



Programme 2002-2003
de coopération décentralisée entre Lille Métropole
et la Fédération du Chouf Es-Souayjani

co-financé par
le Ministère des Affaires Etrangères



VOLET GESTION GLOBALE ET DURABLE DES DECHETS

Action 1.2 **Elaboration d'un Schéma Global** **de collecte et de traitement des résidus urbains** **pour la Fédération des Municipalités du Chouf Es-Souayjani (FMCES)**

SYNTHESE DU RAPPORT N°3

Gestion des déchets ménagers

Décembre 2003

1. LA GENERATION DES DECHETS MENAGERS A LA FMCES

Ce rapport sur la gestion des déchets ménagers présente le système de gestion adéquat qui pourra être adopté à la Fédération des Municipalités du Chouf Es-Souayjani (FMCES).

1.1. POPULATION RESIDENTE ET QUANTITES DE DECHETS MENAGERS GENERES A LA FMCES

La taille de l'ensemble de la population résidente à la FMCES est 43.100 personnes. Elle atteint sa taille maximale, durant la saison estivale, avec une estimation d'un total de 54.880 personnes. La quantité de déchets ménagers générée à la FMCES a été calculée en se basant sur la taille de la population de chaque village et un taux de génération de 0,6 kg de déchets par personne par jour. La quantité journalière de déchets générée à la FMCES est d'ordre de 26 tonnes ou 9.417 tonnes par an.

La taille de la population actuelle et la quantité de déchets générés

| Municipalité | Population actuelle | Population maximale | Quantité journalière (t/j) | Quantité maximale (t/j) |
|---------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Jdeidet el Chouf | 8.000 | 8.400 | 4,80 | 5,00 |
| Kahlounieh | 2.500 | 2.750 | 1,50 | 1,60 |
| Gharifeh | 5.000 | 7.500 | 3,00 | 4,50 |
| Aatrine | 1.000 | 1.030 | 0,60 | 0,61 |
| Ainbal | 1.600 | 2.400 | 0,96 | 1,40 |
| Ain Wzain | 2.000 | 2.300 | 1,20 | 1,30 |
| Baakline | 12.000 | 16.800 | 7,20 | 10,00 |
| Mazraat el Chouf | 4.000 | 4.600 | 2,40 | 2,70 |
| Semkanieh | 7.000 | 9.100 | 4,20 | 5,40 |
| Total | 43.100 | 54.880 | 25,80 | 32,51 |

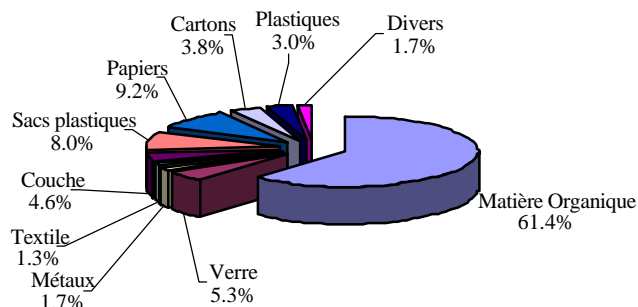
La projection de la taille actuelle de la population sur les 20 ans à venir a été calculée sur l'ensemble de la population de la FMCES avec un taux de croissance de 1%. Cette population augmentera de 20.8% entre 2003 et 2022. Quant à la projection de la quantité de déchets, elle augmentera de 21% entre 2003 et 2022. Les valeurs varieront de 9.417 tonnes en 2003 jusqu'à 11.388 tonnes en 2022.

Projections de la population

| | 2003 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2022 |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Taille de la Population | 43.100 | 43.966 | 46.209 | 48.566 | 51.044 | 52.069 |
| Quantité de déchets (t/j) | 25,86 | 26,38 | 27,73 | 29,14 | 30,6 | 31,24 |
| Quantité de déchets (t/an) | 9.417 | 9.599 | 10.110 | 10.621 | 11.169 | 11.388 |

1.2. CARACTERISATION DES DECHETS MENAGERS A LA FMCES

L'étude de la composition des déchets montre que le taux en matières organiques produits à la FMCES est élevé. En terme de gestion, ce taux montre que le compostage des déchets organiques sera à envisager et par conséquent les coûts générés par cette ressource et leur impact sur les méthodes de traitement devront être étudiés.



Ainsi, les quantités et les coûts engendrés de la récupération des matières recyclables seront analysés en se basant sur les résultats de la caractérisation des déchets présentée par le diagramme ci-contre.

2. IDENTIFICATION DES OPTIONS DE GESTION DES DECHETS MENAGERS A LA FMCES

La sélection de l'option adéquate pour la gestion des déchets ménagers de la FMCES a été faite en étudiant les différentes modalités de gestion (le tri à la source, l'installation de centres de tri avec déchetterie et l'installation de stations de transfert) et en comparant les différentes technologies (le compostage, l'incinération des déchets, la digestion anaérobique, l'enfouissement) pour compléter ces modalités de gestion.

Un système intégré pour la gestion des déchets solides commence habituellement par le tri à la source et la récupération des matières recyclables. La performance de n'importe quel système de tri et de traitement, de même que l'impact sur une décharge, sera améliorée par la mise en place du tri à la source. Les composantes de la gestion intégrée sont le traitement des déchets, suivi par l'élimination des fractions non récupérées des déchets. Plusieurs technologies existent pour le traitement des déchets solides. La sélection de la meilleure technologie est un processus assez complexe. Par contre, un système intégré de gestion des déchets doit être évalué en termes économiques, institutionnels. La participation du public, pour assurer la durabilité du système, doit également être prise en compte.

2.1. LES MODALITES DE GESTION

2.1.1 Le tri à la source

La performance d'un système de gestion des déchets à la FMCES s'améliora à travers l'application du système de tri à la source pour simplifier la gestion. Le tri à la source implique le tri des déchets sur le lieu de production en fraction organique et fraction inorganique. La fraction inorganique comprend les matières qui peuvent être récupérés et recyclés (le carton, le plastique, les métaux et les verres) ainsi que les matières inertes. La fraction organique comprend les résidus d'alimentation, les débris de végétaux, de fruits, de plantes, etc.

L'introduction du tri à la source exige un effort et du temps, d'où la nécessité d'introduire en premier lieu un système de tri à la source de deux fractions : organiques et non organiques. Ce système doit d'abord être mis en place en tant que projet pilote dans un village de la FMCES pour montrer à la population l'importance et les avantages d'un tel système. Après le succès de ce projet pilote, le tri à la source et la collecte séparée des différentes fractions seront développés successivement dans les autres villages.

2.1.2 Les centres de tri

Dans ces centres, les déchets sont séparés en différents flux utiles pour être ensuite traités et éliminés d'une manière écologiquement et économiquement acceptable. Dans le même cadre, un centre de tri peut s'accompagner d'une déchetterie où les particuliers peuvent venir pour déposer leurs déchets spécifiques (déchets encombrants, batteries, huiles, appareils électroménagers, etc.). Cette dernière joue le rôle de point de regroupement des déchets après collecte pour être ensuite triés.

Dans le cas de la FMCES, l'installation d'un centre de tri est nécessaire pour la séparation des fractions organiques et non organiques. La quantité annuelle de déchets est d'environ 10.000 tonnes, dont 2.200 tonnes (22,8%) peuvent être recyclées et 6000 tonnes (60%) peuvent être transformées en compost. Les étapes que les déchets ménagers subissent dans les centres de tri à la FMCES sont les suivants:

- Tri manuel primaire
- Ouverture des sacs (manuel ou mécanique)
- Tri manuel secondaire
- Criblage des déchets (à l'aide d'un trommel) ou séparation selon la granulométrie des déchets
- Séparation magnétique pour l'enlèvement des métaux ferreux

Les revenus potentiels issus de la vente des matières récupérables, comme le montre le tableau ci-dessous, dépendent du taux de récupération ou de la qualité du tri. Avec un taux de récupération de 50%, les revenus seront de l'ordre de \$US 58.000/an. Avec un peu plus d'effort et une augmentation de ce taux de 50 à 70% les revenus seront de l'ordre de \$US 81.000/an. Ces revenus seront utilisés pour payer les frais de fonctionnement et d'entretien du centre.

Revenus potentiels de la vente des recyclables

| Matières | Prix de vente (\$/t) | % | Quantité disponible (t) | Récupération 50 % | | Récupération 70 % | |
|------------|----------------------|------|-------------------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|
| | | | | Quantité récupérée (t) | Revenus (\$) | Quantité récupérée (t) | Revenus (\$) |
| Verres | 30 | 5,2 | 485 | 243 | 7.277 | 340 | 10.188 |
| Plastiques | 100 | 3,0 | 280 | 140 | 13.995 | 196 | 19.593 |
| Aluminium | 500 | 0,5 | 47 | 23 | 11.663 | 33 | 16.328 |
| Etain | 20 | 1,2 | 112 | 56 | 1.120 | 78 | 1.567 |
| Carton | 40 | 12,9 | 1.204 | 602 | 24.071 | 842 | 33.700 |
| TOTAL | | 22,8 | 2.127 | 1.064 | 58.126 | 1.489 | 81.376 |

2.1.3. Station de transfert

Une station de transfert est un centre où les déchets non valorisés pourraient être temporairement stockés et transportés ensuite dans des grands conteneurs ou des véhicules vers les zones de traitement ou d'enfouissement. L'objet d'une station de transfert est de faciliter le mouvement des déchets d'une région où le système de gestion local est absent de leur point de collecte vers leur point d'élimination, d'une manière économiquement rentable, efficace et écologiquement acceptable.

La station de transfert est une des modalités de gestion des déchets à la FMCES. Elle sera utile si la collecte locale des déchets est organisée par les municipalités, si un centre de tri et une déchetterie sont installées au sein de la FMCES, sans aucun système de traitement.

2.2. LES TECHNIQUES DE GESTION DES DECHETS

Dans cette section, les techniques de gestion des déchets sont présentées et comparées pour déterminer leur adaptabilité à la FMCES.

2.2.1. Le compostage

Le compostage est défini comme la transformation des matières organiques par leur décomposition en compost. Cette technique est un moyen efficace pour la gestion des déchets puisqu'elle réduit de moitié la quantité des déchets ménagers destinés actuellement à l'enfouissement.

L'addition de compost au sol contribue à la fertilité du sol, à l'équilibre du pH, et au développement sain des racines des plantes et à la lutte contre l'érosion. Le compost produit peut être utilisé par les ménages en tant que fertilisant dans leurs jardins ou dans les terrains agricoles. De même, ce produit peut être utilisé dans les opérations de réhabilitation des carrières ou sur les plantations qui séparent les voies routières.

La quantité de déchets générée dans la région de la FMCES, qui est de l'ordre de 26 t/j, dont 15,6 tonnes est constituée de matières organiques (60% du total des déchets), est actuellement déposée dans les récipients de collecte distribués par la société SUKLEEN. Cette dernière les transporte aux centres de tri où une partie est traitée (récupération de recyclables et compostage) tandis que la majorité est enfouie. Par conséquent, une grande partie de déchets organiques est enfouie dans la décharge et contribue à la génération de biogaz et de lixiviat.

2.2.2. L'incinération

L'incinération est une combustion ou un traitement thermique des déchets solides à travers des oxydations chimiques en excès d'air. La composition et le pouvoir calorifique des déchets sont les facteurs les plus importants affectant l'efficacité d'un incinérateur.

La capacité requise de l'incinérateur pour la gestion des déchets solides produits à la FMCES, est de l'ordre de 10.000 tonne/an. Les déchets issus des activités industrielles peuvent encore être traités dans un tel système.

Mais dans le cas de la FMCES, et vu la quantité réduite, l'incinération des déchets solides sera inadéquate pour les raisons suivantes:

- Teneur élevée des déchets en eau (60 à 80%),
- Pouvoir calorifique faible des déchets (moins que 1,500 kcal/kg),
- Coût d'investissement élevé,
- Coûts d'opération et d'entretien élevés,
- Nécessité d'avoir deux fours pour la combustion,
- Nécessité de techniciens et d'ingénieurs assez formés,
- Nécessité d'un contrôle approprié des émissions de gaz,
- Une opposition prévisible des populations locales,
- Nécessité de structures institutionnelles actuellement absentes pour la vente de l'électricité.

2.2.3. La digestion anaérobique

Le processus de digestion anaérobique est similaire à celui du compostage. Il consiste à fermenter les fractions organiques des déchets dans des solutions aqueuses de concentration variant de 10 à 20% en matières solides et en absence d'air (dans des conditions anaérobiques). Ce système est inadéquat à la gestion des déchets solides produits à la FMCES pour les raisons suivantes:

- La digestion anaérobique est une technologie prouvée en liaison d'une station d'épuration car la quantité d'eau à fournir durant le traitement est énorme ;
- La quantité de déchets générée à la FMCES (moins de 10.000 tonnes par an) ne justifie pas le coût d'un tel système ;
- La digestion anaérobique est un processus très cher en termes d'investissement, de fonctionnement et d'entretien ;
- La digestion anaérobique des déchets résulte de boues digérées et diluées. Ces boues doivent être séchées avant élimination, faisant ainsi du séchage une priorité à considérer ;
- L'efficacité de la digestion anaérobique nécessite un tri à la source ;
- La digestion anaérobique nécessite la présence de techniciens et d'ingénieurs bien formés ;

2.2.4. Décharge sanitaire

Le développement d'une décharge sanitaire est essentiel pour arrêter les opérations des décharges sauvages. Une décharge sera sans risque, rentable et écologiquement acceptable pour l'élimination des déchets municipaux, si les études faites ont pris en considération des normes professionnelles sur le planning, la construction et l'opération. Dans le cas de la FMCES, un nouveau site correspondant aux normes requises devra être trouvé pour répondre aux besoins de la Fédération dans sa gestion des déchets, si une décharge est nécessaire pour enfouir leurs déchets.

Les principales caractéristiques des décharges sanitaires sont les suivantes :

- *Les mesures de contrôle et de gestion*, cellules bien contrôlées, couches compactées, et contrôle d'odeurs.
- *L'endiguement et la gestion du lixiviat*, drainage de lixiviat, des zones de collecte et pompage vers des stations d'épurations.
- *Le contrôle du gaz de la décharge*, dégazage, aspiration et brûleur.

2.3. COMPARAISON DES TECHNOLOGIES

La sélection de la technologie la plus adéquate à la FMCES sera choisie en se basant sur les résultats d'évaluation de chaque technologie. L'évaluation a été faite selon les paramètres suivants :

- paramètres techniques et opérationnels tels que la durée de vie, la flexibilité du processus par rapport à la quantité de déchets, la réduction du volume, l'exigence d'entretien etc.
- paramètres écologiques, tels que les émissions de l'air, l'acceptabilité du publique, le contrôle d'odeurs, etc.
- paramètres économiques, tels que les coûts d'investissement, d'opération et d'entretien et les rendements économiques, etc.

Une comparaison qualitative des technologies s'est basée sur l'évaluation de la désirabilité du critère d'évaluation. Les critères de désirabilité ont été mis sous forme de scores bruts allant de 1 à 3. De même un facteur d'évaluation a été pris en considération pour mettre en valeur l'importance de chaque paramètre par rapport aux autres. En fin de compte, le facteur brut de désirabilité a été multiplié par le facteur d'importance pour aboutir à la valeur pondérée.

Cette évaluation montre que le compostage et l'enfouissement sont les technologies les plus désirables pour la FMCES avec un petit avantage du compostage sur l'enfouissement. L'incinération et la digestion anaérobique ont donné des scores moins désirables et par conséquent ils ne seront pas inclus dans l'analyse des options de gestion des déchets ménagers à la FMCES.

Comparaison des méthodes de traitement et d'élimination des déchets ménagers

| <i>Paramètres d'évaluation</i> | Compostage | Incinération | Digestion Anaérobique | Enfouissement |
|------------------------------------|------------|--------------|-----------------------|---------------|
| <i>Techniques et opérationnels</i> | 37 | 31 | 33 | 46 |
| <i>Ecologiques</i> | 33 | 24 | 30 | 18 |
| <i>Economiques</i> | 50 | 41 | 41 | 55 |
| Score total | 120 | 96 | 104 | 119 |

Le tri à la source et l'installation d'un centre de tri (avec une déchetterie) sont des modalités qui facilitent le fonctionnement et l'efficacité de chacune des 4 technologies considérées. Le tri à la source exige très peu d'investissement en comparaison avec les centres de tri. Cependant, le tri à la source n'est pas facile à mettre en place et doit être introduit progressivement à travers un programme.

3. LE COMPOSTAGE

La comparaison entre les différentes techniques de gestion de déchets solides a montré que le compostage est considéré comme étant l'option la plus désirable pour la gestion des déchets organiques solides à la FMCES. Pour cette raison, l'élaboration des éléments de base et des types de technologies disponibles est nécessaire pour mieux assimiler le processus. Ce paragraphe présente un descriptif technique des différents procédés de compostage.

3.1. LES PRINCIPES DE BASE DU COMPOSTAGE

Le compostage est la décomposition biologique et la stabilisation des substrats organiques sous des conditions permettant le développement des températures mésophiliques (25 à 45°C) et thermophiliques (50 à 65° C), menant ainsi à la production du CO₂, de l'eau, de minéraux, et de matières organiques stables. Les caractéristiques chimiques et physiques du compost varient selon la nature des matières entrantes, les conditions sous laquelle la décomposition des déchets a été entreprise et le degré de décomposition. Le compost est caractérisé par une couleur marron (marron foncé), par une proportion très faible en carbone, une nature continuellement changeante, et un taux élevé pour l'échange de cations et de résorption d'eau.

3.2. LES FACTEURS AFFECTANT LE PROCESSUS DE COMPOSTAGE

Plusieurs facteurs affectent le processus de compostage :

- le rapport carbone- nitrogène
- La teneur en eau
- La surface des particules
- La température
- L'aération

3.3. LES OPTIONS DE COMPOSTAGE

Les types de technologies de compostage disponibles sur le marché sont le compostage à andain, le compostage statique aéré, le compostage à l'intérieur d'un tambour et le compostage à l'intérieur d'un tunnel.

3.3.1. Le compostage à andain

Le compostage à andain est une méthode simple et versatile où les matières organiques seront réparties en de large tas et seront mélangées sur place effectivement à des intervalles réguliers. Le système de compostage à andain est un long processus prenant entre 2 à 3 mois pour produire une bonne qualité de compost. Une période de 60 jours pour la fermentation, suivie d'une période de 30 jours pour la maturation, est essentielle pour la production d'un compost stable.

3.3.2. Les tas statiques aérés

La méthode de compostage des tas statiques aérés combine la technique de compostage à andains avec d'autres technologies plus avancées. Dans cette méthode, les matériaux sont déposés en forme de tas sur une dalle en béton perforée. Dans la région de la FMCES, les matières organiques reçues seront mises dans des andains de 1.5 m de hauteur, 2.5 m de large et 25 m de long. Pour respecter une durée de compostage de 90 jours (60 jours de fermentation et 30 jours de maturation), la surface de compostage nécessaire est d'environ 3.000 m², correspondant à la construction de 10 andains.

3.3.3. Compostage à l'intérieur d'un tambour

Dans ce système, le compostage se fait à l'intérieur d'un tambour rotatif fermé. Le processus est basé sur une méthode d'aération et de tournage mécanique pour décomposer les matières organiques, et minimiser les odeurs et le temps du processus, tout en contrôlant la circulation de l'air et la température. Le compostage à l'intérieur d'un tambour rotatif est associé à des périodes de rétention très courte qui varient entre 3 et 5 jours. Après cette période, les matières stabilisées passent par une période de maturation de 30 jours. Trois tambours de 3 m de diamètre et 12 mètres de longueur sont nécessaires pour fermenter environ 15t/jour de matières organiques (équivalent à 60% du flux des déchets). Un tambour additionnel sera en réserve en cas d'échec mécanique des autres tambours. La surface requise pour la fermentation et la maturation des matières organiques est de 1.100 m².

3.3.4. Le compostage à l'intérieur d'un tunnel

Le système de compostage à l'intérieur d'un tunnel consiste à placer les matières organiques à l'intérieur d'une chambre à réaction rectangulaire où elles sont décomposées. Le compostage à l'intérieur d'un tunnel exige une période de fermentation de 28 jours. Une période additionnelle de maturation de 30 jours est requise pour produire un compost de bonne qualité. Deux tunnels en parallèles (de 37m de long et 3 m de large chacun) sont suffisants dans le cas de la FMCES pour produire un compost de bonne qualité. La surface requise par ce système est de 1.500m².

3.4. LA SELECTION DU PROCESSUS LE PLUS APPROPRIE

La sélection du système de compostage le plus adéquat doit se baser sur l'évaluation de la faisabilité technologique, les coûts économiques et les impacts socio-écologiques. Le compostage à andain n'a pas été repris dans la comparaison entre les différentes formes de compostage, car il n'offre pas une aération suffisante du compost. A noter encore que la comparaison des trois systèmes, prend en compte que le tri des fractions organiques est déjà accompli en amont de l'usine de compostage et que les trois systèmes auront les mêmes processus de raffinage du produit final. La comparaison des systèmes de compostage est basée sur l'évaluation de la désirabilité du processus. Ces critères d'évaluation sont divisés en trois catégories :

- Des paramètres généraux incluant la réquisition du terrain, le temps d'atteindre un produit stable, le contrôle d'odeur, les exigences d'aération, les contrôles opérationnels, les exigences d'entretien etc.
- Coût d'investissement incluant le coût des équipements, les travaux civils, les travaux électromécaniques, les générateurs, etc.
- Les coûts d'entretien et de fonctionnement comprenant les coûts de consommation d'électricité, les coûts du fuel, les salaires, les consommations, et les pièces de rechange.

Une comparaison qualitative des technologies est basée sur l'évaluation de la désirabilité du critère d'évaluation. Les critères de désirabilité ont été mis sous forme de scores bruts allant de 1 à 3, basés encore sur le niveau de désirabilité. De même un facteur d'évaluation a été pris en considération pour mettre en valeur l'importance de chaque paramètre par rapport aux autres. En fin de compte, le facteur brut de désirabilité a été multiplié par le facteur d'importance pour aboutir à la valeur pondérée.

Cette comparaison montre que le compostage à andain aéré est l'option la moins désirable, tandis que des deux autres techniques tambour et tunnel, la dernière semble plus favorable (score 98 vs 89).

Les résultats de la comparaison des options de compostage

| Critères d'évaluation | Score maximal | Compostage à andain aéré | Compostage à tambour | Compostage à tunnel |
|----------------------------------|---------------|--------------------------|----------------------|---------------------|
| Paramètres généraux | 51 | 31 | 32 | 40 |
| Coûts d'investissement | 48 | 28 | 32 | 34 |
| Coûts d'opération et d'entretien | 39 | 20 | 25 | 24 |
| Score total | 138 | 79 | 89 | 98 |

Les coûts envisagés par les deux techniques favorables ont couvert les coûts d'investissements qui ont été annualisés en les calculant sur une période qui varie entre 7 et 15 ans selon la nature du paramètre (7 pour les équipements électromécaniques, 15 pour les structures civiles et métalliques) et un intérêt annuel de 8%. Les coûts de fonctionnement et d'entretien ont été calculés par an. Un pourcentage de 15% a été ajouté pour les frais de gestion et de profit. Le Tableau suivant montre les coûts envisagés par ces deux techniques de compostage.

Estimation des coûts pour les 2 centres de compostage à tunnel et tambour

| | Tunnel | Tambour |
|--|-----------------|------------------|
| Coût d'investissement | \$365.356 | \$416.514 |
| Coût d'investissement annualisé | \$51.382 | \$59.149 |
| Coûts de fonctionnement et d'entretien | \$30.466 | \$30.839 |
| TOTAL (investissement + opération et entretien) | \$81.888 | \$89.988 |
| Gestion et profit (15%) | \$12.277 | \$13.498 |
| COÛT TOTAL PAR AN | \$94.125 | \$103.486 |
| COÛT PAR TONNE DE DECHETS | \$17,19 | \$18,90 |

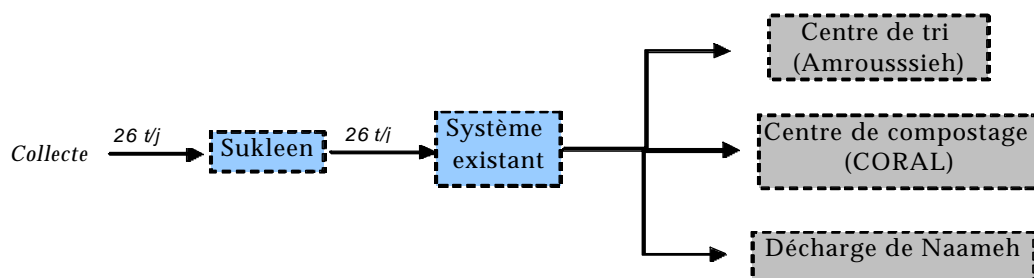
D'après l'analyse qualitative, et l'analyse des coûts envisagés pour chaque technique, le compostage à l'intérieur du tunnel semble plus favorable au niveau technique et au niveau économique. Pour cette raison, le compostage utilisé dans les sections suivantes sera du type de compostage à l'intérieur du tunnel et le coût par tonne envisagé sera de 17,19 \$/tonne.

4. ANALYSES DES OPTIONS POUR LA GESTION DES DECHETS A LA FMCES

L'analyse des options pour la gestion des déchets ménagers générés à la FMCES doit prendre en considération les composantes des différentes modalités et technologies évaluées dans le chapitre précédent.

Le choix sera dépendant de leur faisabilité et prendra en compte des contraintes budgétaires. La gestion des déchets à la FMCES peut s'effectuer suivant 4 options :

4.1. OPTION 1- MAINTENIR UN STATUT QUO



SUKLEEN continuera à collecter les déchets de la FMCES, et à les transporter aux stations de tri à Karantina et Aamroussieh. Les matières recyclables seront récupérées tandis que les matières organiques seront envoyées au centre de compostage de Coral pour les transformer en compost. Les refus de compost ainsi que toutes les matières non valorisables seront envoyés à la décharge sanitaire de Naameh (ou une autre décharge qui sera désignée). Par conséquent, la gestion des déchets à la FMCES sera affectée directement par ce qui va se passer dans la région de la GBA et une partie du Mont Liban concernant les déchets solides. Les coûts envisagés actuellement et contractuellement par cette option sont présentés dans le tableau suivant :

Coûts envisagés pour l'option 1

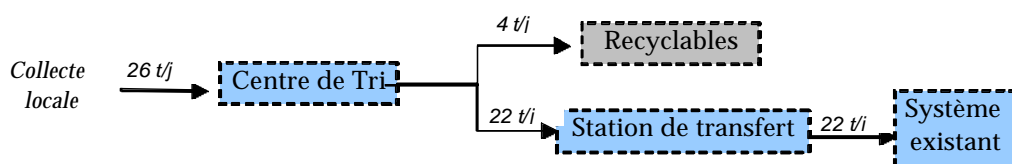
| Composantes | Option 1 (actuel) | | | Option 1 (contractuel) | | |
|---|-------------------|----------------------------|------------------|------------------------|---------------|------------------|
| | Quantité (t/an) | Prix unitaire ¹ | Coût | Quantité (t/an) | Prix unitaire | Coût |
| Collecte (SUKLEEN) | 9.440 | \$10,7 | \$101.008 | 9.440 | \$18,0 | \$169.920 |
| Traitement (tri et compostage - SUKOMI) | 9.440 | \$16,1 | \$151.512 | 9.440 | \$39,0 | \$368.160 |
| Enfouissement à Naameh (SUKOMI) | 7.080 | \$17,8 | \$126.024 | 7.080 | \$35,0 | \$247.800 |
| Coût total | | | \$378.544 | | | \$785.880 |
| Revenus potentiels | | | \$0 | | | \$0 |
| Total des revenus | | | \$0 | | | \$0 |
| BALANCE | | | \$378.544 | | | \$785.880 |

¹ Prix retenus de la phase 1

Un coût de 378.544 \$ sera payé chaque année directement à SUKLEEN et SUKOMI par l'intermédiaire de la caisse municipale indépendante. Mais, comme indiqué dans le rapport de la phase 1, à l'exception de Ain Wzain, toutes les municipalités payent un coût par tonne inférieur à celui chargé par l'opérateur du service de collecte (SUKLEEN charge 18 \$/tonne) et ceux de traitement et d'enfouissement (SUKOMI charge 39,7 et 35 \$/tonne respectivement).

En plus, les villages les moins peuplés (Aatrine, Ainbal et Ain Wzain) payent un coût plus élevé par tonne pour la collecte, le traitement et l'enfouissement que ceux qui sont plus peuplés (Baakline, Jdeidet el Chouf, Gharifeh et Semkanieh). Cela est dû à la mauvaise répartition des coûts par l'autorité en charge, aux villages servis par le contrat de SUKLEEN et de SUKOMI. Cependant, si on veut calculer les coûts envisagés pour les villages de la FMCES, il faut multiplier les coûts unitaires tels que dans les contrats de SUKLEEN et SUKOMI par la quantité de déchets pour chaque composante. Ce calcul est présenté dans le tableau ci-dessus (option 1-contractuel) et montre que les coûts envisagés seront de l'ordre de 785,880\$; à peu près le double de ce qui est payé

4.2. OPTION 2- COLLECTE LOCALE, CENTRE DE TRI, STATION DE TRANSFERT



L'option 2 comprend les composantes suivantes:

- Collecte locale par la municipalité ou collecte privée (à travers la municipalité)
- Installation d'un simple centre de tri comprenant une déchetterie
- Installation d'une station de transfert pour transporter les déchets restant vers un système existant (tels que la station de tri de Aamrousiyeh, le compostage au Coral, et la décharge à Naameh) ou un autre système proposé par le gouvernement.

Collecte locale

La collecte des déchets au sein de la FMCES nécessite un véhicule de collecte (capacité 10 m³) et deux pick-up (capacité 2 à 3 tonnes). Chaque camion aura besoin de faire 2 à 3 tours par jour pour collecter la quantité journalière des déchets. De nouveaux points d'apports seront ainsi installés aux mêmes endroits actuels (168 conteneurs de capacité 1,1 m³ et 580 conteneurs de capacité 0,2 m³). La collecte d'une tonne de déchets sera de l'ordre de \$14,86. Au cas où un accord sera signé avec SUKLEEN afin de laisser leur récipient en place, le coût sera réduit de 1,42 \$/tonne.

Le centre de tri

Le centre de tri envisagé dans cette option sera construit sur une surface totale de 1.100 m² et comprendra :

- | | | |
|--------------------------|---|---|
| - Une zone de réception | - Une table de tri | - Une zone pour déposer les déchets non valorisables afin de les transférer |
| - Un pont bascule | - Une poulie magnétique | - Un bâtiment administratif |
| - Des convoyeurs à bande | - 12 bais de stockage de matières recyclables et de déchets particuliers. | - Un bâtiment pour les ouvriers. |

Le coût d'investissement total de ce centre sera de 126.449 \$ et le coût par tonne sera de 13,32\$.

Station de transfert

La station de transfert nécessite la disponibilité de deux camions de capacité 25 m³ qui seront remplis par les déchets non récupérables au centre de tri. Après leur transfert, les déchets seront envoyés à un système existant (aux stations de tri et de compostage opérées par SUKOMI) ou ils seront triés, une partie transformée en compost et le reste enfoui à la décharge de Naameh. Le coût d'investissement d'une station de transfert sera de 75.761 \$ et le coût par tonne de déchets est de 9,78\$. On note que la vente des matières recyclables dans le marché libanais apportera en total une somme de 63.760 \$.

Le tableau suivant présente les coûts envisagés par les composantes de l'option 2.

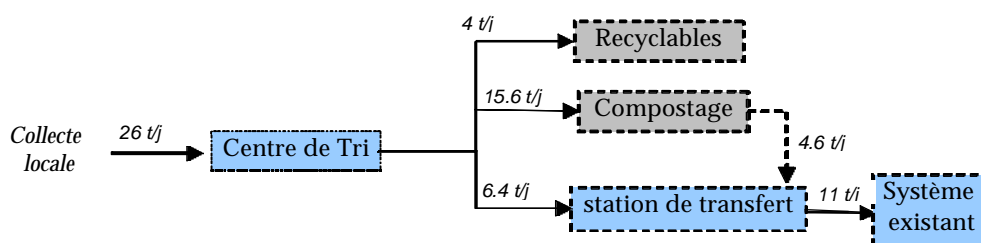
Coûts envisagés par les composantes de l'option 2

| Composantes | Option 2 | | |
|---|-----------------|---------------|------------------|
| | Quantité (t/an) | Prix unitaire | Coût |
| Collecte locale | 9.440 | \$14,86 | \$140.288 |
| Centre de tri | 9.440 | \$13,32 | \$125.783 |
| Station de transfert | 8.030 | \$9,43 | \$75.761 |
| Système existant (tri) | 8.030 | \$19,00 | \$152.570 |
| Système existant (compostage) | 1.204 | \$20,00 | \$24.080 |
| Système existant (décharge) | 6.826 | \$35,00 | \$238.910 |
| Coût total | | | \$757.392 |
| Revenus potentiels de la vente des recyclables ¹ | 1.480 | | -\$63.760 |
| Total des revenus potentiels | | | -\$63.760 |
| BALANCE | | | \$693.632 |

¹ Revenus calculés en soustrayant le coût de transport des matières recyclables aux usines de recyclage des revenus originaires = \$81,376

Dans cette option (2), les coûts d'investissement nécessaires pour la mettre en fonctionnement sont de l'ordre de **\$706.361**. La surface de terrain nécessaire est de l'ordre de **1.500 m²**.

4.3. OPTION 3- COLLECTE LOCALE, CENTRE DE TRI, CENTRE DE COMPOSTAGE, STATION DE TRANSFERT



L'option 3 comprend les composantes suivantes :

- Collecte locale par la municipalité ou collecte privée (à travers la municipalité)
- Installation d'un centre de tri (différent de celui de l'option 2) comprenant une déchetterie où les particuliers peuvent déposer leurs déchets spécifiques
- Installation d'un centre de compostage pour les matières organiques
- Installation d'une station de transfert pour transférer les déchets restant vers un système existant proposé par le gouvernement.

Collecte locale

Au cas où la municipalité sera responsable de la collecte des déchets, le même système de collecte envisagé dans la deuxième option sera considéré.

Centre de tri

Le centre de tri envisagé pour cette option sera construit sur une surface de 1.200m². La seule composante qui sera ajoutée à celle de la deuxième option est le crible (trommel) pour séparer les matières organiques des matières non organiques. Le coût d'investissement de ce centre de tri sera de 148.942 \$ et le coût par tonne de déchets sera de 15,69\$.

Centre de compostage

Les matières organiques provenant du centre de tri seront envoyées vers le centre de compostage. Comme indiqué dans la section 3 et d'après l'analyse des alternatives et des coûts, le compostage à l'intérieur du tunnel est le choix le plus favorable dans le cas de la FMCES. La surface de ce centre est d'environ 1.500 m². Le coût d'investissement de ce centre de compostage sera de 94.125 \$ et le coût par tonne de déchets sera de 17,19\$.

Station de transfert

La station nécessite la disponibilité d'un seul camion de capacité 25 m³ qui sera rempli de déchets non récupérables par le centre de tri, et les refus provenant de la station de compostage. Après leur transfert, les déchets seront envoyés vers un système existant où ils seront enfouis. Le coût d'investissement d'une station de transfert sera de 39.285 \$ et le coût par tonne sera de 9,78 \$. La vente des matières recyclables dans le marché libanais apportera au total une somme de 63.760 \$. En plus, le compost produit sera vendu à 15 \$ par tonne soit 25.620\$/an au total.

Les coûts d'investissement nécessaires de l'option 3 sont d'ordre de **\$ 968.933**. La surface nécessaire pour cette option sera de l'ordre de **2.850 m²**.

Cas du tri à la source

Le tri à la source est un facteur complémentaire à l'option 3. Pour l'instaurer, des moyens supplémentaires devront être mis en place :

- Environ 20 conteneurs de 1,1 m³ seront répartis sur les 9 villages. Ces 20 conteneurs seront consacrés aux déchets recyclables, évalués à 5,95 tonnes/ jour environ,
- 2 pick up de collecte seront suffisants pour collecter la quantité de déchets recyclables générés chaque jour,

- Les déchets organiques seront collectés par les mêmes véhicules de collecte décrits dans l'option 3,
- La fréquence de la collecte: 2 à 3 fois par jour.

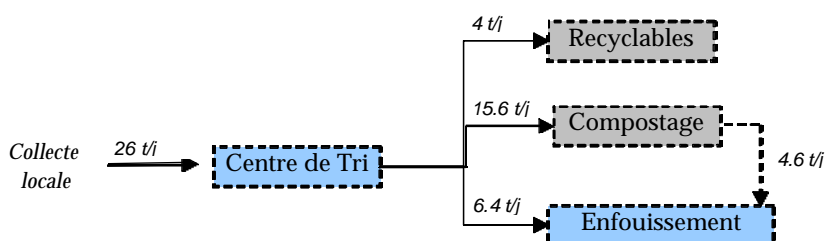
L'analyse des coûts de cette modalité montre que US\$93.529 seront les revenus engendrés de la vente de 2.171 tonnes de matières récupérables chaque année. En plus US\$51.240 seront les revenus potentiels résultant de la vente du compost (à \$US30 la tonne).

Comparatif de l'option 3 sans et avec le tri à la source

| Composantes | Option 3 | |
|---|------------------|-------------------|
| | Sans tri | Avec tri |
| | <i>Coût</i> | <i>Coût</i> |
| Collecte locale | \$140.288 | \$199.064 |
| Centre de tri | \$148.158 | \$60.461 |
| Centre de compostage | \$97.890 | \$97.890 |
| Station de transfert | \$39.285 | \$32.836 |
| Système existant (décharge) | \$140.525 | \$114.975 |
| Coût total | \$566.146 | \$505.226 |
| Revenus potentiels de la vente des recyclables ¹ | -\$63.760 | \$- 93.529 |
| Revenus potentiels de la vente du compost ² | -\$25.620 | \$-51.240 |
| Total des revenus | -\$89.380 | \$-144.769 |
| BALANCE | \$47.,766 | \$ 360.457 |

L'introduction du tri à la source augmentera les coût d'investissement de la collecte (2 pick up et 20 conteneurs) dus au fait que les matières recyclables nécessitent une collecte séparée de celles des matières organiques. Le coût du tri requis dans le centre de tri sera réduit puisque les matières organiques collectées seront directement transférées au centre de compostage sans passer par le processus de tri. De plus les revenus potentiels de la vente des matières recyclables et du compost augmenteront puisque la qualité et la quantité des matières brutes entrantes seront meilleures. La quantité des déchets à enfouir sera réduite puisque les rejets issus du processus de tri ou du compostage seront réduits. D'où la diminution de la balance totale envisagée par l'option 3 dans le cas de la séparation à la source de \$US 476.766 à \$US 360.457.

4.4. OPTION 4- COLLECTE LOCALE, CENTRE DE TRI, CENTRE DE COMPOSTAGE, UNE DECHARGE SANITAIRE



L'option 4 comprend les composantes suivantes:

- Collecte locale par la municipalité ou collecte privée (à travers la municipalité)
- Installation d'un centre de tri comprenant une déchetterie où les particuliers peuvent déposer leurs déchets spécifiques (similaire à l'option 3)
- Installation d'un centre de compostage pour les matières organiques (similaire à l'option 3)
- Construction d'une décharge sanitaire qui servira le caza du Chouf ainsi qu'un autre caza ayant une population équivalente à celle du Chouf (environ 150.000 personnes).

Les coûts engendrés par cette option seront les mêmes que ceux de l'option 3 sauf qu'il faut remplacer les coûts envisagés de la station de transfert par les coûts d'enfouissement dans une décharge sanitaire. L'analyse des coûts de cette option est présentée dans le tableau ci-dessous. On note que la vente des matières recyclables sur le marché libanais apportera au total \$US 63.760. Le compost produit au centre de compostage sera vendu à \$US 15 la tonne et générera par contre un revenu de \$US 25.620.

Coûts envisagés pour l'option 4

| Composantes | Option 4 | | |
|--|--------------------|---------------|-------------------|
| | Quantité (t/an) | Prix unitaire | Coût |
| Collecte locale | 9.440 | \$14,86 | \$140.288 |
| Centre de tri | 9.440 | \$15,69 | \$148.158 |
| Centre de compostage | 5.694 | \$17,19 | \$97.890 |
| Décharge sanitaire | 4.015 | \$14,62 | \$58.701 |
| Coût total | | | \$445.037 |
| Revenus potentiels de la vente des recyclables ¹ | 1.480 | | -\$63.760 |
| Revenus potentiels de la vente du compost ² | 1.708 | (\$15,00) | -\$25.620 |
| Revenus potentiels de l'enfouissement des déchets provenant des autres régions | 35.985 | (14,6) | -\$526.115 |
| Total des revenus | | | -\$615.495 |
| BALANCE | | | -\$170.459 |

¹ Revenus calculés en soustrayant le coût de transport des matières recyclables vers les usines de recyclage des revenus bruts = \$81.376

² Coût de vente de compost calculé sur une base de 15 \$/tonne

Les coûts d'investissement nécessaires pour l'option 4 sont de l'ordre de **\$2.589.310** si la décharge est construite sur le territoire de la FMCES. La surface nécessaire sera alors de **12.000 m²** environ. La balance, dans cette option, est négative en générant des revenus en faveur de la FMCES provenant surtout du coût d'enfouissement des déchets dus par les villages à la FMCES.

CONCLUSION

Le tableau ci-dessous reprend les coûts des différentes options.

Récapitulatif des coûts

| Composantes | Option 1 | Option 2 | Option 3 ¹ | Option 4 |
|--------------------------|------------------|------------------|-----------------------|-------------------|
| Surface nécessaire (m2) | 0 | 1500 | 2850 | 11850 |
| Investissement | 0 | \$706,361 | \$968,933 | \$2,589,310 |
| Coût total annuel | \$785,880 | \$757,392 | \$566,146 | \$455,037 |
| Revenu annuel | 0 | -\$63,760 | -\$89,380 | -\$615,495 |
| Balance des coûts | \$785,880 | \$693,632 | \$476,766 | -\$170,459 |

¹ les coûts n'incluent pas le tri à la source

La Décision n. 16 (14 Août 2003) du Conseil des Ministres a adopté une série de recommandations, dont les suivantes :

- Le nettoyage, la collecte des déchets (ménagers, médicaux, abattoirs et industriels) et leur transport du lieu de production vers les lieux de traitement et d'élimination, seront de la responsabilité des municipalités.
- Les centres de traitement et les décharges sanitaires seront sous la responsabilité de l'Etat, et financés par le budget général, et par la suite les ressources financières seront assurées.
- Les établissements médicaux privés, industriels et abattoirs doivent payer directement les coûts de collecte, de transport, de traitement et d'enfouissement de leurs déchets.

Dans le cadre de cette décision, la station de transfert sera nécessaire pour transférer les déchets vers la décharge qui sera désignée prochainement par le CDR (option 2). Mais vu la quantité de matières organiques présente dans les déchets de la FMCES, on recommande, avec un investissement additionnel (sur celui de l'option 2) de \$US 262.000, de construire un complexe comportant un centre de tri, une déchetterie, une station de compostage, et une station de transfert (option 3). Cet investissement additionnel entraînera une réduction des coûts annualisés de fonctionnement et d'entretien de \$US 191.000. Aussi, après un an de fonctionnement, le coût additionnel d'investissement sera récupéré et le coût annuel à partir de la deuxième année sera encore réduit.