



Guide opérationnel

Quelle décharge pour ma ville ?



Juin 2017



AFD

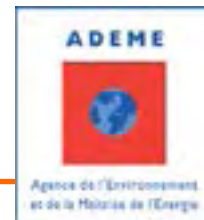


Table des matières

Sommaire	1
A. Preambule	2
1. Introduction	2
1.1. La Mise En Decharge Toujours D'actualite	2
1.2. A Qui S'adresse Ce Guide?	3
2. Pourquoi, Comment Mettre En Place Une Decharge Pour Ma Ville ? -3	
2.1. Pourquoi Une Decharge Pour Ma Ville ? Quelle Issue Pour Les Dechets ?	3
2.2. Les Enjeux De La Gestion Des Dechets : Sanitaires, Environnementaux, Socio-Economiques	3
2.3. Comment Mettre En Place Une Decharge ?	5
Selon La Nature Des Dechets Enfouis, Les Decharges Peuvent Etre Classees En Trois Grandes Categories :	5
B. Guide Operationnel Sur La Mise En Decharge Des Dechets Menagers Et Assimiles	6
Phase 1 : L'identification Du Site De La Decharge	6
1.1. Pre-Selection Du Ou Des Site(S) Potentiel(S)	6
1.2. Selection Finale : Etudes Geotechniques, Geologiques, Topographiques, Hydrologiques Et Hydrogeologiques Du Sol	11
Phase 2 : La Construction De La Decharge	13
2.1. Amenagements Prioritaires Du Site	13
2.2. Amenagements Prioritaires Des Casiers Et Alveoles	14
2.3. Amenagements Supplementaires Pour Une Decharge De Grande Taille	16
Phase 3 : L'exploitation De La Decharge	16
3.2. Reception Des Dechets Et Acces Au Site	16
3.3. Deversement Des Dechets Et Enfouissement	18
3.6. Besoins En Personnel Et En Materiels	20
Phase 4 : Fermeture De La Decharge Et Suivi Post-Exploitation	22
Bibliographie	25
Glossaire	27

A. PREAMBULE

1. Introduction



Avant d'entamer le parcours de ce Guide Opérationnel « **Quelle décharge pour ma ville ?** », il est important d'expliciter ce que l'on entend par le mot « décharge ». La décharge est un lieu destiné à l'enfouissement des déchets, un lieu où on se « débarrasse » des déchets, qu'ils proviennent des ménages, des collectivités, des commerces, des industries, etc. Les décharges sont les exutoires finaux de la filière de gestion des déchets. Toutefois, seuls les déchets ultimes devraient y être déposés, c'est-à-dire les déchets ayant subi des processus visant la valorisation de la plupart des matières pour lesquelles un réemploi ou une transformation est envisageable techniquement et socio-économiquement selon le contexte local (Voir les Guides Opérationnels sur la valorisation des déchets). Cependant, force est de constater que dans de nombreux pays, la mise en décharge reste la technique la plus souvent utilisée pour se débarrasser des déchets tels quels c'est-à-dire contenant des matières plastiques, des métaux, du verre, des gravats et des matières

biodégradables ou matières organiques telles que papiers/cartons, déchets verts, déchets de cuisine, etc. Il est primordial de tenir compte de la présence ou non de matière organique au sein des déchets. C'est elle qui va conditionner les principaux moyens à absolument mettre en œuvre pour éviter les nuisances sur l'environnement et la santé publique ; nuisances liées à la biodégradation de ces matières sur des périodes de plusieurs mois, années à dizaines d'années. Il existe en effet bien d'autres dangers et risques dans le domaine de la gestion des déchets que ceux liés aux activités professionnelles de maintenance des déchets eux-mêmes (explicités dans le Guide Opérationnel « Gérer les risques professionnels chez les opérateurs de la gestion des déchets »). Ce guide opérationnel « **Quelle décharge pour ma ville ?** » les prend en considération pour se concentrer ensuite sur les stratégies à mettre en œuvre pour la sélection des sites de décharge et le choix du mode de gestion.

1.1. La mise en décharge toujours d'actualité

La mise en décharge, la méthode la plus ancienne de traitement des déchets urbains, notamment des déchets ménagers, constitue dans les pays en développement, après les points de regroupement, l'élément physique le plus universel dans le circuit de la gestion des déchets. La mise en décharge constitue une étape essentielle de la filière de gestion des déchets, mais c'est aussi l'étape ultime pendant laquelle les déchets sont en contact permanent avec le milieu naturel pour une très longue période. C'est pour ces raisons que l'on doit prendre des dispositions adéquates pour le choix, l'aménagement, l'exploitation et la fermeture de ces sites.

Ce guide s'intéresse aux décharges de déchets ménagers et assimilés dans les pays en développement, où le tri et la valorisation en amont sont marginaux. Il aborde précisément la démarche de choix de site, la conception des infrastructures à mettre en place pour un meilleur stockage des déchets, ainsi que les mesures adéquates à prendre pendant et après la fermeture de ces sites. Bien que déjà abordée en long dans ce guide, une fiche technique synthétique présentant un modèle de décharge pour refus de tri est disponible sur le lien

Notre souci est de donner des indicateurs pertinents qui permettront aux villes, en fonction de la taille de la population, de pouvoir construire une décharge en minimisant à la fois les coûts afférents et les impacts environnementaux et sanitaires. Le guide fournit également les indications sur le processus d'exploitation et les équipements nécessaires aux opérations.

1.2. A qui s'adresse ce guide ?

Ce guide s'adresse d'abord aux collectivités territoriales décentralisées responsables de la gestion de leurs déchets solides ménagers. Il s'adresse ensuite aux ministères, entreprises et bureaux d'études qui accompagnent, encadrent et appuient les communes, et éventuellement aux bailleurs de fonds (coopération décentralisée, agences internationales, etc.) qui appuient financièrement les communes et les Etats en matière de gestion des déchets.

Dans cette optique ce guide décrit par étape les directives générales à suivre par les maitres d'ouvrage et maitre d'œuvre pour mener à bien un projet de construction de décharge. Laissant la place à l'adaptation au cas par cas via l'expertise des maitres d'œuvre, il n'a pas la prétention de donner les directives détaillées permettant de réaliser ce travail mais il souligne les aspects-clés sur lesquels porter sa vigilance pour suivre un projet.

2. Pourquoi, comment mettre en place une décharge pour ma ville ?

2.1. Pourquoi une décharge pour ma ville ? Quelle issue pour les déchets ?

*Par analogie au corps humain, la ville produit, consomme et rejette des résidus.
L'homme mange, digère et évacue des déchets*

La ville est un milieu de vie avec des activités économiques qui génèrent des déchets. Ces déchets peuvent être de 3 natures : liquide (excrétas, eaux usées), gazeuse ou solide.

Les sources de production sont diverses : les ménages, les établissements scolaires, les formations sanitaires, les petites activités économiques diffuses, les industries, les marchés, la petite agriculture urbaine, les services et les administrations au sens large.

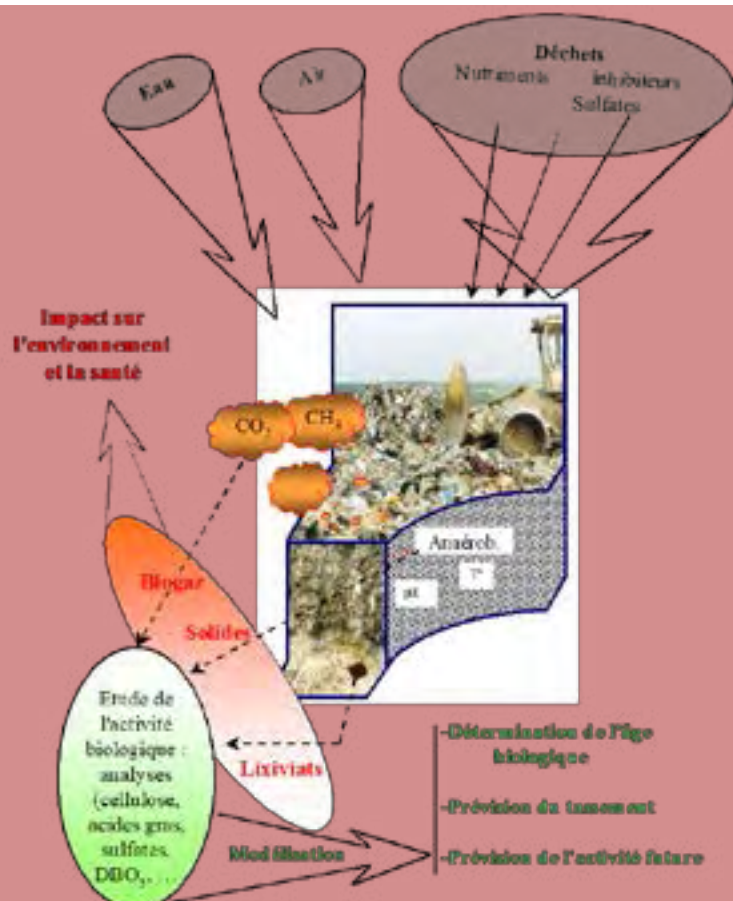
Ce guide s'intéresse aux déchets solides qui sont gérés par les communes. Il s'agit des déchets ménagers, des déchets des collectivités (balayages des rues et places publiques, déchets verts, déchets des cantines), des déchets des services. Les déchets industriels banals peuvent être admis dans les sites d'enfouissement objets de ce guide, mais la prise en charge de leur traitement peut être facturée aux entreprises productrices.

Une fois les déchets produits, ils doivent être précollectés, collectés et traités selon un scénario de gestion des déchets. La prolifération des déchets dans les milieux de vie des villes des PED est l'une des conséquences immédiates de l'absence ou du mauvais fonctionnement de la filière de gestion des déchets. La mise en décharge est donc un maillon de la chaîne de traitement et d'élimination. Il est indispensable et se situe en aval de l'ensemble de la filière de gestion des déchets. On parlera ainsi d'enfouissement des déchets.

2.2. Les enjeux de la gestion des déchets : sanitaires, environnementaux, socio-économiques

Au-delà de ce rôle de receveur indispensable et définitif des déchets solides, la décharge est un moyen traditionnel et simple de minimiser les coûts inhérents au traitement, tout en réduisant les effets nocifs de ces derniers sur la santé et l'environnement comparativement aux autres procédés de traitement tels que l'incinération. Toutefois, si cette solution est la plus facile à mettre en œuvre et la moins coûteuse, il n'en reste pas moins qu'elle doit, pour atteindre son but, respecter certaines recommandations techniques et environnementales. En effet, il ne s'agit pas simplement de jeter ces déchets dans un terrain sans valeur car un dépôt non contrôlé présente un danger pour l'environnement et les populations locales. Outre les nuisances évidentes telles que les odeurs, les fumées issues du brûlage non-contrôlé des déchets, les plastiques volants, il en existe d'autres beaucoup plus pernicieuses mais dont les effets ne sont pas directement observables. Citons en particulier la pollution atmosphérique avec les émissions de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone et surtout méthane avec un impact 25 fois supérieur) et la pollution de la nappe phréatique via la production de lixiviats chargés de polluants organiques et des métaux lourds. Les origines de cette pollution sont diverses. Il est cependant intéressant de rappeler les deux plus importantes.

Figure 1 : La décharge, un bioréacteur à gérer.



Les intrants eau, air et déchets (renfermant des nutriments et des inhibiteurs p.ex. des sulfates) sont le siège de phénomènes biologiques et physico-chimiques (rôle crucial des paramètres de pH, température et anaérobiose). Les effluents générés (biogaz CO₂ et CH₄ et percolats aussi appelés lixiviats) ont un impact sur l'environnement et la santé. Leur suivi via des analyses physico-chimiques permet de modéliser l'activité biologique et l'impact environnemental du massif de déchets

Encadré 1 : Les conséquences de la prolifération des déchets dans l'environnement en l'absence d'une décharge : cas d'une ville au Cameroun

Nkongsamba est une ville du Cameroun située à 150 km de Douala (capitale économique). Elle a une population d'environ 150 000 habitants en 2015 et n'est pas dotée de décharge officielle. Dans cette ville, les cours d'eau et les terrains vagues sont des sites de déversement des ordures ménagères. Ces pratiques entraînent notamment des inondations dans les zones proches des cours d'eau, des mauvaises

odeurs, la destruction du couvert végétal due à la pollution par les déchets et la prolifération des moustiques. Jadis 3e ville du pays après les indépendances, Nkongsamba a perdu progressivement son éclat sous l'effet conjugué de la crise économique et de la détérioration de son environnement, ce qui lui a valu d'être la seule grande ville du pays avec un taux de croissance démographique négatif. Fort de ce constat, l'Etat a décidé en 2012, d'appuyer la Communauté Urbaine de Nkongsamba pour la construction d'une décharge et l'amélioration de la collecte des déchets dans la ville.

La première source de pollution, et certes la plus dangereuse, est principalement liée à la mise en décharge de déchets industriels dangereux avec des déchets ménagers qui sont eux-mêmes susceptibles de contenir des produits toxiques : médicaments, produits chimiques et hydrocarbures, métaux lourds présents dans les batteries, piles, encres, ... Éviter leur présence dans les déchets ménagers est une nécessité pour faciliter leur gestion en site contrôlé et limiter les dangers qui y sont associés. La seconde source de pollution est liée à la présence de matière organique putrescible dans les déchets. Cette matière organique biodégradable (en général plus de la moitié de la masse) est à l'origine d'une pollution un peu moins dangereuse mais davantage incidente sur le long terme. Elle sera l'objet d'une transformation biologique et physico-chimique sous l'action de micro-organismes. Ainsi, le massif de déchets est assimilé à un bioréacteur où se multiplient les micro-organismes, qu'il faudra gérer en vue de maîtriser les impacts (Figure 1).

Au-delà des intérêts environnementaux et sanitaires, la présence d'une décharge dans une ville génère également un profit sur le plan économique dans la mesure où une ville propre attire plus de touristes et d'entrepreneurs (Encadré 1). La protection de l'environnement étant l'une des questions les plus débattues actuellement au niveau mondial, les collectivités se verront tôt ou tard obligées de s'inscrire dans cette optique et de pratiquer la dépollution de leurs villes, ce qui sera moins coûteux si elles ont prévu dès le départ un site d'enfouissement de leurs déchets.

2.3. Comment mettre en place une décharge ?

Selon la nature des déchets enfouis, les décharges peuvent être classées en trois grandes catégories :

- les décharges pour déchets dangereux ou spéciaux ;
- les décharges pour déchets non dangereux ou banals;
- les décharges pour déchets inertes .

Dans ce guide, notre intérêt porte sur les décharges pour déchets non dangereux, recevant les déchets ménagers et assimilés dans les pays en développement.

Il s'articule en 4 parties :

- La première partie décrit la procédure pour opérer le choix du site approprié pour accueillir la décharge, en précisant les critères à prendre en compte et les études à mener ;
- La deuxième partie présente les principaux aménagements à réaliser lors de la construction de La décharge en distinguant les cas des petites et des grandes décharges en fonction du tonnage;
- La troisième partie fournit les directives pour assurer une bonne exploitation de la décharge, en précisant les opérations et contrôles nécessaires, les postes clés, et les équipements essentiels;
- La dernière partie propose les moyens d'assurer un bon suivi post-exploitation après la fermeture de la décharge, dans le but de minimiser les impacts environnementaux.

B. GUIDE OPERATIONNEL SUR LA MISE EN DECHARGE DES DECHETS MENAGERS ET ASSIMILES

Phase 1 : L'identification du site de la décharge

L'objectif de cette partie est de donner les outils permettant de choisir un site approprié pour l'implantation de la décharge qui recevra les déchets de la ville sur une période de minimum 30 ans et nécessitera une attention particulière pour les 30 années suivantes.

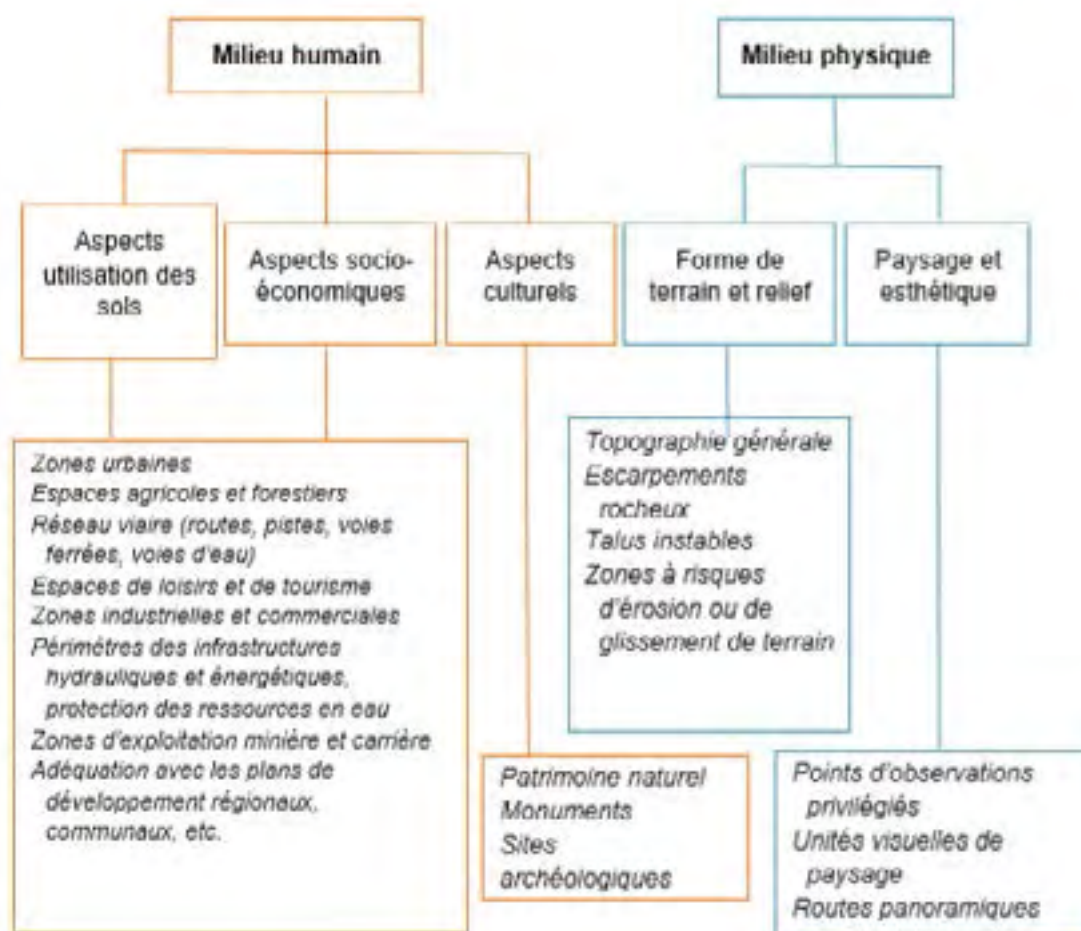
Cette phase se déroule en deux étapes :

- Une pré-sélection sur la base de critères facilement évaluables aboutissant à un classement des sites potentiels ;
- Une sélection sur la base d'études géologiques, géotechniques, et hydrologiques permettant de confirmer le site retenu.

1.1. Pré-sélection du ou des site(s) potentiel(s)

L'approche rationnelle généralement suivie dans le choix du site consiste à trouver le meilleur site pour lequel des conditions favorables sont réunies du point de vue des contraintes posées par les aspects sociaux, économiques, environnementaux, etc. repris sur la Figure 2. L'ossature de la recherche du site de décharge comprend :

Figure 2 : Aspects à étudier lors de la présélection d'un site



Données	Éléments	Outils	Résultat
Nature et quantité de déchets produits	Masse volumique apparente (quantité par unité de volume)	Campagne de caractérisation ou données disponibles dans les villes de même importance (Encadré 2) ¹	Volume susceptible d'être occupé par les déchets
	Production par habitant, quantité des déchets collectés par habitant.	Campagne de quantification ou données disponibles dans les villes de même importance (Encadré 2) ¹	
Population	Nombre d'habitants dans la localité	Actualisation des données de recensement	Quantité de déchets produits dans la ville et son évolution dans le temps, quantité des déchets collectés par année.
Capacité de collecte de la commune	Taux de collecte des déchets ménagers	Matériel, personnel de collecte disponible et budget réservé à la collecte	Quantité de déchets que doit recevoir le site de décharge
Durée de vie de la décharge	30 ans minimum	Expériences d'autres villes de même importance	Surface de la décharge à construire pour couvrir la durée de vie
Disponibilités foncières de la commune	Carte des espaces terriens	Plan d'occupation des sols Plan d'urbanisation	Espaces libres pouvant être exploités et position
	Statut des espaces disponibles (privés, domaine national,)	Documents de planification	Type de procédure en vue de disposer de l'espace (bail, achat, DUP ,...)

Encadré 2 : Quelques données pour l'évaluation des surfaces d'enfouissement en décharge et la durée d'exploitation

Production de déchets par habitant elle varie de 0,3 à 1 kg/hab/jour. Dans les villes industrielles, il faut tenir compte de la production des déchets industriels pouvant être traités à la décharge.

Tassement : compris entre 5 et 20% pour les tassements primaires et entre 8 et 30% pour les tassements secondaires. Pour exploiter le volume supplémentaire lié au tassement, il faut attendre environ 2 ans avant la couverture finale de l'alvéole.

Masse volumique apparente peut être celle propre aux déchets en poubelles (c'est-à-dire sans aucun tassement) ou bien en décharge après compactage des déchets.

La masse volumique apparente en poubelle est comprise entre 0,2 et 0,5 tonnes/m³ (elle augmente avec le taux d'humidité des déchets). La masse volumique apparente moyenne après compactage est comprise entre 0,7 et 0,8 pour une décharge exploitée avec un bulldozer et entre 0,9 et 1 pour une décharge exploitée avec un compacteur à pied de mouton. Elle augmente avec la profondeur de l'alvéole suite aux processus de tassement liés à la dégradation et réorganisation des matières.

Quelques valeurs de production journalière de déchets par habitant dans les villes en Afrique : Douala et Yaoundé (Cameroun) : 0,62 kg/hab/j; Lomé (Togo), Garoua, Dschang (Cameroun), Thiès (Sénégal), Ouagadougou (Burkina Faso) : 0,50 kg/hab/j

L'évolution de la production des déchets à enfouir

¹ Les données de l'Encadré 2 sont amplement suffisantes pour le dimensionnement du site devant accueillir les déchets sur une période de plusieurs dizaines d'années. Toutefois, certains bailleurs de fonds demandent une caractérisation des déchets pour appuyer le bien-fondé des investissements. On se référera dans ce cas au Guide Opérationnel «Caractérisation et quantification des gisements de déchets».

doit être évaluée en fonction du taux de croissance de la population de la ville concernée (données fournies par les services de statistiques nationales et via la projection du plan directeur d'urbanisme de la ville s'il existe). L'évolution de la production de déchets à enfouir dépend également de celle du taux de valorisation et du taux de collecte. Si une importante unité de compostage se met en place, la

quantité et la nature des déchets à enfouir peuvent évoluer très fortement. Il faut donc également se référer à la stratégie de gestion des déchets de la ville si elle existe.

Il est également important de tenir compte de la circulation lors de l'évaluation de la surface de terrain nécessaire. On peut attribuer 20% de la superficie du terrain à la circulation et la construction des infrastructures d'exploitation.

- La collecte des données. Un certain nombre de données (Tableau 1, Encadré 2 et niveau d'interaction par rapport aux aspects de la Figure 2) doit servir à définir la taille du site à réserver pour la décharge et donc à identifier les espaces «libres» qui seront analysés pour le choix du site de la décharge.
- L'exclusion des sites inadéquats sur base de critères intransigeants repris dans le Tableau 2. Des rayons de sécurité (ou d'exclusion) sont attribués à chaque paramètre pouvant être un obstacle à l'installation de la décharge. De ce fait, est considérée comme «zone non permise» une zone absolument inappropriée dans laquelle l'emplacement d'une décharge causerait d'importantes nuisances qui ne peuvent être évitées ou efficacement limitées.
- La détermination (présélection) des surfaces libres adéquates. Il s'agit d'une cartographie thématique (1/100.000 à 1/25.000 du réseau hydrographique, des activités socio-économiques, agriculture, forêts et réserves naturelles, ...) des populations et des activités à protéger (zones d'exclusion). Cette opération vise à faire ressortir les différents éléments constitutifs de la ville (Figure 2) qui seront exploités pour l'étude de pré-sélection du site de la décharge. Bien réalisée, elle permet de laisser apparaître les contraintes potentielles à la mise en place de la décharge et les « surfaces libres » potentielles. Aujourd'hui, des techniques comme les photographies aériennes prises par des drones ou sur Google Earth peuvent permettre de disposer rapidement de données récentes et à moindre coût.
- Les enquêtes et visites des terrains identifiés. Elles permettent d'affiner les cartes des surfaces libres, de vérifier sur le terrain l'exactitude des informations (occupation réelle de ces «surfaces libres» et superficie) et la disponibilité foncière de ces sites². Ce dernier critère est très important afin d'envisager la démarche d'acquisition qui peut être plus ou moins longue, voire impossible selon le type de terrain et le contexte socio-politique de la zone.
- L'analyse multicritère pour le choix préliminaire des sites à étudier. La situation du site par rapport à différents critères est pondérée pour permettre une classification des sites potentiels identifiés. Une note est attribuée de 1 à 5 par exemple sur base d'un minimum de connaissance du site. Les tableaux téléchargeables sur le lien ... permettent de réaliser cette analyse multicritère par rapport à des critères qualitatifs (Cf. Encadré 3) ou quantitatifs (en référence aux critères repris dans le Guide IEPF³)
- La classification et sélection des sites potentiels sur la base des points qui précèdent. A partir des sommes des notes finales relatives à chaque critère, on classe les sites du plus au moins approprié. Les études approfondies peuvent donc débiter au niveau du site le plus favorable afin de confirmer son aptitude à l'implantation de la décharge.

² Il faut savoir que dans la plupart des pays en Afrique, il n'y a pas d'espace libre dans l'absolu. On observe une dualité entre le droit coutumier et le droit moderne en matière du foncier. Par conséquent, tout espace, même libre est un terrain coutumier appartenant à une famille ou à une communauté.

³ Hiligsmann et al. 2006

Ainsi, la décharge ne peut être autorisée que si, vu les caractéristiques du site au regard des exigences mentionnées ci-dessus ou les mesures correctives envisagées, elle ne présente pas de risque grave pour l'environnement et la santé des populations riveraines.

Tableau 2 : Diverses considérations entrant en jeu dans l'exclusion des zones non permises. *R est le rayon de sécurité c'est à dire la distance minimum à respecter par rapport à la périphérie du site aménagé pour la décharge (ces distances sont à ajuster en fonction d'éventuelles normes spécifiques à chaque pays).*

Aménagement du territoire et occupation des sols	
	But : limiter les nuisances en respectant un R minimum par rapport aux zones suivantes
	<p>Zones à proximité des agglomérations urbaines actuelles ou futures prévues $R > 500$ m</p> <p>Zones industrielles, commerciales ou d'intérêt historique, artistique ou paléontologique $R > 500$ m</p> <p>Zones à protéger (patrimoine naturel, forêts, ...) $R > 300$ m</p> <p>Zones d'intérêt militaire $R > 300$ m</p> <p>Zones d'intérêt social et culturel $R > 1000$ m</p> <p>Périmètre des infrastructures hydrauliques, zones agricoles $R > 300$ m</p> <p>Cours d'eau $R > 500$ m</p> <p>Le débit des eaux susceptibles de s'écouler (écoulement hypodermique, percolats, etc.), si la gestion du site présentait des défaillances, à partir du site en direction d'une rivière environnante doit être au moins 100 fois inférieur au débit de la rivière (en période d'étiage), d'alimentation du lac, etc. On parle d'un taux de dilution supérieur à 100</p> <p>L'implantation de la décharge ne doit pas être à l'origine de la destruction d'un écosystème particulier</p>
Géomorphologie	
	But : garantir la stabilité et les caractéristiques géomorphologiques et géologiques adéquates
	<p>Zones de fortes pentes : les terrains avec des pentes ≥ 15 % ne sont pas conseillés</p> <p>Zones à failles géologiques $R > 300$ m</p> <p>Zones inondables (lits des oueds, thalwegs, marais asséchés périodiquement,...) ou en dessous du niveau de la mer</p> <p>Zones de carrière (exploitée ou abandonnée) autre qu'argilière</p> <p>Zones présentant une faiblesse géologique active (sismique, volcanique, ...)</p> <p>Zones à proximité d'une installation de captage $R > 50$ m</p> <p>Zones en milieu karstique (présence abondante de calcaire) pouvant renfermer des points de pénétration préférentiels (dolines, chantoirs, etc.) et ne pouvant se situer sur les axes de circulation préférentiels alimentant un captage</p> <p>Zones ayant une perméabilité du sol (naturel ou après aménagements) inférieure ou égale à 10^{-9} m/s sur une épaisseur minimum de 1 m</p> <p>Zones sur le bassin versant d'une nappe phréatique exploitée ou exploitable dépourvue d'une isolation naturelle par rapport au terrain superficiel (5 m de sol de perméabilité 10^{-9} m/s⁴)</p> <p>Zone surplombant une nappe phréatique dont le niveau piézométrique est fortement instable (battement)⁵</p> <p>Zones salines ou dont le sous-sol renferme du gypse (source d'une activité sulfato-réductrice néfaste sur le plan économique et environnemental et source de dissolution biologique ou chimique des roches).</p>

4 Correspondant à une infiltration d'environ 1m³ par hectare par jour. Le coefficient de perméabilité d'un sol doit être déterminé à $\pm 2,5$ % de l'optimum Proctor et en tenant compte que les expériences de laboratoire sur des échantillons de sol conduisent à des valeurs dix à cent fois plus favorables que les coefficients effectifs in situ. Les expériences devront donc être répétées plusieurs fois et ponctuées par des tests de validation in situ, notamment sur les caractéristiques de l'échantillon (densité, hétérogénéité, etc.). Des essais de comparaison devraient également être réalisés en présence de lixiviats, jeunes et anciens, de décharges.

5 Lors de l'évaluation du niveau piézométrique, il convient de tenir compte de la capillarité éventuelle dans certaines franges du sol.

Encadré 3: Exemple d'approche par l'analyse multicritère et application pour la sélection du site de la décharge de Dschang dans l'Ouest-Cameroun. Plusieurs sites ont été préalablement identifiés comme sites potentiels et ont reçu des notes de 0 à 3 pour chaque critère ; elles sont multipliées par un coefficient de pondération de 1 ou 2 marquant les facteurs prioritaires. Le tableau illustre les cas les plus favorables et défavorables de Sinteu et Lépia, respectivement, en mentionnant les notes finales attribuées ainsi que les points forts, faibles et recommandations pour les critères les plus significatifs.

Critère	Coefficient de pondération du critère	Note finale attribuée par site	
		Lépia	Sinteu
Situation foncière du site			
Facilité d'acquisition	1	2	1
Valeur ou coût du terrain	2	0	0
Capacité de stockage du site (superficie et profondeur ou hauteur d'enfouissement)	2	0	6
Examen de la morphologie			
Pente du terrain (apte à l'évacuation gravitaire des eaux d'infiltration et superficielles)	2	2	2
Positionnement du site limitant les apports liquides du bassin versant correspondant	1	0	1
Exclusion des surfaces marécageuses et de marais	2	4	6
Risque d'inondation	2	6	6
Position du site			
Facilité d'accès	1	1	1
Distance réduisant les déplacements	1	1	1
Rattachement au réseau routier	2	2	4
Visibilité (intégration de la décharge dans le paysage après fermeture)	1	1	3
Examen sommaire de la nappe			
Profondeur	2	0	0
Vulnérabilité de la nappe	1	1	3
Examen de la végétation et l'usage des milieux environnants			
Fonction de la forêt	1	0	2
Situation par rapport aux ressources en eau et habitations, expropriations	2	2	4
Examen géotechnique			
Risque de glissement	2	4	6

Site de Lépia	Note finale	26
<p>Points forts</p> <p>Les propriétaires coutumiers sont prêts à céder le site à la commune Superficie disponible moyenne (2,5 ha) Possibilité d'agrandir le site actuel Voie d'accès disponible Proche du centre-ville (2 km d'une route goudronnée) Eloigné des habitations (plus de 500 m)</p> <p>Points faibles</p> <p>Coût de négociation foncière élevée (13 millions de FCFA d'après les premiers contacts) Très forte pente Voie d'accès en mauvais état (1,7 km à réhabiliter et 300 m à refaire) Situé sur un bassin versant qui draine les eaux vers la ville</p> <p>Recommandations</p> <p>Site possible à utiliser comme décharge municipale moyennant des investissements importants pour améliorer les accès et drainer les eaux de percolation</p>		
Site de Sinteu	Note finale	46
<p>Points forts</p> <p>Emprise foncière importante (près de 10 ha) Facilité d'aménagement, car le sol naturel est en grave latérite Site isolé et éloigné des habitations (plus de 100 m) Accès facile (moins de 1km de la route bitumée et pente moyenne)</p> <p>Points faibles</p> <p>Négociation foncière encore embryonnaire (le chef de quartier a donné un accord verbal pour l'utilisation du site) Pente du site importante Nécessite la création de nouvelle voie d'accès Un terrain de football sur l'emprise du site</p> <p>Recommandations</p> <p>Site recommandé malgré de fortes pentes. Par la suite, une étude topographique, de sol et d'impact environnemental a confirmé que la nature du sol du site pouvait permettre de recevoir une décharge pour déchets ménagers</p>		

Ici il est question d'effectuer une pré-sélection initiale des sites potentiels pouvant accueillir la décharge en fonction de quelques critères de base excluant des analyses approfondies des terrains. Cette pré-sélection peut suffire comme sélection de site aux communes qui n'ont pas suffisamment de moyens financiers pour effectuer des études approfondies.

Il faut aussi prendre en compte que, en lien avec certains aspects tels que le syndrome NIMBY (Not In

My Backyard : pas dans mon jardin), les populations souhaitent en général que la décharge soit la plus éloignée possible de la ville. Un tel choix peut conduire à des distances de transport prohibitives, étant donné l'impact relatif du transport dans un système de gestion de décharge. Une concertation avec les riverains potentiels du site est donc nécessaire au plus tôt dans le processus de sélection et mise en place d'un site de décharge.

1.2. Sélection finale : études géotechniques, géologiques, topographiques, hydrologiques et hydrogéologiques du sol

Après le choix préliminaire du site, la collectivité peut, en fonction de ses moyens, réaliser des études techniques approfondies sur le ou les sites les plus favorables d'après les résultats de l'étape 1.1. Ces études doivent être réalisées par des personnes ayant une expertise avérée en la matière. Elles permettent de prévoir un plan d'exploitation et déterminer la durée de vie de la future décharge. Leur coût avoisine les 1,5 millions de Francs CFA par hectare de surface à expertiser : 33% pour les études topographiques et la production des plans et cartes indispensables pour les autres études ; 14% pour les études géologiques ; 33% pour les études hydrogéologiques et 20 % pour les études géophysiques. Il faut signaler que ces études sont indispensables pour les décharges des villes moyennes ou des grandes villes recevant plus de 100 tonnes de déchets par jour. Les petites villes de moins de 200 000 habitants par exemple peuvent limiter ce type d'étude à condition de garantir un impact négligeable sur l'environnement et la santé humaine ; ce qui impose de trier les déchets avant l'enfouissement pour éviter les composés chimiques toxiques mais surtout éviter la matière organique. On se référera à la fiche technique synthétique présentant un modèle de décharge pour refus de tri (téléchargeable sur le lien ...).

Ces études doivent être complétées par les études d'ingénierie : avant-projet sommaire (APS) et avant-projet détaillé (APD), permettant de déterminer les emplacements et volumes des casiers à réaliser, les voies d'accès et de circulation, les modes de gestion, les infrastructures d'exploitation, l'équipement de drainage et traitement des lixiviats, les dispositifs de collecte et traitement de biogaz (éventuellement). Dans ce cas, il faudrait également faire appel à un bureau d'étude d'ingénierie pour la réalisation de ce travail². Il faut prévoir au minimum 2,5 million de F CFA par hectare pour la réalisation de ces études.

● *Etude topographique*

Cette étude a pour but d'examiner la morphologie du terrain, afin d'en faire une représentation graphique des formes sur un plan. Sur ce plan seront reportées les courbes de niveaux qui représentent les pentes du terrain permettant d'évaluer si le terrain est apte à l'évacuation gravitaire des eaux d'infiltration et superficielles. Il est à noter qu'une géométrie accidentelle du terrain et globalement en pente est préférable car elle limite les terrassements et favorise les écoulements gravitaires. Les terres déblayées seront utilisées durant l'exploitation pour couvrir les déchets. Ce plan doit indiquer clairement la position du site de la future décharge par rapport à son environnement (plan de situation) et les objets naturels (cours d'eau, végétation, etc.) présents sur le site, les routes, les limites potentielles d'extension du site.

● *Etudes géologique et géotechnique*

Il s'agit d'étudier la composition du sol naturel et sous-sol du site ainsi que sa stabilité en fonction des différentes profondeurs (une coupe géologique est nécessaire sur une vingtaine de mètres). On pourra s'appuyer ici sur les cartes géologiques d'une région proche pour avoir une situation

² En fonction des pays, la Commune a l'obligation de passer par les appels d'offres dont les termes de références et le dossier d'appel d'offre doit être réalisé par le service technique. Chaque pays a ses règles de passation des marchés, dont la commune devra s'inspirer pour la rédaction de ces documents

générale de la géologie du lieu. Cette étude doit déboucher sur la mesure ou détermination de la perméabilité du sol en place à différentes profondeurs. Elle permet ainsi de définir les types d'aménagements à mettre en place. Par exemple, un sol argileux constituant une barrière passive aux écoulements en profondeur permettra de réduire les coûts d'aménagement. La perméabilité du sol le plus proche des déchets (naturel ou après aménagements) devrait être inférieure ou égale à 10^{-9} m/s sur une épaisseur minimum de 1 m afin de garantir son intégrité de barrière passive. Cela signifie que sur une surface de 1 ha, 315 m^3 de liquides seraient susceptibles de s'infiltrer par année, soit 6 % des précipitations dans un pays où on enregistre 500 mm de pluies/an. Un sol à 10^{-8} m/s laisserait par contre passer 65% des liquides percolant au travers des déchets, ce qui n'est pas acceptable pour des flux susceptibles de véhiculer des agents dangereux sur le long terme. Par conséquent, il est bon de prévoir dans ces études la recherche d'argile de perméabilité adéquate à proximité afin de limiter les coûts d'aménagement des alvéoles.

L'étude de la stabilité du sol permet de déterminer si la zone présente une faiblesse géologique active (sismique, volcanique, etc.) et si on peut procéder à un enfouissement sans risque de glissements

● **Etudes hydrologique et hydrogéologique**

Ces études ont pour but de localiser (ampleur et profondeur) la nappe phréatique (voire les nappes), la variation du niveau de cette nappe au cours de l'année en fonction des précipitations, son action sur les nappes sous-jacentes (artésianisme, ...), la perméabilité du sol et des roches afin de voir si les propriétés du site sont adéquates pour l'implantation d'une décharge. Ces études doivent définir les moyens de surveillance tels que l'implantation d'un piézomètre tous les 20 à 50 ha en fonction de la surface de terrain et de la topographie du site. Ces piézomètres doivent être en cas de besoin complétés par des sondages à la tarière ou au dynamomètre lourd. Une étude géophysique au sondage électrique pourra compléter ces essais afin d'apprécier globalement le mouvement de nappe souterraine sur l'ensemble du site.

● **Etude environnementale**

L'étude a essentiellement pour but de :

- caractériser l'état actuel de pollution du site (identification, quantité et mobilité des divers déchets et polluants), l'aptitude de ces déchets déjà présents ou envisagés à engendrer des polluants par dégradation (biogaz, lixiviats...) et l'estimation des flux de transfert ;
- caractériser l'impact du site sur l'environnement en considérant le milieu récepteur environnant (les sols, les eaux superficielles, les eaux souterraines, l'air) et les cibles (activités humaines, écosystèmes, usage des ressources en eau...). Sur ce point, il y a interaction avec l'étude du contexte géologique, hydrogéologique, anthropique, ... ;
- procéder à une évaluation des risques que le site peut engendrer à court, moyen et long terme vis-à-vis de la santé des êtres humains et, d'une façon plus générale, vis-à-vis de l'environnement (faune, flore, paysage, etc.) ;
- proposer s'il y a lieu des moyens de contrôle au cours du temps.
Dans la plupart des pays, une étude d'impact social peut également faire partie des conditions préalables à l'autorisation administrative pour l'ouverture de la décharge

Phase 2 : La construction de la décharge

L'objectif de cette partie est de décrire les différentes étapes de l'aménagement du site et de la construction de la décharge.

Avant de recevoir les déchets, des travaux préparatoires d'envergure sont réalisés pour aménager le site et construire la décharge. Ils vont s'appuyer sur les différentes études ayant mené à la sélection du site final et sur les études d'ingénierie permettant de choisir d'une part le mode d'enfouissement et d'aménagement des cellules d'enfouissement et d'autre part les procédés de collecte et de traitement des effluents (lixiviats, biogaz).

Pour ce qui est des communes qui n'ont pas eu les moyens de faire les études préalables approfondies (Section 1.2. de la phase 1), nous présentons ici les aménagements prioritaires à effectuer pour limiter au maximum les impacts sur l'environnement et la santé.

Ces travaux préparatoires sont assimilables à des travaux de génie civil, et par conséquent nécessiteront l'intervention d'une entreprise du domaine, des engins de génie civil et du personnel adapté à cet effet.

2.1. Aménagements prioritaires du site

● **Sécurisation du site et aménagement des accès**

Une clôture en mur, grillage ou de type végétal (arbres, arbustes, ...) doit permettre de sécuriser les installations et de contrôler l'accès en ceinturant le site. L'accès à la décharge devrait être facilité par une route bien aménagée, durable, à deux voies d'une largeur minimale de 8 m ou présentant des zones de croisement aisé. Le drainage devra être soigné, avec l'apport au minimum d'une couche latéritée ou gravillonnaire pour éviter les risques de dégradation de la voie ou d'embourbement des véhicules en périodes pluvieuses. C'est un point important compte tenu de la circulation fréquente de camions. Dans le cas où le trafic est léger (moins de 50 voyages par jour), un revêtement en terre compactée et soignée ou latérite peut convenir. Pour un trafic supérieur, un revêtement en produits bitumineux ou en béton est recommandé.

Deux entrées, l'une principale et l'autre de secours, doivent être aménagées sur le site, de préférence à l'opposé l'une de l'autre. L'entrée principale est implantée en amont des vents dominants atteignant le site de façon à limiter les désagréments liés aux odeurs des déchets frais. Un poste de contrôle doit y réguler la circulation des véhicules.

● **Circonscription des différentes zones d'exploitation du site**

La répartition de la surface disponible sur le site entre zones d'enfouissement, de circulation et de services sera définie en fonction de la topographie du terrain. Par exemple, les zones d'altitude plus faible seront réservées aux zones de collecte et traitement des éventuels lixiviats et les zones plus élevées pour les installations de traitement du biogaz. Dans le cas d'une surface disponible importante pour l'enfouissement, les aménagements des casiers ou zones de déversement des déchets seront réalisés par phases correspondant à une décennie de collecte. En toute logique par rapport aux écoulements gravitaires, le premier casier sera implanté pour 10 ans d'activité au point le plus haut.

D'autres bâtiments seront implantés (facultatifs pour certains) sur le site pour accueillir les services administratifs (bureaux, laboratoires, réfectoires, etc.) et les services techniques (maintenance et dépôts de matériel de chantier, etc.). Des voies de circulation à l'intérieur du site sont réalisées par exemple en latérite ou déchets de chantiers pour que les camions

puissent circuler sans s'embourber jusqu'aux quais de déchargement qui vont évoluer au fur et à mesure de l'évolution des casiers ou des alvéoles.

2.2. Aménagements prioritaires des casiers et alvéoles

La zone d'enfouissement doit être conçue et aménagée de manière à répondre aux 4 impératifs suivants (y compris pour les petites décharges dans les climats secs Cf. Encadré 4):

- Protection des eaux souterraines et du sous-sol : par mise en place d'un complexe étanche en fond de casier, y compris sur les talus terrassés sous le niveau du terrain naturel. Dans le cas d'une décharge recevant des déchets non triés et donc susceptibles de produire des lixiviats, ce complexe impliquera une barrière argileuse et une géomembrane (Cf Guide pratique IEPF). A minima, si le site retenu ne présente pas de sensibilité majeure aux eaux souterraines (site implanté sur des terrains marneux ou argileux avec des eaux souterraines absentes ou à plusieurs dizaines de mètres de profondeur et non exploitables), l'étanchéité en fond de casier peut être assurée par une couche de 50 cm de matériau ayant une perméabilité inférieure à 10^{-9} m/s ou par un complexe géosynthétique équivalent. Il est cependant nécessaire de réaliser l'essai Porchet² sur le fond du casier afin d'estimer sa perméabilité.

Encadré 4. Aménagements prioritaires pour les petites décharges (<30 000 t/an) implantées sous des climats semi-arides ou tropicaux à longue saison sèche

Dans ces circonstances, on pourra diminuer le niveau d'exigence au niveau perméabilité du fond de casier si et seulement si les 4 conditions suivantes sont respectées simultanément :

- assurer un niveau de perméabilité minimal raisonnable et homogène via un bon compactage du sol de fond de casier ;
- mettre en place un bon drainage du fond du casier (pente minimale de 2%) ;
- limiter les phénomènes de biodégradation au sein des déchets en garantissant simultanément la présence de moins de 5% de matières organiques, la déshydratation des matières (p.ex. via un stockage extensif sous le soleil pendant les périodes chaudes) et une teneur en eau continuellement inférieure à $15 \pm 3\%$ généralisée dans l'ensemble du massif de déchets reconstitué avant les périodes pluvieuses (p.ex. via un rassemblement des déchets suivi d'un compactage et l'apport d'une couche supérieure de matériaux argileux compactés et entretenus pour éviter les infiltrations et favoriser les écoulements superficiels des eaux atmosphériques);
- prouver l'efficacité sur le long terme des conditions d'enfouissement envisagées via une expérimentation pilote comparative sur 10 000 tonnes de déchets (1000 m² sans et avec géomembrane à la base en vue de quantifier les éventuelles productions de lixiviats) sur un minimum de deux années avec suivi des écoulements de lixiviats.

- Division de la zone d'enfouissement : en casiers de 2 à 5 ha maximum eux-mêmes découpés en alvéoles afin d'éviter le contact entre les déchets et les eaux pluviales propres (gonflant inutilement le volume des lixiviats) qui s'écoulent par exemple sur les zones non encore exploitées ou après couverture.
- Optimisation du volume de stockage : du site et équilibre des remblais/déblais. Afin de profiter au maximum de la capacité du site, il faut prévoir d'excaver le fond des casiers sur une profondeur de minimum 2 à 3 m (afin d'assurer la stabilité des talus du massif) tout en cherchant à équilibrer le volume de déblais avec les besoins en remblais pour l'aménagement et l'exploitation de la décharge. Ainsi, la hauteur du massif de déchets pourrait sans problème atteindre les 20 à 25 m.

² L'essai Porchet est un dispositif expérimental simple pouvant être réalisé sur base de connaissances en géologie, hydrogéologie ou en sciences de la terre. La Commune peut se référer aux universités proches pour les aider à réaliser ces tests.

- Drainage des lixiviats : afin de limiter les contraintes sur le fond de casier. La présence d'un dispositif de drainage des lixiviats est indispensable dès lors que la pluviométrie de la zone et le mode de gestion du CET est susceptible de conduire à la production de lixiviats ayant été en contact avec les déchets. Ce drainage vise à canaliser les lixiviats vers des bassins de collecte via un écoulement gravitaire sur le complexe d'étanchéité de pente minimale de 2%. Ce complexe de drainage pourra être constitué d'une couche de 50 cm d'épaisseur de gravier lavé non calcaire de granulométrie 20/40 mm entouré par un géotextile protégeant l'ensemble du système de fond de casier et assurant un compromis entre la capacité de drainage et la capacité de filtration du gravier. Les matériaux non lavés risquent en effet de colmater le réseau de drainage et les matériaux calcaires se dégradent facilement au contact des lixiviats acides. Le système de drainage doit être étudié expérimentalement sur plusieurs mois et adapté à chaque cas en fonction de la configuration du site et des matériaux disponibles. Chaque alvéole sera délimitée par un réseau individuel de canalisations crépinées permettant de séparer les lixiviats des eaux de précipitation. Les drains et conduites collectant les lixiviats au niveau des points bas doivent avoir une pente minimum de 1%. Après la pose, ces conduites doivent être testées avant la mise en place des déchets pour s'assurer de leur bon fonctionnement.

2.3. Aménagements supplémentaires pour une décharge de grande taille

Les sites ayant fait l'objet d'études préalables doivent se conformer rigoureusement aux aménagements prioritaires cités plus hauts. La mise en place de l'étanchéité de base de casier et des drains nécessite un personnel qualifié et du matériel adapté pour la mise en oeuvre.

Une station de pesage (pont bascule ou pèse-essieu) doit être construite afin d'évaluer les flux de déchets entrant sur le site. En fonction du mode de traitement choisi, il est également nécessaire de construire les stations de traitement du lixiviat et du biogaz le cas échéant.

Un fossé de ceinture de la décharge est réalisé afin de reprendre toutes les eaux de pluies tombées à l'extérieur de la zone d'enfouissement des déchets et les acheminer vers le réseau hydrographique naturel après traitement mineur pour retirer les éventuels éléments polluants liés à l'exploitation du site (huiles, matière organique perdue lors des transports, plastiques, matières en suspension, etc.). Dans ce sens, pour les sites recevant plus de 100 t/j, il est nécessaire de prévoir une station de nettoyage des roues des véhicules qui quittent le site.

Phase 3 : L'exploitation de la décharge

L'objectif de cette partie est de décrire les moyens et méthodes nécessaires à la gestion et l'exploitation d'une décharge à savoir l'autorisation des collectivités territoriales et la mise en oeuvre d'un plan d'exploitation rigoureux.

3.1. Cadre de la gestion d'une décharge

L'autorisation d'exploitation de la décharge est délivrée lorsque les conditions suivantes sont réunies:

- le projet de décharge est conforme à toutes les exigences pertinentes au niveau national et aux standards internationaux en la matière ;
- la gestion du site est confiée à une personne physique techniquement compétente qui assure la formation professionnelle et technique des exploitants et du personnel impliqué;
- le plan de restauration du site post-gestion est en adéquation avec le Plan Directeur d'Urbanisme de la localité approuvé par les autorités territorialement compétentes et est assuré d'un financement intégral.

La gestion d'une décharge exige que toutes les opérations soient contrôlées depuis l'arrivée des déchets jusqu'à l'enfouissement et leur devenir. Les principaux éléments à prendre en compte sont la réception et le contrôle des déchets entrants ; le contrôle de l'enfouissement et le mouvement des camions sur le site ; l'entretien des infrastructures et des espaces ; le suivi environnemental ; la gestion des filières de valorisation.

Elle demande en outre de tenir compte de l'évolution potentielle des exigences en matière de protection de l'environnement (implications financières, évaluation et suivi des performances de la décharge, suivi-environnemental, ...) et de continuellement renforcer les capacités humaines et matérielles pour une meilleure gestion des infrastructures

3.2. Réception des déchets et accès au site

Des procédures rigoureuses doivent être mises en place pour assurer la pérennité des installations.

- Accès et sécurité des personnes. La décharge n'est accessible qu'aux personnes autorisées préalablement par le gardien afin de limiter les potentiels risques d'accidents, de pillage ou de vandalisme. De plus, il est impératif de veiller au respect scrupuleux du port d'EPI (chaussures de sécurité, gilets réfléchissants, cache-nez, gants, ... Cf. Guide opérationnel sur les EPI).
- Nature et quantité de déchets entrant. La maîtrise intervient sur le tonnage des déchets admis ainsi que sur leur nature. Il s'agit d'appliquer la réglementation en vigueur pour le site pour éviter les catégories de déchets interdites. La non-conformité des déchets entraîne leur reprise immédiate par le chauffeur et peut donner lieu à un procès-verbal de non-conformité. En fonction de la taille de la décharge, divers types de contrôles peuvent être mis en place (Tableau 3).
Dans le cas d'un pesage, le pointage du véhicule de collecte lors de son arrivée et son départ est très important pour assurer un suivi optimal de la gestion. En outre, les heures de départ et d'arrivée permettent d'évaluer les temps de collecte, les distances, le taux de remplissage des bacs à ordures, etc. Pour une meilleure efficacité de l'opération de pointage et du suivi de la collecte, il peut être intéressant de mettre en place un système de ticket-certificat d'acceptation pour le déchet livré. Ce système sous-entend le remplissage et l'émargement d'un certificat d'acceptation du déchet livré par le pointeur/gardien au conducteur/collecteur pour le service de collecte.

Tableau 3 : Exploitation par type de décharge



1. Le portail est ouvert uniquement durant les périodes d'activité sur le site

2. Les éléments à pointer sont : numéro du véhicule, nom du chauffeur, heure d'arrivée, lieu de provenance, nombre d'éboueurs, port d'EPI, heure de départ, etc.

3. Le but est de vérifier qu'il s'agit exactement des déchets solides ménagers et l'absence de contaminants majeurs (fines d'incinération, boues d'assainissement, déchets industriels, pneus, etc.)

4. Estimation du pourcentage approximatif de chargement par rapport à la capacité du véhicule et mesure une ou deux fois par mois de la masse des véhicules (à vide et plein) p.ex. dans une station à proximité disposant d'équipements adéquats (pont bascule, pese-essieu)

- Mouvements des engins et des déchets. Le guidage des camions et autres bennes lors de leurs déplacements sur le site et l'assistance du chauffeur pendant le déversement dans le casier (ou centre de tri ou alvéole) est nécessaire pour éviter tout risque de collision avec les engins d'exploitation du site, à s'assurer que les déchets sont déversés à l'endroit souhaité et à éviter tout dommage sur le réseau de dégazage (risques majeurs).

3.3. Déversement des déchets et enfouissement

Le déversement des déchets à l'intérieur du casier ou de l'alvéole et leur compactage régulier sont nécessaires pour garantir la durabilité des conditions d'enfouissement. Un plan d'exploitation est ainsi élaboré dans ce sens, mis en œuvre et contrôlé par l'exploitant afin de ne pas mettre à mal l'intégrité des aménagements réalisés et d'éviter tout surcoût inutile.

- Enfouissement des déchets. Le déversement des déchets s'effectue à l'endroit indiqué par l'exploitant sur une hauteur inférieure à 2 m et doit faire l'objet d'un dernier contrôle visuel. Les déchets sont ensuite repris par le bulldozer ou le compacteur et régalez sur la surface d'exploitation journalière de l'alvéole. Au moment du régalaage, une attention doit être accordée au mélange des déchets de natures différentes. L'objectif est de :

- augmenter l'efficacité du compactage afin d'éviter des tassements différentiels importants : mélange des déchets humides avec d'autres plus secs; mélange de déchets à forte teneur en vide avec des déchets à fine granulométrie ;
- diminuer les impacts environnementaux : mélange de déchets légers avec des déchets humides ou pâteux évitant l'envol des déchets; mélange de déchets odorants (poisson, ...) avec des déchets absorbants.

Une fois régalez par couche d'environ 50 cm d'épaisseur, les déchets sont soumis à plusieurs passes croisées aléatoires de l'engin de compactage.

Pour les décharges de petite taille, cet étalement et compactage peut être effectué par le bulldozer une fois par semaine ou par mois, en fonction de la quantité de déchets enfouis et à condition de veiller à éviter (via p.ex. des écrans en grillage ou filets) l'éparpillement des déchets sous l'action du vent, des animaux, etc.

- Compactage des déchets. Un bon compactage des déchets peut induire une diminution du volume allant jusqu'à 30% du volume initial sur la période de dégradation des matières organiques. Il est donc nécessaire et conseillé d'effectuer un compactage régulier des déchets à l'aide d'un compacteur à pied de mouton ou d'un bulldozer. Il permet ainsi de gagner de l'espace de stockage et éviter des accidents suite à des tassements différentiels importants (en raison également de la présence d'objets encombrants de grande taille > 1m). Le compactage a également un rôle crucial dans l'efficacité (élimination des poches de gaz) et la durabilité des puits de dégazage lorsqu'ils sont placés à l'avancement (rehausse progressive en fonction des nouvelles couches de déchets).
- Couverture temporaire. En fin d'exploitation journalière, une couche de 10 à 30 cm (voire 50 cm pour une mise en attente de plusieurs semaines) de déchets plus denses ou matériaux minéraux (terre, latérite, ...) est étendue sur la couche compactée de déchets frais de 2 à 3 m d'épaisseur. Elle sera éventuellement raclée sommairement avant l'apport de nouveaux déchets afin de la réutiliser et éviter des pertes en volume disponible pour les déchets. Plus simplement, certains exploitants utilisent des filets en matière textile pour contenir les déchets enfouis du jour.

3.4. Fermeture d'un casier

Au terme de l'exploitation d'un casier atteignant 20 à 25 m de hauteur, les tassements se poursuivent puis s'estompent. Lorsque les tassements différentiels annuels deviennent marginaux (de l'ordre de 0,5 % de tassement par année), il est envisageable d'appliquer la couverture définitive et de réaliser le réaménagement final du casier. Les objectifs sont :

- Assurer le confinement des déchets et leurs rejets (biogaz, lixiviats) par la mise en place d'une couverture finale surmontant une couche drainante ayant remplacé la couverture temporaire. Une couche de matériaux argileux compactés sur plus de 30 cm d'épaisseur avec une pente de minimum 6% peut servir de couverture imperméable définitive sous un climat sec lorsque les déchets ont été triés pour éliminer la matière organique. Cette couche argileuse est associée à une géomembrane lorsque les précipitations sont importantes et diluent les lixiviats. Pour les cas intermédiaires et via des choix de couverture appropriée, les entrées d'eau à l'intérieur de la masse de déchets peuvent être limitées et la production de lixiviats réduite tout en maintenant la dégradation des déchets et la production de biogaz dans les conditions les plus favorables.
- Laisser un site qui s'intègre bien dans le paysage. Dans ce but, l'ensemble des zones exploitées sont végétalisées en cohérence avec les espèces locales et le climat. De plus, les pentes du dôme final formé par le massif sont dimensionnées (10 à 15 %) pour favoriser le ruissellement sans générer un risque d'érosion important.

- Garantir un devenir à long terme (indéfini) du site compatible avec la présence de déchets : interdiction de constructions ou d'intervention touchant à l'intégrité de la couverture définitive.

Dans ce sens, la végétation peut être constituée d'espèces locales xérophiiles, inféodées au milieu avec notamment :

- Un système racinaire superficiel et développé permettant de limiter les risques d'érosion de la couverture ;
- Une bonne résistance à la sécheresse. En effet, la couverture finale doit être conçue pour écarter le plus rapidement possible les eaux pluviales de la zone d'exploitation. La seule réserve d'eau disponible pour la végétation est constituée par la capacité de rétention de la couverture finale.

L'objectif ultime est de rendre l'espace à la nature par reconstitution d'un biotope compatible avec les biotopes naturels environnants.

3.5. Suivi d'exploitation et environnemental

Dans une décharge contrôlée, il est peu réaliste de distinguer systématiquement le suivi environnemental du suivi d'exploitation car une bonne partie des ouvrages et équipements du site vise à réduire l'impact environnemental du stockage des déchets.

Pour un bon suivi d'exploitation, l'exploitant d'une décharge doit fournir un bilan annuel du suivi de la décharge avec comparaison entre les objectifs fixés et ce qui a été réalisé. Ce bilan de fonctionnement est nécessaire pour évaluer l'efficacité des méthodes et techniques en vue d'une optimisation ; identifier les nouveaux aménagements et investissements potentiels à réaliser ; bannir les systèmes défaillants et sanctionner les mauvaises pratiques ; optimiser le type d'activité biologique souhaitée. Différentes étapes sont ainsi associées à ce suivi :

- Entretien des infrastructures générales et espaces dédiés. Il est important de veiller à l'entretien du site et particulièrement en fin de saison sèche en réalisant l'entretien de la voie de desserte des casiers (désherbage régulier, drainage et pose de pavés si nécessaire) ; des fossés de collecte des eaux de ruissellement et passages sous voirie ; du bassin de rétention des eaux de ruissellement (utilisables pour le nettoyage des engins, les sanitaires, les services incendie, ...).
- Suivi des lixiviats. Il faut régulièrement vérifier l'état des bassins de rétention des lixiviats (niveau des boues dans les bassins, état des digues, ...) ; l'état des équipements de l'unité de traitement des lixiviats via un contrôle des performances et analyses des lixiviats avant et après traitement sur une base mensuelle (les principaux paramètres du suivi sont DCO, DBO5, N, P et pH). Par ailleurs, il est également recommandé de procéder tous les 6 mois au curage des drains principaux situés sous les déchets. L'exploitant veillera également, en fin de saison sèche, à minimiser les surfaces de déchets permettant l'infiltration des eaux pluviales, de manière à minimiser les quantités de lixiviats produits.
- Suivi des eaux souterraines. Une décharge contrôlée présente un risque de contamination des eaux souterraines. De ce fait, celles-ci sont suivies à l'aide de piézomètres implantés à l'amont et à l'aval piézométrique des casiers. Une analyse annuelle des principaux paramètres, tels que la DCO, les différentes formes de l'azote, le plomb, le nickel, le cadmium, le cuivre, le zinc, les sulfates, ... et la comparaison des valeurs obtenues entre l'amont et l'aval des casiers permettra de confirmer l'absence d'impact de la décharge sur les eaux souterraines.

- Suivi d'exploitation et environnemental du biogaz. Le suivi d'exploitation de la gestion du biogaz est intimement lié à la méthode choisie pour l'incinération/valorisation du biogaz. Elle impose un niveau de qualité du biogaz et un suivi des équipements selon les manuels d'exploitation et de maintenance remis par l'installateur. Le suivi des débits et de la composition du biogaz produit permet aussi de caractériser les réactions biologiques de méthanisation, d'apporter d'éventuelles actions correctives (telles que la recirculation des lixiviats) et d'affiner la courbe théorique de modélisation de la production de biogaz au cours du temps.

L'état du réseau, des pompes aspirant le biogaz au travers du massif de déchets via les puits de dégazage et les pompes immergées dans les puits verticaux de dégazage est vérifié tous les 6 mois au minimum et le niveau d'ouverture des vannes sur chaque tête de puits deux fois par semaine. Le suivi des fuites de biogaz au travers de la couche de couverture finale est également recommandé sur base semestrielle.

3.6. Besoins en personnel et en matériels

Un site de décharge contrôlée s'apparente à un chantier regroupant des domaines d'intervention aussi variés que les terrassements, la pose de réseaux, le drainage, le pompage des gaz et lixiviats et le traitement/valorisation des gaz. Il doit mobiliser du personnel spécialisé ayant un bon niveau de technicité (Tableau 4).

Pour les décharges de plus de 100 000 tonnes de déchets par jour, la quantité de matériel et de personnel est adaptée au prorata.

Personnel d'exploitation (min)	Matériels d'exploitation (min)
Petites décharges (moins de 30 000 tonnes/an)	
1 gardien du jour assurant également le contrôle des déchets entrant, ...	1 clôture et barrière de sécurité pour filtrer les entrées
1 pointeur pour l'orientation des camions dans les alvéoles assurant également le réglage/compactage et autres tâches techniques avec engins et sur installations.	1 guérite pour le gardien
1 responsable d'exploitation assurant également l'organisation et le suivi des chantiers, des installations de traitement,	1 bulldozer (au moins 3 jours par mois)
	1 chargeur et 2 camions (3 jours par trimestre) EPI pour le personnel
Décharges de capacité moyenne (30 000 à 100 000 tonnes/an)	
2 gardiens	1 clôture et barrière de sécurité
2 pointeurs pour l'orientation des camions dans l'alvéole	1 pont bascule (éventuellement partagé)
1 responsable des pesées	1 bulldozer
2 conducteurs d'engins	1 pelle chargeuse
1 chauffeur	2 bennes
1 mécanicien (entretien des engins d'exploitation)	1 voiture tout terrain
1 responsable d'exploitation	1 pelle excavatrice (au moment d'aménager les alvéoles et pendant les fermetures)
1 environnementaliste (suivi environnemental)	1 réseau de collecte des lixiviats et pompes
	1 installation de traitement de lixiviats
	1 connexion au réseau électrique ou groupe électrogène
	EPI pour le personnel

Décharges de grande capacité (plus de 100 000 tonnes/an)

5 gardiens du site	1 clôture et barrière automatique
9 gardiens et agents de contrôle des camions à l'entrée	1 à 2 ponts bascules (plus de 400 000 tonnes/an)
3 à 6 responsables de pesées	1 bulldozer
6 pointeurs	1 compacteur pied de mouton
2 mécaniciens	1 pelle excavatrice
1 électricien	2 véhicules tout terrain
2 chauffeurs	1 réseau de collecte des lixiviats et pompes (1 par alvéole)
6 conducteurs d'engins	1 installation de traitement de lixiviats
1 directeur d'exploitation	1 connexion au réseau électrique et groupe électrogène
1 responsable et 2 techniciens de suivi de l'installation de traitement de lixiviats	1 citerne à carburant
1 responsable de suivi environnemental	

3.7. Charges et coût d'exploitation de la décharge

Les charges et le coût d'exploitation d'une décharge varient en fonction de l'aménagement de celle-ci et des opérations qui s'y déroulent. Ces charges comprennent :

- Le coût d'acquisition, d'exploitation, et de maintenance du parc automobile et du matériel de la décharge;
- Les charges salariales du personnel;
- Le coût d'investissement des éléments de génie civil (bureaux, clôture, hangar, casiers/alvéoles, système de traitement des lixiviats, système de traitement du biogaz, stations de carburation et de lavage, etc.);
- Le coût des analyses périodiques et des campagnes de désinfection;
- Les coûts d'entretien des équipements et des bureaux.

Chaque décharge étant différente, ne fût-ce qu'en fonction de l'année, de la région ou du pays d'implantation, il est difficile d'estimer le coût global de traitement à la tonne de déchet arrivée en décharge, tenant également compte de l'investissement initial à côté du coût d'exploitation selon la formule suivante

$$\text{Coût de la tonne} = \frac{\text{(Coût d'investissement)} + \text{Coût d'exploitation}}{\text{Temps d'exploitation de la décharge}} \times \text{Tonnage annuel}$$

Pour une estimation générale et relative de ces différents coûts en fonction de la taille du site, de considérations climatiques, ... nous renvoyons vers le lien... qui permet de réaliser une simulation financière à partir des données de coût reprises dans le Guide pratique IEPF.

Phase 3 : L'exploitation de la décharge

L'objectif de cette partie est de mettre en garde sur la poursuite des moyens et méthodes à mettre en œuvre après l'exploitation proprement dite d'une décharge et tant que des nuisances sont à craindre pour les populations et l'environnement.

Après fermeture des différents casiers et pose de la couverture définitive, une décharge continue à représenter un danger pour les populations et l'environnement tant qu'elle produit des lixiviats et du biogaz et tant qu'elle peut en produire par le fait que certaines zones peuvent être en sursis de biodégradation (p.ex. matières organiques isolées par des plastiques). Les autorités doivent donc imposer un suivi post exploitation aussi longtemps que la décharge est susceptible d'entraîner un danger pour l'environnement.

La poursuite du suivi des rejets et des effets sur le milieu récepteur explicité en phase 3 (lixiviats, biogaz, eaux de ruissellements et eaux souterraines, air ambiant, stabilité des talus) est indiquée durant au minimum 30 ans mais avec une fréquence qui sera réduite progressivement en fonction de la réduction des risques potentiels. En parallèle, les aménagements, opérations, installations qui ne seront plus nécessaires au maintien de la couverture du site, à son suivi et au maintien des dispositifs de captage et de traitement du biogaz et de lixiviats seront progressivement supprimés et la zone de leur implantation remise en état.

Bibliographie

ABUHNGIENDO R.M. (2004) Maîtrise des entrées et sorties d'un centre de stockage de déchets ménagers : Cas de la décharge de Nkolfoulou à Yaoundé. Mémoire d'ingénieur de Génie Civil, ENSP, Yaoundé, 71 p.

ZAHRANI F. (2006) Contribution à l'élaboration et validation d'un protocole d'audit destiné à comprendre les dysfonctionnements des centres de stockage des déchets dans les pays en développement .

CUY (2011) Stratégie de gestion des déchets de Yaoundé. Etude réalisée par ARTILIA et ECTA BTP pour le compte de la Communauté Urbaine de Yaoundé, 220 p.

DJIETCHEU B. (2005) Contribution à l'expertise d'une décharge dans un PED : cas de la Décharge Contrôlée de NKOLFOULOU. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur. ENSP, 107 p.

DJONHOU ZEME C. (2016) Evaluation des paramètres extérieurs et caractéristiques des déchets en décharge : cas de Nkolfoulou à Yaoundé. Rapport de fin de stage de l'école nationale supérieure des travaux publics de Yaoundé/ERA-Cameroun, 103 p.

ENSP/CUD (1995) Etude de la gestion et des traitements des déchets solides de Douala (Cameroun) : situation actuelle. Laboratoire d'Aménagement Urbain de l'Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé, 153 p.

EZZOUAQ M., CHOUAOUTA H. (2002) Guide de présélection de site de décharge contrôlée des déchets ménagers, Cas de Larache et de Chef Chaouen, Maroc, 80 p.

GARNIER J, NJINOH B. (2014) Diagnostic de la filière DSM de la commune de Dschang, Cameroun. 66 p.

NGNIKAM E., NAQUIN P., OUMBE R., DJIETCHEU B.K (2017) Evolution des caractéristiques des déchets solides ménagers dans la ville de Yaoundé au Cameroun (1995-2015). Déchets Sciences et Techniques, 74, .

NGNIKAM E, ZAHRANI F., NAQUIN P., DJIETCHEU B.K., GOURDON R. (2012) Evaluation des impacts environnementaux d'un centre de stockage de déchets ménagers en activité sur la base de la caractérisation des flux de matière entrants et sortants : Application au site de Nkolfoulou, Yaoundé, Cameroun. Déchets Sciences et Techniques, 61, 18-29.

NGNIKAM E., TANAWA E. (2006). Les villes d'Afrique face à leurs déchets. UTBM , France, 288 p.

NGNIKAM E. (2000) Evaluation environnementale et économique des systèmes de gestion des déchets solides municipaux : analyse du cas de Yaoundé au Cameroun. Thèse de doctorat en Sciences et Techniques de déchets, LAEPSI, INSA Lyon, 314 p.

NGNIKAME., NAQUIN P, PAGBE PEHAC.A., ZAHRANI F., DJIETCHEU B.K. (2016) Comportement des déchets en décharge sous climat tropical humide : cas de Nkolfoulou à Yaoundé. Déchets Sciences et Techniques, 71, 3-16.

NGNIKAM E., TINA M. (2007) Etude technique et environnementale pour l'implantation de la

décharge municipale a Sinteu – Dschang, Cameroun. 89 p.

OLIVIER, F. (2003) Tassement des déchets en CSD de classe II : du site au modèle. Thèse de doctorat, Laboratoire Lirigm, Université de Grenoble, 334 p.

OUMBE R. (2015) Suivi des paramètres de la décharge de Nkolofoulou: caractérisation, tassement et production de lixiviats. Mémoire de fin d'études d'ingénieur, ENSP, Yaoundé, 105 p.

PAGBE PEHA, C.A. (2014) Dimensionnement des décharges en zone tropicale humide : cas de la décharge de Nkolofoulou (Yaoundé). Mémoire de fin d'étude ingénieur, ENSP, Yaoundé, 110 p.

RE-SOURCES (2014) Etat de l'art de la gestion des décharges dans les pays en développement. Réseau pour une gestion durable des déchets solides (RE-SOURCES). Groupe de travail n°3 Décharge. 114 p.

HILIGSMANN S., LARDINOIS M., DIABATE I., THONART P. (2005) Guide Pratique sur la gestion des déchets ménagers et des sites d'enfouissement technique dans les pays du Sud. Collection Points de Repère. Institut de l'Energie et l'Environnement de la Francophonie (IEPF), Canada, 146p.

SAVAGE ET AL. (1998) Guidance for landfilling waste in economically developing countries. US EPA Washington

SPAQUE S.A. 1999. Procédure de sélection des sites proposés pour l'enfouissement technique des déchets ménagers et industriels. Liège, Belgique

GENDEBIEN A., PAUWELS M., CONSTANT M., LEDRUT-DAMANET M.-J., NYNS E.-J., WILLUMSEN H.-C., BUTSON J., FABRY R., FERRERO G.-L., 1992. Landfill gas. From environment to energy. Commission of the European Communities, 865 p.

MHIRI F., HILIGSMANN S., SAYAHI L., TANGOUR D., GAMOUN H., JRAD A., THONART P. (2013) Monitoring of anaerobic digestion in MSW landfills in Tunisia. Proceedings of Sardinia 2013, Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium, Cagliari, Italy

HILIGSMANN S., LARDINOIS M., RODRIGUEZ C., KAPEPULA D., MHIRI F., MAROUANI L., BENZARTI A., POHL D., CHAMBLIN J. F., ANTOINNE J. N., NOEL J. R., THONART, P. (2001) Investigation of the biological activity in MSW landfills under dry climates (Tunisia and Haiti). In Christensen, Cossu, & Stegmann (Eds.), Proceedings Sardinia 01, Eight International Waste Management and Landfill Symposium, 131-138).

TRZCINSKI A.P., STUCKEY D.C (2017) Microbial Biomethane from Solid Wastes: Principles and Biotechnological Processes. In : Darvishi Harzevili, F., Hiligsmann, S. (Eds) Microbial Fuels: Technologies and Applications. CRC Press / Taylor & Francis, USA, 77-152

HINDS G.R., LENS P.N.L., ZHANG Q., ERGAS S.J. (2017) Microbial Biomethane Production from Municipal Solid Waste Using High Solids Anaerobic Digestion. In : Darvishi Harzevili, F., Hiligsmann, S. (Eds) Microbial Fuels: Technologies and Applications. CRC Press / Taylor & Francis, USA, 153-188

Glossaire

Biogaz : gaz produit par la fermentation de matières organiques en l'absence d'oxygène. Le biogaz provient de la décomposition en anaérobiose (absence d'air) de la matière organique des déchets ménagers, après stockage et compactage

Collecte : sous-étape de l'évacuation des déchets. La collecte est l'acheminement des déchets depuis les lieux d'apports (porte à porte, zones d'apports volontaires ou points de regroupement) jusqu'aux centres de transfert ou aux exutoires de la filière de gestion des déchets, souvent le lieu d'enfouissement. La collecte est généralement assurée par l'utilisation de camions, notamment les camions multi bennes et les camions à benne-tasseuse.

Décharge : lieu où sont enfouis les déchets. Les décharges sont les exutoires finaux de la filière de gestion des déchets. Seuls les déchets ultimes devraient y être déposés.

Déchets : aussi appelés ordures, détritiques, résidus, etc. Objets ou matériaux abandonnés par leur propriétaire.

Déchets (solides) ménagers (DSM ou DM) : déchets solides produits par les ménages.

Déchet ultime : déchet ayant subi a priori toute tentative de traitement raisonnable économiquement selon le contexte de son lieu de production.

Lixiviats : liquides résiduels provenant de la percolation de l'eau à travers un matériau (par exemple les déchets) dont une partie peut-être soluble et qui peut contaminer gravement les sources d'eau de consommation

Pré-collecte : aussi appelée collecte primaire. Sous-étape de l'évacuation des déchets ou transport des déchets de la source de production (généralement le ménage) jusqu'à un point de regroupement des déchets. La pré-collecte se distingue de la collecte par des engins de plus petite capacité et des distances réalisées plus courtes. Souvent la pré-collecte est réalisée dans des quartiers à l'urbanisme précaire dans lesquels des camions ne peuvent accéder.

Recyclage : procédé de traitement des déchets et d'introduction des matériaux qui en sont issus dans une filière de production de produits équivalents ou différents. Le recyclage concerne également la valorisation matière des déchets organiques sous forme de compost.

Traitement : méthodes manuelles ou mécaniques pour réduire le risque d'exposition à des matières toxiques ou dangereuses associées aux flux de déchets ou pour réduire leur impact sur l'environnement. Il peut, dans certains cas, capturer et augmenter la valeur économique de composants spécifiques du flux de déchets.

Transport : dernier maillon de la chaîne d'évacuation des déchets. Le transport est l'acheminement des déchets depuis les centres de transfert jusqu'aux exutoires de la filière de gestion des déchets, souvent le lieu d'enfouissement. Le transport est mis en place pour optimiser l'acheminement des déchets sur de longues distances. Il succède à la collecte. Il peut être assuré par l'utilisation de camions de plus grande capacité que ceux employés pour la collecte.

Valorisation : ensemble du processus d'extraction, de stockage ou de transformation de matériaux provenant du flux de déchets afin d'en extraire des produits de valeur et de diriger la matière vers un flux à valeur ajoutée.

Re-Sources

La Plateforme Re-Sources est un réseau de référence dans le domaine de la gestion des déchets ménagers dans les pays africains et caribéens. Son objectif global est de contribuer à améliorer la gestion des déchets dans les villes en développement, en favorisant les stratégies de réduction et

de valorisation des déchets. En rassemblant des acteurs professionnels de la gestion des déchets des pays du Sud, Re-Sources capitalise des approches innovantes prenant en compte les spécificités socioéconomiques des contextes locaux dans les recommandations pratiques et politiques. Il s'agit à travers ce réseau de diffuser des bonnes pratiques par l'information et la formation des organisations de la société civile, des collectivités et des décideurs politiques.

Rédaction

Magloire, T. 1, Ngnikam, E.1, 2, Hiligsmann, S.3

1 ERA – CAMEROUN (Environnement Recherche Action) B.P. 3356 Messa. Yaoundé – Cameroun

2 Laboratoire Energie Eau et Environnement (L3E) de l'Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé. B.P. 8390 Yaoundé – Cameroun

3 3BIO-BioTech, Université Libre de Bruxelles, Av. F. Roosevelt 50, CP 165/61, Bruxelles - Belgique

Coordination

Emmanuel NGNIKAM (ERACameroun) - Magloire TINA (ERACameroun) Bernard NONGUIERMA (Centre Re-Sources)

Contribution et relecture

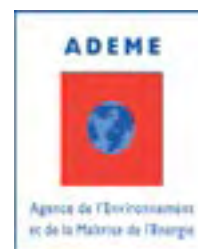
Pascale NAQUIN (Cefrepade) - Jocelyne DELARUE (Gevalor)- Georges Morizot (Gevalor)

Plateforme Re-Sources

BP : 01 BP 783 Ouagadougou 01
Rue Liuli Péné- Zone du Bois,
Ouagadougou BURKINA FASO

(+226) 50 36 38 04

contact@plateforme-re-sources.org



Ce projet est réalisé avec le soutien financier de l'union européenne, l'AFD, le FFEM, l'ADEME. Le contenu de ce document relève de la seule responsabilité de la plateforme Re-Sources et ne peut en aucun cas être considéré comme reflétant le point de vue de l'Union Européenne