrant est composé de plusieurs cribles de différentes perforations. Il vibre linéairement en direction du flux, ainsi les déchets sont secoués et traversent les différents cribles grâce à des mouvements oscillants et par gravitation.

Le premier tamis du crible a des perforations de 60 mm pour séparer tout d'abord le flux de matières 1. Le deuxième crible en-dessous a des perforations de 120 mm pour séparer le flux de matières 2. Au final, le refus du crible forme le flux de matières 3, cf. figure ci-dessous.

¹⁶ Source : Vecoplan AG, entreprise allemande spécialisée dans la technique de tri

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Figure 3-20 Coupe du crible¹⁷



► La stabilisation biologique

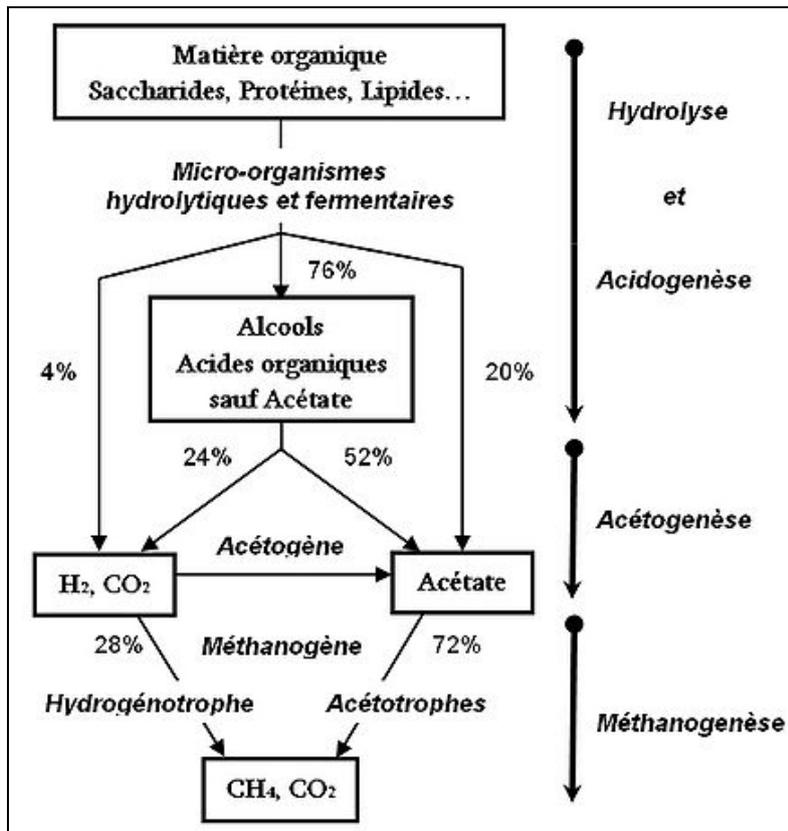
La méthanisation est assurée grâce à l'action concertée de microorganismes appartenant à différentes populations microbiennes en interaction, constituant un réseau trophique. On distingue classiquement trois phases successives, voir la figure ci-après :

- l'hydrolyse et l'acidogénèse
- l'acétogénèse
- la méthanogénèse

¹⁷ Source : Vecoplan AG, entreprise allemande spécialisée dans la technique de tri

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Figure 3-21 Processus biologique de la méthanisation¹⁸



La méthanisation¹⁹ est un processus biologique complexe qui nécessite la mise en place de certaines conditions physico-chimiques pour lesquelles la réaction biologique est optimisée. La méthanisation a généralement lieu en régime mésophile (30-40°C) ou thermophile (45-60°C), dans une gamme de pH comprise entre 6 et 8 avec un optimum entre 6,5 et 7,2.

► Modèle d'une unité type de méthanisation

Une unité de méthanisation comprend notamment :

- des équipements de séparation selon les matières à traiter
- un digesteur
- un système de brassage
- les systèmes d'extraction et de pressage (et éventuellement de pasteurisation) du digestat
- le système de traitement, stockage et valorisation du biogaz : déshumidification, production d'électricité, de chaleur, etc.

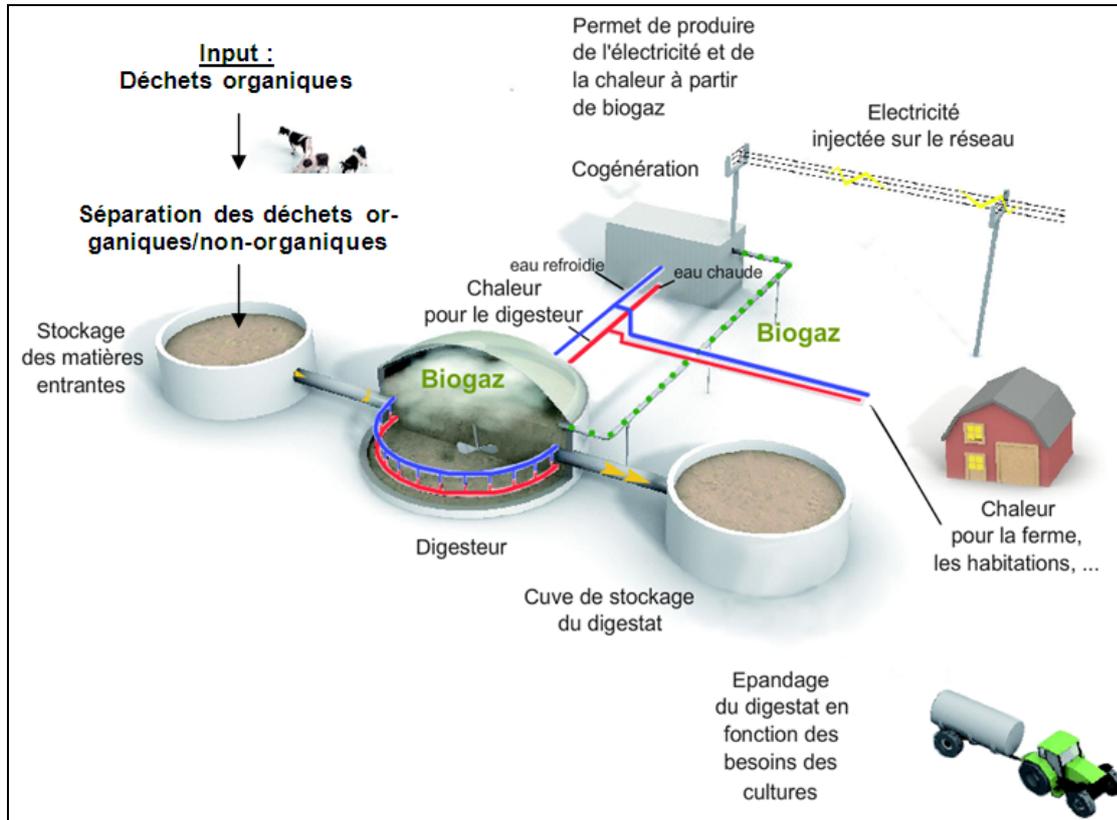
¹⁸ Source : Définition de la méthanisation, le processus biologique de la méthanisation, fr.wikipedia.org

¹⁹ Source : Définition de la méthanisation, le processus biologique de la méthanisation, fr.wikipedia.org

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

La figure ci-après schématise une unité type de méthanisation :

Figure 3-22 Schématisation d'une unité type de méthanisation²⁰



► Exploitation de l'installation et suivi du processus

En comparaison avec le prétraitement par voie aérobique, le processus est plus compliqué. Il demande du personnel bien qualifié afin de garantir des résultats de traitement fiables. Une supervision constante et un contrôle de qualité de toutes les étapes du processus doivent être réalisés (suivi régulier des émissions gazeuses, contrôle de la température et de l'humidité, etc.). Pour ce faire, le laboratoire de la décharge ou un laboratoire propre au digesteur devrait être doté des équipements nécessaires au contrôle des activités de prétraitement.

Par ailleurs, les objectifs restent les mêmes que pour le PMB par voie aérobique, c. à d.

- la stabilisation maximale des déchets
- la réduction de la teneur en eau des déchets traités
- la réduction maximale de la production de gaz à effet de serre
- la réduction du volume à éliminer et à mettre en décharge.

²⁰ Source : Principe de la biométhanisation, www.agricomethane.eu

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

► Les différents types de procédés

La méthanisation est un processus endothermique²¹ qui se déroule en enceinte fermée généralement calorifugée afin d'y maintenir une température constante. On estime que près d'un tiers de l'énergie primaire produite par le biogaz est utilisée pour réchauffer et maintenir en température le digesteur (mésophile ou thermophile). Les procédés se distinguent principalement selon²² :

- Le nombre d'étapes du processus :
 - 1 phase : c'est un procédé simple qui n'est réalisé que dans un seul digesteur. De ce fait, le procédé est simple et facile à la maintenance. En revanche, l'efficacité de la dégradation et la production de gaz sont moins élevées qu'un procédé en 2 phases.
 - 2 phases : ce procédé permet une dégradation de la matière organique plus avancée qu'avec une seule phase. Le temps de fermentation est plus court et le volume du réacteur plus petit. En revanche, ce procédé demande plus d'entretien et de réparations, ce qui abouti sur des coûts d'exploitation plus élevés.

- La teneur en matière sèche :
 - les procédés à voie humide (matière sèche < 15%) : on retrouve ces types de procédé pour les effluents dits liquides (boues, lisiers, ...). Ils peuvent être utilisés pour les déchets solides pauvres en structure et avec une teneur en eau élevée nécessitant alors une dilution des déchets solides.
 - les procédés à voie sèche (matière sèche entre 15% et 40%) : ils peuvent être utilisés pour les déchets solides, particulièrement pour des déchets avec une haute part de déchets structurants et fibreux (par exemple, le fumier d'écurie, les déchets de jardin ...). Ces procédés nécessitent un volume moindre (substrat concentré) mais une bonne maîtrise de la circulation de la matière (pompage et brassage).

- La température de réaction :
 - la digestion anaérobie mésophile (température moyenne = 35°C ; temps de séjour moyen = 3 semaines) : ce procédé consomme moins d'énergie et la panoplie de microorganismes est plus importante, ce qui permet de traiter des déchets plus divers.
 - la digestion anaérobie thermophile (température moyenne 55 à 60°C ; temps de séjour moyen réduit = 10 à 15 jours) : elle a un temps de séjour plus court mais elle est plus délicate à gérer. Aussi elle consomme plus d'énergie que la digestion mésophile. De plus, c'est un système plus sensible, car il ne dispose que d'un nombre restreint de microorganismes et donc le matériau d'entrée doit être de bonne qualité.

- Les modes d'alimentation et d'extraction des déchets :

²¹ Une réaction endothermique est un processus ou une réaction chimique accompagnée d'une absorption de chaleur. C'est l'opposée d'une réaction exothermique.

²² Source : Avantages et contraintes de la méthanisation, www2.ademe.fr

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- les procédés continus : l'alimentation et la vidange du digesteur se font en permanence avec une quantité entrante équivalente à celle sortante. Ils sont bien adaptés au traitement des déchets liquides. Ce sont les plus fréquents car ce sont aussi les moins exigeants en maintenance.
- les procédés discontinus, dits « batch » : les digesteurs sont remplis puis vidés séquentiellement lorsque la production de biogaz chute ou devient nulle.
- les procédés semi-continus : le digesteur est progressivement rempli par des charges successives convenablement réparties dans le temps. La vidange est réalisée lorsque le volume utile du digesteur est atteint et que la production de biogaz n'est plus suffisante.

► Procédé choisi pour le projet

Les déchets organiques dans la vallée de la Medjerda sont pauvres en matières structurantes et ont une teneur en eau très élevée, si bien que ces matériaux conviennent comme matière entrante pour les deux procédés de méthanisation, c. à d. pour la voie sèche comme pour la voie humide.

L'expérience en Europe a montré que pour le traitement des déchets agricoles (par exemple du lisier) et des boues d'épuration les procédés par voie humide se sont avérés être les plus efficaces.

Quant au traitement de la fraction organique des déchets municipaux, les deux procédés ont été expérimentés et ont tous les deux fait leurs preuves. Cependant le procédé par voie humide montre certains avantages par rapport au procédé par voie sèche, qui sont :

- une production de gaz plus constante,
- une dégradation/digestion plus régulière,
- un temps de fermentation plus court.

Mais ce procédé présente aussi quelques désavantages, qui sont :

- le procédé est plus fragile quant aux matières perturbatrices,
- les besoins énergétiques sont plus élevés.

La comparaison des aptitudes et des coûts des deux technologies pour la fraction organique des déchets municipaux ne permet pas clairement de donner une préférence à une ou l'autre technologie.

En général, au début du procédé de prétraitement anaérobie par voie sèche, une séparation des fractions organiques et non organiques n'est pas prévue, comme c'est le cas avec le procédé par voie humide, si bien qu'une utilisation du digestat comme engrais est à exclure.

Compte tenu :

- de l'objectif d'une valorisation maximale des déchets (énergie, chaleur et compost),
- et de la possibilité de co-méthanisation avec les déchets agricoles et les boues de stations d'épuration,

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

le procédé par voie humide s'avère être plus avantageux par rapport au procédé par voie sèche. De ce fait, le BE recommande le procédé par voie humide pour la présente étude.

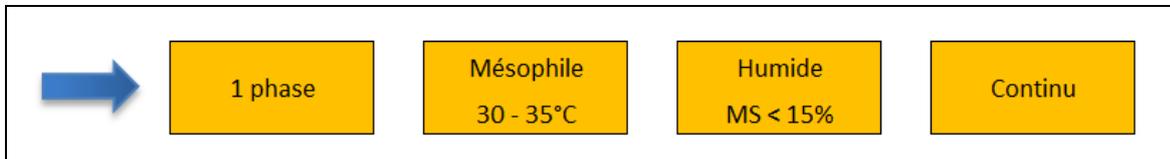
Etant donné que le procédé en 2 phases de fermentation demande plus de maintenance et que les coûts d'exploitation sont plus élevés, on préférera un système plus simple avec 1 seule phase de fermentation.

La digestion anaérobie mésophile consomme moins d'énergie, permet de traiter des déchets mixtes et est plus facile à gérer que la digestion thermophile, c'est pourquoi la digestion mésophile est choisie.

Quant au mode d'alimentation, il est évident que le procédé continu soit préférable car c'est le procédé le plus courant et surtout il demande moins de maintenance que les deux autres.

La figure suivante récapitule le procédé de méthanisation choisi pour l'étude de la Medjerda :

Figure 3-23 Procédé de méthanisation recommandé



3.8.2.3.2 Avantages et contraintes

La méthanisation des déchets présente les avantages généraux suivants :

- Forte diminution de la quantité de déchets à mettre en décharge ;
- Faible emprise au sol des unités de traitement : les déchets traités ne génèrent quasiment plus de lixiviats, ni de biogaz
- Diminution des émissions de gaz à effet de serre par substitution
- Diminution de la quantité de déchets organiques à traiter par d'autres filières
- Procédé approprié aux déchets non structurés, gras ou très humides, non compostables en l'état
- Décomposition rapide des substances organiques
- Contrôle des émissions odorantes a priori du fait de digesteurs hermétiques et de bâtiments clos équipés de traitement d'air performant
- Utilisation du biogaz généré comme une source d'énergie
- Utilisation d'une fraction du produit de la méthanisation comme compost.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Mais ce procédé présente aussi des désavantages importants :

- La méthanisation ne traite que la matière organique et doit donc être combinée avec un autre procédé pour les fractions de déchets non organiques
- Le procédé est difficile à maîtriser et demande du personnel d'exploitation qualifié
- La nécessité éventuelle de prévoir une phase de compostage pour traiter les déchets ligneux plus difficilement dégradables et pour finaliser la maturation de la matière organique
- Production excessive d'eau de process (jus). S'il n'existe pas de débouché comme engrais liquide ou d'irrigation, les jus doivent être traités dans une STEP ou dans l'installation de traitement de lixiviats de la décharge à des coûts non négligeables
- La technologie requière des qualités précises et stables des déchets à traiter (matière organique, degré d'humidité élevée, valeur du pH, etc.) et donc un tri sévère avant traitement
- La technologie nécessite des flux quantitatifs constants.

3.8.2.3.3 Options de prétraitement par voie anaérobique

Les options de prétraitement par voie anaérobique étudiées ci-après sont les suivantes :

- **Option PT3a** : prétraitement par voie anaérobique semi central à l'exemple du site de « Siliana » (moyenne de **10.594 t/an** de déchets)
- **Option PT3b** : prétraitement par voie anaérobique centralisé à l'exemple du site « Les Salines » (moyenne de **89.573 t/an** de déchets)
- **Option PT3c** : prétraitement par voie anaérobique à Tabarka pour les villes de Tabarka, Aïn Draham et Nefza (moyenne de **25.633 t/an** de déchets).

3.8.2.3.4 Hypothèses de calcul

Les hypothèses suivantes ont été prises en considération :

- pour les paramètres de l'unité de prétraitement :
 - Input : ~ 60 % de la quantité totale des déchets
 - Qualité :
 - Humidité : 70 %
 - Masse organique sèche : 85 %
 - Output :
 - Quantité allant à la décharge : min. 50 % de la quantité totale entrante
 - Eaux résiduelles : ~ 10 % d'eau de process à acheminer dans l'installation de traitement des lixiviats

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- pour les paramètres du biogaz :
 - Pouvoir calorifique : 6,1 kWh
 - Production de gaz : ~ 130 m³/t déchets

- pour le calcul des coûts de l'unité de méthanisation :
 - Les restes solides de l'unité de méthanisation sont enfouis en décharge
 - Les eaux résiduaires sont traitées dans la station de traitement des lixiviats
 - Eau potable : 0,6 DNT/m³
 - Carburant : 1 DNT/l
 - Electricité : 0,2 DNT/kWh
 - Traitement des eaux de process 9 DNT/m³

- pour le calcul des recettes de l'unité de méthanisation :
 - Aucune recette pour les matières entrantes à l'unité de méthanisation (taxes)
 - L'énergie de chaleur n'est pas valorisée :
 - Chaleur : 0 DNT/kWh
 - Le compost est donné gratuitement ou enfoui en décharge :
 - Compost : 0 DNT/t
 - Recyclables : 30 DNT/t
 - Certificats CDM : 9 DNT/t (5 Euro/t)
 - Electricité : 0,1 DNT/kWh

Nous verrons ultérieurement, pour le cas de Tabarka, comment ces différentes hypothèses influencent les coûts finaux.

3.8.2.3.5 Prétraitement par voie anaérobique semi central - PT3a

Les tableaux qui suivent présentent une estimation des coûts actualisés de l'installation de prétraitement semi central au site de « Siliana » (PT3a). Le détail des calculs des coûts actualisés est donné en **Annexe 3-6**. De même, les hypothèses de calculs sont données en **Annexe 3-6**.

Tableau 3-38 Coûts actualisés de l'installation anaérobique au site de « Siliana » (PT3a)

Coûts d'investissement actualisés	66,03	DNT/Tonne
Coûts d'exploitation actualisés	44,50	DNT/Tonne
Coûts d'exploitation inclus revenus	21,81	DNT/Tonne
Coûts totaux actualisés	110,52	DNT/Tonne
Coûts totaux actualisés inclus revenus	87,83	DNT/Tonne

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

3.8.2.3.6 Prétraitement par voie anaérobique centralisé - PT3b

Les tableaux qui suivent présentent une estimation des coûts actualisés de l'installation de prétraitement centralisée au site « Les Salines » (PT3b). Le détail des calculs des coûts actualisés est donné en **Annexe 3-7**. De même, les hypothèses de calculs sont données en **Annexe 3-7**.

Tableau 3-39 Coûts actualisés de l'installation anaérobique au site « Les Salines » (PT3b)

Coûts d'investissement actualisés	27,03	DNT/Tonne
Coûts d'exploitation actualisés	21,12	DNT/Tonne
Coûts d'exploitation inclus revenus	-1,57	DNT/Tonne
Coûts totaux actualisés	48,15	DNT/Tonne
Coûts totaux actualisés inclus revenus	25,46	DNT/Tonne

3.8.2.3.7 Prétraitement par voie anaérobique à Tabarka - PT3c

Les tableaux qui suivent présentent une estimation des coûts actualisés de l'installation décentralisée au site de « Tabarka » (PT3c). Le détail des calculs des coûts actualisés est donné en **Annexe 3-8**. De même, les hypothèses de calculs sont données en **Annexe 3-8**.

Tableau 3-40 Coûts actualisés de l'installation anaérobique au site de Tabarka (PT3c)

Coûts d'investissement actualisés	49,46	DNT/Tonne
Coûts d'exploitation actualisés	27,83	DNT/Tonne
Coûts d'exploitation inclus revenus	5,14	DNT/Tonne
Coûts totaux actualisés	77,29	DNT/Tonne
Coûts totaux actualisés inclus revenus	54,60	DNT/Tonne

3.8.2.3.8 Conclusion

Les coûts de ce système de prétraitement pour les variantes semi centrales et centrales sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 3-41 Résumé des coûts actualisés du prétraitement par voie anaérobique

Description	Prétraitement par voie anaérobique		
	Semi centrale	Centrale	Regroupement
Localisation	Siliana	Salines	Tabarka
Site exemplaire	Siliana	Salines	Tabarka
Option	PT3a	PT3b	PT3c

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Description	Prétraitement par voie anaérobique		
	Semi centrale	Centrale	Regroupement
Localisation	Siliana	Salines	Tabarka
Site exemplaire	Siliana	Salines	Tabarka
Option	PT3a	PT3b	PT3c
Coûts d'investissement actualisés	66,03 DNT/t	27,03 DNT/t	49,46 DNT/t
Coûts d'exploitation actualisés	44,50 DNT/t	21,12 DNT/t	27,83 DNT/t
Coûts d'exploitation inclus les revenus	21,81 DNT/t	-1,57 DNT/t	5,14 DNT/t
Coûts totaux actualisés	110,52 DNT/t	48,15 DNT/t	77,29 DNT/t
Coûts totaux actualisés inclus revenus	87,83 DNT/t	25,46 DNT/t	54,60 DNT/t
Coûts totaux annuels actualisés sur 20 ans	12.175.733 DNT	29.837.213 DNT	18.313.142 DNT
Coûts du traitement par tonne de déchets produite	87,83 DNT/t	25,46 DNT/t	54,60 DNT/t

En comparaison avec l'étude du Grand Tunis qui ne recommandait pas la méthanisation comme technologie de prétraitement des déchets avant leur élimination dans les conditions à cette époque en Tunisie, aujourd'hui la Tunisie montre de l'intérêt envers cette solution et souhaiterait la développer.

A remarquer que de manière générale, les coûts totaux actualisés pour l'option anaérobique sont très élevés pour les trois options.

Aussi, même remarque que pour les solutions du PMB par voie aérobie, il est évident que la solution centralisée s'avère être la moins onéreuse. Les coûts totaux actualisés de la variante décentralisée sont au moins 3 fois plus élevés que la variante centralisée et par conséquent il est considéré que le prétraitement par voie anaérobique pourrait se faire sur les deux sites de décharges de la zone du projet.

Quant à l'option **PT3c**, les coûts totaux actualisés sont également 2 fois plus élevés que ceux de l'option **PT3b**.

En revanche, l'option **PT3b** s'avère être très intéressante. Si l'on considère les revenus perçus par cette variante, les coûts d'exploitation seraient positifs (-1,57 DNT/tonne). Cela signifie qu'une fois l'investissement effectué, l'exploitation de l'installation est possible pour des coûts minimes. Donc si des fonds sont mis à disposition par un tiers pour l'investissement des installations, cette option serait vivable de par son exploitation.

Par ailleurs, nous avons analysé la sensibilité du modèle de calcul aux différentes de calcul. En effet, cette première approche conservatrice peut s'avérer plus rentable si :

- Le prix de rachat par la STEG du KWh produit passe de 0,100 à 0,180 DNT
- Le prix obtenu pour les certificats CO2 passe de 5 EUR à 10 EUR/t CO2 (9,500 DNT à 19,000 DNT/t CO2)
- Le compost peut être revendu (il passe de 0 EUR/tonne à 5 EUR/tonne)

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

- Les eaux de process peuvent être utilisées en agriculture comme fertilisant liquide (coût d'élimination gratuit).

En faisant varier ces différents paramètres pour le cas de Tabarka, on obtient les coûts totaux suivants :

Tableau 3-42 Coûts totaux pour le pré-traitement anaérobie en variant les paramètres

Hypothèses	Unités	1	2	3	4	5
Vente électricité	DNT/KWh	0,100	0,180	0,180	0,180	0,180
Certificat CO2	EUR	5,00	5,00	10,00	10,00	10,00
Compost	EUR/tonne	-	-	-	5,00	5,00
Traitement eaux de process	DNT/m3	9,000	9,000	9,000	9,000	-
Coûts total traitement anaérobie	DNT/tonne	54,600	47,590	39,810	36,640	35,720

On constate que :

- Le coût de rachat de l'électricité et le prix des certificats d'émission CO2 ont le plus d'influence sur le coût total du prétraitement : ils interviennent pour environ 15 % chacun dans le coût du traitement (sur base des hypothèses prises bien entendu).
- Les autres éléments du coût sont moins influents et d'ailleurs plus aléatoires.

En conclusion, on peut raisonnablement considérer que le coût du traitement anaérobie à Tabarka s'élèverait à environ 40 DNT/tonne avec un rachat de l'électricité à 0,180 DNT/KWh et les certificats CO2 à 10 EUR (19,000 DNT).

3.8.2.4 L'incinération des déchets (Option PT4)

Il n'existe en Tunisie à ce jour aucune installation de traitement thermique des déchets ménagers, ni d'installation utilisant les déchets ménagers comme combustible.

L'incinération des déchets présente pourtant les avantages généraux suivants :

- Les déchets sont presque complètement minéralisés
- Les déchets fermentescibles (organiques) et polluants sont presque complètement décomposés
- Le volume des déchets est réduit à son minimum
- Les polluants sont concentrés dans un très petit volume

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- Les besoins en surface pour un incinérateur sont très faibles comparés à toutes les autres technologies de prétraitement des déchets.

Cependant, l'incinération présente aussi des désavantages importants :

- Les investissements nécessaires sont très importants
- Les coûts d'exploitation sont élevés
- Le processus demande du personnel qualifié pour l'opération d'un processus automatisé
- L'installation doit être localisée dans le voisinage de clients qui utilisent la chaleur ou la vapeur produites
- Les impacts négatifs sur l'environnement sont toujours un souci important pour la population.

Les coûts totaux actualisés pour un incinérateur moderne, calculés d'une façon approximative et adaptés aux conditions tunisiennes, s'élèvent à environ **150 DNT/tonne**. Ces coûts sont calculés en supposant des investissements totaux d'environ 120.000.000 DNT et des coûts d'exploitation et de maintenance de 60-90 DNT/tonne.

L'incinération des déchets n'est par conséquent pas une technologie envisageable en Tunisie, compte tenu principalement de ses coûts élevés. De plus, la teneur en eau dans les déchets de la zone, qui avoisine les 60 %, diminue le pouvoir calorifique de ceux-ci. Par conséquent, il n'est pas envisageable avec ces déchets, de générer un surplus énergétique. Cela ne serait possible qu'avec une séparation des matériaux à haut pouvoir calorifique des déchets humides, ce qui bien entendu accroîtrait les coûts du système.

La même conclusion sur le bien fondé de l'utilisation des procédés d'incinération fut tirée dans l'étude « Phase 2 – Gestion des déchets du Grand Tunis et seconde décharge » et le rapport « Evaluation technico-économique des procédés de traitement des déchets ménagers en Tunisie ».

En outre, la Tunisie a décidé de ne pas investir dans les systèmes d'incinération, c'est pourquoi cette option peut être directement écartée.

3.8.3 Evaluation des options et recommandations

3.8.3.1 Volume à enfouir en décharge

Le tableau ci-dessous compare la quantité de déchets à enfouir pour chaque option :

Tableau 3-43 Quantité de déchets à enfouir en décharge pour chaque option

Option	Technologie	Quantité de déchets à enfouir en décharge
PT1	Pas de prétraitement	100 %

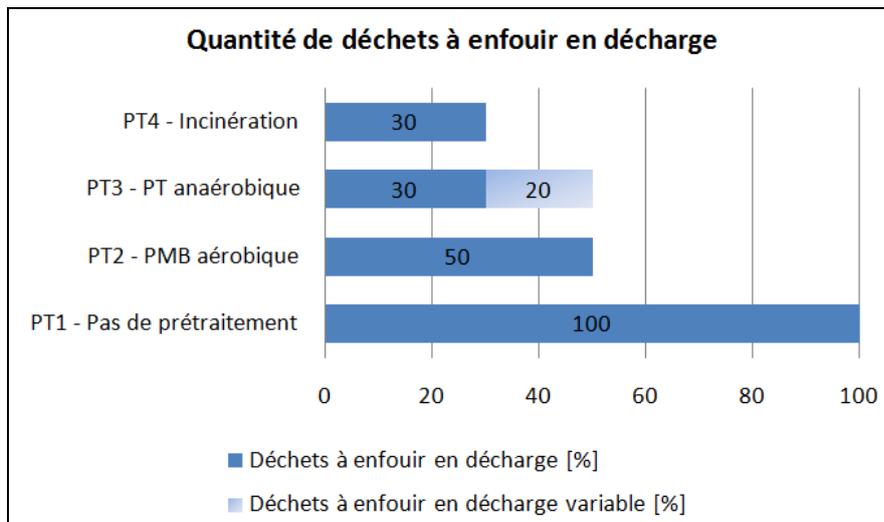
11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

PT2	PMB (voie aérobie)	50 %
PT3	Prétraitement anaérobie	30 à 50 %
PT4	Incinération	30 %

La quantité de déchets à enfouir en décharge dépend du type de prétraitement choisi, mais surtout des matériaux secondaires revendus, comme les matériaux recyclables, le compost et l'utilisation des eaux de process issues du prétraitement par voie anaérobie.

Ces mêmes conclusions sont représentées graphiquement ci-après :

Figure 3-24 Quantité de déchets à enfouir en décharge pour chaque option



3.8.3.2 Comparaison du coût des options de prétraitement

Le tableau ci-après récapitule les coûts actualisés totaux pour le prétraitement d'une tonne de déchets pour chaque option présenté :

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 3-44 Comparaison du coût des options de prétraitement (PT) en DNT/tonne

Options de prétraitement	Pas de prétraitement	Prétraitement par voie aérobique (PMB)		Prétraitement par voie anaérobique (digesteur)			Incinération
		Semi central	Central	Semi central	Central	Regroupement	
Système	Central	Semi central	Central	Semi central	Central	Regroupement	Central
Site (indicatif)	Salines	Siliana	Salines	Siliana	Salines	Tabarka	Salines
Type d'aération	-	passive	passive	-	-	-	-
Option	PT1	PT2a	PT2b	PT3a	PT3b	PT3c	PT4
Coûts d'investissement actualisés	0,00	18,88	7,04	66,03	27,03	49,46	-
Coûts d'exploitation actualisés	0,00	33,66	12,94	44,50	21,12	27,83	90,00
Coûts d'exploitation inclus revenus	0,00	24,13	3,40	21,81	-1,57	5,14	-
Coûts totaux actualisés	0,00	52,55	19,97	110,52	48,15	77,29	150,00
Coûts totaux actualisés inclus revenus	0,00	43,01	10,44	87,83	25,46	54,60	-
Coûts totaux actualisés sur 20 ans [DNT]	0,00	5.962.147	12.230.982	12.175.733	29.837.213	18.313.142	-
Coûts du traitement par tonne de déchets produite [DNT/t]	0,00	43,01	10,44	87,83	25,46	54,60	150,00

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

3.8.3.3 Recommandations

L'**option PT1** est la solution sans prétraitement des déchets. Le Consultant recommande fortement un prétraitement des déchets avant leur enfouissement en décharge et de toute évidence ne préconise pas cette option.

L'**option PT2a** semi centrale par voie passive est à écarter, car chaque centre de transfert requiert la surface nécessaire pour procéder au prétraitement. Le nombre de personnel qualifié est important et toutes les unités doivent être surveillées avec précision régulièrement.

L'**option PT2b** centralisée par voie passive demande beaucoup de surface mais est réalisable. Les sites des décharges disposent de la surface nécessaire. De plus, cette variante présente le **coût actualisé à la tonne le moins élevé de toutes les variantes**. Cette même option avait déjà été préconisée dans l'étude du Grand Tunis.

L'**option PT3a** semi centrale est à écarter, car les coûts d'investissement pour un digesteur sur chacun des 13 centres de transfert ainsi que les coûts d'exploitation seraient trop élevés.

L'**option PT3b** centralisée est la solution la plus chère au niveau des coûts totaux actualisés sur 20 ans. Ceci-dit cette option est intéressante du point de vue des coûts d'exploitation et devrait être étudiée plus précisément. En effet, si des fonds sont mis à disposition par un tiers pour l'investissement des installations, cette option serait viable de par son exploitation.

L'**option PT3c** décentralisée est une solution onéreuse mais qui présente plusieurs intérêts (voir ci-dessous). Cette option peut très bien être combinée avec des installations de prétraitement (aérobie) sur les deux décharges.

L'**option PT4** est éliminée car le coût de l'élimination d'une tonne de déchets s'avère être excessif. De plus, l'incinération est une technologie non envisageable en Tunisie.

Conclusions : à partir du tableau comparatif du coût des options de prétraitement considérées ci-dessus, il est évident que pour des raisons économiques, **l'option PT2b est à préférer**. Toutefois, il est souhaitable d'attendre les résultats de l'exploitation pilote de PMB qui sera bientôt menée à Kabouti (Tunis) avant de recommander à nouveau cette option pour la Tunisie.

C'est pourquoi nous recommandons d'**opter pour un procédé de traitement innovant**, à savoir le prétraitement anaérobie. Il apparaît clairement que l'option semi centrale est à éliminer. L'option centralisée est effectivement la plus intéressante de par son effet d'échelle, mais demande des investissements importants (de l'ordre de 21,7 MDNT en investissement initial). D'autant qu'il faudrait logiquement étendre cette solution aux deux sites de décharge.

L'**option de Tabarka**, qui concernerait les déchets de Tabarka, Aïn Draham et Nefza, **présente**, quant à elle, **plusieurs avantages** :

- un investissement initial de l'ordre de 11,4 MDNT (de l'ordre de grandeur de celui d'une décharge contrôlée pour déchets non traités)
- être situé dans une zone isolée d'un point de vue géographique
- de par la présence importante d'hôtels, de générer des flux de déchets recyclables qui peuvent être gérés à la source par les producteurs

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- de disposer d'un site d'enfouissement existant assez étendu qui permettra l'implantation du digesteur, voire d'un casier destiné aux déchets à enfouir (solution à comparer avec l'enfouissement à Erromani)
- de disposer à proximité du site d'implantation des possibilités de raccordement au réseau de la STEG
- de disposer d'une STEP de l'ONAS et donc de pouvoir accueillir les boues qui y sont générées.

Pour toutes ces raisons, nous pensons que **l'option de Tabarka est à recommander comme première implantation de digesteur pour déchets ménagers en Tunisie**. Il s'agirait d'un pilote de taille moyenne qui permettra de confirmer (ou non) ce choix technologique.

3.9 ELIMINATION

3.9.1 Présentation des deux sites de décharge retenus dans la zone du projet

Les sites retenus pour les deux décharges de la zone d'étude ont été présentés dans le rapport intermédiaire de mars 2010. Il s'agit du site d'Erromani destiné aux gouvernorats de Béja et de Jendouba, ainsi que du site des Salines destiné aux gouvernorats de Siliana et du Kef.

Si le site des Salines ne posait pas de problèmes lors de l'étude intermédiaire, il avait par contre été signalé que le site d'Erromani présentait une surface insuffisante pour permettre le développement d'une décharge pouvant accepter durant 20 ans les déchets générés par les deux gouvernorats nord.

C'est pourquoi l'ANGed a contacté à nouveau les autorités du gouvernorat de Jendouba afin d'accroître la surface disponible. Cette démarche s'est faite conjointement à la campagne de sondage géotechniques et de relevés topographiques sur le site. En parallèle, le consultant a développé un concept de décharge s'appuyant sur les zones d'extension disponibles, tout en tenant compte des résultats des investigations géotechniques.

Les deux sites feront l'objet d'un « Rapport de Sites » séparé qui présentera en détails les résultats de toutes les investigations menées par le Consultant.

On notera à ce niveau les caractéristiques suivantes :

Tableau 3-45 Caractéristiques du site Erromani

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 ; sui-

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

vies par des marnes feuilletées grisâtres jusqu'à 25 m de profondeur.

Potentiel de mise en décharge : Environ 2 .100.000 m³, soit environ 2.700.000 tonnes

Et :

Tableau 3-46 Caractéristiques du site des Salines

Surface du site :	32ha 55a, en forme de rectangle
Route d'accès :	Directement accessible par la régionale MC 60
Propriété :	Privée de l'Etat
Vocation actuelle :	Agricole
Topographie :	Pente douce et continue vers la route MC 60
Nature du terrain	Une couche sableuses de 4,5 m d'épaisseur suivie par des argiles silteuses jusqu'à 25 m de profondeur.
Potentiel de mise en décharge :	1.400.000 m ³ , soit environ 1.800.000 tonnes

Ainsi que la localisation et les limites de parcelles attribuées :

Figure 3-25 Localisation et limites de la parcelle du site de la décharge d'Erromani (Nord)



11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Et :

Figure 3-26 Localisation et limites de la parcelle du site de la décharge des Salines (Sud)



3.9.2 Concept de décharge

3.9.2.1 Site Nord : Erromani (Bou Salem)

3.9.2.1.1 Aménagement

Une simple piste empierrée existe déjà entre l'embranchement à la route nationale 6 et le site. Cette piste sera aménagée avec revêtement bitumineux en tant que route d'accès au site de la décharge. L'ensemble de l'aménagement d'Erromani sera divisé en deux zones : l'une d'infrastructures à l'entrée de la décharge et l'autre en tant que zone de stockage proprement dit, puis entouré complètement d'une clôture. Un portail coulissant et une loge de gardien sont également prévus directement à l'entrée du site. Par ailleurs, au point le plus bas du site, côté ouest, on a prévu un bassin de rétention des lixiviats et une unité de traitement de ces derniers.

Après passage sur un pont-bascule, les camions de transport achemineront les déchets dans la zone de stockage des conteneurs de la décharge. A partir de là les camions spécifiques à la décharge se chargeront de reprendre et de déverser les conteneurs dans la zone d'enfouissement de la décharge (système identique à celui de la décharge de Kabouti). Par ailleurs, deux quais de transfert sont prévus en cas de besoin pour les DIB, le rechargement des déchets triés (si présence d'un centre de tri à la décharge), pour le chargement des déchets apportés par des particuliers à la décharge, etc.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

L'ensemble de la zone d'infrastructures sera pourvu d'un revêtement en béton bitumineux. La superficie de cette zone s'étend sur environ 1,5 à 2,0 ha. Une route avec chaussée également pourvue d'un revêtement bitumineux assurera l'accès aux différentes cellules d'exploitation. Les eaux superficielles s'écoulant latéralement seront acheminées via un fossé revêtu vers un bassin de rétention des eaux pluviales, puis à partir de là réintroduites dans l'oued.

Les bâtiments et équipements prévus dans la zone d'infrastructure sont les suivants :

- Zone d'entrée et piste d'accès
- Portail coulissant
- Loge du gardien
- Pont-bascule
- Emplacement pour stockage des conteneurs
- Quai de transfert
- Bâtiment administratif avec parking
- Garage
- Atelier mécanique
- Station de lavage des véhicules
- Station service
- Installation de dégazage de la décharge

Les infrastructures prévues dans la zone ouest de la décharge sont les suivants :

- Bassin de stockage des lixiviats
- Bassin de rétention des eaux de surface
- Installation de traitement des lixiviats

3.9.2.1.2 Conception générale de la décharge

La partie ouest de l'ensemble du terrain disponible présente une superficie d'environ 18 ha en tenant compte des limites cadastrales ouest et une pente le long du thalweg d'environ 6 et 14 % orientée de l'est vers l'ouest. Des formations de roches calcaires affleurent sur les flancs latéraux au thalweg, orientés nord-sud.

On a exploité cette morphologie du terrain lors de la conception de la base de la décharge, en limitant l'aire de stockage du volume total de déchets prévu de 2,1 millions de m³ uniquement à cette zone du site. La partie est du terrain avec une pente généralement orientée du nord vers l'est pourra être exploitée pour l'éventuelle installation de prétraitement mécano-biologique (PMB) ou à l'avenir à la fin de la période d'exploitation prévue de 20 ans pour une extension de la décharge.

La surface totale de la décharge dans la partie ouest du site, mesurée à la base de la décharge, est d'environ 11,8 ha. En tenant compte d'une pente des talus latéraux de 1/3,3 et d'une hauteur max. des déchets de 35 m environ, le volume total de stockage calculé est de 2,124 millions de m³, ce qui correspond à une hauteur moyenne de stockage de 18 m.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Il est prévu que la première tranche des travaux couvre une surface de 7,5 ha. Le volume de déchets pouvant être stocké dans ce casier s'élève à environ 1,1 millions de m³, compte tenu du talus temporaire qui à l'est marquera la transition au casier suivant.

La décharge se trouve à une distance d'environ 300 m du bassin versant et du lit majeur de l'oued Kasseb. Compte tenu de la conception générale prévue, aucune pollution n'est à priori à craindre en provenance de la décharge.

3.9.2.1.3 Système d'étanchéité de base

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 reconnaissances géotechniques 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 une couche minérale d'une épaisseur de 50 cm. À cet effet, on pourra utiliser les argiles qui, avec un coefficient de perméabilité de $k_f = 5 \times 10^{-10}$ m/s, sont présentes sur le site à une profondeur d'environ 1,50 m en tant que matériau approprié.

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.

3.9.2.1.4 Système de drainage des lixiviats

La surface totale de la base de la décharge sera divisée de l'ouest vers l'est en différentes cellules d'une superficie moyenne respective de 1,1 ha environ. Plusieurs collecteurs de lixiviats y chemineront de l'est vers l'ouest sur une longueur maximale de 600 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 transversale supérieure à 3 %.

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 ses 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.

Un système de drainage couvrant toute la surface des casiers composés de granulats durs concassés et tamisés présentant une granulométrie 16/32 et de rigoles renforcées sera mis en place sur le système d'étanchéité.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

3.9.2.1.5 Traitement des lixiviats

Pour le traitement des lixiviats des deux décharges « Erromani » et « Les Salines », deux variantes sont proposées.

Option 1 : Equipement de chaque décharge avec une station de traitement des lixiviats

Option 2 : Equipement de la décharge d'Erromani au nord avec une station de traitement des lixiviats et les lixiviats de la décharge des Salines au sud seront stockés et les quantités excédentaires seront transportées vers la décharge d'Erromani.

Au stade actuel de l'étude, seuls les points importants concernant la station d'épuration des lixiviats et un éventuel transport de ces derniers sont développés. Des calculs plus exhaustifs de ces deux variantes et une recommandation quant à celle à retenir seront effectués au cours de la phase suivante.

Le BE recommande pour le stockage des lixiviats avant transport ce qui suit :

- stockage des lixiviats dans des lagunes de grande surface pour améliorer l'évaporation naturelle
- prévoir une fermeture/ couverture de la lagune contre les odeurs, collecte du condensat pour réutilisation pour arrosage.

Pour la conception du traitement des lixiviats, les points suivants sont à considérer :

- lagune de mélange et de stockage de 5.000 m³, cette lagune sert aussi de désableur, le point de soutirage doit être 50 cm en-dessous de la surface
- pré-tamissage par tamis courbe pour retenir toutes pièces de grandes dimensions susceptibles d'entraver les équipements en aval
- flottation par air dissous pour éliminer les graisses et les matières flottantes
- bioréacteur à membranes constitués de trois cuves : dénitrification, nitrification 1, nitrification 2 pour éliminer les composants biodégradables. La rétention de la biomasse est réalisée par ultrafiltration type « cross-flow ».

Conseils importants pour la réalisation du bioréacteur à membrane :

- 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 sur la membrane (beaucoup de maintenance), de plus, des aérateurs de surface sont à éviter, ils ne sont pas économiques et consomment trop d'énergie
- des membranes organiques sont plus avantageuses que les membranes céramiques du point de vue coûts de remplacement et consommation d'énergie
- prévoir des cuves avec toiles équipées avec une cuve de rétention de mousse

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Les valeurs suivantes devront être atteintes dans le perméat de l'ultrafiltration :

- DCO < 5.000 mg/l, NH4-N < 50 mg/l, NO3-N < 500 mg/l, NO2-N < 15 mg/l. La biologie est à dimensionner de la façon pour assurer la dégradation demandée.
- Osmose inverse : pour satisfaire à la norme tunisienne relative au rejet en milieu naturel, il faut prévoir une osmose inverse. L'osmose doit s'effectuer avec des membranes spiralées. La conception de l'unité doit permettre de varier des membranes mises dans le corps de pression de différents fournisseurs aux fins d'adaptation aux modifications dans les lixiviats.
- Concentrat d'osmose : le concentrat d'osmose ne doit pas recirculer sur la décharge. Le concentrat peut être surconcentré par évaporation naturelle dans des lagunes fermées avec collecte du condensat. Pour améliorer l'évaporation, des aérateurs de surface flottant sur la lagune de stockage de concentrat pourront être installés.
- Traitement des boues : les boues en excès en provenance du procédé biologique doivent être déshydratés par centrifugation pour atteindre une siccité de 25% des boues et ensuite enfouies dans la décharge.

Tableau 3-47 Coûts des deux options de traitement des lixiviats

Option	Option 1		Option 2
	2 petites STEP (sur les décharges)		1 grande STEP
Nombre de STEP	1 STEP	1 STEP	1 STEP
Quantité à traiter [m ³ /an]	40.000	40.000	80.000
Coûts d'investissement [DNT]	3.330.000	3.330.000	4.810.000
Distance [km]	0	0	84
Coût du transport des lixiviats [DNT/m ³ /km]	0,000	0,000	0,233
Coût du transport [DNT/an]	0	0	1.565.760

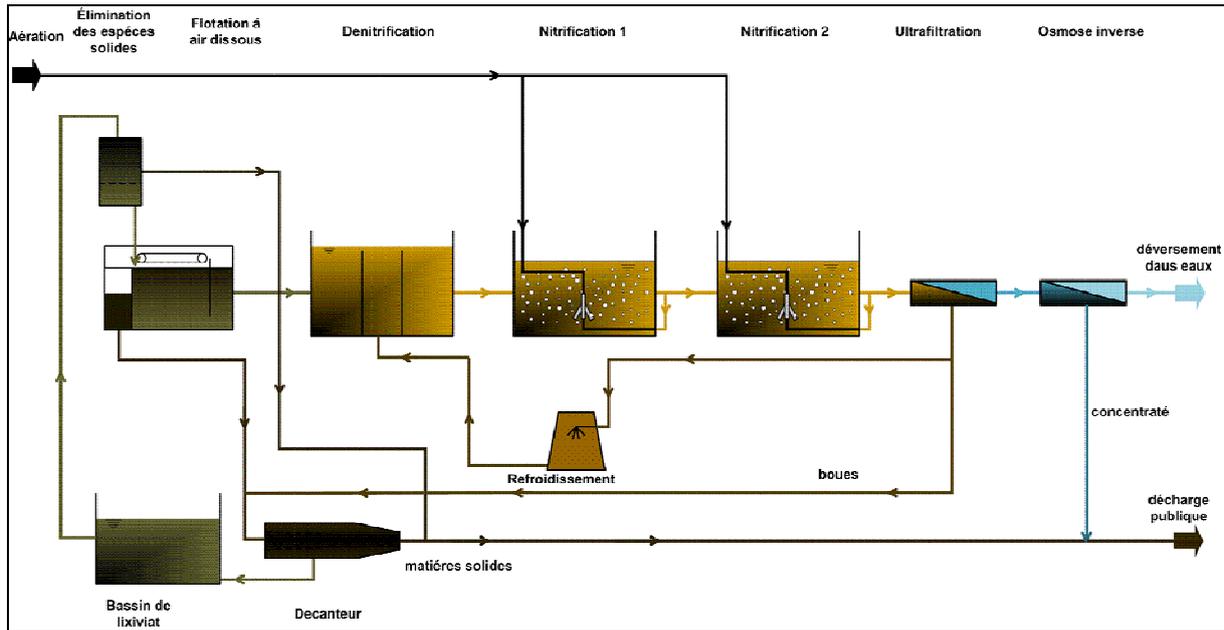
La distance entre les deux décharges est de 84 km. Le coût du transport des lixiviats est estimé à 0,233 DNT/m³/km en considérant des camions citerne à capacité de 20 m³.

En considérant l'investissement des stations de traitement sur 10 ans, on obtient des coûts d'investissement de 6,66 MDNT pour l'option 1 et environ 20,47 MDNT (coûts d'investissement + coûts de transport sur 10 ans) pour l'option 2. La différence des coûts d'investissement entre ces deux options est largement supérieure à la différence des coûts d'exploitation entre une et deux stations de traitement. Par conséquent, en raison des coûts de transport élevés de lixiviats, le BE recommande l'option 1 avec deux stations de traitement des lixiviats, une sur chaque décharge.

La figure suivante schématise le processus de traitement des lixiviats d'une installation type :

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Figure 3-27 Schéma du processus de traitement des lixiviats



3.9.2.1.6 Système de dégazage

Un dégazage de la décharge est seulement nécessaire pour une décharge de déchets non traités. 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 de décharge captés devront être valorisés (transformation en électricité avec moteurs à gaz).

La quantité de gaz produite sur chaque décharge est donnée dans le rapport sur les GES (Gaz à effet de Serre) en **Annexe 5-1**.

3.9.2.1.7 Exploitation

Pour la période d'exploitation, le BE propose de prévoir la documentation suivante (saisie des données dans un journal d'exploitation et synthèse des enregistrements sous la forme de rapports annuels) :

- 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.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

3.9.2.1.8 Mesures pour la surveillance et la maintenance après fermeture

Sur les casiers remplis, il conviendra de poser une étanchéité de surface afin de réduire au maximum le volume de lixiviats produits. Le système d'étanchéité de surface pourra par exemple être structuré de la façon suivante :

- Couche de dégazage et d'égalisation
- Couche d'assise et géomembrane
- Treillis de drainage ou couche de drainage avec une couche de protection sur la géomembrane
- Mise en place d'une couche de revégétalisation.

La réalisation d'un système d'étanchéité de surface avec géomembrane permet de réduire le volume des lixiviats de 3 % en moyenne par rapport à la quantité des eaux pluviales tombant sur la décharge.

Pour la couche de revégétalisation, nous recommandons d'utiliser la terre végétale existant sur le site actuel (décapage sur environ 50 cm, stockage intermédiaire et réutilisation ultérieure).

Pour la période après fermeture de la décharge, nous proposons de prévoir le programme de suivi indiqué ci-après :

- Contrôle des tassements du corps de la décharge
- Enregistrement des données météorologiques
- Mesures de la quantité de lixiviats produits et analyses
- Mesures de la quantité de gaz produits et analyses.

3.9.2.2 Site Sud : Les Salines (Lorbeus)

3.9.2.2.1 Aménagement

L'accès au site se trouve directement sur la route MC 60. L'ensemble de l'aménagement de la décharge « Les Salines » sera divisé en trois zones : l'une d'infrastructures à l'entrée de la décharge, l'autre en tant que zone de stockage et en plus une zone de captage de lixiviat avec deux bassins de rétention ou évaporation de lixiviat, puis toute la zone sera entourée d'une clôture. Un portail coulissant et une loge de gardien seront également prévus directement à l'entrée du site.

Après passage sur un pont-bascule, les camions de transport achemineront les déchets dans la zone de stockage des conteneurs de la décharge. A partir de là les camions spécifiques à la décharge se chargeront de reprendre et de déverser les conteneurs dans la zone d'enfouissement de la décharge (système identique à celui de la décharge de Kabouti). Par ailleurs, deux quais de transfert sont prévus en cas de besoin pour les DIB, le rechargement des déchets triés (si présence d'un centre de tri à la décharge), pour le chargement des déchets apportés par des particuliers à la décharge, etc.

L'ensemble de la zone d'infrastructures sera pourvu d'un revêtement en béton bitumineux. La superficie de cette zone s'étend sur environ 1,5 à 2,0 ha. Une route avec chaussée également pourvue d'un revêtement bitumineux assurera l'accès aux différentes cellules d'exploitation. Les eaux superficielles s'écoulant latéralement seront acheminées via un fossé revêtu vers un bassin de rétention des eaux pluviales, puis à partir de là réintroduites dans l'oued.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Les talus de l'oued au nord de la décharge seront fortifiés sur une longueur d'environ 250 m pour empêcher une érosion progressive de l'oued.

Les bâtiments et équipements prévus dans la zone d'infrastructure sont les suivants :

- Zone d'entrée et piste d'accès
- Portail coulissant
- Station de pompage
- Loge du gardien
- Pont-bascule
- Emplacement pour stockage des conteneurs
- Quai de transfert
- Bâtiment administratif avec parking
- Garage
- Atelier mécanique
- Station de lavage des véhicules
- Station service
- Installation de dégazage de la décharge

Les infrastructures prévues dans la zone ouest de la décharge sont les suivants :

- Deux bassins d'évaporation des lixiviats
- Bassin de rétention des eaux de surface
- Installation de traitement des lixiviats

3.9.2.2.2 Conception générale de la décharge

La partie à l'est du terrain est très plaine 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 du volume total de déchets prévu de 1,4 millions de m³ uniquement à cette zone du site. La partie ouest du terrain pourra être exploitée pour l'installation de prétraitement mécano-biologique (PMB) ou à l'avenir à la fin de la période d'exploitation prévue de 20 ans pour une extension de la décharge.

La surface totale de la décharge dans la partie est du site, mesurée à la base de la décharge, est d'environ 10,9 ha. En tenant compte d'une pente des talus latéraux de 1/3,5 et d'une hauteur max. des déchets de 40 m environ, le volume total de stockage calculé est de 1,421 millions de m³, ce qui correspond à une hauteur moyenne de stockage de 13 m.

Il est prévu que le premier casier couvre une surface de 7 ha. Le volume de déchets pouvant être stocké dans ce casier est estimé à environ 600.000 m³, compte tenu du talus temporaire qui à l'ouest marquera la transition au casier suivant.

3.9.2.2.3 Système d'étanchéité de base

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 des déchets non dangereux.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

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.

Les reconnaissances géotechniques et les informations contenues dans la carte géologique ont permis de prouver l'existence d'une barrière géologique suffisante dans toute la partie de la surface à la base de la future décharge (coefficient de perméabilité k_f entre 1×10^{-10} et 1×10^{-9} m/s). C'est à dire qu'il n'est pas nécessaire de compléter par une couche d'argile artificielle.

La barrière géologique devra en outre être protégée par une géomembrane en tant qu'élément d'étanchéité artificielle.

3.9.2.2.4 Système de drainage des lixiviats

La surface totale de la base de la décharge sera divisée de l'est vers l'ouest en différentes cellules d'une superficie moyenne respective de 1,3 ha environ. Des collecteurs de lixiviats dans chaque cellule y chemineront sur une longueur entre 250 - 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 différents casiers sont conçus avec une pente transversale supérieure à 3 %.

Il est également prévu de séparer les eaux de pluies tombant sur les aires non exploitées en tant que décharge qui acheminera ses eaux superficielles non polluées dans l'oued. Dès qu'une nouvelle cellule sera mise en service, elle devra être raccordée via une vanne au système de collecte des lixiviats.

Un système de drainage couvrant toute la surface des cellules composées de granulats durs concassés et tamisés présentant une granulométrie 16/32 et de rigoles renforcées sera mis en place sur le système d'étanchéité. Au dessus de la géomembrane, une couche de protection sera prévue.

3.9.2.2.5 Traitement des lixiviats

Voir le chapitre 3.9.2.1.5 pour la décharge d'Erromani.

3.9.2.2.6 Système de dégazage

Voir le chapitre 3.9.2.1.6 pour la décharge d'Erromani.

La quantité de gaz produite sur chaque décharge est donnée dans le rapport sur les GES en **Annexe 5-1**.

3.9.2.2.7 Exploitation

Voir le chapitre 3.9.2.1.7 pour la décharge d'Erromani.

3.9.2.2.8 Mesures pour la surveillance et la maintenance après fermeture

Voir le chapitre 3.9.2.1.8 pour la décharge d'Erromani.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

3.9.3 Coûts de la mise en décharge

3.9.3.1 Options

Les options suivantes ont été sélectionnées et développées ci-après :

- **Option D1** : enfouissement des déchets dans deux décharges contrôlées sans prétraitement (scénario de base)
- **Option D2** : enfouissement des déchets dans deux décharges contrôlées après prétraitement (aérobie ou anaérobie)

3.9.3.2 Deux décharges contrôlées sans prétraitement (Option D1)

Pour les deux décharges, nous avons calculé les coûts d'investissement et d'exploitation pour une durée d'exploitation de 20 ans et une durée post-opératoire de 30 ans. Par ailleurs, les coûts d'investissements initiaux de génie civil pour le premier casier (et les infrastructures d'exploitation) ont été également évalués.

3.9.3.2.1 Décharge au site des Salines – D1

Le tableau qui suit présente une estimation des coûts actualisés de la décharge des Salines pour le Scénario D1. Le détail des calculs est présenté en **Annexe 3-9**.

Ces coûts comprennent les investissements ainsi que les coûts et recettes d'exploitation pour :

- Les infrastructures administratives, parking camions et voitures, bâtiments techniques
- Les VRD
- Les trois casiers pour une durée de 20 années d'exploitation, inclus les capping
- Le système de gestion des gaz, avec moteur à gaz pour la production d'électricité. Sont inclus les revenus de la vente de l'électricité à la STEG au prix de 0,100 DNT/KWh
- La station de traitement des lixiviats
- Le matériel roulant d'exploitation
- La gestion de la période post-opératoire d'une durée de 30 ans.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Le coût de cette option est résumé dans le tableau suivant :

Tableau 3-48 Coûts actualisés de la décharge des Salines - D1

Dépréciation	5%	
Coûts d'investissement actualisés	25,48	DNT/t
Coûts d'exploitation actualisés	27,13	DNT/t
Coûts totaux actualisés	43,56	DNT/t
Coûts totaux actualisés sur 50 ans	48.624.073	DNT
Coûts par tonne de déchets produits	43,56	DNT/t

Dans ce scénario, c'est un total de 1.791.461 tonnes de déchets qui seront éliminés entre 2014 et 2033 à la décharge des Salines. Les coûts totaux actualisés d'élimination s'élèvent à **44 DNT par tonne de déchet**. On constate que ce coût unitaire se répartit à parts égales entre les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation.

Les **coûts d'investissement initiaux** comprenant :

- Les infrastructures administratives, parking camions et voitures,
- Les VRD
- Le premier casier (1/3 de la surface totale)

Mais sans :

- Le système de gestion des gaz
- La station de traitement des lixiviats
- Le matériel roulant d'exploitation

sont estimés à **7 MDNT, soit 4 MEUR pour le site des Salines**.

3.9.3.2.2 Décharge au site Erromani – D1

Le tableau qui suit présente une estimation des coûts actualisés de la décharge Erromani pour le Scénario D1. Le détail des calculs est présenté en **Annexe 3-9**.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 3-49 Calcul des coûts actualisés de la décharge Erromani - D1

Dépréciation	5%	
Coûts d'investissement actualisés	17,59	DNT/t
Coûts d'exploitation actualisés	18,85	DNT/t
Coûts totaux actualisés	27,40	DNT/t
Coûts totaux actualisés sur 50 ans	46.083.083	DNT
Coûts par tonne de déchets produits	27,40	DNT/t

Dans ce scénario, c'est un total de 2.699.287 tonnes de déchets qui seront éliminés entre 2014 et 2033 à la décharge d'Erromani. Les coûts totaux actualisés d'élimination s'élèvent à **27 DNT par tonne de déchet**. On constate que ce coût unitaire se répartit à parts égales entre les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation.

Les coûts d'investissement du premier casier sont estimés à **8 MDNT, soit 5 MEUR pour le site Erromani**.

3.9.3.2.3 Coûts moyens de l'option D 1

Les coûts moyens de l'option D1 sont obtenus en pondérant les coûts des deux décharges par les quantités totales de déchets. Les coûts moyens sont alors de **33,85 DNT par tonne de déchet**.

3.9.3.3 Deux décharges contrôlées avec prétraitement (Option D2)

Pour les deux décharges, nous avons calculé les coûts d'investissement et d'exploitation pour une durée d'exploitation de 20 ans et une durée post-opératoire de 30 ans. Par ailleurs, les coûts d'investissements initiaux de génie civil pour le premier casier (et les infrastructures d'exploitation) ont été également évalués.

3.9.3.3.1 Décharge au site des Salines – D2

Le tableau qui suit présente une estimation des coûts actualisés de la décharge des Salines pour le Scénario D2. Le détail des calculs est présenté en **Annexe 3-10**.

Le coût de cette option est résumé dans le tableau suivant :

Tableau 3-50 Coûts actualisés de la décharge des Salines - D2

Dépréciation	5%	
Coûts d'investissement actualisés	22,85	DNT/t
Coûts d'exploitation actualisés	22,10	DNT/t
Coûts totaux actualisés	44,95	DNT/t
Coûts totaux actualisés sur 50 ans	25.088.785	DNT
Coûts par tonne de déchets produits	22,48	DNT/t

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Dans ce scénario, c'est un total de 895.730 tonnes de déchets qui seront éliminés entre 2014 et 2033 à la décharge des Salines. Les coûts totaux actualisés d'élimination s'élèvent à environ **22 DNT par tonne de déchets** pour le site des Salines.

On constate ici aussi que ce coût unitaire se répartit à parts pratiquement égales entre les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation.

Les **coûts d'investissement initiaux** comprenant :

- Les infrastructures administratives, parking camions et voitures,
- Les VRD
- Le premier casier (1/3 de la surface totale)

Mais sans :

- Le système de gestion des gaz
- La station de traitement des lixiviats
- Le matériel roulant d'exploitation

sont estimés à **5 MDNT, soit 3 MEUR pour le site des Salines.**

3.9.3.3.2 Décharge au site Erromani – D2

Le tableau qui suit présente une estimation des coûts actualisés de la décharge Erromani pour le Scénario D2. Le détail des calculs est présenté en **Annexe 3-10**.

Tableau 3-51 Calcul des coûts actualisés de la décharge Erromani - D2

Dépréciation	5%	
Coûts d'investissement actualisés	15,85	DNT/t
Coûts d'exploitation actualisés	14,78	DNT/t
Coûts totaux actualisés	30,63	DNT/t
Coûts totaux actualisés sur 50 ans	25.757.059	DNT
Coûts par tonne de déchets produits	15,31	DNT/t

Dans ce scénario, c'est un total de 1.349.643 tonnes de déchets qui seront éliminés entre 2014 et 2033 à la décharge d'Erromani. Les coûts totaux actualisés d'élimination s'élèvent à environ **15 DNT par tonne de déchets**.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

On constate ici aussi que ce coût unitaire se répartit à parts pratiquement égales entre les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation.

Les coûts d'investissement du premier casier sont estimés à **6 MDNT, soit 3 MEUR pour le site Erromani.**

3.9.3.3 Coûts moyens du scénario D 2

Les coûts moyens de l'option D2 sont obtenus en pondérant les coûts des deux décharges par les quantités totales de déchets. Les coûts moyens sont alors de **18,17 DNT par tonne de déchet.**

3.9.3.4 Conclusion

Les coûts des deux variantes de décharge se récapitulent comme suit :

Tableau 3-52 Résumé des coûts des deux décharges

	Sans prétraitement D1	Avec prétraitement D2
Coûts moyens totaux actualisés	33,85 DNT/t	18,17 DNT/t

Les coûts se répartissent à parts égales entre les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation.

Les coûts ont été estimés sur la base des données disponibles et peuvent donc varier dans le cadre de la planification ultérieure de la décharge.

Les coûts totaux actualisés sur 50 ans contiennent les coûts durant 20 années d'exploitation (frais d'investissement pour la construction, y compris le système d'étanchéité de surface (capping) et les coûts d'exploitation) ainsi que les coûts durant 30 années postopératoires (essentiellement pour le suivi, le dégazage ainsi que le traitement des lixiviats s'il y a lieu pour plus de 30 années après la fermeture). Peu d'années après l'installation d'un système d'étanchéité de surface (capping), le traitement des lixiviats sera diminué (une géomembrane d'une épaisseur de 2,5 mm est considérée).

On constate que les coûts totaux actualisés par tonne sont quasiment identiques pour les deux options. En revanche, les coûts totaux actualisés sur 50 ans sont deux fois plus élevés pour l'option D1 que pour l'option D2 vu que le tonnage des déchets est double.

En conclusion, lorsqu'on compare le prix de l'enfouissement à la tonne de déchets produits (sur la totalité des déchets), on constate que le coût de l'enfouissement pour l'option D1 de 33,85 DNT/t est environ deux fois plus élevé que pour l'option D2 qui est de 18,17 DNT/t.

3.10 AUTRES

3.10.1 Gestion des déchets ménagers dans les zones rurales – A 1

Le terme « zone rurale » définit, dans le cadre de cette étude, les zones de l'étude excepté les zones municipales et les agglomérations des conseils ruraux. Nous avons montré que la population habitant ces zones rurales est de l'ordre de 603.000 personnes (2004, avec un taux d'accroissement négatif), soit environ la moitié de la population de la zone d'étude.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Nous avons analysé en Phase 1 la composition et la quantité de déchets générés dans les agglomérations des conseils ruraux, mais aucune étude ou investigation n'a été menée à ce jour sur les déchets de type ménager générés par les familles d'agriculteurs disséminés dans les zones rurales²³. Il ressort néanmoins des investigations menées dans les conseils ruraux à caractère fortement agricole que les déchets de type ménagers sont mélangés avec une plus grande quantité de déchet d'élevage. La fraction non organique résultante doit donc se situer entre 5 et 10 % des quantités produites, que nous estimons de façon conservatoire à 0,58 kg/hab/j.

La fraction organique des déchets ménagers peut être gérée avec les déchets agricoles et d'élevage, alors que les fractions non organiques doivent trouver un autre exutoire.

Si l'on considère que la population rurale produit 0,58 kg/hab/jour, avec un taux moyen de matériaux non organique de 7,5 %, cela représente une quantité de 26,23 tonnes par jour (9.574 t/an) de déchets non organiques, dont environ 50 % de plastiques et 50 % d'autres flux. En considérant 6 personnes par famille, cette quantité est dispersée en plus de 100.000 points de production !

Pour ce qui concerne la gestion des fractions organiques à forte présence de déchets d'élevage, et compte tenu des quantités importantes générées (323,51 t/jour ou 118.081 t/an) et de leur distribution dans la zone, il n'est pas économiquement envisageable de développer un système de collecte, transport et élimination qui puisse se combiner avec le système municipal.

Voyons si l'option de valorisation de la biomasse en combinant les flux issus des déchets ménagers à ceux des déchets agricoles et d'élevage (estimés à 1.888.381 tonnes – Phase 1) est envisageable. Pour ce faire, nous nous baserons sur les résultats et commentaires de l'étude « Valorisation énergétique et environnementale des déchets de fermes des petits agriculteurs en zones rurales en Tunisie²⁴ ».

Les principales conclusions de cette étude sont :

- Les 40 digesteurs individuels qui avaient été mis en service dans les années 1985 – 1988 dans la région de Bizerte, dont le but était la production de biogaz pour chauffage et cuisine, ont tous été abandonnés après raccordement des familles au réseau de la STEG
- Comparé au coût du gaz de la STEG de 0,250 DNT/m³, seuls les digesteurs de plus de 100 m³ sont rentables. Cette taille de digesteur concerne des élevages de plus de 20 vaches, c'est-à-dire moins de 3 % des élevages de la région de Bizerte (qui est assimilable aux régions de la vallée de la Medjerda)
- L'analyse technico-financière d'un digesteur de 200 m³ exclut l'option de valorisation énergétique qui n'est pas rentable. L'option en valorisation du gaz nécessite toutefois un utilisateur situé à proximité du lieu de consommation de l'énergie sous forme gazeuse (chaleur).
- Toutefois, l'option de la valorisation de la biomasse permet d'éviter les pollutions générées par les fumiers, mais aussi par les productions humaines qui sont estimées à 15 m³ par jour pour une agglomération de 800 habitants (en extrapolant, environ 1,7 millions de m³ par an pour les populations rurales de la vallée de la Medjerda).

²³ Les études menées en 2009 par la GTZ en milieu rural concernent des agglomérations de conseils ruraux

²⁴ Amor Mlahoui – Septembre 2009 pour le compte de la GTZ.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Si l'on applique ces observations aux zones rurales de la vallée de la Medjerda, on arrive aux conclusions suivantes :

- Les solutions individuelles de valorisation de la biomasse pour quelques (dizaines de) familles (« mico-digesteur ») ne sont pas rentables et ne retiennent pas l'intérêt des utilisateurs en raison de l'électrification à 98 % de la zone d'étude.
- Des unités de valorisation plus importantes (mini-digesteurs > 100 m³) doivent être développées au cas par cas et ne sont rentables que pour une valorisation du biogaz (pas en valorisation électrique). Ce qui signifie qu'il faut trouver ou développer à proximité du digesteur un projet de type industriel utilisateur de l'énergie.
- Des unités plus importantes relèvent plus du développement industriel, mais se pose alors le problème du coût de la collecte et du transport des déchets vers le digesteur et le cadre institutionnel de la rentabilité de la valorisation électrique.
- Les déchets non organiques doivent faire l'objet d'un système de collecte et de transport particulier, éventuellement rattaché au système central de GDS municipaux.
- La gestion des déchets solides des ménages et des biomasses agricoles et d'élevage peut se combiner avec la gestion des effluents humains, et apporter de ce fait une solution environnementale intégrée en zone rurale.

Comme on le voit, la gestion de ces flux liquides et solides doit faire l'objet d'approches spécifiques dont la mise en œuvre comprendrait les étapes suivantes :

- Etudes environnementales du milieu récepteur (identification des pollutions des sols, des eaux de surface et souterraines, dépotoirs sauvages, etc.)
- Identification des zones de production et des quantités produites : si le recensement de la population existe (2004), par contre la cartographie des hameaux et des fermes n'est pas mise à jour. Un premier travail consistera donc à localiser et cartographier toutes les zones de productions, puis à définir les quantités générées.
- Définition de l'organisme de tutelle en charge de la gestion de ces déchets (ANGed, ONAS, ministère de l'agriculture, autre)
- Etudes de faisabilité technique, institutionnelle et financière de la gestion des déchets en zone rurale : signalons notamment que les populations rurales dépendent des gouvernorats et ne sont pas soumises à la taxe d'habitation (qui permet le recouvrement des coûts de la GDS en milieu municipal). Il conviendra aussi de voir comment faire bénéficier ces projets des financements MDP.

Les bailleurs de fonds ont d'ailleurs inscrit cette problématique dans leurs prochains financements, tel l'UE en vue de la protection des ressources en eau et la KfW / GTZ dans le cadre de ses programmes de gestion intégrée des déchets solides.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

3.10.2 Réhabilitation des 4 décharges contrôlées et des dépotoirs municipaux – A 2

3.10.2.1 Les quatre décharges contrôlées

Les quatre décharges contrôlées de Medjez El bab, Béja, Jendouba et Siliana sont actuellement exploitées par un opérateur privé (voir rapport Phase 1). Par conséquent, on considérera que l'exploitant assurera la fermeture correcte des alvéoles. Seule subsistera après fermeture le suivi de la production de lixiviat : les bassins doivent être régulièrement vidés et le lixiviat transporté soit vers les STEP de l'ONAS, soit vers les stations de traitement de lixiviat des deux nouvelles décharges Erromani et Les Salines.

Il n'y a donc pas de coûts d'investissement à envisager pour ces quatre sites.

3.10.2.2 Les dépotoirs municipaux

Lorsque l'on analyse les informations présentées dans le rapport de Phase 1, chapitre 4.7, on constate que la surface moyenne des dépotoirs municipaux est de l'ordre de 2,5 ha, à l'exception du dépotoir de Tabarka qui s'étend sur environ un tiers de la zone réservée, soit environ 10 ha. Les déchets sont déposés sur une hauteur moyenne de 3 m.

L'objectif de cette option est de confiner autant que faire se peut les dépôts de déchets ménagers afin de réduire leurs impacts sur l'environnement : pollution des eaux de surface et souterraines, de l'air (feu), du paysage (envol de déchets légers). Le fait de rassembler les déchets sur une surface plus réduite, de créer des pentes, de couvrir les déchets avec de la terre engazonnée, d'entourer le dépôt avec des digues et de le ceinturer par un fossé collecteur, va réduire à terme les infiltrations de lixiviat dans le sol, et va très rapidement réduire les pollutions sur les eaux de surface, l'air et le paysage.

On va donc passer d'une surface de 2,5 ha avec une hauteur de 3 m à une surface de 1,5 ha, hauteur moyenne de 5 m. Les déchets seront entourés de digues périphériques, d'un fossé collecteur et d'une route en terre carrossable.

Le coût d'une réhabilitation peut s'estimer comme suit :

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 3-53 Coût de la réhabilitation d'un dépotoir municipal

Position	Objet	Unité	Quantité	Prix unitaire (DNT 2010 HTVA)	Montant (DNT 2010)
1	Terrassement des déchets et profilage en dôme	tonne	30 000	2,04	61 200
2	Couverture en terre (0,20 m)	m3	8 750	5,18	45 360
3	Digue périphérique	m3	1 225	5,18	6 350
4	Engazonnement / stabilisation	m2	17 450	0,60	10 470
5	Fossé périphérique	m l	550	25,00	13 750
6	Bassin	Ff	1	5 000,00	5 000
7	Route périphérique en terre	m l	600	30,00	18 000
8	Clôture	m l	550	14,88	8 184
9	Imprévis 20 %				33 663
10	Etudes et relevés préliminaires 5 %				10 099
Total					212 076

Nous suggérons d'appliquer ces mesures de réhabilitation dans les $(35 - 4 =) 31$ municipalités de la zone d'étude. Le coût total de cette mesure de réhabilitation sera donc de :

Tableau 3-54 Coût du programme de réhabilitation des dépotoirs municipaux

Position	Objet	Quantité	Prix unitaire (DNT 2010 HTVA)	Montant (DNT 2010)
1	Réhabilitation dépotoirs municipaux	30	212 076	6 362 284
2	Réhabilitation dépotoirs Tabarka	1	636 228	636 228
Total				6 998 513

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

4 DEVELOPPEMENT DES OPTIONS DE GESTION DES AUTRES FLUX DE DECHETS

4.1 LES BOUES DE STATION D'EPURATION

4.1.1 Quantités des boues

Les quantités de boues produites de 2014 à 2033 sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les bases du calcul sont expliquées dans le rapport de la Phase 1. Les quantités de boues ont été recalculées avec des données actualisées et par conséquent, elles sont légèrement inférieures aux quantités estimées dans la Phase 1. On obtient une quantité totale de boues de 2014 à 2033 pour la région égale à 433.436 m³.

Tableau 4-1 Evolution du volume des boues à évacuer de 2008 à 2033

Gouvernorat	STEP	2008	2013	2018	2023	2028	2033	Total 2014-2033
		m ³ /an	m ³					
Beja	Beja	4.917	5.317	5.717	6.117	6.518	6.918	123.150
	Medjez El Bab	635	689	743	797	851	904	16.042
	Testour	340	464	588	713	837	961	14.500
	Téboursouk	314	316	318	321	323	325	6.416
	Nefza	249	256	263	271	278	285	5.427
	Oued Zargouna	4	4	4	4	4	4	88
Silliana	Siliana	825	920	1.015	1.111	1.206	1.301	22.402
	Maktar	0	79	159	238	317	397	4.918
	Bourada	0	75	150	226	301	376	4.662
	Gaafour	50	95	139	184	228	273	3.761
Kef	Tejerouine	0	93	186	279	372	464	5.759
	Dahmani	0	95	189	284	379	473	5.868
	Sers	0	68	137	205	274	342	4.241
	Jerissa	0	58	115	173	231	289	3.578
	El Kef	1.305	1.600	1.894	2.189	2.484	2.778	44.368
Jendouba	Jendouba	1.390	1.841	2.293	2.744	3.196	3.647	55.787
	Bousalem	840	934	1.029	1.123	1.218	1.312	22.653
	Tabarka	1.485	1.568	1.651	1.734	1.818	1.901	34.855
	Tabarka Aéroport	5	5	5	5	5	5	93
	Gaardimaou	625	1.228	1.830	2.433	3.035	3.638	49.861
	Fernana	3	8	13	18	23	28	368
	Ain Draham	0	68	137	205	273	342	4.237
	Hammam Bourguiba	0	6	13	19	26	32	402
	total	12.986	15.788	18.590	21.392	24.193	26.995	433.436

Le tableau suivant présente la quantité de matières sèches (MS) dans les boues. C'est une valeur théorique représentant les boues d'épuration sans eau.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 4-2 Evolution de la MS des boues dans la région de 2008 à 2033

Gouvernorat	STEP	2008	2013	2018	2023	2028	2033	Total 2014-2033
		t/an	t/an	t/an	t/an	t/an	t/an	tonnes
Beja	Beja	1.970	2.131	2.291	2.451	2.612	2.772	49.345
	Medjez El Bab	218	236	255	273	292	310	5.500
	Testour	138	196	253	310	367	424	6.310
	Téboursouk	155	156	157	158	159	160	3.161
	Nefza	71	81	91	100	110	119	2.023
	Oued Zargouna	2	2	2	2	2	2	37
Siliaana	Siliaana	370	413	455	498	540	583	10.041
	Maktar	0	33	66	100	133	166	2.060
	Bourada	0	32	63	95	126	158	1.954
	Gaafour	11	22	32	42	52	62	862
Kef	Tejerouine	0	39	78	117	156	195	2.412
	Dahmani	0	40	79	119	159	198	2.458
	Sers	0	29	57	86	115	143	1.777
	Jerissa	0	24	48	73	97	121	1.499
	El Kef	588	720	853	986	1.118	1.251	19.976
Jendouba	Jendouba	853	1.130	1.407	1.684	1.961	2.238	34.234
	Bousalem	378	421	463	506	548	591	10.203
	Tabarka	509	538	566	595	623	652	11.955
	Tabarka Aéroport	2	2	2	2	2	2	39
	Gaardimaou	318	625	932	1.238	1.545	1.852	25.383
	Fernana	0	2	5	7	9	12	145
	Ain Draham	0	29	57	86	115	143	1.775
	Hammam Bourguiba	0	3	5	8	11	14	168
total		5.584	6.901	8.217	9.534	10.851	12.168	193.315

La quantité de MS de boues d'épuration s'élève à 193.315 tonnes pour la période étudiée (2014-2033).

Les données du tableau 4-2 en comparaison avec celles du tableau 4-1 permettent de déterminer la teneur moyenne en matières sèches, à savoir 42 %.

Même si la teneur en MS est légèrement inférieure à 42 % sur quelques STEP, les MS atteintes sur toutes les STEP satisfont aux exigences de mise en décharge des boues d'épuration grâce au séchage solaire effectué sur les STEP.

Les tableaux montrent que les boues d'épuration séchées sur les lits de séchage représentent une part d'environ 12 % de la quantité totale de déchets produits dans la région.

4.1.2 Les voies d'élimination des boues

Trois voies d'élimination des boues existent : la valorisation en agriculture, dite filière verte ; l'élimination en décharge de déchets ménagers ou en mono-décharge, dite filière noire et la co-incinération en cimenterie, dite filière rouge.

D'après les résultats de la Phase 1, les boues dans la région de la Medjerda sont, du point de vue de la qualité, propices à la valorisation agricole. Cependant, la valorisation agricole des boues est interdite

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

depuis 1998. Etant donné que la co-incinération n'est pas encore envisagée dans la région, la filière noire reste, par conséquent, une solution de secours pour l'élimination des boues.

4.1.2.1 Valorisation agricole des boues (Option BSE 1)

Les boues d'épuration produites dans la région de la Medjerda se caractérisent par des teneurs en métaux lourds très faibles et sont ainsi prédestinées, en principe, à une valorisation agricole. En particulier, les faibles concentrations résiduelles en germes coliformes et l'absence de polymères dans les boues déshydratées jouent en faveur d'une valorisation agricole. En effet, le séchage des boues au soleil, pratiqué presque partout dans la région considérée, ne nécessite pas l'emploi de polymères.

Au niveau réglementaire, il existe un cahier de charge datant de l'année 2007 qui réglemente l'épandage des boues. En plus, des essais pilotes sont réalisés depuis 2007 aussi dans la région d'étude en vue d'une valorisation agricole des boues. Après une période d'essais pilotes de 5 ans (c'est-à-dire juste après la saison agricole de 2011), le comité de suivi²⁵ va tirer des conclusions de ces essais. Il va déterminer d'une façon officielle, les conditions et les périodes à partir desquelles une valorisation agricole sera autorisée dans la région d'étude mais aussi dans tout le territoire tunisien.

Actuellement, il existe une demande pour les boues de la part des agriculteurs dans les gouvernorats de Béja (Medjez El Bab, Testour, Téboursouk), de Siliana et El Kef. Les surfaces et les tonnages de boues valorisées dans le cadre des essais pilotes régionales sont présentés dans le tableau suivant²⁶.

Tableau 4-3 Les surfaces et les tonnages des boues valorisées pour les essais pilotes

Année	Kef		Béja		Siliana	
	sup (ha)	tonnage	sup (ha)	tonnage	sup (ha)	tonnage
2008	43	234	-	-	-	-
2009	+ 4	+ 60	23	270	37	455
2010	+ 31	+ 465	+ 15	+ 90	+ 12	+ 165

Une partie des boues est actuellement utilisée comme fertilisant, en particulier pour les plantations d'oliviers, d'agrumes et de pommiers. L'épandage sur des pâturages est également testé. En effet, sur la base des expériences recueillies en Europe centrale, l'épandage de boues d'épuration sur les pâturages est contesté en raison des aspects bactériologiques. Mais vu les conditions climatiques en Tunisie, en particulier le rayonnement solaire intense et à longue durée, la désinfection est plus efficace qu'en Europe centrale. Cependant, il faudra respecter les intervalles nécessaires entre l'épandage des boues et la transhumance.

L'acceptation de la valorisation agricole des boues d'épuration doit être développée progressivement et accompagnée d'un monitoring notamment en ce qui concerne les concentrations des substances nocives et les effets sur le sol et sur les plantes utiles. Les démarches, qui sont actuellement lancées avec le

²⁵ Comprendant le MARHP (qui préside), le MEDD, le MSP, l'ONAS, le CITET, l'ANPE, l'UTAP, l'ANGeD et l'INRGREF

²⁶ Les données doivent être cumulées d'année en année (c'est-à-dire au Kef en 2009, on a 43 + 4 ha ; pour 2010, on ajoute encore 31 ha).

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

programme des essais pilotes et l'encadrement par le comité de suivi, sont propices à leur réussite. Il va de soi qu'un succès durable de la valorisation agricole nécessite un respect rigoureux des valeurs limites définies par la législation tunisienne (voir tableau ci-dessous). Egalement, toute autre exigence de la norme NT 106.20 sera à satisfaire complètement.

Tableau 4-4 Valeurs limites pour les boues d'épuration fixées par la norme NT 106.20 (2002)

Norme NT106.20 (2002)							
Pb	Hg	Cd	Cr _{tot}	Cu	Ni	Zn	CF
(mg/kg MS)	(mg/kg MS)	(mg/kg MS)	(mg/kg MS)	(mg/kg MS)	(mg/kg MS)	(mg/kg MS)	(NPP/gMS)
800	10	20	500	1000	200	2000	2.000.000

En tenant compte des prévisions des quantités de boues produites à long terme et en retenant 3 t/ha/an, (ce qui est un ratio à l'échelle internationale) une surface agricole utile de 9.000 ha, soit 90 km², sera nécessaire au maximum. Comme la surface totale de la région de la Medjerda est de 10.000 km², elle peut absorber la production de boues qui y est produite.

La valorisation agricole présente de faibles coûts d'élimination des boues d'épuration. Ces derniers représentent environ 40 DNT/t de MS²⁷ pour le transport et la valorisation grâce, entre autre, aux courts trajets de transport des boues.

4.1.2.2 Elimination des boues en décharge contrôlée ou en mono-décharge (Options BSE 2 et 3)

L'enfouissement des boues d'épuration en mono-décharge peut se faire aussi bien sous forme liquide que solidifiée. Cependant, la mise en place de décharges pour les boues d'épuration déshydratées est problématique pour des raisons de stabilité. De plus, les mono-décharges sont à aménager à proximité des STEP produisant la plupart des boues d'épuration de sorte à éviter tout coût de transport inutile. Cela signifie qu'une mono-décharge devrait être réalisée à proximité de Béja ainsi que d'autres mono-décharges éventuelles à côté de Jendouba ou du Kef.

Compte tenu des quantités plutôt faibles des boues d'épuration et des distances de transport importantes dans la région d'étude, l'option de réaliser des mono-décharges de boues est éliminée.

La mise en décharge commune des boues d'épuration et des déchets ménagers est envisageable en tant que solution de secours si la valorisation agricole n'est pas encore mise en application. On peut alors considérer un rapport maximal de mélange boues d'épuration/déchets ménagers de 30% d'après les résultats de l'étude sur l'entreposage des boues d'épuration au site de Kabouti (Version provisoire de la partie 2, Juin 2010).

Le coût unitaire d'enfouissement des déchets non pré-traités a été déterminé dans le chapitre 3.9.3.2. Il est de 33,85 DNT/t. En considérant la totalité des boues produites dans la région, on obtient un coût total d'enfouissement des boues sur 20 ans d'environ 15 MDNT, soit une moyenne annuelle de 733.590 DNT/an.

Par ailleurs, grâce à leur teneur en eau, les boues d'épuration peuvent être utilisées pour le PMB si ce dernier est envisagé comme pré-traitement des déchets ménagers sur les sites de décharges.

²⁷ Source : Plan d'action pour la gestion des boues de station d'épuration en Tunisie (2007)

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

D'autre part, les boues peuvent être utilisées en tant qu'engrais qui favorisent la revégétalisation des surfaces des décharges d'Erroumani et des Salines. En considérant que 30% de ces surfaces de décharges sont constituées de boues d'épuration et que les surfaces ont une épaisseur de 80 cm, la quantité de boues à utiliser est d'environ 40.000 m³. Ce qui représente environ 9% de la quantité totale de boues produites en 20 ans.

4.1.2.3 Coûts de transport vers les deux décharges contrôlées

Le calcul des frais de transport se base d'abord sur la distance entre chacune des stations d'épuration et les sites de décharge d'Erroumani et de Sers (selon la situation géographique des STEP) puis sur les quantités de boues à évacuer selon le tableau 4-1. Les prix unitaires des frais de transport en DNT/ (tonne • km) sont tirés de l'**Annexe 4-1**. On considère que les boues sont transportées par des camions ayant une capacité de 20 m³.

Le tableau suivant présente les coûts de transport des boues séchées.

Tableau 4-5 Les coûts de transport des boues jusqu'aux décharges Erroumani et Sers

Gouvernorat	STEP	Distance de la STEP par rapport à la décharge Erroumani km	Distance de la STEP par rapport à la décharge Sers km	Coûts de transport unitaires DNT/t.km	Boues séchées total 2014-2033		Coûts de transport total 2014-2033	
					m ³	%	DNT	%
Beja	Beja	28		0,214	123.150	28	737.917	21
	Medjez El Bab	73		0,166	16.042	4	194.393	6
	Testour	75		0,166	14.500	3	180.530	5
	Téboursouk	51		0,179	6.416	1	58.575	2
	Nefza	65		0,17	5.427	1	59.963	2
	Oued Zargouana	45		0,185	88	0	736	0
Siliana	Siliana		49	0,181	22.402	5	198.687	6
	Maktar		41	0,189	4.918	1	38.112	1
	Bourada		88	0,162	4.662	1	66.467	2
	Gaafour		53	0,178	3.761	1	35.481	1
Kef	Tejerouine		54	0,177	5.759	1	55.040	2
	Dahmani		20	0,244	5.868	1	28.634	1
	Sers		8	0,405	4.241	1	13.741	0
	Jerissa		43	0,187	3.578	1	28.768	1
	El Kef		32	0,204	44.368	10	289.636	8
Jendouba	Jendouba	29		0,211	55.787	13	341.359	10
	Bousalem	9		0,376	22.653	5	76.657	2
	Tabarka	81		0,164	34.855	8	463.011	13
	Tabarka Aéroport	81		0,164	93	0	1.235	0
	Gardimaou	62		0,172	49.861	12	531.720	15
	Fernana	41		0,189	368	0	2.851	0
	Ain Draham	47		0,183	4.237	1	36.442	1
	Hamam Bourguiba	58		0,174	402	0	4.056	0
	Total					433.436	100	3.444.012

Les coûts totaux pour l'ensemble de la période étudiée (de 2014 à 2033) s'élèvent à 3,444 MDNT, avec une moyenne annuelle de 175.000 DNT/an (env. 18 DNT/t MS).

Les coûts de transport les plus élevés sont pour le transport des boues de la STEP de Béja. Cela est dû principalement au fait que la STEP produit les plus grandes quantités de boues. Pour la STEP de Tabarka, on peut également s'attendre à des coûts de transport élevés en raison de la grande distance à la décharge la plus proche (Erroumani). Pour la STEP de Gardimaou, c'est non seulement la quantité de boues mais aussi la distance à la décharge la plus proche (Erroumani) qui expliquent les coûts élevés de transport.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Si les boues d'épuration étaient valorisées à proximité des STEP (dans un rayon de 20 km) dans l'agriculture, les coûts de transport seraient bien moindres.

4.1.3 Conclusions et perspectives

Compte tenu de la qualité des boues dans la région d'étude, il est principalement conseillé de valoriser toutes les quantités de boues dans l'agriculture si la réglementation l'autorise.

Par conséquent, l'enfouissement des boues d'épuration en décharge sur les deux sites de Seres et d'Erroumani est une solution de secours. Elle est facilement réalisable grâce aux faibles quantités de boues produites dans la région. Les coûts totaux de transport et d'enfouissement en décharge sur 20 ans sont d'environ 18 MDNT, soit une moyenne annuelle de 0,9 MDNT/an.

Parallèlement aux options de valorisation et d'élimination nommées, il est à envisager à moyen terme un changement dans le procédé de stabilisation des boues. Toutes les STEP situées dans la région de la Medjerda sont conçues comme installations de boues activées avec stabilisation aérobie simultanée même pour les grandes stations telles que celles de Béja (144.000 EH), d'El Kef (95.000 EH) et de Jendouba (70.000 EH). Pour cette raison, il faudrait à moyen terme étudier les solutions alternatives à la technologie actuelle telle que la stabilisation anaérobie. Ces solutions peuvent présenter des avantages significatifs en vue de la réduction de la production de boues, de l'amélioration des caractéristiques de déshydratation et de la réduction de la consommation d'énergie.

Actuellement, un traitement des boues d'épuration dans des bio-digesteurs n'est pas possible, les boues étant déjà stabilisées et ne contenant qu'un très faible potentiel énergétique de fermentation. Ce n'est qu'après la modification du procédé de traitement des eaux usées sur les STEP que cela serait envisageable comme option.

4.2 DECHETS DE SOIN

4.2.1 Introduction

D'après les estimations de la Phase 1 de l'étude, la quantité totale de DASRI produite dans notre région d'étude est de 556 t en 2009. Elle passera à 729 t en 2033 en fonction de l'accroissement de la population municipale.

Le tableau suivant présente la répartition de la production de DASRI par gouvernorat en 2009/2010.

Tableau 4-6 Production de DASRI par gouvernorat en 2009

Gouvernorat	Nombre d'hôpitaux	Production de DASRI (t/an)	Production de DASRI (kg/jour)
Béja	7	138	378
Jendouba	6	164	421
Kef	6	147	290
Siliana	9	107	278
TOTAL	28	556	1.366

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Le tableau suivant présente les infrastructures sanitaires répertoriées dans la zone d'étude.

Tableau 4-7 Infrastructures sanitaires répertoriées dans la zone d'étude

Gouvernorat	Municipalité	Etablissement	Nb lits
BEJA	Béja	HOPITAL RÉGIONAL DE BEJA	375
		Clinique Ennour	
		Polyclinique Docteur Gharbi Slaheddine	
	Amdoun	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION D'AMDOUN	20
	Goubellat	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE GOUBELLAT	5
	Medjez el bab	HOPITAL RÉGIONAL DE MEDJEZ EL BAB	55
	Nefza	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE NEFZA	
	Téboursouk	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE TEBOURSOUK	30
	Testour	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE TESTOUR	
		7 Hôpitaux	498
	2 Cliniques privées/centres de dialyse		
	94 Centres de santé / dispensaires		
	157 Médecins		
JENDOUBA	Jendouba	HOPITAL RÉGIONAL DE JENDOUBA	318
		Clinique Elkhalil	42
		Clinique El Mehdi de dialyse	
	Ain Draham	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION D'AIN DRAHAM	
	Bou Salem	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE BOU SALEM	76
		Hemodialyse Bousalem	14
	Fernana	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE FERNANA	42
	Ghardimaou	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE GHARDIMAOU	
	Tabarka	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE TABARKA	45
		Polyclinique Sidi Moussa	
	6 Hôpitaux	567	
	4 Cliniques privées/centres de dialyse		
	114 Centres de santé / dispensaires		
	172 Médecins		
EL KEF	El Kef	HÔPITAL RÉGIONAL M'HAMED BOURGUIBA	322
		Clinique Jugurtha	
		Clinique Essalama d'Hemodialyse	
	Dahmani	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE DAHMANI	18
	El Ksour	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION D'EL KSOUR	10
	Nebeur	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE NEBEUR	
	Sakiet Sidi Youssef	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE SAKIET S.YOUSSEF	50
	Tajerouine	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE TAJEROUINE	24
	6 Hôpitaux	538	
	2 Cliniques privées/centres de dialyse		
	93 Centres de santé / dispensaires		
	136 Médecins		
SILIANA	Siliana	HOPITAL RÉGIONAL DE SILIANA	200
		Clinique d'hemodialyse	
	Bargou	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE BARGOU	10
	Bouarada	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE BOUARADA	20
	Gaafour	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE GAAFOUR	
	El Krib	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE KRIB	20
	Kesra	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE KESRA	

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011	Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version : finale

Gouvernorat	Municipalité	Etablissement	Nb lits
	Makhtar	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE MAKTHAR	40
	Rouhia	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE ROUHIA	20
	Sidi Bou Rouis	HOPITAL DE CIRCONSCRIPTION DE SIDI BOUROUIS	3
	9	Hôpitaux	349
	1	Cliniques privées/centres de dialyse	
	89	Centres de santé / dispensaires	
	118	Médecins	
TOTAL	28	Hôpitaux	1952
	9	Cliniques privées/centres de dialyse	
	390	Centres de santé / dispensaires	
	583	Médecins	

La gestion des DAS dans les différentes infrastructures sanitaires ne respecte absolument pas les règles de bonne pratique, ni au niveau de la séparation à la source, ni au niveau des procédés de stockage à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments. Actuellement, leur élimination se fait généralement dans les décharges et dépotoirs avec transport par les services municipaux. Huit des 28 hôpitaux utilisent l'incinération in-situ des DASRI.

Le secteur privé ne semble pas intéressé par cette zone, essentiellement en raison de son faible potentiel très dispersé, comparativement à d'autres régions tunisiennes plus « attractives » non encore desservies.

Le contrôle de la gestion des déchets sanitaires dans les établissements de santé est sous la supervision de la Direction de l'hygiène du Milieu et de la Protection de l'Environnement, dépendant du Ministère de la Santé Publique.

D'après le décret n°2745 du 28 juillet 2008 fixant les conditions et les modalités de gestion de déchets des activités sanitaires, les entreprises spécialisées doivent prendre en charge les opérations de transport, de traitement et d'élimination de ces déchets selon les mêmes normes en vigueur sur le plan national et international et conformément aux dispositions prévues par les lois et règlements en vigueur et aux dispositions du décret.

Durant le conseil ministériel du 5 mars 2008 sur la stratégie nationale pour la gestion des déchets d'activités sanitaires, il a été décidé, entre autre, que l'incinération in-situ soit abandonnée au profit d'une désinfection centralisée en centre de traitement collectif (hors site), et que la technologie de banalisation par autoclavage ou par micro-onde soit utilisée.

Les déchets qui peuvent être traités dans un banaliseuse sont les déchets à risques type DASRI. Ils se répartissent comme suit :

- Déchets piquants coupants tranchants (PCT) : Ils représentent le type le plus clairement identifiable de déchets d'activités de soins à risque tels que les aiguilles et seringues assemblées, les lancettes, les lames, les cathéters, les rasoirs, les scalpels, les bistouris, verrerie cassée, ...etc
- Déchets à risques infectieux (DASRI) : Ils représentent la plus grande fraction parmi les déchets d'activités de soins à risque, par exemple : les déchets issus de chambres d'isolement septique tels que les tampons, les pansements, les gants, les tubulures de perfusion intraveineuse...etc, les

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

déchets souillés par des fluides tels que le sang ; les dispositifs utilisant les liquides biologiques (poches, drains...etc)

- Déchets biologiques comme les liquides biologiques et les fluides physiologiques (sang, urine) ; les produits issus de cultures cellulaires et de prélèvements ; les fragments anatomiques reconnaissables (destinés à l'inhumation en Tunisie) et non reconnaissables qui suivent la filière des DASRI ; etc...

Toutes ces catégories de DASRI peuvent être traitées dans un banaliseuse et être ensuite broyées. De ce fait, elles peuvent être considérées comme des "Déchets Industriels Banals" assimilables aux déchets ménagers et peuvent par la suite être enfouies dans une décharge contrôlée.

Dans cette phase de concepts, nous considérons deux options pour le système de traitement des DASRI dans la région d'étude : la première (DS2) consiste à traiter les DASRI dans un centre de traitement central situé à Jendouba (option centralisée), la deuxième (DS3) à traiter les DASRI dans un centre de traitement situé dans le chef lieu de chaque gouvernorat (option décentralisée). De plus, nous avons estimé le coût pour la formation du personnel dans les hôpitaux (DS1).

4.2.2 Sensibilisation et formation de tous les acteurs - DS 1

Chaque acteur dans le circuit de la gestion des DAS devrait acquérir la connaissance et la discipline nécessaires pour assurer une gestion durable et sans risque de ces déchets sur l'environnement et la santé.

Pour cela, il est recommandé d'organiser des sessions de formation ciblée pour toute personne impliquée dans la gestion des DAS, dont les objectifs seraient :

- Développer la sensibilisation de l'ensemble du personnel aux risques associés aux objets perforants et autres déchets infectieux
- Former l'ensemble des personnels soignants au tri des différents types de déchets
- Former le personnel chargé des déchets concernant la manipulation, le stockage, le fonctionnement et la maintenance des appareils de traitement
- Former le personnel de transport sur la réglementation en vigueur concernant le transport des matières dangereuses.

La formation du personnel est faite dans le cadre de séminaires avec l'aide de manuels. Elle peut être assurée soit par le Ministère de la Santé Publique, soit par l'opérateur privé en charge du traitement des DASRI.

Pour l'estimation des coûts de la formation, nous considérons qu'elle est renouvelable tous les 5 ans. Dans l'étude sur la gestion des déchets solides à Samsun²⁸ en Turquie, les coûts de formation du per-

²⁸ Samsun solid waste management project – Implementation phase – Logistic concept, 14 sept.2007

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

sonnel assurant le service de 3.311 lits étaient de 3 hommes / mois. Sachant que le nombre total de lits dans la région d'étude est de 1.952, nous pouvons alors considérer 2,00 hommes / mois pour la formation du personnel.

Le tableau suivant présente les coûts de formation du personnel dans les hôpitaux.

Tableau 4-8 Coûts de formation du personnel dans les hôpitaux (Option DS1)

	Quantité	Prix unitaire	Coûts totaux
	H.M	DNT/H.M	DNT
Formation (inclue la voiture)	2	6.000	12.000
Frais divers pour la formation	-	-	2.000
Total	-	-	14.000

En considérant une production moyenne de DASRI de 600 t/an, nous pouvons alors estimer le coût de formation à la tonne qui revient à environ **5 DNT / tonne**.

4.2.3 Option centralisée : un banaliseuseur central – DS 2

L'option DS 2 consiste à disposer d'un banaliseuseur central qui est alimenté par les DASRI des quatre gouvernorats de la zone d'étude. Les déchets sont collectés par l'opérateur du banaliseuseur. Les investissements nécessaires pour le banaliseuseur et les véhicules de collecte sont effectués par l'opérateur privé, qui opère le système.

Nous considérons que le banaliseuseur central sera installé dans la ville de Jendouba car le gouvernorat de Jendouba génère la plus grande production de DASRI, et également parce que la ville de Jendouba est la plus proche de l'épicentre de la région d'étude.

Dans la Phase 1 de l'étude, la quantité de DASRI produits dans la zone d'étude en 2009 a été estimée à environ 556 tonnes. Par conséquent, nous avons considéré une unité de traitement de 600 t / an pour le calcul des coûts d'investissement et d'exploitation d'un banaliseuseur central à Jendouba.

Les coûts pour le banaliseuseur, le personnel requis et l'exploitation ont été pris de l'étude Phase 2 sur l'élaboration d'une stratégie de gestion des DAS pour la Tunisie, réalisée en 2007. Les coûts ont été adaptés à l'année 2009 en considérant une dépréciation de 5% par an. Le tableau suivant présente les coûts annuels d'un banaliseuseur de capacité 600 T/an placé hors site et les coûts pour son exploitation.

Tableau 4-9 Coûts d'un banaliseuseur central de capacité 600 T/an - DS2

Banaliseuseur de capacité 600 T/an	Unité	Quantité	Prix unitaire en 2009	Coûts en 2009
Investissement				
Coûts d'investissement	DNT	1	771.750	
Durée d'amortissement	ans	10		
Coût d'investissement annuel	DNT / an			77.175
Construction (GC)				

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Banaliseur de capacité 600 T/an	Unité	Quantité	Prix uni- taire en 2009	Coûts en 2009
Besoin en surface bâti utile	m2	90	579	
Surface extérieur (parking, quai de dé- chargement et de chargement véhicules)	m2	410	116	
Durée d'amortissement	ans	20		
Coûts d'amortissement GC	DNT / an			4.984
Bureautique et divers				
Coûts d'investissement - bureautique et divers	DNT	1	19.294	
Durée d'amortissement	ans	7		
Coûts d'amortissement - Bureautique et divers	DNT / an			2.756
Coûts totaux d'investissement				84.915
Exploitation				
Coût unitaire d'électricité	DNT/kW		0,200	
Coût unitaire d'eau	DNT/m3		0,840	
Coût vapeur	DNT/kg		0,039	
Electricité par cycle	kW	5,50		
Eau par cycle	m3	0,22		
Vapeur par cycle	kg	24		
Nombre de cycles / an		6.989		
Coûts pour électricité, eau, vapeur	DNT / an			15.452
Entretien				
Coût entretien base 6000 heures	DNT		34.729	
Temps moyen par cycle	min	50		
Nombre d'heures / an	h	5.824		
Coûts pour l'entretien	DNT / an			33.710
Personnel				
Agent technique	DNT / mois	4	521	
Agent administratif	DNT / mois	1	447	
Cadre de direction	DNT / mois	1	1.042	
Coûts des salaires du personnel par an	DNT / an			42.865
Frais divers - personnel (téléphone, fax, consommable bureautique, etc)	DNT / an	1	13.892	13.892
Coûts totaux d'exploitation	DNT / an			105.918

Pour l'estimation des coûts de transport, nous avons déterminé le nombre total de kilomètres qu'un véhicule doit effectuer pour collecter les DASRI de tous les hôpitaux de la région d'étude. Ce sont des itinéraires définis de façon optimale afin que le véhicule collecte le maximum de DASRI en effectuant le plus court trajet. On obtient 1.200 km aller-retour à Jendouba pour la collecte des DASRI dans les 28 hôpitaux de la région d'étude. Ce qui donne une distance moyenne entre 2 hôpitaux d'environ 22 km.

Nous avons ensuite considéré qu'un véhicule collecte les DASRI d'un seul gouvernorat tous les 2 jours. Il faut donc 1 véhicule pour les gouvernorats du nord (Béjà et Jendouba) et 1 véhicule pour les gouverno-

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

rats du sud (Siliana et Kef). Etant donné que les DASRI sont collectés tous les 2 jours, il n'est donc pas nécessaire de prévoir un système de réfrigération dans les hôpitaux pour stocker les DASRI.

Le nombre de kilomètres fait par jour et par chaque véhicule est d'environ $1.200/4 = 300$ km. Sur l'année, chaque véhicule parcourt environ 110.000 km. Par conséquent, le parc de véhicules doit être renouvelé tous les 2 ans et il faut considérer un troisième véhicule comme back-up (pannes, entretien, accident, etc.).

Les prix unitaires de transport en DNT/tonne.km sont pris du tableau en **Annexe 4-2**. En fonction des quantités de DASRI produits par gouvernorat (Tableau 4-7) et de la distance des hôpitaux par rapport au centre de traitement, nous avons déterminé les coûts de transport des DASRI des hôpitaux vers le centre de traitement central à Jendouba.

Des fûts sont des petits conteneurs en plastique. Ils sont utilisés pour collecter les DASRI dans les différents hôpitaux. On utilise des boîtes d'une capacité de 60 litres. Ces boîtes permettent la gestion des DASRI (chargement, déchargement dans les véhicules de transport) sans être en contact direct avec le personnel de manutention. Les informations sur les boîtes ont été prises de l'étude sur la gestion des déchets solides à Samsun en Turquie. La figure suivante représente une boîte utilisée dans les hôpitaux.

Figure 4-1 Boîte utilisée pour la collecte et le transport des DASRI



Une fois traités, les DASRI sont transportés du centre de traitement à Jendouba vers la décharge contrôlée d'Erroumani.

Le tableau suivant présente les coûts d'investissement et d'exploitation pour le transport des DASRI vers le centre de traitement de Jendouba et puis vers la décharge d'Erroumani.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 4-10 Coûts de transport des DASRI avec un banaliseur central à Jendouba - DS2

Transport des DASRI avec un banaliseur central à Jendouba	Unité	Quantité	Prix unitaire en 2009	Coûts en 2009
Investissement				
Véhicule de transport				
Nombre de fourgonnette (capacité de chargement 13 m3)		3		
Coût d'un camion	DNT / engin		65.000	
Durée d'amortissement	ans	2		
Coûts annuels d'investissement des camions	DNT / an			97.500
Fûts (boîtes plastiques)				
Capacité d'un fût	litres	60		
Densité DASRI dans le fût	t/m3	0,2		
Poids DASRI dans le fût	kg	12		
Production DASRI par jour	kg /jour	1.366		
Nombre de fûts dans les hôpitaux		114		
Prix unitaire d'un fût	DNT / fût		18	
Nombre de jeu de fûts		3		
Durée d'amortissement	ans	4		
Coûts annuels d'investissement des fûts	DNT / an			1.574
Coûts totaux d'investissement	DNT / an			99.074
Exploitation				
Transport des DASRI des hôpitaux au centre de traitement à Jendouba				
Nombre de km dans le gvt de Béjà	km	154		
Production de DASRI dans le gvt de Béjà	Tonnes / an	138		
Coût unitaire de transport - Béjà	DNT/tonne.km		1,701	
Nombre de km dans Jendouba	km	132		
Production de DASRI dans le gvt de Jendouba	Tonnes / an	164		
Coût unitaire de transport - Jendouba	DNT/tonne.km		1,725	
Nombre de km dans Siliana	km	198		
Production de DASRI dans le gvt de Siliana	Tonnes / an	107		
Coût unitaire de transport - Siliana	DNT/tonne.km		1,725	
Nombre de km dans Kef	km	132		
Production de DASRI dans le gvt de Kef	Tonnes / an	147		
Coût unitaire de transport - Kef	DNT/tonne.km		1,668	
Coûts de transport vers le centre de traitement à Jendouba	DNT / an			142.279
Transport des DASRI traités à la décharge d'Erroumani				
Réduction du poids des DASRI après traitement	%	50%		
Quantité de DASRI après traitement	t / an	278		
Distance Jendouba - Décharge Erroumani	km	25		
Coût unitaire de transport	DNT/tonne.km	2,464		
Coûts de transport à la décharge Erroumani	DNT / an			17.122

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Transport des DASRI avec un banaliseuseur central à Jendouba	Unité	Quantité	Prix unitaire en 2009	Coûts en 2009
Coûts totaux d'exploitation	DNT / an			159.402

Le tableau suivant présente les coûts d'enfouissement des DASRI traités dans la décharge contrôlée d'Erroumani. Le prix unitaire d'enfouissement en décharge a été déterminé dans le chapitre 3.9.3.2.

Tableau 4-11 Coûts de l'enfouissement des DASRI traités en décharge

Enfouissement des DASRI en décharge contrôlée	Unité	Quantité	Prix unitaire	Coûts en 2009
Quantité de DASRI	Tonnes /an	278		
Coût unitaire d'enfouissement	DNT / t		34	
Coûts annuels d'enfouissement	DNT / an			9.452

Les coûts totaux pour un banaliseuseur central est de **458.761 DNT en 2009**, ce qui fait un coût de traitement de **825 DNT / tonne** de DASRI.

4.2.4 Option décentralisée : un banaliseuseur dans chaque chef lieu de gouvernorat – DS 3

D'après les quantités de DASRI produits par gouvernorat (tableau 4-7), nous allons considérer que chaque chef lieu de gouvernorat est équipé d'un banaliseuseur d'une capacité de 200 t/an. Un véhicule de collecte est prévu pour collecter les DASRI par gouvernorat. Les DASRI sont collectés tous les jours.

Le tableau suivant présente les différents coûts d'investissement et d'exploitation des quatre banaliseuseurs installés dans les chefs lieux.

Tableau 4-12 Coûts des banaliseuseurs dans les chefs lieux (Option DS3)

Un banaliseuseur de capacité 200 T/an dans chaque chef lieu	Unité	Quantité	Prix unitaire en 2009	Coûts en 2009
Investissement				
Nombre de banaliseuseurs		4		
Coûts d'investissement	DNT		327.994	
Durée d'amortissement	ans	10		
Coût d'investissement annuel (4 banaliseuseurs)	DNT / an			131.198
Construction (GC)				
Besoin en surface bâti utile	m2	60	579	
Surface extérieur (parking, quai de déchargement et de chargement véhicules)	m2	340	116	
Durée d'amortissement	ans	20		
Coûts d'amortissement GC (4 banaliseuseurs)	DNT / an			14.818

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Un banaliseur de capacité 200 T/an dans chaque chef lieu	Unité	Quantité	Prix unitaire en 2009	Coûts en 2009
Bureautique et divers				
Coûts d'investissement - bureautique et divers	DNT		19.294	
Durée d'amortissement	ans	7		
Coûts d'amortissement - Bureautique et divers (4 banaliseurs)	DNT / an			11.025
Coûts totaux d'investissement	DNT / an			157.040
Exploitation				
Coût unitaire d'électricité	DNT/kW		0,200	
Coût unitaire d'eau	DNT/m3		0,840	
Coût vapeur	DNT/kg		0,039	
Electricité par cycle	kW	2		
Eau par cycle	m3	0,08		
Vapeur par cycle	kg	12		
Nombre de cycles / an	-	9.984		
Coûts pour électricité, eau, vapeur (4 banaliseurs)	DNT / an			37.150
Entretien				
Coût entretien base 6000 heures	DNT	10.612		
Temps moyen par cycle	min	35		
Nombre d'heures / an	h	5.824		
Coûts pour l'entretien (4 banaliseurs)	DNT / an			41.201
Personnel				
Agent technique	DNT / mois	12	521	
Agent administratif	DNT / mois	4	447	
Cadre de direction	DNT / mois	4	1.042	
Coûts des salaires du personnel (4 banaliseurs)	DNT / an			146.456
Frais divers - personnel (téléphone, fax, consommable bureautique, etc) (4 banaliseurs)	DNT / an	4	13.892	55.566
Coûts totaux d'exploitation	DNT / an			280.374

Pour le transport des DASRI vers les différents centres de traitement, nous considérons le même type de fûts que celui utilisé dans l'option DS2, de même en ce qui concerne le type de véhicule de transport.

Les distances des hôpitaux par rapport au chef lieu respectif ont été estimées pour chaque gouvernorat.

Les DASRI traités sont ensuite transportés vers la décharge d'Erroumani pour ceux provenant des centres de traitement de Béjà et Jendouba, et vers la décharge d'Essers pour ceux du Kef et de Siliana.

Le tableau suivant présente des coûts de transport des DASRI.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 4-13 Coûts de transport des DASRI dans l'option DS3

Transport des DASRI vers chaque centre de traitement	Unité	Quantité	Prix unitaire en 2009	Coûts en 2009
Investissement				
Véhicule de transport				
Camion fourgon (capacité de chargement 13 m ³)	DNT / engin	4	65.000	
Durée d'amortissement	ans	2		
Coûts annuels d'investissement des camions	DNT / an			130.000
Fûts (boîtes plastiques)				
Capacité d'un fût	litres	60		
Densité DASRI dans un fût	t/m ³	0,2		
Poids DASRI dans un fût	kg	12		
Production DASRI par jour	kg /jour	1366		
Nombre de fûts dans les hôpitaux		114		
Prix unitaire d'un fût	DNT / fût		18	
Nombre de jeu de fûts		3		
Durée d'amortissement	ans	4		
Coûts annuels d'investissement des fûts	DNT / an			1.574
Coûts totaux d'investissement	DNT / an			131.574
Exploitation				
Transport des DASRI des hôpitaux aux 4 centres de traitement				
Nombre de km dans Béjà / centre de traitement	km	121		
Production de DASRI dans le gvt de Béjà	Tonnes / an	138		
Coût unitaire de transport - Béjà	DNT/tonne.km	1,741		
Nombre de km dans Jendouba / centre de traitement	km	155		
Production de DASRI dans le gvt de Jendouba	Tonnes / an	164		
Coût unitaire de transport - Jendouba	DNT/tonne.km	1,700		
Nombre de km dans Siliana / centre de traitement	km	188		
Production de DASRI dans le gvt de Siliana	Tonnes / an	107		
Coût unitaire de transport - Siliana	DNT/tonne.km	1,674		
Nombre de km dans Kef / centre de traitement	km	125		
Production de DASRI dans le gvt de Kef	Tonnes / an	147		
Coût unitaire de transport - Kef	DNT/tonne.km	1,735		
Coûts de transport vers les centres de traitement	DNT / an			137.821
Transport des DASRI traités aux décharges d'Erroumani et d'Essers				
Réduction du poids des DASRI après traitement	%	50%		
Distance Béjà - Décharge Erroumani	km	25		
Coût unitaire de transport - Béjà	DNT/tonne.km	2,464		
Distance Jendouba - Décharge Erroumani	km	25		
Coût unitaire de transport - Jendouba	DNT/tonne.km	2,464		
Distance Siliana - Décharge Essers	km	43		
Coût unitaire de transport - Siliana	DNT/tonne.km	2,082		
Distance Kef - Décharge Essers	km	28		
Coût unitaire de transport - Kef	DNT/tonne.km	2,366		

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011

Préparé par :

AKr + PWi

Date :

03/08/2011

Nr de contrat :

11849

Vérfié par :

PWi

Version :

finale

Transport des DASRI vers chaque centre de traitement	Unité	Quantité	Prix unitaire en 2009	Coûts en 2009
	Coûts de transport vers les décharges	DNT / an		
Coûts totaux d'exploitation	DNT / an			156.780

Les coûts d'enfouissement des DASRI traités en décharges sont les mêmes que ceux calculés dans l'option DS2 (Tableau 4-11), à savoir 9.452 DNT /an.

Les coûts totaux pour un traitement de DASRI dans un banaliseuse dans chaque chef lieu est de **735.220 DNT en 2009**, ce qui fait un coût de traitement de **1.322 DNT / tonne** de DASRI.

4.2.5 Conclusions

On constate que 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 un opérateur privé.

Dans l'étude Phase 2 sur l'élaboration d'une stratégie de gestion des DAS pour la Tunisie, les coûts pour le traitement de DASRI en 2007 varient entre 420 et 690 DNT/ t en fonction de la capacité du traitement. Pour une capacité de 600 t/an, l'étude estime un coût de 470 DNT/t. Elle porte sur les établissements de soins de Grand Tunis et des villes du gouvernorat de Mednine. Ceci dit, les distances de transport sont moins importantes que celles dans la région de la Medjerda où le coût de traitement à la tonne est plus important (825 DNT/t).

Par conséquent, afin d'attirer un investisseur privé pour développer cette activité dans la région de la Medjerda, il faudra soit que les producteurs de DASRI paient un prix plus élevé que dans la région de Tunis, soit qu'une partie des coûts soient subventionnés par l'Etat, au moins dans un premier temps pour attirer un opérateur.

Le coût de la gestion intégrée des DASRI dans la vallée de la Medjerda se calcule comme suit :

Tableau 4-14 Coût de la gestion des DASRI dans la vallée de la Medjerda

Option	Coût total		Coût par tonne	
	Investissement (DNT/an)	Exploitation (DNT/an)	Investissement (DNT)	Exploitation (DNT)
Formation des opérateurs - DS 1	14 000		5	
Banaliseur central - DS 2	183 983	274 772	331	494
Total	197 983	274 772	336	494

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

4.3 DECHETS D'ABATTOIRS

4.3.1 Introduction

Une grande majorité des abattoirs de la zone d'étude ont la problématique d'être non hygiéniques. C'est généralement une salle unique, où sont réalisées toutes les opérations, le dépêchage est fait à même le sol, les déchets ne sont pas séparés, etc. Une des options du plan directeur des abattoirs est de réaliser un abattoir moderne par gouvernorat, au niveau du chef lieu du gouvernorat.

La situation actuelle dans la région d'étude est que chaque commune a son propre abattoir, d'où la multiplication des sources de déchets des abattoirs.

Nous rappelons que les déchets des abattoirs sont composés des saisies (organes et viandes jugés par l'inspection vétérinaire comme impropres à la consommation humaine), des matières stercoraires et des contenus intestinaux. Du fumier est également produit, dans les abattoirs disposant de stabulation (grands abattoirs).

Généralement, les matières stercoraires et les contenus digestifs sont assimilés aux déchets ménagers et ils peuvent être gérés avec eux.

Par contre, les saisies, bien que leurs quantités soient moins importantes que celles des contenus digestifs, et ses présentent sous forme d'organes et de viandes, demeurent très polluants et très dangereux pour la santé publique par leur possibilité à transmettre des maladies.

La quantité de déchets produits (hors fumier) et son évolution jusqu'à l'an 2033 sont présentées dans les tableaux suivants :

Tableau 4-15 Projection des quantités de déchets d'abattoirs de 2009 à 2033 (t/an)

Gouvernorats	2009	2014	2024	2033
Béja	292	304	347	371
Jendouba	369	402	470	527
Le Kef	256	264	282	300
Siliana	172	184	210	236
Total	1.089	1.153	1.309	1.435

Pour la gestion des déchets d'abattoirs, on a distingué les deux types de déchets éliminés, à savoir les contenus digestifs et les saisies.

4.3.2 Déchets des contenus digestifs

4.3.2.1 Système centralisé géré avec les déchets ménagers (DA 1)

Le système centralisé consiste à collecter les déchets des contenus digestifs à partir de chaque abattoir et de les éliminer en décharge contrôlée avec les déchets ménagers.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Le transport et l'élimination des déchets est généralement à la charge de l'exploitant de l'abattoir, mais peut être à la charge de la municipalité (suivant le contrat pour l'exploitation de l'abattoir). Ce transport sera donc fait soit par l'exploitant (s'il dispose du matériel adéquat), soit par la commune ou un transporteur privé contre paiement de ces services.

4.3.2.2 Système décentralisé géré par le secteur privé (DA 2)

Cette solution consiste à valoriser ces déchets par le secteur privé. Il existe trois options de valorisation :

- Production d'engrais : les déchets sont récupérés par des privés en vue de le transformer en engrais.

Cette solution intéresse beaucoup les agriculteurs et est déjà appliquée dans certains abattoirs.

- Production de compost : ces déchets sont récupérés par des privés en vue d'en faire du compost. Les quantités disponibles actuellement ne justifient pas la création d'une unité de compostage, mais ces déchets peuvent être ajoutés à d'autres types de déchets organiques.

- Digestion des déchets : les déchets sont récupérés par des privés en vue de produire du biogaz. Les quantités de déchets disponibles ne justifient pas la création d'une unité de digestion. Mais comme pour la solution de compostage, ces déchets peuvent être ajoutés à d'autres types de déchets organiques.

Cependant, ces trois options doivent être accompagnées d'actions de contrôle, de formation et de sensibilisation afin de :

- S'assurer que l'agriculteur ou le promoteur privé maîtrise les aspects techniques du système de traitement
- S'assurer de la qualité et de l'usage du produit final (engrais, compost, biogaz)
- Fournir une formation complémentaire sur terrain aux promoteurs et aux agriculteurs, sur la production et l'usage de ce produit

4.3.2.3 Conclusion sur la gestion des déchets de contenus digestifs

Compte tenu des quantités faibles et réparties dans les différentes municipalités, 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.

4.3.3 Déchets des saisies

Les saisies sont le reflet de l'état sanitaire des animaux abattus. Elles sont constituées de carcasses et d'abats. Les modes de gestion de ces déchets sont :

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

- L'incinération : aucun abattoir de la zone d'étude ne dispose d'incinérateur. Cette solution serait éventuellement envisageable lors de la réalisation d'abattoirs modernes. Elle est assez coûteuse et ne semble pas adaptée aux conditions locales
- La banalisation : cette solution est envisageable, mais assez coûteuse (environ 1.000 DNT/t), et elle ne serait vraisemblablement pas acceptée par les exploitants
- La dénaturation puis l'enfouissement en décharge contrôlée : les saisies sont dénaturées (détergent, eau de javel, gazoil, etc) puis enfouies en décharge contrôlée, avec couverture par de la chaux.

Cette dernière solution semble la plus adaptée et est actuellement appliquée par la majorité des abattoirs.

4.4 DIB – FRACTIONS INERTES

4.4.1 Introduction

Les quantités de déchets industriels banals (DIB) et leur évolution jusqu'en 2033 sont les suivantes :

Tableau 4-16 Prévision des quantités de DIB de 2008 à 2033

Gouvernorat	Qté en 2008 (t/an)	Qté en 2009 (t/an)	Qté en 2014 (t/an)	Qté en 2024 (t/an)	Qté en 2033 (t/an)
Béja	2.583	2.712	3.462	5.639	8.747
Jendouba	862	905	1.155	1.881	2.918
Kef	1.142	1.199	1.530	2.493	3.867
Siliana	1.133	1.190	1.519	2.474	3.838
Total	5.720	6.006	7.666	12.487	19.370

Vu les petites quantités générées, la dispersion des DIB dans les 37 municipalités et l'éloignement des industries du recyclage (Tunis), il n'est pas envisageable d'obliger les industriels à gérer leurs déchets indépendamment du système des déchets ménagers. En effet, cela serait très onéreux et engendrerait la prolifération des dépôts sauvages.

La gestion des DIB par les municipalités et le nouveau système a un coût qui doit être répercuté sur les industriels, au prorata des quantités qu'ils éliminent.

Actuellement dans la région d'étude, si c'est la municipalité qui se charge du transport, l'industrie paye par voyage. Le coût à payer pour un voyage par une remorque et un tracteur est compris entre de 10 et 20 DNT en fonction des communes. Il faut donc augmenter ce tarif.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

4.4.2 Les options pour la gestion des DIB – fractions inertes

Les fractions recyclables générées par les industries ne doivent pas être mélangées avec les déchets ménagers car elles sont alors souillées et elles ne peuvent plus être valorisées.

Les options pour la gestion des DIB vont dépendre de l'existence d'installations de tri et de pré-traitement sur les décharges :

- **Option 1 (DIBI 1) :** Pas de tri ou de pré-traitement. Les DIB sont assimilés à des déchets ménagers et le tarif est adapté. Le tri des déchets dans les industries n'est pas nécessaire s'il n'est pas économique.
- **Option 2 (DIBI 2) :** Il y a un tri et/ou un pré-traitement. Les industries doivent trier leurs déchets suivant :
 - les non valorisables qui sont assimilés aux déchets ménagers. Les coûts pour leur élimination sont les mêmes que ceux de l'option 1.
 - les valorisables qui sont collectés par les municipalités ou par les sociétés privées et transportés vers les centres de transfert (un conteneur leur est réservé). Ils sont ensuite transférés (en vrac) par l'exploitant du CT et triés sur la décharge. Les coûts à appliquer aux producteurs devront être moindres que dans l'option 1 puisque le gestionnaire du centre de tri / prétraitement peut bénéficier d'un revenu à la revente des fractions recyclables. Et aussi pour inciter les industriels à trier leurs déchets. La réduction du tarif sera à définir en fonction des options techniques de prétraitement retenues et de la valeur des déchets recyclés sur le marché national.

4.5 DIB – FRACTIONS FERMENTICIBLES ET DECHETS AGRICOLES

Nous avons analysé au chapitre 12 du rapport de la première phase, les quantités et les potentiels valorisables des déchets agricoles et des déchets agro-alimentaires. Il en ressort que :

- Les déchets agricoles sont totalement récupérés par les producteurs
- Les déchets d'élevages (essentiellement des bovins car sédentaires) sont des sources de pollution locales, mais cette pollution pourrait être évitée si de moyens plus adaptés d'épandage de fumier étaient développés
- Pour ce qui concerne les déchets de l'industrie agro-alimentaire, seules les quantités générées dans des zones municipales ou directement limitrophes peuvent nous intéresser dans le cadre d'une valorisation des fractions organiques.

La problématique de la gestion des déchets d'élevages bovins a été discutée au chapitre 3.10.1, concernant la GDS dans les zones rurales.

Les quantités mobilisables de déchets des industries agro-alimentaires ont été estimées pour 2009 à 649 tonnes par an, à 855 tonnes en 2014 (soit 0,6 % des déchets municipaux) et 2.160 tonnes en 2033 (soit 0,8 % des déchets municipaux).

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Nous avons étudié la possibilité de valorisation énergétique de la biomasse au sein même de l'entreprise qui la génère. Nous avons repris le cas des trois sociétés que nous avons enquêtées durant la Phase 1 de l'étude :

- La société ABIDA qui transforme des légumes pour produire du concentré de tomates, harissa et des olives de table. Parallèlement à cette activité, la société possède à 1.5 Km un élevage ovin de 600 têtes.
- La société Kokam qui est active dans l'élevage de volailles, l'abattage de dindes (500 / jour à 10 kg), volailles (5.000 – 6.000 / jour à 1,6 kg) et cailles (100 / jour à 0,18 kg) et la transformation de la viande
- L'OTD de Thibar qui développe la polyculture, l'élevage et la production viticole.

Le développement de ces trois études de cas est présenté en **Annexe 4-3**.

Le tableau suivant est un récapitulatif des trois études de cas.

Tableau 4-17 Résultats de 3 études de cas de projet de biométhanisation

	Unité	Société ABIDA	KOKAM	OTD THIBAR
Biomasses valorisées	t/an	1.013 (22% M.S)	945 (50% M.S)	4.298 (29% M.S)
Types de déchets	-	Déchets d'entreprises agro-alimentaires + Fumier ovin	Fientes volaille + Boues STEP + Déchets d'abattoir	Fumier + Déchets solides vin + Déchets liquides
Production énergétique nette (Production brute moins l'autoconsommation) :				
Electricité	KWhé/an	123.300	414.000	666.000
Chaleur	KWhth/an	145.000	420.000	670.000
Excédent annuel	DNT	- 52.390	- 45.600	- 88.620

De façon générale, les résultats du tableau montrent que les projets de biométhanisation ne sont pas rentables en raison des quantités faibles en biomasses disponibles par société, et également en raison du prix de rachat de l'électricité qui est actuellement de 0,110 DNT/kWhé.

Cependant, le potentiel énergétique de l'étude sur la société KOKAM est le plus intéressant des trois cas. Le fait de doubler le prix de rachat de l'électricité pourrait rendre ce projet économiquement viable.

Comme le montre ces exemples, 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, en les assimilant à des déchets industriels banals.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

4.6 DECHETS INERTES ET DE DEMOLITION

La gestion actuelle qui consiste à disposer d'un dépotoir par municipalité est la seule solution possible pour ces déchets inertes, essentiellement issus de la construction. Les PCGD pourront définir au cas par cas des procédures et une tarification pour ces déchets, afin d'en éviter les dépôts sauvages.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

5 EXAMEN DES POSSIBILITES DE GENERATION DE CERTIFICATS D'EMISSION

Cette analyse est présentée en **Annexe 5-1**.

6 DEVELOPPEMENT DES OPTIONS DU CONCEPT INSTITUTIONNEL ET ORGANISATIONNEL

6.1 PRECOLLECTE ET COLLECTE DES DECHETS MENAGERS ET ASSIMILES

6.1.1 Situation actuelle

A l'heure actuelle, les communes gèrent majoritairement le service de collecte des déchets municipaux par leurs propres moyens (matériel et personnel) (scénario I-PCC3). Quelques communes, telles que Jendouba, ont eu recours à des opérateurs privés, à une échelle limitée (scénario I-PCC2). 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. Plusieurs communes, profitant des encouragements institués pour l'emploi des jeunes diplômés (mécanisme 32 du fonds 21-21), ont recruté des micro-entreprises pour la collecte des déchets, notamment dans la médina ou les zones péri-urbaines (scénario I-PCC1). 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.

6.1.2 Proposition

Il est recommandé d'améliorer et de renforcer le système de collecte des déchets municipaux. La professionnalisation de la précollecte et de la collecte des déchets ménagers passe par quatre axes stratégiques :

- la définition claire de niveaux de service (en fonction de la typologie de l'habitat et des caractéristiques socio-économiques des populations) ;
- l'introduction d'indicateurs de performance cohérents avec ces niveaux de service ;
- la mise en place d'une coopération intercommunale (scénario I-PCC4).
- le développement de la délégation du service au secteur privé dans le cadre de la coopération intercommunale dans la collecte des déchets, qui peut dès lors constituer une forte incitation et une émulation pour l'amélioration de la collecte en régie (scénario I-PCC5).

Le tableau ci-dessous récapitule les 5 scénarii possibles pour la collecte des déchets dans les zones urbaines, en présentant leurs avantages et inconvénients, ainsi que les préalables nécessaires :

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Tableau 6-1 Comparaison des scénarios de la précollecte et de la collecte des déchets ménagers

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompagnatrices
Collecte des déchets municipaux par des micro-entreprises contractées par les communes (I-PCC1)	<ul style="list-style-type: none"> - expérience de certaines communes dans la passation et la gestion de contrats avec les micro-entreprises - souplesse de gestion (durée du contrat et extension géographique) - aide financière de l'Etat dans le cadre de l'encouragement à l'emploi des jeunes diplômés (limitée aux quatre premières années) - possibilité de mieux collecter complètement les zones urbaines réputées difficiles (zone péri-urbaines et médina) - possibilité d'introduire des mécanismes de contrôle et des indicateurs de performance des prestations rendues par les micro-entreprises 	<ul style="list-style-type: none"> - absence d'expérience de certaines communes dans la passation et la gestion de contrats avec les micro-entreprises - difficulté de dégager des économies d'échelle (fractionnement des prestations) - compétences et références de micro-entreprises dans le domaine de la GDS ? - durabilité non prouvée du financement (au-delà des 5 premières années) 	<ul style="list-style-type: none"> - mettre en place un programme de formation des micro-entreprises - mettre en place un système de suivi et contrôle des prestations des micro-entreprises - programme de formation des cadres en charge du suivi et contrôle - définir un mode de financement au-delà de la cinquième année
Collecte des déchets municipaux par des entreprises privées contractées par les communes (I-PCC2)	<ul style="list-style-type: none"> - expérience de certaines communes dans la passation et la gestion de contrats avec le secteur privé - assistance et soutien de la DGCPL à la PSP - bonnes compétences et références du secteur privé - possibilité d'améliorer le service rendu aux citoyens, notamment dans les zones urbaines modernes - possibilité d'introduire des mécanismes de contrôle et des indicateurs de performance des prestations rendues par les micro- 	<ul style="list-style-type: none"> - absence d'expérience de certaines communes dans la passation et la gestion de contrats avec le secteur privé - procédures de passation des marchés lourdes et complexes - intérêt du secteur privé pour la sous-traitance de services de collecte (résiliation de contrats avant terme, performances non atteintes, retards de paiement, demande de service supplémentaire non rémunéré, etc.) ? - intérêt du secteur privé pour la sous- 	<ul style="list-style-type: none"> - renforcement des capacités communales pour la passation des marchés - sonder les entreprises sur leur intérêt à ce marché - mettre en place un système de suivi et contrôle des prestations des entreprises privées - programme de formation des cadres en charge du suivi et contrôle - mettre en place un programme de formation des entreprises locales - définir un mode de financement durable

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompagnatrices
	entreprises	<p>traitance d'une fraction de la gestion des déchets ménagers (puisque seule la collecte n'est concernée) ?</p> <ul style="list-style-type: none"> - contraintes budgétaires pouvant entraîner parfois des retards de paiement et une baisse de la qualité des prestations - compétences et références insuffisantes de certaines entreprises locales - capacités des communes pour suivre et contrôler les prestations des entreprises privées ? 	pour la collecte des déchets municipaux
Collecte des déchets municipaux par les services municipaux (I-PCC3)	<ul style="list-style-type: none"> - certaines communes ont développé des compétences importantes dans la GDS - possibilité par les marchés cadres d'obtenir des prix compétitifs pour l'achat des équipements - partage d'expérience entre communes (formation, séminaires) 	<ul style="list-style-type: none"> - certaines zones urbaines sont mal collectées (zones péri-urbaines, médina) - absence d'économies d'échelle entre communes - absence de souplesse de gestion (contraintes budgétaires et administratives) - pas de suivi et contrôle des performances des prestations rendues par le service municipal - encadrement insuffisant et équipements obsolètes ou inadaptés aux contraintes du service - capacité limitée à s'adapter en profondeur aux évolutions urbaines et techniques (matériel et méthodes) - financement de la GDS non durable 	<ul style="list-style-type: none"> - mettre en place un programme de mise à niveau des compétences et méthodes du personnel des communes en charge de la GDS - définir un mode de financement durable
Collecte des déchets municipaux par une commune pour le compte	<ul style="list-style-type: none"> - existence d'incitations financières à l'intercommunalité (CPSCL) - possibilité de dégager 	<ul style="list-style-type: none"> - le gain provenant des économies d'échelle n'est pas nécessairement transféré aux communes concé- 	<ul style="list-style-type: none"> - Etudier l'opportunité de confier à une commune concessionnaire la collecte des déchets municipaux

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011

Préparé par :

AKr + PWi

Date :

03/08/2011

Nr de contrat :

11849

Vérfié par :

PWi

Version :

finale

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompagnatrices
d'autres communes (I-PCC4)	<ul style="list-style-type: none"> - d'importantes économies d'échelle - possibilité de profiter des compétences importantes de la commune concessionnaire dans la GDS - possibilité d'introduire de nouvelles méthodes et équipements par la commune concessionnaire (expérience dans la GDS) - possibilité d'améliorer le service rendu aux citoyens - possibilité par les communes concédantes d'introduire des mécanismes de contrôle et des indicateurs de performance des prestations rendues par la commune concessionnaire 	<ul style="list-style-type: none"> - durabilité du schéma (cas de retrait de l'une ou plusieurs des communes concédantes) ? - réduction des gains d'économies d'échelle en cas de retrait de l'une des communes concédantes - contraintes budgétaires (des communes concédantes) pouvant entraîner parfois des retards de paiement et une baisse de la qualité des prestations - compétences et capacités insuffisantes de certaines communes concessionnaires - capacités insuffisantes des communes concédantes pour suivre et contrôler les prestations de la commune concessionnaire 	<ul style="list-style-type: none"> - mettre en place un système de suivi et contrôle des prestations de la commune concessionnaire - programme de formation des cadres en charge du suivi et contrôle - définir un mode de financement durable pour la collecte des déchets municipaux
Collecte des déchets municipaux par une entreprise privée contractée par une commune concessionnaire agissant pour le compte de plusieurs communes dans le cadre d'une convention (I-PCC5)	<ul style="list-style-type: none"> - importantes économies d'échelle dégagées - intérêt plus grand du secteur privé pour des marchés de taille importante - expérience de certaines communes dans la passation et la gestion de contrats avec le secteur privé - assistance et soutien de la DGCPPL à la PSP - bonnes compétences et références du secteur privé - possibilité d'améliorer le service rendu aux citoyens - possibilité d'introduire des mécanismes de contrôle et des indica- 	<ul style="list-style-type: none"> - durabilité du schéma (simple convention entre communes) - procédures de décisions au niveau des communes conventionnées lourdes - procédures de passation des marchés complexes - contraintes budgétaires pouvant entraîner parfois des retards de paiement et une baisse de la qualité des prestations - intérêt du secteur privé pour la sous-traitance de services de collecte (résiliation de contrats avant terme, performances non atteintes, retards de paiement, de- 	<ul style="list-style-type: none"> - Etudier l'opportunité de mettre en place une coopération intercommunale de façon à développer un argumentaire pour convaincre les autorités - sonder les entreprises sur leur intérêt à ce marché - mettre en place un programme de formation des entreprises locales - assistance technique conjointe de la DGCPPL et de l'ANGed lors de la mise en œuvre de la convention intercommunale - renforcement des capacités communales

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompagnatrices
	<p>teurs de performance des prestations rendues par les entreprises privées</p>	<p>mande de service supplémentaire non rémunéré, etc.) ?</p> <ul style="list-style-type: none"> - compétences et références insuffisantes de certaines entreprises locales - capacités insuffisantes des communes pour suivre et contrôler les prestations des entreprises privées 	<p>pour la passation des marchés</p> <ul style="list-style-type: none"> - mettre en place un système de suivi et contrôle des prestations des entreprises privées - programme de formation des cadres en charge du suivi et contrôle - définir un mode de financement durable pour la collecte des déchets municipaux

6.1.3 Cadre financier

La collecte des déchets dans les zones urbaines est financée par le budget communal, provenant principalement des impôts directs locaux, du Fonds Commun des Collectivités Locales et des autres revenus (impôts locaux indirects, revenus du domaine, recettes en atténuation des services rendus et autres recettes accidentelles et diverses). Il convient de rappeler que les citoyens ne sont pas soumis à une redevance propreté de par la loi sur la fiscalité locale.

A court terme, il est peu vraisemblable que le mode actuel de financement évolue. Toutefois, il convient de noter qu'une réflexion est en cours au sein du gouvernement tunisien sur la stratégie de financement et de recouvrement des coûts de la gestion des déchets solides. Outre le financement par les éco-taxes, une piste sérieuse concerne justement l'introduction progressive d'une redevance déchets.

6.1.4 Conclusion

L'analyse précédente a permis de montrer que le scénario I-PCC5 est le mieux approprié à un horizon moyen-long terme, compte tenu des importantes économies d'échelle qu'il permet de dégager, surtout s'il est couplé à la participation du secteur privé. A court terme, dans les conditions actuelles, il est souhaitable d'encourager la professionnalisation de la précollecte et de la collecte des déchets ménagers.

6.2 TRI DES DECHETS MENAGERS RECYCLABLES

6.2.1 Situation actuelle

Il n'existe pas à proprement parler de tri des déchets ménagers organisé par les communes ou le secteur privé en vue d'en extraire la fraction recyclable. Il y a eu quelques expériences sans lendemain de collecte sélective et de tri menées par des communes, dont la plus emblématique est celle réalisée par la commune de Tunis en collaboration avec l'ANPE dans le quartier de Cité El Khadhra. Autrement, on relève, ici et là, des initiatives du secteur informel ou de micro-entreprises de tri sommaire (parfois à même la voirie) pour séparer certaines fractions de valeur (cannettes métalliques, bouteilles en plastique, vieux meubles, certains équipements électriques et électroniques, vieux vêtements, etc.).

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Enfin, il convient de rappeler que l'ANGed a mis en place le réseau Cheb qui permet de récupérer les emballages en plastiques préalablement triés à la source par les ménages et déposés par ceux-ci auprès des épiceries de détail.

6.2.2 Proposition

Il y a lieu de souligner que le développement du tri à la source (au niveau des ménages) procède d'une stratégie à long terme. En revanche, il est possible de développer le tri par apport volontaire dans des déchetteries : l'ANGed est en train d'étudier la faisabilité de créer des déchetteries communales et industrielles. Il est donc proposé de développer un réseau de déchetteries au niveau des communes, ces déchetteries pouvant être gérées en régie par les communes, par l'ANGed ou encore par le secteur privé.

Le tableau ci-dessous récapitule les 8 scénarii possibles pour le tri des déchets ménagers recyclables, en présentant leurs avantages et inconvénients, ainsi que les préalables nécessaires :

Tableau 6-2 Comparaison des scénarios du tri des déchets ménagers recyclables

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompagnatrices
Tri des déchets municipaux par des micro-entreprises contractées par les communes (I-TRI1)	<ul style="list-style-type: none"> - expérience de certaines communes dans la passation et la gestion de contrats avec les micro-entreprises - souplesse de gestion (durée du contrat et extension géographique) - aide financière de l'Etat dans le cadre de l'encouragement à l'emploi des jeunes diplômés (limitée aux quatre premières années) - possibilité de mieux desservir complètement les zones urbaines réputées difficiles (zone péri-urbaines et médina) 	<ul style="list-style-type: none"> - absence d'expérience de certaines communes dans la passation et la gestion de contrats avec les micro-entreprises - difficulté de dégager des économies d'échelle (fractionnement des prestations) - possibilité d'introduire des mécanismes de contrôle et des indicateurs de performance des prestations rendues par les micro-entreprises ? - compétences et références de micro-entreprises dans le domaine du tri des déchets ménagers ? - coût du tri ? - nuisances possibles (apparition de points noirs) - couverture complète du périmètre communal ? - durabilité non prouvée du financement (au-delà des 5 premières années) 	<ul style="list-style-type: none"> - mettre en place un programme de formation des micro-entreprises - mettre en place un système de suivi et contrôle des prestations des micro-entreprises - programme de formation des cadres en charge du suivi et contrôle - définir un mode de financement au-delà de la cinquième année
Tri des déchets ména-	<ul style="list-style-type: none"> - souplesse de gestion - pas de coût apparent 	<ul style="list-style-type: none"> - difficulté de dégager des économies 	<ul style="list-style-type: none"> - pas de mesures accompagnatrices

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompagnatrices
gers par le secteur informel (I-TRI2)	<ul style="list-style-type: none"> - compétences et références du secteur informel dans le domaine du tri des déchets ménagers - création d'emplois et de revenus pour des populations pauvres 	<ul style="list-style-type: none"> - d'échelle (fractionnement des prestations) - aucune indication possible sur la performance des prestations rendues par le secteur informel - nuisances possibles (apparition de points noirs) - hygiène et santé publique - sécurité et conditions de travail des trieurs - travail des enfants ? - le secteur informel se concentre sur les zones et les gisements les plus intéressants 	<ul style="list-style-type: none"> - proposées, les inconvénients l'emportant sur les avantages.
Gestion en régie de déchetterie de déchets ménagers par l'ANGed (I-TRI3)	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilité d'obtenir des prix compétitifs pour l'acquisition des équipements des déchetteries 	<ul style="list-style-type: none"> - Adhésion de la population ? - gestion centralisée d'un réseau de déchetteries - contraintes budgétaires pouvant entraîner parfois des retards de réalisation des investissements et une baisse des performances - Compétences de l'ANGed dans la gestion de déchetteries ? - capacités de l'ANGed pour respecter des standards de performances relatifs au tri des déchets ménagers ? - financement de l'activité à élucider 	<ul style="list-style-type: none"> - définir un mode de financement de l'activité - recruter le personnel chargé d'exploiter les déchetteries - définir un programme de communication et de sensibilisation - définir des mécanismes incitatifs pour encourager l'apport volontaire
Gestion déléguée par le secteur privé de déchetteries de déchets ménagers (I-TRI4)	<ul style="list-style-type: none"> - expérience de l'ANGed dans la passation et la gestion de contrats avec le secteur privé - souplesse de gestion (durée du contrat et extension géographique) - possibilité d'initier des techniques innovantes pour le tri par le secteur privé 	<ul style="list-style-type: none"> - procédures de passation des marchés lourdes et complexes - intérêt du secteur privé pour la sous-traitance du tri (résiliation de contrats avant terme, performances non atteintes, retards de paiement, demande de service supplémentaire non rémunéré, etc.) ? 	<ul style="list-style-type: none"> - assistance technique de l'ANGed - sonder les entreprises sur leur intérêt à ce marché (tri) - mettre en place un programme de formation des entreprises - mettre en place un système de suivi et contrôle des prestations des entreprises

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011

Préparé par :

AKr + PWi

Date :

03/08/2011

Nr de contrat :

11849

Vérfié par :

PWi

Version :

finale

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompa- gnatrices
	<ul style="list-style-type: none"> - possibilité d'introduire des mécanismes de contrôle et des indicateurs de performance des prestations rendues par le secteur privé 	<ul style="list-style-type: none"> - intérêt du secteur privé pour la sous-traitance d'une fraction de la gestion des déchets ménagers (puisque seul le tri est concerné) ? - contraintes budgétaires pouvant entraîner parfois des retards de paiement et une baisse de la qualité des prestations - compétences et références insuffisantes des entreprises - capacités de l'ANGed pour suivre et contrôler les prestations des entreprises privées ? 	<ul style="list-style-type: none"> - programme de formation des cadres de l'ANGed en charge du suivi et contrôle - définir un programme de communication et de sensibilisation - définir des mécanismes incitatifs pour encourager l'apport volontaire - définir un mode de financement de l'activité
Gestion déléguée par les micro-entreprises de déchetteries de déchets ménagers (I-TRI5)	<ul style="list-style-type: none"> - expérience de l'ANGed dans la passation et la gestion de contrats avec les micro-entreprises - aide financière de l'Etat dans le cadre de l'encouragement à l'emploi des jeunes diplômés (limitée aux quatre premières années) - souplesse de gestion (durée du contrat et extension géographique) - procédures de passation des marchés relativement simples - intérêt potentiel des micro-entreprises pour la sous-traitance d'une partie de la gestion des déchets ménagers 	<ul style="list-style-type: none"> - difficulté d'initier des techniques innovantes pour le tri par les micro-entreprises - difficulté d'introduire des mécanismes de contrôle et des indicateurs de performance des prestations rendues par les micro-entreprises - compétences et références insuffisantes des micro-entreprises - capacités de l'ANGed pour suivre et contrôler les prestations des micro-entreprises ? - durabilité non prouvée du financement (au-delà des 5 premières années) 	<ul style="list-style-type: none"> - mettre en place un programme de formation des micro-entreprises - mettre en place un système de suivi et contrôle des prestations des micro-entreprises - programme de formation des cadres de l'ANGed en charge du suivi et contrôle - définir un programme de communication et de sensibilisation - définir des mécanismes incitatifs pour encourager l'apport volontaire - définir un mode de financement de l'activité au-delà de la cinquième année
Gestion en régie de déchetterie de déchets ménagers par les communes (I-TRI6)	<ul style="list-style-type: none"> - gestion locale d'une activité locale - possibilité de créer une nouvelle source de revenu (redevance) pour cette activité 	<ul style="list-style-type: none"> - contraintes budgétaires pouvant entraîner parfois des retards de réalisation des investissements et une baisse des performances - intérêt des communes pour cette activi- 	<ul style="list-style-type: none"> - sonder les communes sur leur intérêt de gérer des déchetteries - définir un programme de communication et de sensibilisation - définir des méca-

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompa- gnatrices
		<ul style="list-style-type: none"> té ? - difficulté d'initier des techniques innovantes pour le tri par les communes - difficulté d'introduire des mécanismes de contrôle et des indicateurs de performance des prestations rendues par les communes - Compétences des communes dans la gestion de déchetteries ? - capacités des communes pour respecter des standards de performances relatifs au tri des déchets ménagers ? - acceptation des ménages d'une redevance spécifique ? - financement de l'activité à préciser 	<ul style="list-style-type: none"> nismes incitatifs pour encourager l'apport volontaire - définir un mode de financement de l'activité - recruter le personnel chargé d'exploiter les déchetteries
Gestion déléguée par les micro-entreprises de déchetteries de déchets ménagers (I-TRI7)	<ul style="list-style-type: none"> - expérience de certaines communes dans la passation et la gestion de contrats avec les micro-entreprises - aide financière de l'Etat dans le cadre de l'encouragement à l'emploi des jeunes diplômés (limitée aux quatre premières années) - souplesse de gestion (durée du contrat et extension géographique) - procédures de passation des marchés relativement simples - intérêt potentiel des micro-entreprises pour la sous-traitance d'une partie de la gestion des déchets ménagers 	<ul style="list-style-type: none"> - difficulté d'initier des techniques innovantes pour le tri par les micro-entreprises - difficulté d'introduire des mécanismes de contrôle et des indicateurs de performance des prestations rendues par les micro-entreprises - compétences et références insuffisantes des micro-entreprises - capacités des communes pour suivre et contrôler les prestations des micro-entreprises ? - durabilité non prouvée du financement (au-delà des 5 premières années) 	<ul style="list-style-type: none"> - assistance technique de l'ANGed - mettre en place un programme de formation des micro-entreprises - mettre en place un système de suivi et contrôle des prestations des entreprises - programme de formation des cadres communaux en charge du suivi et contrôle - définir un programme de communication et de sensibilisation - définir des mécanismes incitatifs pour encourager l'apport volontaire - définir un mode de financement de l'activité au-delà de la cinquième année
Gestion délé-	- expérience de certai-	- absence d'expérience	- assistance techni-

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompagnatrices
guée par le secteur privé de déchetteries de déchets ménagers (I-TRI8)	<ul style="list-style-type: none"> - souplesse de gestion (durée du contrat et extension géographique) - possibilité d'initier des techniques innovantes pour le tri par le secteur privé - possibilité d'introduire des mécanismes de contrôle et des indicateurs de performance des prestations rendues par le secteur privé 	<ul style="list-style-type: none"> - de certaines communes dans la passation et la gestion de contrats avec le secteur privé - procédures de passation des marchés lourdes et complexes - intérêt du secteur privé pour la sous-traitance du tri (résiliation de contrats avant terme, performances non atteintes, retards de paiement, demande de service supplémentaire non rémunéré, etc.) ? - intérêt du secteur privé pour la sous-traitance d'une fraction de la gestion des déchets ménagers (puisque seul le tri est concerné) ? - contraintes budgétaires pouvant entraîner parfois des retards de paiement et une baisse de la qualité des prestations - compétences et références insuffisantes des entreprises - capacités des communes pour suivre et contrôler les prestations des entreprises privées ? 	<ul style="list-style-type: none"> - que de l'ANGed sonder les entreprises sur leur intérêt à ce marché (tri) - mettre en place un programme de formation des entreprises - mettre en place un système de suivi et contrôle des prestations des entreprises - programme de formation des cadres communaux en charge du suivi et contrôle - définir un programme de communication et de sensibilisation - définir des mécanismes incitatifs pour encourager l'apport volontaire - définir un mode de financement de l'activité

6.2.3 Cadre financier

Il n'existe pas de cadre financier approprié pour le financement du tri des déchets ménagers recyclables. Certes, il existe des débouchés mais il n'est pas sûr que les prix de reprise soient suffisamment rémunérateurs pour couvrir la totalité des coûts de cette activité.

Si cette activité est gérée par les communes (soit en régie, soit en délégation), les communes devront financer les coûts d'investissement et d'exploitation des déchetteries à créer sur leur budget propre. La loi sur la fiscalité locale leur offre la possibilité de créer une redevance spécifique, partant du principe qu'il s'agit d'un service spécifique. Il restera toutefois à tester leur volonté politique de créer ce nouvel outil financier.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Si l'ANGed devait gérer les déchetteries, il est peu probable que cela s'accompagne d'une nouvelle rentrée financière : cette activité serait donc financée sur les ressources propres de l'ANGed (éco-taxes), alors même que l'ANGed doit faire face à une augmentation importante de ses dépenses (liée à l'entrée en exploitation de nouvelles décharges contrôlées et centres de transfert) et une stagnation de ses recettes.

6.2.4 Conclusion

L'analyse précédente montre qu'il n'existe pas de schéma institutionnel et financier optimal pour le tri des déchets ménagers recyclables. En effet, lorsqu'il existe des solutions de financement (cas des communes), il leur manquera peut-être la volonté politique et les compétences techniques pour faire aboutir de tels projets. En revanche, lorsqu'une vision, une volonté et des compétences existent (cas de l'ANGed), ce sont les moyens financiers qui pourraient faire défaut.

Ceci étant dit, le scénario I-TRI6 apparaît comme étant le plus raisonnable dans le contexte actuel. A plus long terme, le scénario I-TRI8 est à encourager.

6.3 RECYCLAGE DES DECHETS MENAGERS RECYCLABLES TRIES

6.3.1 Situation actuelle

Il existe actuellement plusieurs filières de recyclage des déchets ménagers, certaines informelles (cas des vieux vêtements, du petit matériel électroménager, des métaux, etc.), d'autres mises en place dans le cadre de la loi 96-41.

En effet, depuis la promulgation de la Loi cadre n° 96-41 sur la gestion des déchets solides et des textes d'application y afférents, la Tunisie a mis en place plusieurs filières de collecte, de traitement et de valorisation de certaines catégories de déchets. Eco-Lef est le plus ancien éco-organisme public puisqu'il a été créé en avril 2001. C'est également le système le plus abouti. Ce système a été à l'origine de l'aménagement de 313 points Eco-Lef ayant permis la collecte de 15.800 tonnes de déchets d'emballages plastiques en 2008. Eco-Zit est le système public de reprise des huiles lubrifiantes usagées. Cet éco-organisme s'appuyant sur 8.000 points de collecte a permis la collecte de 15.000 tonnes en 2007 (sur 50.000 tonnes consommées annuellement en Tunisie et 25.000 tonnes valorisables) et la valorisation de 10.000 tonnes/an d'huiles lubrifiantes usagées par la SOTULUB. Eco-Filtre est un éco-organisme public destiné à collecter les filtres à huile usagés. Ce système a été mis en place en parallèle avec Eco-Zit, de façon à réduire les charges fixes et se rapprocher de l'équilibre financier de cette filière. La filière des accumulateurs usagés assure la collecte des accumulateurs au plomb par des collecteurs privés pour le compte de deux sociétés de recyclage agréées, avec un système de consigne obligatoire pour tout accumulateur mis sur le marché local pour assurer le financement de la filière.

Par ailleurs, L'ANGed est en train de mettre en place de nouvelles filières de collecte et de recyclage, dont, entre autres :

- les piles usagées, en partenariat avec l'unique producteur de piles en Tunisie ;
- les déchets d'équipements électriques et électroniques ;
- les pneus.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

6.3.2 Proposition

Les propositions s'appuieront sur l'important acquis de la Tunisie en termes de filières de collecte et de recyclage des déchets ménagers, tout en veillant à les renforcer²⁹.

Trois scénarii seront ainsi évalués, présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6-3 Comparaison des scénarii du tri des déchets ménagers recyclables

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompagnatrices
Eco-organismes gérés par l'ANGed (I-REC1)	<ul style="list-style-type: none"> - Conformité avec la loi de création de l'ANGed - gestion centralisée du système - possibilité d'initier des techniques innovantes - financement par éco-taxes - possibilité de mieux desservir complètement les zones urbaines réputées difficiles (zone péri-urbaines et médina) 	<ul style="list-style-type: none"> - gestion centralisée du système - mobilisation et adhésion des recycleurs insuffisantes - difficulté de dégager des économies d'échelle (fractionnement des prestations et taille limitée des opérateurs) - possibilité d'introduire des mécanismes de contrôle et des indicateurs de performance des prestations rendues par les micro-entreprises ? - durabilité des ressources financières du système (prix de reprise des déchets collectés et de cession des matières triées dissociés de ceux du marché) - efficacité économique ? - nuisances possibles (apparition de points noirs) - couverture complète du périmètre communal ? 	<ul style="list-style-type: none"> - mettre en place un programme de formation des micro-entreprises - mettre en place un système de suivi et contrôle des prestations des micro-entreprises - programme de formation des cadres en charge du suivi et contrôle - définir un mode de financement durable - mettre en place un programme d'incitations fiscales et économiques
Eco-organismes affermé au secteur privé par l'ANGed (I-REC2)	<ul style="list-style-type: none"> - Conformité avec la loi de création de l'ANGed - Possibilité d'introduire le principe de responsabilité élargie du 	<ul style="list-style-type: none"> - possibilité d'introduire des mécanismes de contrôle et des indicateurs de performance des prestations rendues par le secteur 	<ul style="list-style-type: none"> - assistance technique à l'ANGed pour la mise en régie déléguée - mettre en place un système de suivi et

²⁹ Pour plus de détails, prière se reporter à l'étude suivante :

Eléments pour l'élaboration du programme d'action pour les filières, ANGed/GTZ, GOPA, septembre 2009.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompagnatrices
	<ul style="list-style-type: none"> - producteur (REP) - Possibilité d'impliquer directement les recycleurs dans la gestion du système - Possibilité de dégager des économies d'échelle - efficacité économique - possibilité d'initier des techniques innovantes - possibilité d'introduire des mécanismes de contrôle et des indicateurs de performance des éco-organismes - financement par éco-taxes - possibilité d'allonger la durabilité des ressources financières du système en indexant les prix de reprise des déchets collectés et de cession des matières triées aux prix du marché 	<ul style="list-style-type: none"> - privé - efficacité environnementale ? - couverture complète du périmètre communal ? 	<ul style="list-style-type: none"> - contrôle des prestations du secteur privé - programme de formation des cadres en charge du suivi et contrôle - définir un mode de financement durable - mettre en place un programme d'incitations fiscales et économiques
<p>Co-incinération des déchets recyclables (I-REC3)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - valorisation thermique de déchets ne pouvant pas être recyclés autrement - efficacité économique ? - possibilité d'initier des techniques innovantes - possibilité d'introduire des mécanismes de contrôle et des indicateurs de performance des éco-organismes - Possibilité d'introduire le principe de responsabilité élargie du producteur (REP) - Possibilité de réduire la part des éco-taxes dans le financement du système - possibilité de créer de nouvelles sources de financement (pour des déchets à haut pouvoir calorifique) 	<ul style="list-style-type: none"> - adhésion des cimentiers ? - prescriptions techniques minimales pour la co-incinération parfois excessives - efficacité environnementale ? - couverture complète du gisement ? 	<ul style="list-style-type: none"> - mettre en place un système de suivi et contrôle de la co-incinération - définir des prescriptions techniques minimales pour la co-incinération - mettre en place un programme d'incitations fiscales et économiques

6.3.3 Cadre financier

Le financement des filières de collecte et de recyclage repose principalement sur les éco-taxes instaurées sur les produits importés (matières premières et produits finis) et sur le chiffre d'affaires des produits fabriqués localement. Ce financement est suffisant dans l'absolu pour faire face aux dépenses engendrées par ces éco-organismes. Toutefois, il convient de noter qu'une part importante de ces éco-taxes sert au financement du transfert et de la mise en décharge des déchets ménagers. Dès lors, l'ANGed gère les éco-organismes sous contrainte budgétaire, l'empêchant de collecter et recycler la totalité du gisement disponible.

Concernant la co-incinération, le mécanisme de financement n'est pas clair : s'agit-il d'une prestation à titre payant ou gracieux (compte tenu du haut pouvoir calorifique de certains déchets) rendue par les cimentiers ? Il s'agit là d'un paramètre important de décision par rapport au choix d'un scénario.

6.3.4 Conclusion

En l'absence d'informations précises sur le coût de co-incinération, le scénario I-REC2 apparaît comme le plus intéressant.

6.4 TRANSFERT ET TRANSPORT DES DECHETS MENAGERS

6.4.1 Situation actuelle

A l'heure actuelle, conformément aux décisions du Conseil Ministériel Restreint du 14/01/2000, l'ANGed a été chargée de la réalisation et l'exploitation des centres de transfert (scénario I-TR3). Il est à noter qu'il existe quelques communes qui gèrent leurs propres centres de transfert (scénario I-TR1).

6.4.2 Proposition

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.

Le tableau ci-dessous récapitule les 7 scénarii possibles pour le transfert des déchets municipaux, en présentant leurs avantages et inconvénients, ainsi que les préalables nécessaires :

Tableau 6-4 Présentation des scénarios de transfert et transport des déchets ménagers

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompagnatrices		
Transfert et transport des déchets ménagers par les services municipaux (I-TR1)	<ul style="list-style-type: none"> - certaines communes ont développé des compétences importantes dans la GDS - possibilité par les marchés cadres d'obtenir des prix 	<ul style="list-style-type: none"> - absence d'économies d'échelle entre communes - absence de souplesse de gestion (contraintes budgétaires et adminis- 	<ul style="list-style-type: none"> - renforcement des capacités communales techniques - mettre en place un système de suivi et contrôle des prestations des services municipaux 		
11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompa- gnatrices
	<ul style="list-style-type: none"> - compétitifs pour l'achat des équipements - partage d'expérience entre communes (formation, séminaires) 	<ul style="list-style-type: none"> - tratives) - pas de suivi et contrôle des performances des prestations rendues par le service municipal - compétences et capacités des communes à gérer le transfert de leurs déchets - encadrement insuffisant et équipements obsolètes ou inadaptés aux contraintes du service - capacité à s'adapter en profondeur aux évolutions urbaines et techniques (matériel et méthodes) - financement de la GDS non durable 	<ul style="list-style-type: none"> - programme de formation des cadres en charge du suivi et contrôle - définir un mode de financement durable pour le transfert des déchets ménagers
<p>Transfert et transport des déchets ménagers par des entreprises privées contractées par les communes (I-TR2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - expérience de certaines communes dans la passation et la gestion de contrats avec le secteur privé - assistance et soutien de la DGCPL à la PSP - bonnes compétences et références du secteur privé - possibilité d'introduire des mécanismes de contrôle et des indicateurs de performance des prestations rendues par les entreprises privées 	<ul style="list-style-type: none"> - procédures de passation des marchés lourdes et complexes - intérêt du secteur privé pour la sous-traitance des centres de transfert et quais de transbordement (résiliation de contrats avant terme, performances non atteintes, retards de paiement, demande de service supplémentaire non rémunéré, etc.) ? - intérêt du secteur privé pour la sous-traitance d'une fraction de la gestion des déchets ménagers (puisque seul le transfert est concerné) ? - contraintes budgétaires pouvant entraîner parfois des 	<ul style="list-style-type: none"> - assistance technique des communes (DSP) - sonder les entreprises sur leur intérêt à ce marché (transfert) - mettre en place un programme de formation des entreprises - mettre en place un système de suivi et contrôle des prestations des entreprises - programme de formation des cadres des communes en charge du suivi et contrôle - définir un mode de financement de l'activité

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011

Préparé par :

AKr + PWi

Date :

03/08/2011

Nr de contrat :

11849

Vérfié par :

PWi

Version :

finale

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompagnatrices
		<ul style="list-style-type: none"> retards de paiement et une baisse de la qualité des prestations - capacités insuffisantes des communes pour suivre et contrôler les prestations des entreprises privées 	
<p>Transfert et transport des déchets ménagers par des entreprises privées contractées par l'ANGed (I-TR3)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - possibilité de dégager des économies d'échelle - compétences, solidarité financière et expérience de l'ANGed dans la passation et la gestion de contrats avec le secteur privé - soutien implicite de l'Etat au budget de l'ANGed 	<ul style="list-style-type: none"> - fondement juridique ? - durabilité du financement ? - pas d'implication des communes à la gestion du transfert des déchets 	
<p>Transfert et transport des déchets ménagers par une commune pour le compte d'autres communes dans le cadre d'une convention (I-TR4)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - importantes économies d'échelle dégagées - certaines communes ont développé des compétences importantes dans la GDS - possibilité d'améliorer le service rendu aux citoyens - possibilité d'introduire des mécanismes de contrôle et des indicateurs de performance des prestations rendues par la commune concessionnaire 	<ul style="list-style-type: none"> - durabilité du schéma - peu ou pas d'autonomie de gestion - procédures de décisions au niveau des communes conventionnées lourdes - contraintes budgétaires pouvant entraîner parfois des retards de paiement et une baisse de la qualité des prestations - compétences et références insuffisantes de certaines communes - capacités insuffisantes des communes pour suivre et contrôler les prestations rendues 	<ul style="list-style-type: none"> - Etudier l'opportunité de mettre en place une coopération intercommunale de façon à développer un argumentaire pour convaincre les autorités - assistance technique de l'ANGed lors de la mise en œuvre de la convention intercommunale - renforcement des capacités communales pour la gestion des centres de transfert et des quais de transbordement - renforcement des capacités communales pour le suivi et contrôle des prestations - programme de formation des cadres en charge du suivi et contrôle

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011

Préparé par :

AKr + PWi

Date :

03/08/2011

Nr de contrat :

11849

Vérfifié par :

PWi

Version :

finale

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompagnatrices
			<ul style="list-style-type: none"> - définir un mode de financement durable pour le transfert et le transport des déchets ménagers
Transfert et transport des déchets ménagers par une entreprise privée contractée par une commune concessionnaire agissant pour le compte de plusieurs communes dans le cadre d'une convention (I-TR5)	<ul style="list-style-type: none"> - importantes économies d'échelle dégagées - intérêt plus grand du secteur privé pour des marchés de taille importante - expérience de certaines communes dans la passation et la gestion de contrats avec le secteur privé - assistance et soutien de la DGCPL à la PSP - bonnes compétences et références du secteur privé - possibilité d'améliorer le service rendu aux citoyens - possibilité d'introduire des mécanismes de contrôle et des indicateurs de performance des prestations rendues par les entreprises privées 	<ul style="list-style-type: none"> - durabilité du schéma - peu ou pas d'autonomie de gestion - procédures de décisions au niveau des communes conventionnées lourdes - procédures de passation des marchés complexes - contraintes budgétaires pouvant entraîner parfois des retards de paiement et une baisse de la qualité des prestations - compétences et références insuffisantes de certaines entreprises locales - capacités insuffisantes des communes pour suivre et contrôler les prestations des entreprises privées 	<ul style="list-style-type: none"> - Etudier l'opportunité de mettre en place une coopération intercommunale de façon à développer un argumentaire pour convaincre les autorités - assistance technique de l'ANGed lors de la mise en œuvre de la convention intercommunale - renforcement des capacités communales pour la passation des marchés - mettre en place un système de suivi et contrôle des prestations des entreprises privées - programme de formation des cadres en charge du suivi et contrôle - définir un mode de financement durable pour le transfert et le transport des déchets ménagers
Transfert et transport des déchets ménagers (zones communales et rurales) par le conseil régional (I-TR6)	<ul style="list-style-type: none"> - importantes économies d'échelle dégagées - possibilité de créer une régie autonome pour le transfert des déchets et détendre son mandat à d'autres activités de la gestion des déchets - possibilité d'étendre le cadre d'intervention de la régie à d'autres services communaux 	<ul style="list-style-type: none"> - durabilité du schéma institutionnel - autonomie de gestion - volonté politique vis-à-vis de l'implication des conseils régionaux dans la gestion des déchets ? - pas d'expérience dans la passation de marchés publics 	<ul style="list-style-type: none"> - Etudier l'opportunité de créer une régie de façon à développer un argumentaire pour convaincre les autorités - assistance technique de l'ANGed lors de la mise en place de la régie - définir un mode de financement durable pour le transfert et le transport des déchets ménagers

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011

Préparé par :

AKr + PWi

Date :

03/08/2011

Nr de contrat :

11849

Vérfié par :

PWi

Version :

finale

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompagnatrices
	<ul style="list-style-type: none"> - possibilité d'améliorer le service rendu aux citoyens - possibilité d'étendre le service aux zones rurales 		
Transfert et transport des déchets municipaux (zones rurales) par le conseil régional (I-TR7)	<ul style="list-style-type: none"> - extension du service aux zones rurales - importantes économies d'échelle dégagées - aide financière de l'Etat dans le cadre de l'encouragement à l'emploi des jeunes diplômés (limitée aux quatre premières années) - souplesse de gestion (durée du contrat et extension géographique) - procédures de passation des marchés relativement simples - intérêt potentiel des micro-entreprises pour la sous-traitance d'une partie de la gestion des déchets ménagers - possibilité d'améliorer le service rendu aux citoyens 	<ul style="list-style-type: none"> - durabilité du schéma institutionnel - autonomie de gestion - volonté politique vis-à-vis de l'implication des conseils régionaux dans la gestion des déchets ? - pas d'expérience du conseil régional dans la passation et la gestion de contrats avec les micro-entreprises 	<ul style="list-style-type: none"> - Etudier l'opportunité de créer une régie de façon à développer un argumentaire pour convaincre les autorités - assistance technique de l'ANGed lors de la mise en place de la régie - définir un mode de financement durable pour le transfert et le transport des déchets ménagers

6.4.3 Cadre financier

Pendant longtemps, le financement des coûts d'exploitation des centres de transfert demeurait pendante et non résolue, compte tenu des ressources limitées des communes. En 2005, le décret n° 2005-2317 portant création de l'ANGed a affecté une part des taxes environnementales relatives à la gestion des déchets au budget de fonctionnement de l'Agence pour couvrir une partie du coût de traitement des déchets ménagers (à hauteur de 80%).

A court terme, il est peu vraisemblable que le mode actuel de financement évolue. Toutefois, il convient de noter qu'une réflexion est en cours au sein du gouvernement tunisien sur la stratégie de financement et de recouvrement des coûts de la gestion des déchets solides. Outre le financement par les éco-taxes, une piste sérieuse concerne justement l'introduction progressive d'une redevance déchets.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

6.4.4 Conclusion

De l'analyse précédente, il est proposé que l'ANGed transfère à moyen terme la gestion de ces ouvrages aux communes, en soutenant la mise en œuvre d'une collaboration intercommunale sous forme de convention³⁰ (scénarii I-TR4 et I-TR5). Les scénarii impliquant le conseil régional sont peu crédibles à l'heure actuelle, même si cela permettrait d'intégrer les zones rurales (qui constituent une part importante de la population de la région d'étude).

6.5 PRE-TRAITEMENT DES DECHETS MENAGERS

6.5.1 Situation actuelle

Actuellement, à l'instar du tri des déchets ménagers, il n'existe aucune structure ayant développé le pré-traitement des déchets ménagers et assimilés.

6.5.2 Proposition

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 s'appuyant notamment sur les compétences et les ressources de l'ANGed.

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 (scénario I-P1).

A terme, il serait souhaitable que l'ANGed transfère la gestion de ces ouvrages aux communes, en soutenant la mise en place d'une collaboration intercommunale dans le cadre d'une convention (scénarii I-P2 et I-P3). L'option d'impliquer le conseil régional (soit directement, soit via la création d'une régie – scénario I-P4) est peu plausible à l'heure actuelle, même si cela permettrait d'intégrer les zones rurales (qui constituent une part importante de la population de la région d'étude).

6.5.3 Cadre financier

A court terme, le financement des coûts d'exploitation du prétraitement devrait reposer sur des aides et incitations de l'Etat destinées à promouvoir le prétraitement. A priori, ce financement devrait donc avoir pour source une part des taxes environnementales affectées au budget de fonctionnement de l'ANGed. A moyen et long terme, dans le cadre de la réflexion du gouvernement tunisien relative au financement et au recouvrement des coûts de la gestion des déchets solides, le prétraitement pourra être partiellement financé par une redevance déchets due par les ménages et autres producteurs de déchets solides assimilés aux déchets ménagers.

³⁰ 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 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

6.6 ÉLIMINATION DES DECHETS MENAGERS

6.6.1 Situation actuelle

Pour rappel, le Conseil Ministériel Restreint du 14 janvier 2000 a chargé le département DDS de l'ANPE (et depuis, l'ANGed) de la réalisation et l'exploitation des centres d'enfouissement technique.

6.6.2 Proposition

Le tableau ci-dessous récapitule les 6 scénarii possibles pour la mise en décharge des déchets municipaux, en présentant leurs avantages et inconvénients, ainsi que les préalables nécessaires :

Tableau 6-5 Présentation des scénarii d'élimination des déchets ménagers

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompagnatrices
Elimination des déchets municipaux par des entreprises privées contractées par l'ANGed (I-D1)	<ul style="list-style-type: none"> - possibilité de dégager des économies d'échelle - compétences, solidité financière et expérience de l'ANGed dans la passation et la gestion de contrats avec le secteur privé - soutien implicite de l'Etat au budget de l'ANGed 	<ul style="list-style-type: none"> - fondement juridique ? - durabilité du financement ? - pas d'implication des communes à la gestion de l'enfouissement de leurs déchets 	
Elimination des déchets ménagers par la commune (I-D2)	<ul style="list-style-type: none"> - autonomie de gestion 	<ul style="list-style-type: none"> - absence d'économies d'échelle entre communes - absence de souplesse de gestion (contraintes budgétaires et administratives) - pas de suivi et contrôle des performances des prestations rendues par le service municipal - compétences et capacités des communes à gérer l'enfouissement de leurs déchets - encadrement insuffisant et équipements obsolètes ou inadaptés aux 	

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompan- trices
		<ul style="list-style-type: none"> - contraintes du service - capacité à s'adapter en profondeur aux évolutions urbaines et techniques (matériel et méthodes) - financement de la GDS non durable 	
Elimination des déchets municipaux par le secteur privé dans le cadre d'une convention passé avec la commune (I-D3)	<ul style="list-style-type: none"> - autonomie de gestion - compétences et capacités du secteur privé à gérer une décharge contrôlée - capacité à s'adapter en profondeur aux évolutions urbaines et techniques (matériel et méthodes) - possibilité de suivi et contrôle des performances des prestations rendues par le secteur privé 	<ul style="list-style-type: none"> - absence d'économies d'échelle entre communes - procédures de passation des marchés lourdes et complexes - intérêt du secteur privé pour la sous-traitance de l'enfouissement des déchets ménagers (résiliation de contrats avant terme, performances non atteintes, retards de paiement, demande de service supplémentaire non rémunéré, etc.) ? - contraintes budgétaires pouvant entraîner parfois des retards de paiement et une baisse de la qualité des prestations - compétences communales pour le suivi et contrôle des performances des prestations rendues par le secteur privé ? - financement de la GDS non durable 	
Elimination des déchets municipaux par le conseil régional (I-D4)	<ul style="list-style-type: none"> - importantes économies d'échelle dégagées - possibilité de créer une régie autonome pour l'élimination des 	<ul style="list-style-type: none"> - durabilité du schéma institutionnel - autonomie de gestion - volonté politique vis-à-vis de l'implication des 	<ul style="list-style-type: none"> - Etudier l'opportunité de créer une régie autonome de façon à développer un argumentaire pour convaincre les au-

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011

Préparé par :

AKr + PWi

Date :

03/08/2011

Nr de contrat :

11849

Vérifié par :

PWi

Version :

finale

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompagnatrices
	<ul style="list-style-type: none"> déchets et détenir son mandat à d'autres activités de la gestion des déchets - possibilité d'étendre le cadre d'intervention de la régie à d'autres services communaux - possibilité d'améliorer le service rendu aux citoyens - possibilité d'étendre le service aux zones rurales - intérêt plus grand du secteur privé pour des marchés de taille importante - bonnes compétences et références du secteur privé - possibilité d'introduire des mécanismes de contrôle et des indicateurs de performance des prestations rendues par les entreprises privées 	<ul style="list-style-type: none"> conseils régionaux dans la gestion des déchets ? - pas d'expérience dans la passation et la gestion de contrats avec le secteur privé - capacités et compétences du conseil régional concernant le contrôle des performances des prestations rendues par les entreprises privées 	<ul style="list-style-type: none"> autorités - assistance technique de l'ANGed lors de la mise en place de la régie autonome - définir un mode de financement durable pour la collecte des déchets municipaux
<p>Elimination des déchets ménagers par une commune pour le compte d'autres communes dans le cadre d'une convention (I-D5)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - importantes économies d'échelle dégagées - possibilité d'améliorer le service rendu aux citoyens - possibilité d'introduire des mécanismes de contrôle et des indicateurs de performance des prestations rendues par la commune concessionnaire 	<ul style="list-style-type: none"> - durabilité du schéma - peu ou pas d'autonomie de gestion - procédures de décisions au niveau des communes conventionnées lourdes - contraintes budgétaires pouvant entraîner parfois des retards de paiement et une baisse de la qualité des prestations - compétences et références insuffisantes de certaines communes 	<ul style="list-style-type: none"> - Etudier l'opportunité de mettre en place une coopération intercommunale de façon à développer un argumentaire pour convaincre les autorités - assistance technique de l'ANGed lors de la mise en œuvre de la convention intercommunale - renforcement des capacités communales pour l'élimination des déchets ménagers - renforcement des

Scénario	Avantages	Inconvénients	Mesures accompagnatrices
		<ul style="list-style-type: none"> - capacités insuffisantes des communes pour suivre et contrôler les prestations rendues 	<ul style="list-style-type: none"> - capacités communales pour le suivi et contrôle des prestations - programme de formation des cadres en charge du suivi et contrôle - définir un mode de financement durable pour l'élimination des déchets ménagers
<p>Elimination des déchets ménagers par une entreprise privée contractée par une commune concessionnaire agissant pour le compte de plusieurs communes dans le cadre d'une convention (I-D6)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - importantes économies d'échelle dégagées - intérêt plus grand du secteur privé pour des marchés de taille importante - expérience de certaines communes dans la passation et la gestion de contrats avec le secteur privé - assistance et soutien de la DGCP à la PSP - bonnes compétences et références du secteur privé - possibilité d'améliorer le service rendu aux citoyens - possibilité d'introduire des mécanismes de contrôle et des indicateurs de performance des prestations rendues par les entreprises privées 	<ul style="list-style-type: none"> - durabilité du schéma - peu ou pas d'autonomie de gestion - procédures de décisions au niveau des communes conventionnées lourdes - procédures de passation des marchés complexes - contraintes budgétaires pouvant entraîner parfois des retards de paiement et une baisse de la qualité des prestations - compétences et références insuffisantes de certaines entreprises locales - capacités insuffisantes des communes pour suivre et contrôler les prestations des entreprises privées 	<ul style="list-style-type: none"> - Etudier l'opportunité de mettre en place une coopération intercommunale de façon à développer un argumentaire pour convaincre les autorités - assistance technique de l'ANGed lors de la mise en œuvre de la convention intercommunale - renforcement des capacités communales pour la passation des marchés - mettre en place un système de suivi et contrôle des prestations des entreprises privées - programme de formation des cadres en charge du suivi et contrôle - définir un mode de financement durable pour l'élimination des déchets ménagers

6.6.3 Cadre financier

Le mode actuel de financement, reposant principalement sur les éco-taxes et accessoirement sur les contributions des communes (gate fee), évoluera peu à court terme. A moyen ou long terme, avec le désengagement de l'ANGed de cette activité, une nouvelle source de financement issue de l'introduction

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

progressive d'une redevance déchets auprès des ménages, permettra de réduire la part des taxes environnementales.

6.6.4 Conclusion

La même remarque faite pour les centres de transfert vaut également pour les centres d'enfouissement technique : une gestion durable et intégrée des déchets impose que l'ANGed (scénario I-D1) transfère à moyen terme la gestion de ces ouvrages aux communes, en encourageant leur collaboration intercommunale dans le cadre d'une convention (scénarii I-D5 et I-D6).

6.7 CONTROLE TECHNIQUE ET FINANCIER DE LA POST-COLLECTE

6.7.1 Situation actuelle

L'ANGed étant en charge de la post-collecte, est également responsable de la gestion technique et financière de la post-collecte. 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 d'élimination, mode opératoire des casiers, etc.), évalue les budgets nécessaires, définit la tarification à appliquer aux utilisateurs des centres et affecte les moyens matériels et humains indispensables (scénario I-CTFPC1).

6.7.2 Proposition

L'évolution des responsabilités institutionnelles épousera celle concernant les centres de transfert et d'élimination : dès lors que l'exploitation du transfert et de l'élimination des déchets ménagers sera de la responsabilité des communes, la gestion technique et financière de la post-collecte reviendra à terme aux communes, qui pourront coopérer dans le cadre d'une convention (scénario I-CTFPC3). Une alternative serait de confier cette activité au conseil régional, via la création d'une régie (scénario I-CTFPC2).

Compte tenu que l'exploitation des centres de transfert et d'élimination est déléguée au secteur privé, il convient de mettre en place un suivi et un contrôle des performances de l'opérateur.

6.7.3 Cadre financier

Le financement de cette mission sera identique à celui du transfert et de l'élimination. Ainsi, à court terme, il sera financé par le budget de l'ANGed et les contributions des utilisateurs (communes et autres clients). A moyen terme, avec le désengagement de l'ANGed, son financement reposera sur les dotations budgétaires des communes associées et les contributions des utilisateurs (communes et autres clients).

6.8 GESTION DES BOUES DES STATIONS D'EPURATION

6.8.1 Situation actuelle

Selon le principe du producteur-récupérateur, l'ONAS est responsable de la gestion des boues des stations d'épuration. En particulier, l'Office doit définir un plan de gestion des boues et mettre en place le système adéquat pour suivre et contrôler les performances du système de gestion des boues.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

6.8.2 Proposition

Il est conseillé de conserver l'ONAS comme responsable de la gestion des boues des stations d'épuration, toujours selon le principe du producteur-récupérateur (scénario I-BSE1).

Toutefois, s'agissant de déchets pouvant être assimilés dans certains cas à des déchets pouvant être éliminés conjointement aux déchets ménagers, il peut être opportun que l'ANGed apporte des solutions à l'ONAS, mais il faudra dans ce cas que les responsabilités et les obligations de chaque partie soient clairement définies, tout particulièrement si l'on envisage de donner l'exploitation des centres de prétraitement et des décharges à des opérateurs privés (scénario I-BSE2).

6.8.3 Cadre financier

Selon le principe du pollueur-payeur, l'ONAS doit supporter le coût de la gestion des boues des stations d'épuration. Ceci dit, en fonction des objectifs sociaux et économique de l'Etat, ce coût pourra être partiellement ou totalement répercuté sur les abonnés de l'ONAS.

Les dépenses pour le contrôle, gestion, planification/conception des installations sont à la charge du maître d'ouvrage (ex : ONAS). Il n'existe pas de nouveaux besoins organisationnels, de personnel, de régulation au niveau de l'ANGed (principe de la responsabilité du producteur appliqué).

6.8.4 Conclusion

Il est conseillé de conserver l'ONAS comme responsable de la gestion des boues des stations d'épuration, toujours selon le principe du producteur-récupérateur (scénario I-BSE1).

6.9 GESTION DES DECHETS DE SOIN

6.9.1 Situation actuelle

Peu d'établissements publics et privés de santé gèrent conformément à la réglementation leurs déchets de soin. En pratique, ces déchets sont mélangés avec les déchets non septiques et collectés comme tels par les services communaux (scénario I-DS1).

6.9.2 Proposition

Selon le principe du producteur-récupérateur, les établissements publics et privés de santé sont responsables de la gestion des déchets de soin. En particulier, chaque établissement doit définir un plan de gestion des déchets de soins et mettre en place le système adéquat pour suivre et contrôler les performances du système de gestion de ces déchets (scénario I-DS3).

Il sera possible pour les établissements de soins de déléguer la gestion de leurs déchets aux communes (scénarii I-DS1 et I-DS2), les communes pouvant choisir de mutualiser cette gestion (coopération intercommunale, scénarii I-DS6 et I-DS7). Enfin, si une régie autonome est créée par le conseil régional, il pourra être opportun de lui confier également la gestion des déchets de soins (scénario I-DS5).

Toutefois, s'agissant de déchets infectieux et donc dangereux, il convient que l'ANGed définisse le cadre légal régissant l'intervention des acteurs de ce secteur (scénario I-DS4).

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

6.9.3 Cadre financier

Selon le principe du pollueur-payeur, les établissements publics et privés de santé doivent supporter le coût de la gestion des déchets de soin. Ceci dit, en fonction des objectifs sociaux et économiques de l'Etat, ce coût pourra être partiellement ou totalement répercuté sur les patients.

Les dépenses pour le contrôle, gestion, planification/conception des installations sont à la charge du maître d'ouvrage (Ex : Etablissements publics et privés de santé). Il n'existe pas de nouveaux besoins organisationnels, de personnel, de régulation au niveau de l'ANGed (principe de la responsabilité du producteur appliqué).

6.10 GESTION DES DECHETS D'ABATTOIRS

6.10.1 Situation actuelle

Peu d'abattoirs gèrent conformément à la réglementation leurs déchets. En pratique, ces déchets sont collectés mélangés avec les déchets ménagers et assimilés par les services communaux (scénario I-DA1) ou par le secteur privé, lorsque ce service est délégué (scénario I-DA2).

6.10.2 Proposition

Selon le principe du producteur-récupérateur, les abattoirs sont responsables de la gestion de leurs déchets. En particulier, chaque abattoir doit définir un plan de gestion de leurs déchets et mettre en place le système adéquat pour suivre et contrôler les performances du système de gestion des déchets. Lorsque ces derniers n'ont pas de personnalité juridique, cette responsabilité incombe aux communes (cas le plus fréquent). Dans ce cas, il sera possible aux communes de gérer en régie directe ou de déléguer la gestion de leurs déchets au secteur privé, les communes pouvant choisir de mutualiser cette gestion (coopération intercommunale, scénarii I-DA5 et I-DA6). Par ailleurs, si une régie autonome est créée par le conseil régional, il pourra être opportun de lui confier également la gestion des déchets de soins (scénario I-DA4).

Toutefois, s'agissant de déchets infectieux et donc dangereux, il convient que l'ANGed définisse le cadre légal régissant l'intervention des acteurs de ce secteur (scénario I-DA3).

6.10.3 Cadre financier

Selon le principe du pollueur-payeur, les abattoirs doivent supporter le coût de la gestion de leurs déchets. Ce coût devrait normalement être répercuté sur le prix de leurs prestations (internalisation du coût environnemental).

6.11 GESTION DES DECHETS INERTES ET DE DEMOLITION

6.11.1 Situation actuelle

A l'heure actuelle, les communes collectent les déchets de construction produits dans leur périmètre (scénarii I-DC1 et I-DC2). Leur problème principal provient de la difficulté d'identifier le producteur de ces déchets, lorsqu'ils sont déposés de façon illégale sur la voirie publique. Ceci se traduit par l'impossibilité

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

d'organiser et d'optimiser les tournées de collecte de ces déchets, d'une part, et, d'autre part, de couvrir le coût de cette collecte.

6.11.2 Proposition

D'un point de vue institutionnel, la collecte et l'élimination des déchets de construction ne soulèvent pas de problème particulier. Il est donc recommandé de maintenir les communes responsables de la gestion de ce type de déchets. Toutefois, il est souhaitable de renforcer le cadre organisationnel par l'information des citoyens des modalités de collecte de ces déchets (lieux, modes de présentation, jours et horaires, tarifs) et le contrôle sur terrain de façon à limiter autant que faire se peut le dépôt illégal de ces déchets sur la voie publique.

Il pourrait être intéressant pour une commune de déléguer cette mission à une entreprise privée (comme cela se fait pour la fourrière) (scénario I-DC2). Cette solution peut être d'autant plus aisée à mettre en œuvre que ses sources de financement sont claires (redevances), permettant une autonomie de gestion et que l'étendue des prestations couvrirait d'autres types de déchets.

Pour des raisons d'économies d'échelle, il peut être opportun à plusieurs communes limitrophes de s'associer, dans le cadre d'une convention, pour gérer les déchets de démolition ou de passer un marché cadre commun pour la gestion de leurs déchets de démolition (scénarii I-DC4 et I-DC5).

Enfin, si une régie autonome est créée par le conseil régional, il pourra être opportun de lui confier également la gestion des déchets inertes et de démolition (scénario I-DC3).

6.11.3 Cadre financier

La loi organique des communes prévoit l'instauration d'une redevance pour service rendu pour les déchets spéciaux non assimilables aux déchets ménagers produits par les ménages. Il est donc clair que les producteurs devraient supporter l'intégralité du coût de collecte et élimination de leurs déchets de construction. Pour améliorer le recouvrement de cette redevance, il est recommandé d'exiger son paiement d'avance, par exemple lors de la délivrance du permis de bâtir.

6.12 GESTION DES DECHETS INDUSTRIELS BANALS

6.12.1 Situation actuelle

La gestion des déchets industriels banals, qu'il s'agisse de leur fraction fermentescible ou recyclable, obéit à la même logique.

A l'heure actuelle, à l'exception de trop rares cas de zones industrielles, ces déchets sont collectés par les communes ou par le secteur privé, qui passent des conventions particulières avec les industriels pour l'enlèvement de ces déchets. Ces déchets sont ensuite enfouis dans les décharges municipales. Dans quelques cas, des Groupement de Maintenance et de Gestion (GMG) (pourtant obligatoires de par la loi) ont été constitués et ont passé des conventions avec des opérateurs privés pour la collecte des DIB.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

6.12.2 Proposition

Il convient que les pouvoirs publics donnent une date limite pour la constitution des GMG³¹ et s'assurent ensuite du respect de la loi, notamment en terme de gestion des déchets de leurs adhérents industriels.

6.12.3 Cadre financier

Selon le principe du pollueur-payeur, les industriels doivent supporter le coût de la gestion de leurs déchets. Ce coût devrait normalement être répercuté sur le prix de leurs produits (internalisation du coût environnemental).

³¹ Dans certains cas, la création d'un GMG est tributaire de l'appurement de la situation foncière de la zone industrielle.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

7 RECOMMANDATIONS LEGALES

Les lois qui régissent la gestion des déchets existent en Tunisie, mais leur application fait défaut (cas de la régie autonome dépendant du conseil régional, des GMG, des communes (LOC), etc.). Nous n'avons donc pas de recommandations à formuler à cet égard, si ce n'est que l'application de ces lois devrait être renforcée.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

8 COMBINAISON ET HARMONISATION DE SCENARIOS – COUTS DU CONCEPT RECOMMANDE

8.1 DECHETS MENAGERS

Les coûts des différents systèmes de gestion des déchets ménagers, ainsi que les options possibles de tri, prétraitement et d'enfouissement sont présentés dans le tableau récapitulatif suivant :

Tableau 8-1 Coûts des options de la gestion des déchets ménagers (en DNT/t)

Système	Collecte et transport		Tri *	PMB **	PT anaérobie **	Enfouissement sans PT ***	Enfouissement avec PT
	Combinaison	Coût					
Système central	Pas de CT, bennes tasseuses	36	10	10	25	34	18
Système semi central	Bennes tasseuses, 13 CT, conteneurs ouverts 2 x 30 m3	43	33	43	88	34	18
Système décentralisé	Engins existants, 37 CT, conteneurs ouverts 2 x 30 m3	59	-	10	25	34	18
Tabarka + Aïn Draham + Nefza					55		

* Inclus revenus des certificats CO2 + recyclables

** Inclus tri et revenus des certificats CO2 + recyclables

*** Avec revenus des certificats CO2

A la lecture de ce tableau, on peut dire que :

- Un centre de tri, qu'il soit placé dans un des 13 centres de transfert ou sur les deux décharges, ne se justifie pas s'il n'est pas destiné à alimenter une unité de prétraitement.
- Il y a toujours intérêt à réaliser le prétraitement sur les zones de décharges, plutôt qu'au niveau des 13 centres de transfert.
- Le prétraitement aérobique est plus de deux fois plus économique que le prétraitement anaérobique.
- Le **scénario le moins coûteux** consiste en une collecte et un transport des déchets ménagers avec des bennes tasseuses (ce qui évite le recours à des centres de transfert), un prétraitement

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

aérobique (prétraitement mécano biologique) suivi d'un enfouissement dans une des deux futures décharges.

- Le coût de ce scénario s'élèverait à environ (36 + 10 + 18 =) **64 DNT/tonne**.
- Le **scénario classique** qui est actuellement réalisé dans la Tunisie, consistant en une collecte avec différents types d'engins, des centres de transferts proches des zones de collecte, suivi d'une mise en décharge sans prétraitement, s'élèverait dans la zone d'étude à (59 + 34=) **93 DNT/tonne**.
- Comme nous l'avons mentionné au chapitre 3.8.3.3, une unité de **prétraitement** anaérobique située à **Tabarka** présente plusieurs avantages et si les budgets alloués au projet le permettent, elle devrait être réalisée. Cette option présente un coût de **55 DNT/tonne**.

Lors de la réunion de mars 2010, l'ANGed a clairement marqué sa réticence pour le scénario sans centres de transfert, ainsi que pour celui à 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.

Par conséquent, le Consultant recommande ce scénario, bien que les coûts en soit près de 50 % plus élevés.

Les coûts des premiers investissements à réaliser en 2011 – 2033 pour la réalisation du scénario recommandé sont estimés comme suit :

Tableau 8-2 Investissements initiaux pour le scénario recommandé (en DNT)

Objet	Quantité	P.U (DNT)	Montant (DNT)
GC des Centres de transfert	37	500 000	18 500 000
GC des quais de transbordement	40	37 000	1 480 000
Premier casier décharge Erromani	1	8 400 000	8 400 000
Premier casier décharge Les Salines	1	7 300 000	7 300 000
Unité de prétraitement anaérobique Tabarka	1	11 400 000	11 400 000
Total			47 080 000

Les coûts des autres mesures visant à améliorer la gestion des déchets ménagers sont :

- Elaboration de PCGD : le coût de cette mesure qui permettrait une prise de conscience des populations desservies et à terme un meilleur recouvrement de l'impôt foncier est estimé à 1,725 M DNT (soit 0,767 DNT/tonne produite)

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfifié par :	PWi	Version :	finale

- Déchèteries : seules les villes de Béja, Jendouba, Tabarka et Le Kef présentent une taille suffisante que pour y envisager la mise en service d'une déchèterie économiquement viable. Une implantation dans le chef lieux de Siliana est également recommandée.
- Réhabilitation des dépotoirs municipaux : la réhabilitation de la trentaine de dépotoirs municipaux qui seront abandonnés lors de la mise en service du système de gestion décentralisé est une mesure nécessaire à la protection de l'environnement de la zone d'étude. Cette mesure est estimée à environ 7 MDNT.

Ces mesures sont recommandées, mais peuvent faire l'objet d'un développement indépendant de celui financé par la coopération financière allemande.

8.2 AUTRES FLUX DE DECHETS

8.2.1 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 est d'environ 15 MDNT, soit une moyenne annuelle de 0,73 MDNT/t.

8.2.2 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.

8.2.3 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.

8.2.4 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 pré-traitement sur les décharges. S'il n'y a pas de tri / pré-traitement, la fraction inerte des DIB sera alors assimilée aux déchets ménagers. Par contre, s'il y a un tri et un pré-traitement 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.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

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.

8.2.5 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.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale

9 PLANNING DE LA SOLUTION RECOMMANDÉE

Le scénario recommandé, s'il est retenu, peut se réaliser dans les délais suivants :

Figure 9-1 Planning de la solution recommandée

Activités	2010		2011				2012				2013				2014			
	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	
Etudes																		
Phase 3 - APS																		
Phase 4 - APD & DAO pour 2 CET																		
Phase 4 - APD & DAO pour 37 CT																		
Pour les 2 CET																		
Appel d'offre et négociations travaux																		
Travaux de construction																		
Appel d'offre et négociations exploitation																		
Mise en exploitation																	▶	
Pour les 37 CT																		
Appel d'offre et négociations travaux																		
Travaux de construction																		
Appel d'offre et négociations exploitation																		
Mise en exploitation																	▶	
Pour le digesteur à Tabarka *																		
Etude APS																		
Etudes APD & DAO																		
Appel d'offre et négociations travaux																		
Travaux de construction																		
Appel d'offre et négociations exploitation																		
Mise en exploitation																	▶	

* A définir : DBO ou procédure classique

▶ Etudes : la Phase 3 de l'étude de faisabilité (Phase de l'APS), compte tenu des 37 centres de transfert, va se poursuivre jusqu'au second trimestre de 2011. Les APD et DAO des centres de transfert s'achèveront au troisième trimestre de 2011, alors que ceux des deux décharges seront achevés au premier trimestre de 2011.

▶ Pour les deux décharges : les procédures de passation des contrats de construction occuperont la première partie de 2011. Les travaux d'une durée de 18 mois, suivi de la mise en exploitation, permettront une ouverture en janvier 2014.

▶ Pour les centres de transfert : les délais sont légèrement décalés par rapport aux deux décharges, mais la mise en service est prévue elle aussi en janvier 2014.

▶ Digesteur à Tabarka : ici se pose la procédure qui sera retenue pour la conception, la construction et l'exploitation de l'installation. Cela peut se faire soit selon la procédure classique (comme pour les dé-

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérfié par :	PWi	Version :	finale

charges et les centres de transfert), ou sous la forme d'un DBO. En termes de planification, la mise en service devrait avoir lieu en fin 2014.

11849 - Rapport Phase 2 - final 03 08 2011		Préparé par :	AKr + PWi	Date :	03/08/2011
Nr de contrat :	11849	Vérifié par :	PWi	Version :	finale