

Création d'un site de décharge et des infrastructures de traitement des déchets ménagers dans la commune d'Antananarivo (Madagascar)



Projet Individuel

Rova RASOANAIVO

DAE 2015-2016

Tuteur : Stéphane RODRIGUES

Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu M. RODRIGUES, tuteur de ce projet, pour l'aide qu'il m'a prodiguée, le temps qu'il m'a consacré ainsi que pour les conseils qu'il m'a donné.

Je souhaite également remercier M. PALKA, Docteur en aménagement de l'espace, Urbanisme, qui m'a également conseillé dans la réalisation de ce projet.

Je remercie également Mme ZULETA, Chargée de Mission Résilience urbaine et Climat à l'Institut des métiers de la ville à Antananarivo, ainsi que M. RASOLOFOJAONA, Chargé de projet mobilité urbaine à l'Institut des métiers de la ville à Antananarivo, pour leur collaboration et grâce à qui j'ai pu avoir les données dont j'avais besoin pour réaliser ce projet.

Sommaire

Introduction	4
I- DIAGNOSTIC ENVIRONNEMENTAL ET BESOINS	5
1) Site d'étude : Antananarivo	5
a) Localisation géographique et limites administratives	5
b) Géomorphologie, géologie et hydrogéologie, pédologie	6
c) Population et climat	11
2) La filière déchets	13
a) La gestion actuelle des déchets à Antananarivo	13
b) Etat des lieux de la décharge d'Andralanitra	16
c) Caractérisation des déchets	18
II- Projet	21
1) Proposition d'un nouveau site de stockage	22
a) Choix d'un site d'implantation	22
b) Les modalités et choix du type de décharge	25
2) Les solutions alternatives et/ou complémentaires	29
a) Le tri des déchets	29
b) La valorisation des déchets	31
c) La mise en œuvre du projet	33
Conclusion	34
Webographie	38
Bibliographie	39
Fiche de lecture 1	40
Fiche de lecture 2	41
Annexe 1	42
Annexe 2	43

Introduction

A Antananarivo, la gestion des déchets ménagers est cible d'attention particulière des bailleurs de fonds étrangers, depuis plus d'une vingtaine d'années. Comme la plupart des villes africaines, la gestion des déchets de la capitale se résume à la mise en décharge. L'unique décharge de la ville se situe à Andralanitra, à l'Est du centre ville. Ce site a été créé en 1966. D'une surface initiale de 13 hectares, ce site s'est étendu sur 18 hectares et compte aujourd'hui 2 millions de m³ de déchets. La situation devient alors critique : le site est saturé. Ce dernier devait être fermé en 2012, mais par faute de nouveau site, il continu à recevoir les déchets de la ville. De plus, Antananarivo connaît une forte croissance démographique, qui se traduit par une augmentation de la consommation et donc de la production de déchets. Que faire face à cette situation alarmante ?

Dans ce projet, j'ai donc choisi de créer un nouveau site de décharge qui pourra parvenir aux besoins de stockage des déchets de la ville, avec des infrastructures de traitement des déchets.

Dans un premier temps, j'établirai un diagnostic de la zone d'étude, qui est la commune d'Antananarivo. Ce diagnostic présentera toutes les caractéristiques de la commune qui me semblent importantes à prendre en compte dans l'élaboration du projet. Ensuite, je détaillerai les différentes faces de mon projet.

I- DIAGNOSTIC ENVIRONNEMENTAL ET BESOINS

1) Site d'étude : Antananarivo

a) Localisation géographique et limites administratives



Figure 1 : Localisation Antananarivo
bénéficie également du statut particulier de « ville-capitale ».

Comme indiqué sur la carte ci-contre, la Commune Urbaine d'Antananarivo (CUA) est divisée en 6 arrondissements et 192 fokontany, les petits quartiers de la ville.

Chaque arrondissement dispose de sa mairie, où sont décentralisés de nombreux services comme le service urbanisme. Le fokontany est la plus petite subdivision administrative d'Antananarivo. On compte entre 27

Antananarivo est la capitale de Madagascar et de la province d'Antananarivo. Comme on peut voir sur la carte ci-contre, elle est située dans les hautes terres du pays et culmine à 1300 mètres d'altitudes.

Antananarivo est le chef-lieu de la région d'Analamanga et du district d'Antananarivo-Renivohitra. Au même titre que les autres communes de Madagascar, c'est est une « collectivité décentralisée ». Depuis la loi n° 94-009 du 26 avril 1195 et le décret n° 96-168 du 6 mars 1196, la ville

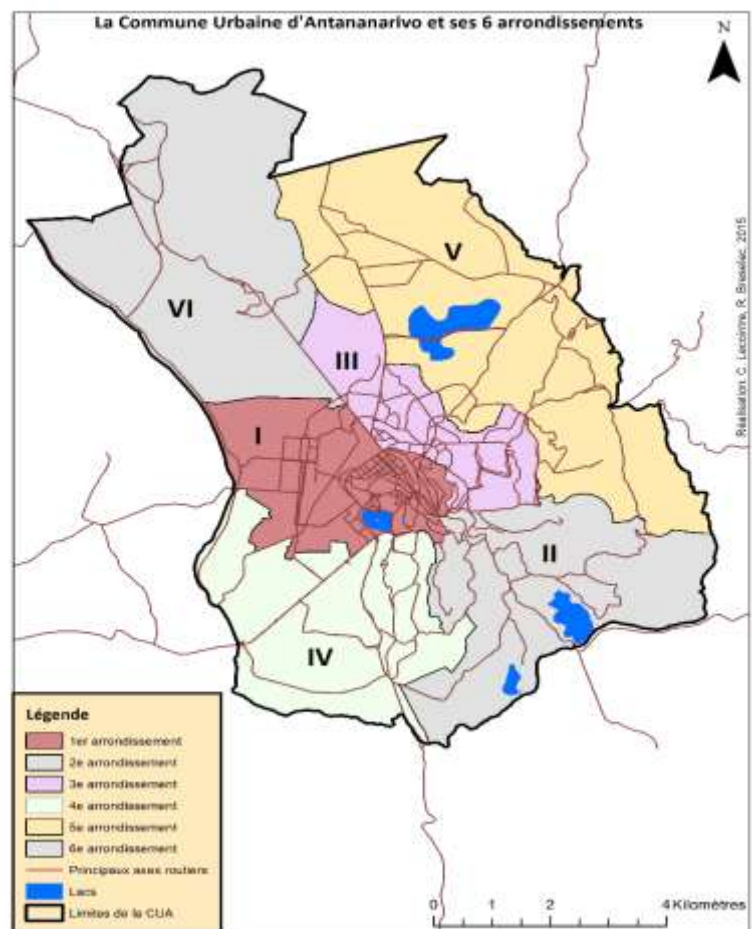


Figure 2: la commune d'Antananarivo et ses 6 arrondissements

et 44 fokontany par arrondissement.

b) Géomorphologie, géologie et hydrogéologie, pédologie

• Géomorphologie

Les Hauts plateaux de Madagascar, où se situe Antananarivo, sont caractérisés par une zone en relief. Cette dernière comprend des collines latéritiques et de zones basses constituées principalement par des plaines alluviales dans lesquelles s'écoulent généralement les rivières, avec parfois des marécages.

On distingue deux types de terrains. D'une part, les collines avec de fortes pentes et d'autre part, une plaine à très faible pente. Cette situation peut engendrer une accumulation des eaux au niveau de la plaine qui s'écoulent lentement vers l'exutoire.

Le réseau hydrographique d'Antananarivo est dense. Il est composé de la rivière Ikopa et de ses principaux affluents : rivière Mamba, Sisaony et Andromba. L'agglomération d'Antananarivo peut être divisée en 5 zones distinctes, suivant les caractères géomorphologiques. La première zone est celle située au nord-est et à l'est de l'agglomération d'Antananarivo. Elle est caractérisée par des massifs à pente moyenne, ou forte jusqu'à atteindre un sommet 1500 m d'altitude. L'autre partie de cette zone est caractérisée par des plateaux. La deuxième zone est délimitée par deux cours d'eau : Ikopa et Sisaony. Les formes géomorphologiques sont caractérisées par une succession de collines et de larges plaines alluviales qui longent les cours d'eau. La troisième zone est située vers l'ouest de l'Ikopa. Elle se divise en deux parties : une qui est marquée par des collines à pente modérée au milieu de plaines alluviales et la deuxième marquée par un relief collinaire à fortes pentes. Ensuite, la quatrième zone regroupe la partie nord-ouest de l'agglomération. Celle-ci est caractérisée, à l'ouest par des zones collinaires, et le reste par des plateaux inclinés à pente faible. Enfin la dernière zone est la ville d'Antananarivo. Elle se situe dans une grande plaine alluviale, avec des grandes collines qui émergent de la plaine.

La figure suivante illustre le relief au niveau de la zone d'étude.

- **Géologie**

La formation géologique de la capitale peut être groupée en trois zones distinctes.

La première zone est caractérisée par des roches migmatites et métamorphiques comportant des sols essentiellement latéritiques de couleur rouge et des argiles latéritiques. On retrouve ce type de formation majoritairement dans la partie sud d'Antananarivo. Les roches mères sont caractérisées par une couverture d'altération latéritique très épaisse, qui peut atteindre 20 mètres. La couche tendre correspondante comprend essentiellement un sol latéritique à dominance limon argilosableux avec une perméabilité de 10^{-6} à 10^{-7} m/s et à la base une arène. Cette dernière est assez perméable de l'ordre de 10 m/s et, de ce fait, abrite souvent une nappe souterraine.

Le second groupe géologique est caractérisé par la présence de couches graphitiques dans le sous-sol. Il est constitué par un système de graphite, montre des intensités de métamorphisme très variées allant du faciès leptynite au faciès micaschiste avec par endroits un large développement de migmatites, de zones granitisées à orthite et charnockites.

Enfin, la troisième classe est constituée par la plaine alluviale comportant des tourbes, des argiles plastiques et des argiles sableuses alluvionnaires. Elle regroupe ceux qui composent les zones à moyenne et à basse altitude d'Antananarivo. Elle est caractérisée essentiellement par des tourbes, des argiles plastiques et des argiles sableuses alluvionnaires. Leurs formations sont issues de l'altération et la dégradation des roches dont leur structure se forme couches successives au fil des temps. Elles ont une perméabilité faible inférieure à 10^{-7} m/s. Les zones les plus concernées sont ceux de l'arrondissement de la commune urbaine et les communes situées au nord et à l'ouest d'Antananarivo.

La figure suivante présente la géologie de la zone d'étude.

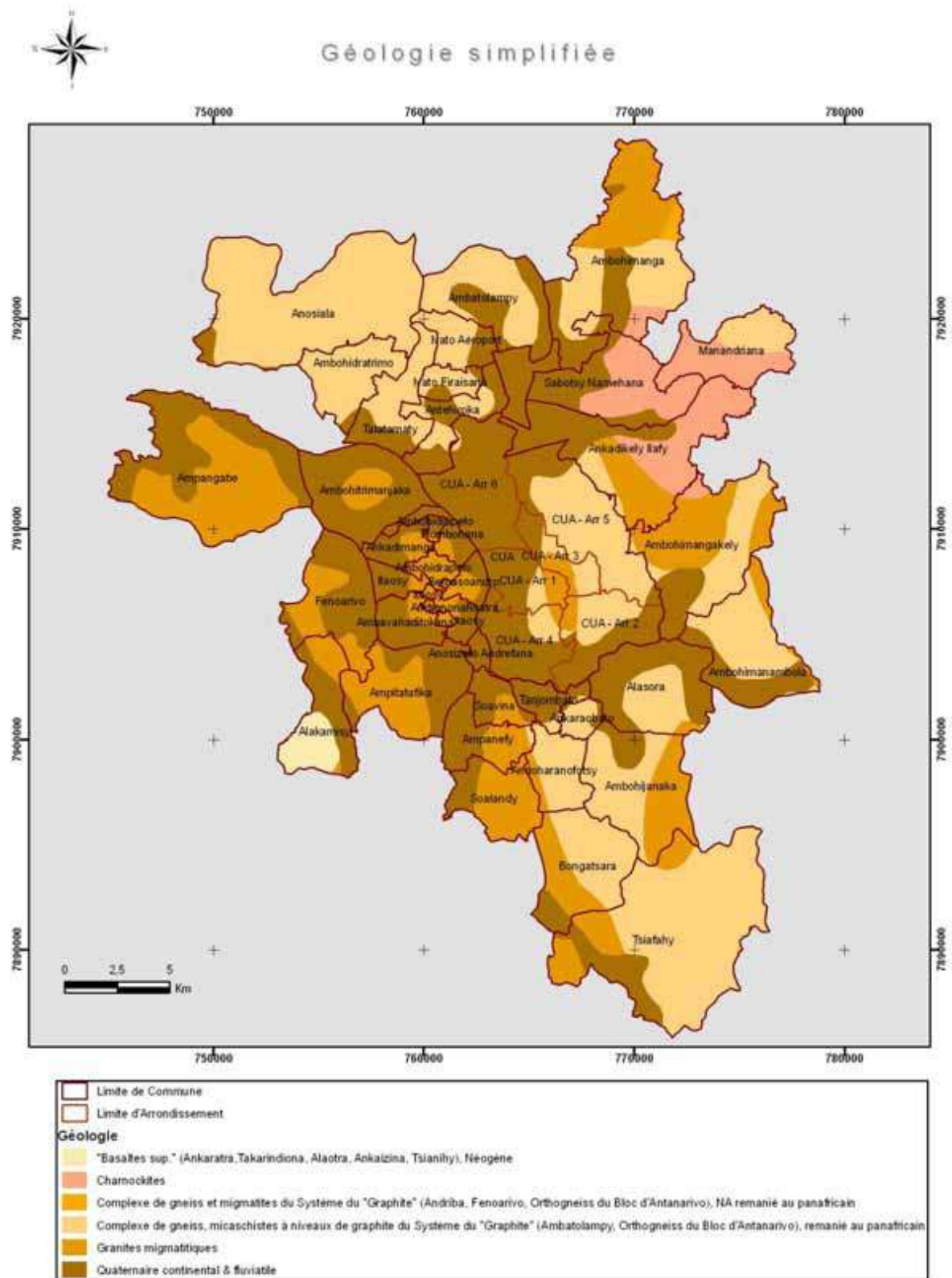


Figure 4 : Carte de la géologie de la zone d'étude

Source : Artelia Madagascar

Les caractéristiques du sol ne peuvent pas être négligées dans le choix du site du projet. En effet, pour limiter les coûts du projet, il faudrait choisir un terrain où les caractéristiques géologiques du sol sont favorables à l'installation d'une décharge, notamment l'imperméabilité.

- **Hydrogéologie**

Dans la région d'Antananarivo, on distingue plusieurs types de nappes souterraines qui diffèrent selon le relief.

Au niveau des collines latéritiques, on retrouve de haut en bas:

- Une nappe libre, nappe des argiles sablo-kaoliniques
- Une nappe semi-captive, nappe des arènes grenues ou arènes micacés

Sous la plaine alluviale, on retrouve également deux types de nappes, de haut en bas :

- Une nappe des sables lavés, captive ;
- Une nappe des arènes grenues ou arènes micacés, captive.

Les nappes d'altérations (argiles sablo-kaoliniques et arènes micacés) sont dans des aquifères à tendance argileuse. Les porosités sont élevées, de l'ordre de 40 %. Les transmissivités sont faibles, elles varient de 5.10^{-5} m²/s à 10^{-4} m²/s. Ces caractéristiques font que ces formations absorbent un volume important d'eaux et les libèrent avec un débit extrêmement faible.

La nappe alluviale, quant à elle, est captive et l'eau est en charge. Le niveau piézométrique est situé très près de la surface et il arrive même, surtout en saison des pluies, que la nappe affleure créant ces marécages et flaques d'eau plus ou moins permanentes.

- **Pédologie**

Les zones de plaine et les bas-fonds sont caractérisés par des pentes très faibles. Pour que l'écoulement gravitaire puisse s'effectuer, il est nécessaire d'utiliser des appareils. Dans ces zones, les sols sont principalement des sols d'apport hydromorphes. La structure pédologique des bas-fonds est catégorisée en quatre couches superposées dont les deux premières se différencient d'amont en aval. La première couche est le matériau colluvial dont l'épaisseur est très variable (0,4 à 1 m). Elle a une texture est limono-argilo-sableux et vers l'aval il s'enrichit progressivement en limon et en argile. Elle est de couleur grise à brun grisâtre et constitue en général, les sols des rizières. La deuxième couche est constituée par les matières organiques de teinte sombre, plus ou moins tourbeux et d'épaisseur variant de 0,4 à 1,5 m. souvent imperméables. Les perméabilités sont inférieures à 10^{-9} m/s. Cette couche argileuse et non tourbeuse a une perméabilité horizontale d'environ 3.10^{-6} m/s et une

perméabilité verticale de 4.10-4m/s. Ensuite, le sable lavé est d'une épaisseur variant de 0,2 à 0,6 m de teinte beige à blanchâtre. Elle est composée de sables grossiers quartzeux assez purs, sans traces de micas. Enfin, l'arène argilo-micacée, elle constitue le substrat profond général des vallées vers les 200-350m de profondeur. Elle a une teinte grise à verdâtre, est de texture argilo-sableux. Il contient des argiles de néoformation de nature montmorillonitique.

La plaine alluviale n'est pas remblayée d'alluvions proprement dits. Ses apports sont longitudinaux à la vallée par débordements lents et peu turbulents du cours d'eau. Elle présente une teinte brunâtre plus claire que celle du bas-fond. Elle est remplie d'alluvions argilo-limoneuses homogènes finement micacées, d'une épaisseur de 0,6 à 1,5 m reposant sur un niveau enterré de limon organique de 0,2 à 0,5 m puis sur une couche de sable lavé non micacée épais également de 0,20 à 0,50 m, reposant alors en discontinuité sur l'arène argilo-micacées.

Quant aux collines, elles sont principalement composées de sols ferralitiques dont l'évolution est très diversifiée, selon la nature de la roche mère. Les sols ferralitiques sont des sols argileux riches en fer et en aluminium sous forme hydratée engendrant ainsi divers types de sols tels que les sols brun jaune développés sur les surfaces d'aplanissement et les sols bruns rouge formés à partir des glaciés.

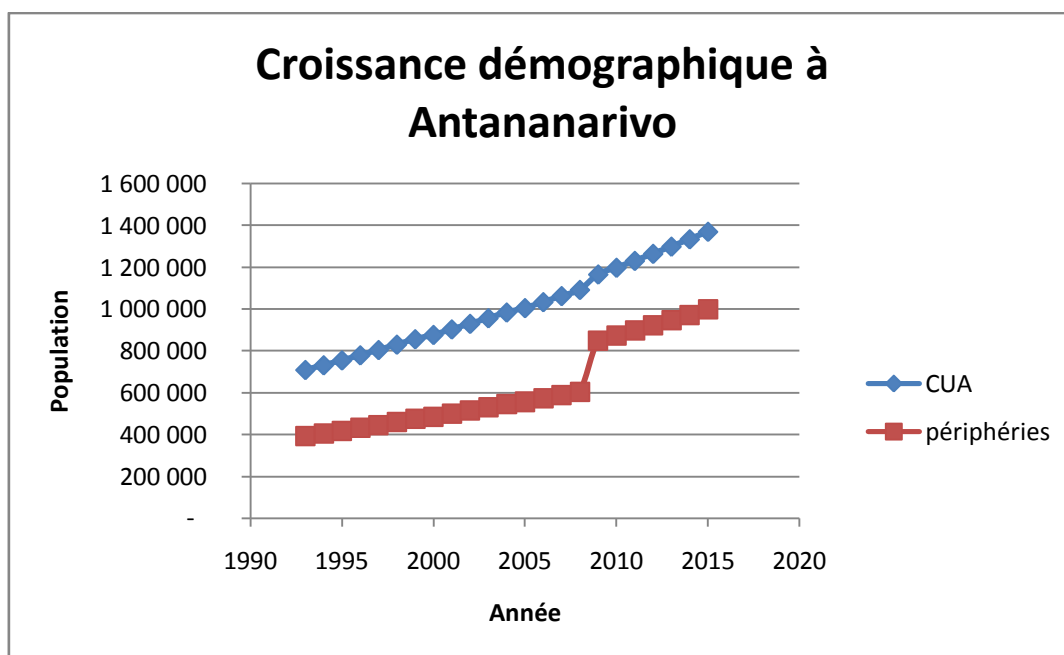
Ces sols ferralitiques sont généralement acides avec des degrés de fertilité variables, mais dénudés, ils sont très sensibles à l'érosion et à la dégradation. La pente des collines peuvent atteindre les 20% et elles sont propices à l'écoulement gravitaire. Les formations latéritiques, argileuses et argilo-sableuses sont des formations meubles d'épaisseur variable. Elles sont assez peu perméables et sont hétérogènes.

c) Population et climat

Originellement construite sur une colline, la ville s'est étendue vers la plaine, notamment en direction du sud-est.

La population d'Antananarivo ne cesse de croître, et atteint aujourd'hui plus de 1 600 000 d'habitants. Sa densité de population varie de 9 900 habitants/km² à 63 000 habitants/km².

Le graphique ci-dessous représente l'évolution démographique à Antananarivo, depuis 1993.



Graphique 1 : Evolution de la population d'Antananarivo de 1993 à 2015

Source données : Instat Madagascar

Réalisation : Rova R.

D'après l'analyse du graphique ci-dessous, la croissance démographique de la capitale est en moyenne de 3,05 % par an. Aujourd'hui, avec l'évolution de la société de consommation, la part des produits et des déchets qui en résultent ne fait qu'augmenter. L'évolution démographique de la ville intensifie cette production de déchets.

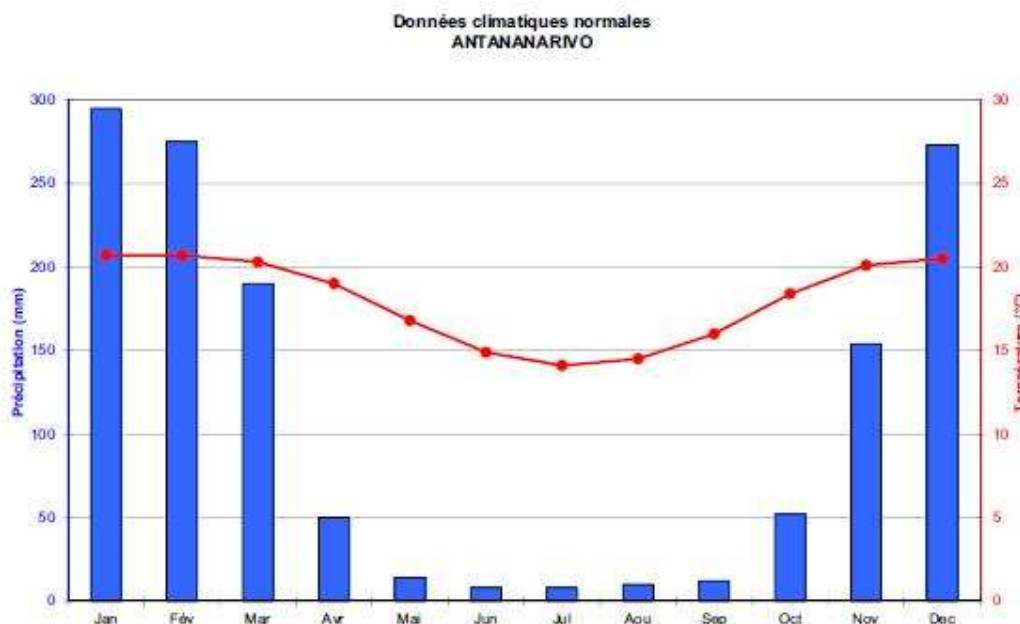
Par ailleurs, la ville d'Antananarivo se situe dans une zone climatique correspondant aux Hautes Terres avec deux saisons bien distinctes. La saison sèche s'étend de Mai à Septembre et la saison humide d'Octobre à Avril. Quant à la saison cyclonique, elle correspond à la saison humide.

La saison sèche se caractérise par des températures basses, des pluies fines et une amplitude diurne faible. La saison humide se caractérise par des températures hautes, des fortes pluies et une amplitude diurne forte.

Les températures varient entre 28°C et 10 °C dans une année. Le mois le plus chaud est en général le mois de Février avec un maximum de 28°C et une moyenne de 20,7°C. Le mois le plus frais est le mois de Juillet avec un minimum de 10°C et une moyenne de 14,1°C.

La précipitation moyenne annuelle dans la région d'Antananarivo est de 1346mm, avec une moyenne des maxima au mois de Janvier atteignant parfois les 295mm et une moyenne des

minima au mois Juin de 8mm. Le nombre moyen de jours de pluies est de 153 jours répartis principalement dans la saison humide. La figure ci-après présente les valeurs mensuelles des pluies et la température moyenne mensuelle.



Graphique 2 : Précipitations et températures moyennes mensuelles

Source : Artelia Madagascar

Pendant la saison pluvieuse, les précipitations deviennent importantes selon leur type :

- Pluie d'orage : leur durée est très courte et leur intensité très forte (172 mm/h en 15 minutes)
- Pluie cyclonique : leur durée est courte avec des reprises et leur intensité est faible par rapport aux pluies d'orage (36mm/h en 2 heures).

Pendant ces périodes pluvieuses, la ville peut être complètement inondée, ce qui rend plus difficile la gestion des déchets. De plus, une forte pluie peut intensifier la production de lixiviats. Le lixiviat est un liquide issu de l'eau de pluie qui traverse les massifs des déchets. Les lixiviats peuvent engendrer une pollution de la nappe phréatique. Dans le projet, il faut donc tenir compte de la situation climatique de la commune, et ainsi mettre en place un traitement des lixiviats de la nouvelle décharge pour limiter les pollutions environnementales.

2) La filière déchets

a) La gestion actuelle des déchets à Antananarivo

À Antananarivo, comme dans beaucoup d'autres villes africaines, la filière de gestion des déchets solides comprend trois étapes du service : la pré-collecte dans les quartiers difficilement accessibles, la collecte en apport volontaire, et le traitement, c'est-à-dire le stockage des ordures collectées dans la décharge d'Andralanitra.

Ce modèle de gestion de la filière que certains auteurs nomme aussi « système ville – déchets » (Berdier, Deleuil dans Dorier Apprill, 2006), fait appel à un schéma classique de la gestion du service par les municipalités, dit « hygiéniste ou linéaire » (Dorier Apprill, 2006 : 252) dans lequel les déchets sont évacués en dehors des limites de l'agglomération.

Le schéma suivant montre le système appliqué à la commune d'Antananarivo.

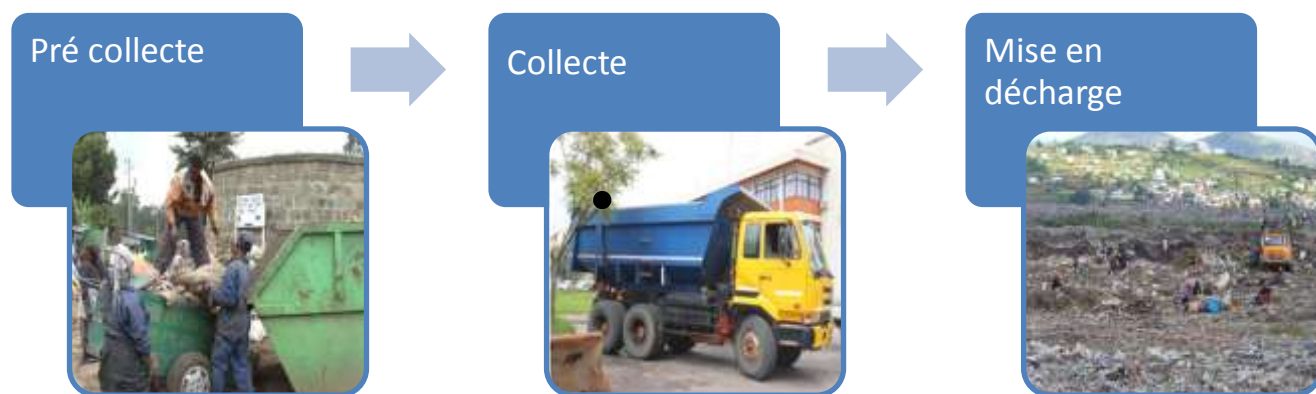


Figure 5 : Schéma du système de collecte d'Antananarivo

Réalisation : Rova Rasoanaivo

Le service met à disposition 464 bacs pour la population, soit une moyenne d'un bac pour près de 3000 habitants. Cependant, tous les quartiers de la commune ne bénéficient pas de ce service de collecte. Certains quartiers sont relativement favorisés, tandis que d'autres sont clairement défavorisés, voire délaissés.

Par ailleurs, le taux de collecte à Antananarivo s'élève à seulement 55%, ce qui est dans la moyenne des villes africaines. Le tableau suivant montre le taux de collecte dans quelques villes africaines.

Ville	Antananarivo	Yaoundé	Nairobi	Abidjan	Lomé	N'djamena	Addis
-------	--------------	---------	---------	---------	------	-----------	-------

							Abeba
Taux de collecte	55%	43%	30 à 45%	30 à 40%	42%	15 à 20%	65%

Tableau 1 : Tableau comparatif des taux de collecte des déchets ménagers de quelques villes d'Afrique

Sources : AACMA, Sotamenou 2005, Rotich et al. 2006, Ta Thu Thuy, EMMAU 2002, Doublier, 2003

La mise en décharge des déchets d'Antananarivo se fait sur le site d'Andralanitra, situé à 12 km à l'Est du centre ville.

Le service qui gère de la gestion des Déchets Ménagers et Assimilés (DMA) à

Antananarivo est le Service Autonome de Maintenance de la Ville d'Antananarivo, communément appelé le SAMVA. Le SAMVA est un Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial (EPIC).

Créé en octobre 1995 par une «convention de concession», le SAMVA a pris la relève d'un service jusqu'alors effectué en régie par les directions de voirie de la ville d'Antananarivo. Dans sa « convention de concession », la commune s'est engagée à mettre à disposition du concessionnaire les réseaux et ouvrages nécessaires à l'exploitation du service (points de collecte, parc de matériel de collecte et la décharge d'Andralanitra) ainsi que les locaux, ateliers et ouvrages.

Du point de vue législatif et réglementaire, à Madagascar, il n'existe pas de loi ou de programme national ciblant uniquement la gestion des déchets solides. Celle-ci est englobée dans la question de l'assainissement. En 2008, le document de **Politique et Stratégie Nationale de l'Assainissement (la PSNA)** a été adopté par le décret N° 2008 - 319. Elle confie aux Collectivités Territoriales Décentralisées la responsabilité de piloter les schémas d'aménagement du territoire dans tous les sous-secteurs de l'assainissement (déchets solides, matières de vidange, eaux usées et pluviales) et de cofinancer les infrastructures, les investissements d'exploitation et les campagnes de sensibilisation.

Ainsi à Antananarivo, aucun schéma directeur de gestion des déchets solides n'a vu le jour. Aujourd'hui, seul le **Code de l'Eau, de l'Assainissement et de l'Hygiène (CEAH)** créé en 1999 et revu en 2015, fait référence en matière de gestion des déchets solides, notamment pour le SAMVA, le service en charge de la collecte, du transport et de la mise en décharge des ordures ménagères de la ville. Or celui-ci ne parle des déchets qu'à la marge et souvent en visant à sanctionner les usagers. Aussi, aucune évaluation des performances du service et sanctions possibles envers les ménages ne sont prévues dans le cadre légal. De plus, les quelques règles énoncées à l'intention des usagers dans ce document ne sont pas respectées. Ainsi, Antananarivo fait face à un manque de cadre légal pour la gestion de ses déchets. Au-delà de la création de ce cadre c'est également la question de son application qui se pose, à l'heure où aucun texte n'a encore réussi à être mis en pratique sur les thèmes de l'assainissement. La ville attend un schéma directeur qui donne une vision et des objectifs clairs de performance, permettant également des sanctions à l'encontre du responsable de la gestion des déchets et des usagers. Ce cadre a été recherché un moment dans l'intercommunalité, avec l'espoir de constituer un grand Antananarivo. Des blocages politiques ont conduit au gel des questions d'assainissement à cette échelle.

b) Etat des lieux de la décharge d'Andralanitra

La décharge d'Andralanitra, située dans le périmètre de la commune rurale d'Ambohimangakely accueille chaque jour près de 1200 m³ de déchets ménagers d'Antananarivo.

Créée en 1966, Andralanitra est désormais dite « saturée ». Auparavant non délimité, la saturation se manifestait par une augmentation de la surface occupée par le site. Les quantités accumulées prennent l'aspect d'une montagne d'ordures et causent régulièrement des éboulements qui bloquent les accès de la plateforme de dépôt sur le site. D'une superficie initiale de 13 hectares, le dépôt s'est étalé vers le sud ces dix dernières années. Aujourd'hui, le site occupe un périmètre de 18 hectares. En 2010 un mur d'enceinte a été construit par l'entreprise Colas, sur financement de l'Agence Française de Développement, afin de délimiter la décharge. Ainsi, la saturation se manifeste désormais plus directement par le remplissage des derniers espaces disponibles et la montée en hauteur de massifs instables de déchets. La quantité de déchets stockés sur le site est estimée à 2 100 000 m³. Cette saturation conduit à l'éboulement des massifs de déchets sur les voies d'accès pendant la saison des pluies. Ces incidents ont pour effets de bloquer l'accès à la décharge aux camions, paralysant

l'ensemble de la gestion des déchets. Pourtant, devant l'impossibilité de s'accorder sur le lieu d'implantation d'une nouvelle décharge, sa fermeture est sans cesse repoussée. La conséquence indirecte est l'apparition de nouveaux dépôts sauvages en ville, voire même la création de nouvelles décharges sauvages.

La décharge est non contrôlée et malgré les mesures sanitaires entreprises par le SAMVA, différentes sources de nuisances continuent de sévir l'environnement et la santé des gens. Les impacts négatifs issus de la décharge s'étendent jusqu'en villes suivant ce qui suivent :

- La prolifération des insectes nuisibles et des rats ;
- l'augmentation considérable des déchets plastiques avec leur brûlage permanent par les fouineurs d'ordures. La fumée qui en résulte est chargée de gaz nocifs qui se propage, provoquant des problèmes pulmonaires de la population environnante et même en ville car la fumée de la décharge vient, en se déplaçant, renforcer la pollution de l'air due aux fumées des voitures et des usines. Le père Pédro, acteur important de la région, responsable de l'association Akamasoa venant en aide aux populations vulnérables, s'est plaint de ces fumées. En effet, le village de l'association ainsi que son école sont voisines de la décharge et subissent les conséquences de la mauvaise gestion du site.
- la pollution des rizières et des plantations environnantes causée par le débordement des déchets qui a duré depuis une dizaine d'année et aussi par le lixiviat rempli de métaux lourds issus des déchets des piles et des batteries ;
- La possibilité de la pollution de la nappe phréatique qui pourrait atteindre le Lac Mandroseza se trouvant au sud de la décharge (environ 2 km à vol d'oiseau) et qui alimente la capitale en eau potable ;
- Pour ce qui est du triage, ce sont les fouineurs d'ordures qui « trie » sans aucune mesure de protection ni d'hygiène, les déchets selon leurs besoins (bouteilles, restes de boiserie et de charbon, ferrailage, etc.) pour les revendre ;
- Les déchets biodégradables qui se décomposent tout naturellement sur la décharge, sont tamisés et vendus. Un risque que peut encourir les acheteurs de ce produit de compost est qu'il contient des métaux lourds. Malgré les sensibilisations, ces derniers utilisent ce compost, non seulement pour les fleurs ou les arbres de reboisement mais aussi pour les cultures vivrières.

La photo qui suit montre les fumées causées par le brûlage de plastiques dans la décharge.



Figure 6 : Etat de la décharge d'Andralanitra

Source : Google images

c) Caractérisation des déchets

A Antananarivo, la production de déchets ménagers a été évaluée à 0,6 kg par jour et par habitant (Artelia Madagascar, 2014). En 2014, le gisement d'ordures ménagères était estimé à 320 000 tonnes par an, soit près de 800 tonnes par jour pour l'ensemble des habitants de la capitale.

Dans la capitale malgache, aucune étude globale et récurrente sur la caractérisation des déchets ne s'est effectuée. Les chiffres actuels se basent sur des études effectuées sur des petits échantillons.

En 2015, l'Institut des Métiers de la Ville a effectué une caractérisation des déchets chez certains ménages de la ville. Les résultats sont présentés dans le graphique qui suit :

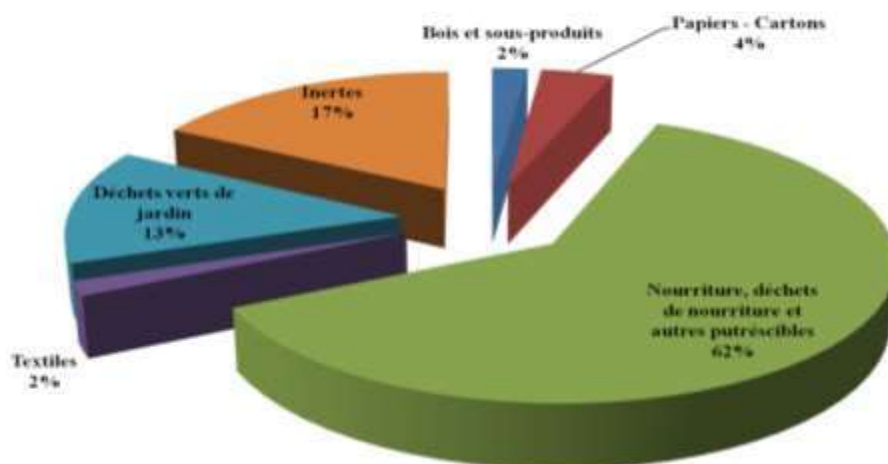


Figure 7 Proportion des déchets chez des ménages (2015)

Source : IMV Tana

Cette étude montre une forte part de matières fermentescibles, soit plus de 60%. Les déchets fermentescibles sont composés uniquement de matière organique biodégradable. Ces déchets peuvent encore être traités et non enfouis, notamment par compostage.

Par ailleurs, la dernière caractérisation officielle des déchets de la décharge a été effectuée en 2003 par le SAMVA. Le tableau suivant regroupe la composition des déchets ainsi que les quantités.

Composition	Fraction (%)
Fermentescibles	45,37
Papiers	1,69
Cartons	1,84
Composites	0,34
Textiles	1,86
Textiles sanitaires	1,59
Plastiques	5,79
Combustibles non classés	2, 35
Verre	0,76
Métaux	1,29
Incombustibles non classés	1,71

Déchets spéciaux	0,12
Fines <20 mm	33,29

Tableau 2 : Composition des déchets de la décharge d'Andralanitra

Source : SAMVA

Cette caractérisation indique une forte proportion de fines (inférieures à 20 mm) soit 33,3%, dont la moitié de matières organiques.

La caractérisation indique également 45% de matières fermentescibles pour les fractions massives. Soit un total d'environ 60% de matière fermentescibles, auxquelles s'ajoutent 3,5% de papiers cartons valorisables sous forme de compost. La présence de 5,8% de plastiques est également à noter.

Une enquête a été menée chez certains ménages, pour connaître la destination de leurs déchets. Les types de déchets et leur traitement sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Type d'ordure	Traitement des ordures (%)								Total
	Jetées	Vendues	Données	Réutilisées	Gardées	Transformées	Brulées	Autre	
Restes alimentaires	47,56	0,89	17,78	11,11	0,89	0	0	21,78	100
Emballage en papier	68,75	0	0	15	1,25	0	13,75	1,25	100
Cahiers	6,32	3,16	2,11	12,63	62,11	0	6,32	7,37	100
Carton	40	1,5	3,08	30,77	1,54	0	21,54	1,54	100
Journaux	13,37	3,74	0,53	37,43	8,02	0	17,11	19,79	100
Boîte de conserve	37,69	26,15	10	12,31	10	2,31	0	1,54	100
Pots de yaourt	62,50	3,41	3,41	23,85	2,27	0	0	4,55	100
Petites bouteilles en plastique	31,47	13,71	6,09	42,13	3,05	0,51	1,52	1,52	100
Grandes bouteilles en plastique	28,24	14,71	5,29	40	8,24	0	1,18	2,35	100
Petits bords en verre	4,04	7,07	1,01	78,79	7,07	0	1,01	1,01	100

Grands bords en verre	3,23	6,45	0	83,87	6,45	0	0	0	100
Bouteille en verre	21,13	19,72	1,41	30,99	18,31	0	0	8,45	100

Tableau 3 : la destination des ordures ménagères des foyers enquêtés

Source : Livre Gestion des déchets : Innovations sociales et territoriales, 2015

Ce tableau montre que la plupart des objets après usage sont jetés. Toutefois, les ménages conservent certains objets pour être réutilisés, vendus, donnés, gardés ou brûlés.

Ces différentes caractérisations vues précédemment montrent que de nombreuses catégories de déchets sont recyclables et valorisables: les papiers, journaux, cartons, le textile, le plastique, le verre. Pour cela, il est nécessaire de créer des infrastructures de traitement de ces déchets pour ne pas les stocker dans la décharge, et ainsi diminuer la quantité des déchets.

II- Projet

« Désormais nous ne souffrons plus seulement de l'encombrement, mais, avec les ordures, naît le danger ; c'est pourquoi, on s'emploie à les ramasser pour les enfouir et nous en protéger ; nous gagnons aussi à les éloigner de notre vue (la saleté révolue) » (Dagognet, 1997).

Cette citation souligne le danger lié aux déchets. Pour gérer cette menace, la plupart des sociétés ont mis les déchets hors de leur ville. L'objectif est alors d'éloigner les nuisances pouvant affecter les populations ainsi que leur environnement proche. Il s'agit de limiter les risques sanitaires et environnementaux, qui affectent les habitants du territoire et leurs ressources vitales.

A Antananarivo, on pourrait imaginer la création d'un nouveau site de décharge, avec des infrastructures de traitement des déchets. Ce projet permettrait de fermer la décharge actuelle, qui est en situation alarmante.

La décharge et les infrastructures de traitement des déchets ménagers constituent un élément essentiel pour la commune. Elles apportent un service pour les habitants, pour qu'ils se débarrassent de leurs déchets. Les déchets ménagers sont source de nombreux désagréments dans la capitale, ce projet permettrait donc un assainissement de la commune d'Antananarivo, où la croissance démographique ne cesse d'évoluer.

De plus, sur le plan environnemental, ce projet permet de préserver l'environnement. C'est une solution qui permet d'éviter les rejets de déchets et brûlage à l'air libre, et donc des dépôts sauvages. Ce projet favorise la valorisation des déchets ainsi que leur recyclage.

Sur le plan économique, ce projet génère une création d'emplois. La création d'un site et les différentes activités qui s'y feront nécessitent une main d'œuvre. Dans la capitale, le taux de chômage s'élève à 6,3%. Les personnes en situation de chômage sont donc susceptibles de suivre une formation pour pouvoir travailler au sein du nouveau site.

1) Proposition d'un nouveau site de stockage

a) Choix d'un site d'implantation

A Antananarivo, aucune réglementation concernant les décharges n'a vu le jour. Le choix d'un site d'implantation d'une décharge se fait par le phénomène « NIMBY », *Not In My Backyard*. Ce terme qualifie les oppositions des riverains à l'implantation d'une nouvelle installation, qui dans notre cas est la décharge. En effet, plusieurs projets ont été faits pour installer une décharge, mais les riverains refusent l'installation à proximité de leur habitation, pour les nuisances qu'elle engendre.

Suite à de nombreuses recherches, un site a été retenu pour accueillir la nouvelle décharge et les infrastructures de traitement des déchets d'Antananarivo.

C'est un terrain de 17,5 hectares, à environ 25 km du centre-ville. Il est situé dans la commune rurale de Fiaferana, à l'Est de la commune urbaine, dans le district d'Antananarivo Avaradrano. C'est une commune d'environ 6000 habitants, répartis sur 10 fokotany (quartiers). Le site d'implantation se situe dans le quartier de Fiaferana, un quartier d'un peu plus de 600 habitants.

La carte suivant montre la localisation du nouveau site par rapport à la décharge d'Andralanitra et la commune urbaine d'Antananarivo.

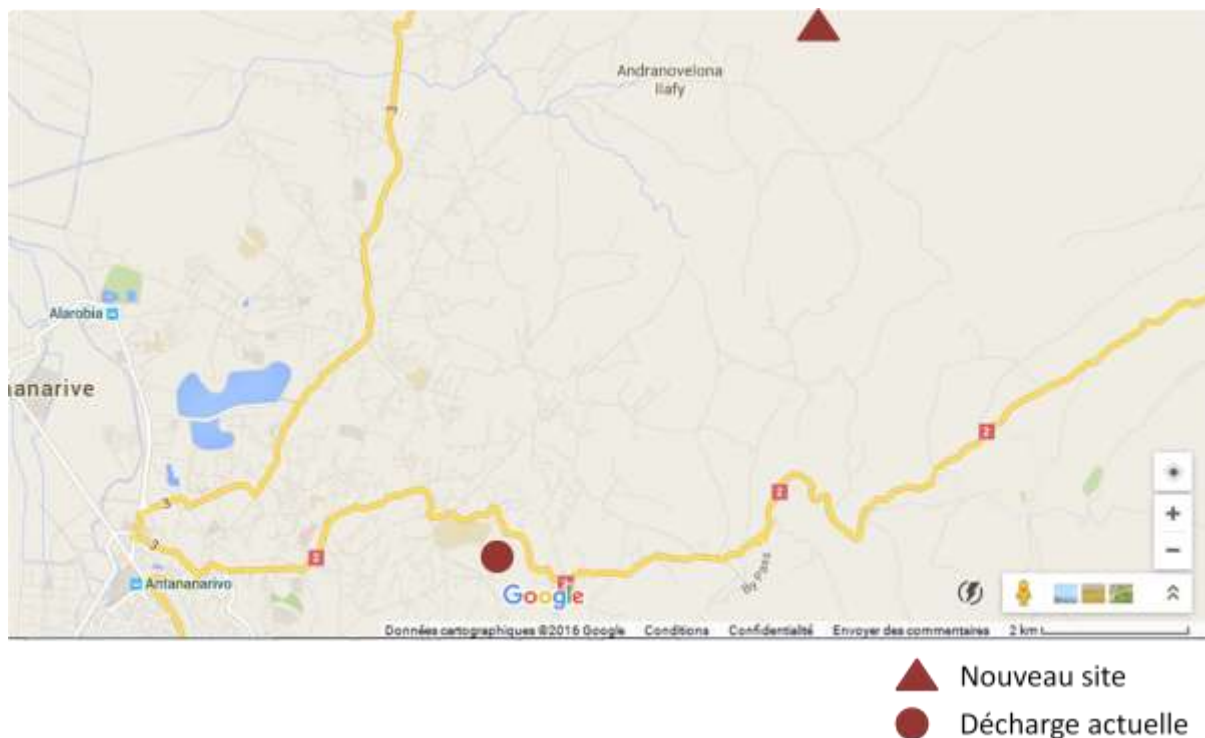


Figure 8 : localisation du nouveau site

Fond de carte : Google maps

Réalisation : Rova Rasoanaivo

- **Distance par rapport aux habitations et réseau hydrographique**

Cette zone est actuellement inexploitée, et se trouve à environ 300 m d'un tout petit village, mais à environ 1 km du village principal. Le fait que le site ne soit pas à proximité du village permet d'éviter les nuisances qui pourraient être engendrées par celui-ci.

De plus, aucun cours d'eau ne traverse les proximités de la zone. Le cours d'eau le plus proche se trouve à 3 km du site. Cette distance assure donc une protection suffisante contre la pollution du cours d'eau car, malgré la protection des sites de décharge, des fuites de lixiviats chargés en polluants et substances toxiques peuvent se produire dans l'environnement autour de la zone.

- **Géologie**

Le site est situé dans une zone à pente moyenne. Elle est composée de sols ferralitiques. Ce sont des sols argileux riches en fer et en aluminium sous forme hydratée engendrant ainsi divers types de sols tels que les sols brun jaune développés sur les surfaces d'aplanissement et les sols bruns rouge formés à partir des glaciés. Ces sols ferralitiques sont généralement acides avec des degrés de fertilité variables, mais dénudés, ils sont très sensibles à l'érosion et à la

dégradation. La pente des collines peuvent atteindre les 20% et elles sont propices à l'écoulement gravitaire. Les formations latéritiques, argileuses et argilo-sableuses sont des formations meubles d'épaisseur variable. Elles sont assez peu perméables.

- **Hydrogéologie**

Concernant l'hydrogéologie, dans la zone de ce site, on retrouve deux types d'aquifères : un aquifère libre et un aquifère semi-captif. Le premier type d'aquifère est situé dans les altérations argilo-sablo-kaoliniques, et fluctue de l'ordre de 3 m par an. Quant à l'aquifère semi-captif, il est situé vers les 12 à 18 m de profondeur. La nappe est localisée dans les arènes micacées ou arènes grenues qui se prolongent en profondeur dans les fissures du socle sain. Les aquifères sont à tendance argileuse avec une porosité autour de 40% et des transmissivités faibles ($5.10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ à $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$). La perméabilité du réservoir est inférieure à 10^{-5} m/s et celle de la couverture est inférieure à 10^{-7} m/s .

- **Accessibilité**

Par ailleurs, ce site est accessible depuis la route nationale RN2, et ensuite en empruntant une route secondaire. Cette dernière n'étant pas en bitume, des aménagements de la voirie sont à prévoir afin d'éviter les problèmes de circulation en saison pluvieuse.

- **Capacité**

De plus, en termes de capacité, ce site peut accueillir les déchets d'Antananarivo pour les prochaines années. En prenant en compte la croissance de la population, le taux de collecte (55%) et la quantité de déchets produits par habitant par jour, j'ai réalisé une estimation de la surface nécessaire pour stocker les déchets. En 2014, la production de déchets a été estimée à 0,6 kg/jour.hab. Avec un taux de croissance démographique de 3,05% par an, j'ai fait une estimation de la quantité de déchets produits par jour par habitant ensuite pour l'ensemble de la population. Ensuite, en tenant compte du taux de collecte de 55%, j'ai calculé la quantité de déchets collectés et mis en décharge. Le tableau Excel en annexe 1 montre les principaux résultats. D'après l'évaluation, d'ici 2027, une surface de 12 ha sera utile pour stocker les déchets, avec une hauteur de 15 mètres. Cette surface stocke uniquement les déchets ultimes.

Cependant, concernant les aspects institutionnels et réglementaires, les caractéristiques du terrain ne sont pas déterminées. De plus, par faute de moyen, je n'ai pas pu contacter le service topologique de la commune pour connaître le propriétaire du terrain. Par ailleurs, des contraintes administratives peuvent se poser. Ce site est localisé dans une zone hors des limites administratives de la commune urbaine d'Antananarivo. La question de l'acceptation de la commune de Fiaferana pour cette installation se pose. On pourrait donc penser à mettre

en place une coopération entre les deux communes, et traiter sur le même site les déchets de l'ensemble de leurs habitants.

La photo ci-dessous représente la zone en question.



Figure 9: Le terrain

Fond de carte : Google maps

Réalisation : Rova Rasoanaivo

b) Les modalités et choix du type de décharge

Comme on a pu le voir dans la partie diagnostic, la décharge actuelle n'est pas contrôlée, ni sécurisée, et est source de nombreuses nuisances, autant pour l'environnement que pour les riverains. Pour éviter de refaire face à cette situation, nous allons privilégier la conception d'une décharge contrôlée. La décharge contrôlée est un site de qualités géologiques convenables où les ordures sont disposées en couches minces, recouvertes de terre, ou compactées par engins spéciaux. Elle ne peut être ouverte qu'avec autorisation administrative, et est exploitée par des personnes qualifiées. Comme son nom l'indique, elle est contrôlée et n'entraîne aucune nuisance particulière.

Un des risques majeurs de l'implantation d'une décharge est la pollution par les lixiviats. Ces derniers sont le mélange d'eau libérée par les déchets biodégradables dans les

décharges et les eaux de pluie qui percolent. Ils contiennent des polluants et substances toxiques, et sont un risque pour le sol et la ressource en eau. Certaines décharges ne sont pas équipées de membranes de protection au fond des casiers. Les « jus » pénètrent donc directement dans le sol et peuvent rejoindre une nappe phréatique, polluant ainsi la ressource en eau. De plus, l'article 12 du Code de l'eau donne les spécifications concernant la protection qualitative des ressources en eau : « Toute personne physique ou morale, publique ou privée exerçant une activité source de pollution ou pouvant présenter des dangers pour la ressource en eau et l'hygiène du milieu doit envisager toute mesure propre à enrayer ou prévenir le danger constaté ou présumé ». Par conséquent, le fond de la décharge doit être protégé.

Le sol du site d'implantation, comme on l'a vu précédemment, a un coefficient de perméabilité à 10^{-6} m/s. Ce site est donc de classe 2, et est semi perméable. Pour éviter les pollutions des eaux souterraines, il faut le rendre étanche.

Une barrière d'étanchéité sera mise en place. Celle-ci est composée de plusieurs couches.

- Un fond de forme : c'est le fond des casiers. Il doit comporter au moins un point bas pour la collecte des lixiviats. Il va servir de support au système de drainage.
- Un dispositif d'étanchéité géosynthétique (DEG) ou géomembrane : c'est la barrière active. Elle doit être complètement étanche pour empêcher toute pollution par les lixiviats. En général, pour des stockages de déchets ménagers, on utilise une membrane en PEHD (Polyéthylène Haute Densité).
- Un géotextile : il sert de protection de la géomembrane, de façon à éviter les déchirements. C'est un matériau polymère perméable à texture de tissu.
- Un dispositif de drainage : ce dispositif permet le drainage des lixiviats vers les points de collecte. Il peut être réalisé soit entièrement avec des matériaux géosynthétiques drainant (souvent sur les flancs du casier) soit en utilisant des graviers en plus des géosynthétiques (sur le fond). Les graviers assurent ainsi un rôle de drainage des lixiviats, de protection physique de la membrane et de cohésion du fond pour éviter les déformations.

Le sous sol se présentera comme ceci :

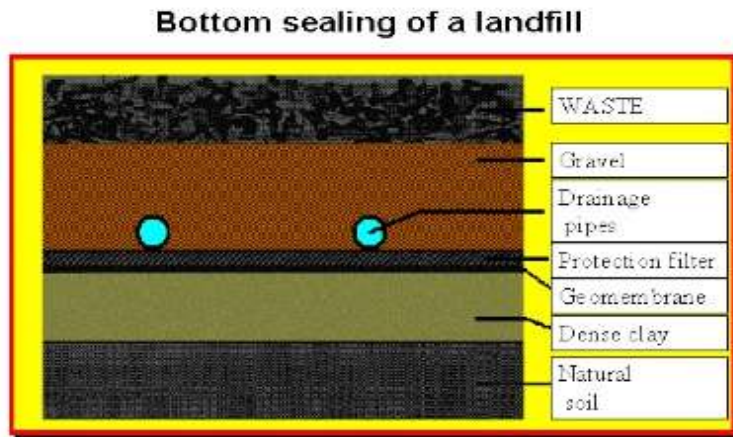


Figure 10 : Coupe du sol de la décharge

A la fin de l'exploitation, le site doit être recouvert d'un système étanche. La couverture est composée de :

- Une couche support au dessus des déchets : d'une épaisseur de 30cm, elle permet d'avoir un support homogène pour les autres couches. On utilise souvent un sol gossier constitué de sable et de graviers.
- Une couche de faible perméabilité : elle permet d'éviter toute infiltration d'eau dans pluie dans les déchets. elle est constituée d'une géomembrane ou d'une couche d'argile compactée ou parfois les deux.
- Une couche drainante : elle sert de drainage de l'eau de pluie vers l'extérieur du site, et peut être constituée de géosynthétique ou de graviers.
- Une couche superficielle : c'est une couche de sols organiques d'une épaisseur de 2 à 3 mètres. Elle permet la réintégration du site dans l'environnement grâce à une couverture végétale. Cette végétation va également permettre de limiter l'érosion grâce à la stabilisation du sol par les racines.

La couverture se présente comme suit :

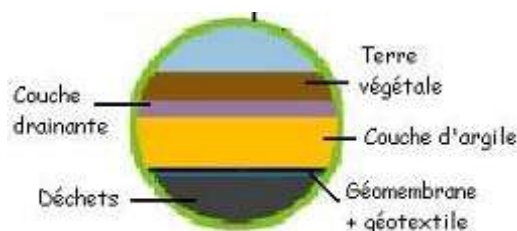


Figure 11: coupe de la couverture

Source : enseeiht

En moyenne, 81 m³ de lixiviats sont produits par jour (cf annexe 2). Les lixiviats stockés sont ensuite acheminés dans deux grandes cuves, dans lesquelles une unité de traitement de type réacteur biologique est installée, qui permet de supprimer l'azote contenue dans les lixiviats. Ensuite, deux petites cuves vont servir pour l'ultrafiltration. Cette étape permet de séparer la boue de l'eau. Enfin, avant le rejet de l'eau traitée, une nanofiltration est effectuée pour assurer que les normes de rejet sont atteintes.

Pour estimer la surface du bassin de rétention, j'ai quantifié le volume de lixiviat journalier à traiter. Ces calculs seront détaillés en annexe 2. Le bassin de rétention occupera une surface de 1 ha, et les cuves occuperont également la même surface.

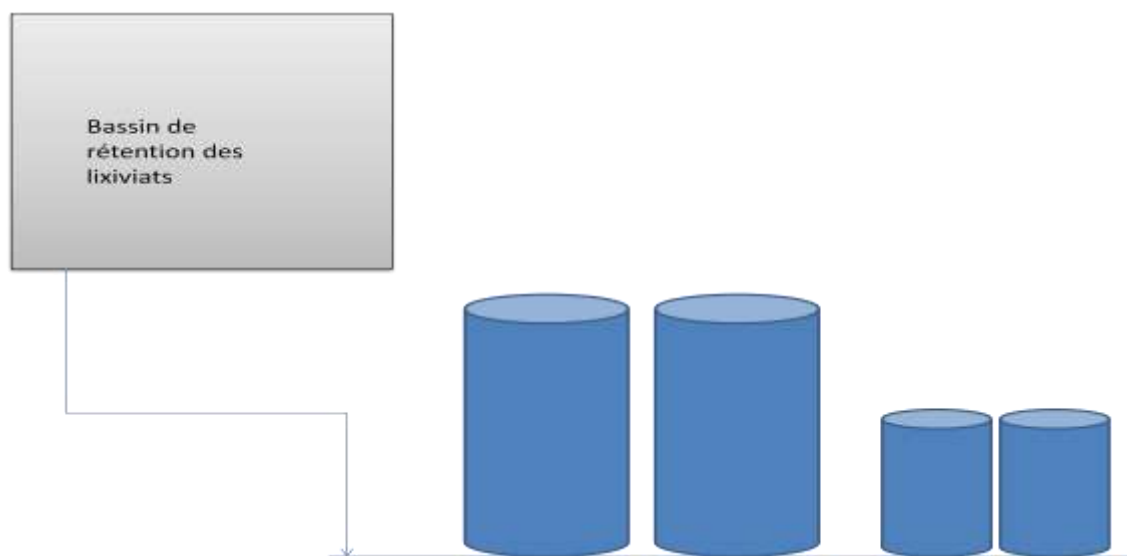


Figure 12 : Schéma de la station de traitement des lixiviats

Réalisation : Rova R.

- **Traitement des biogaz**

Par ailleurs, après leur décomposition, les biodéchets produisent du biogaz, composé pour deux tiers de méthane. Ce dernier est un puissant gaz à effet de serre, et doit donc être capté. Dans la décharge, le biogaz formé est récupéré en continu par un système de drains horizontaux enterrés et de puits verticaux.

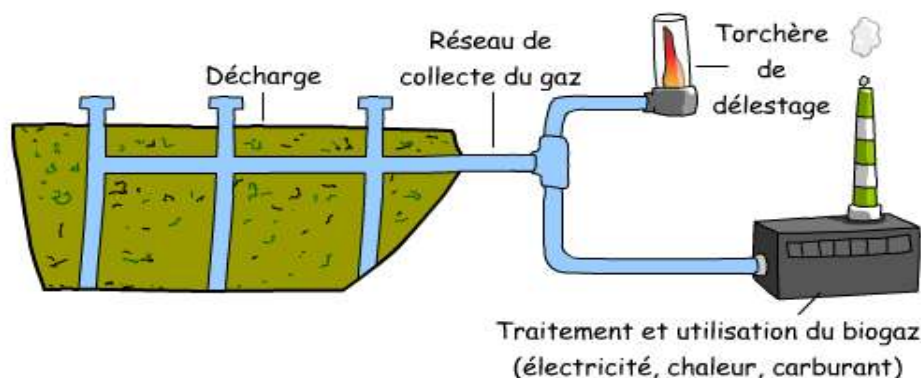


Figure 13 : Système de captage du biogaz

2) Les solutions alternatives et/ou complémentaires

La mise en décharge seule ne peut pas résoudre la situation d'Antananarivo. Stocker les déchets n'est pas suffisant pour débarrasser la ville de ses ordures. Mettre en place une gestion durable des déchets est nécessaire. La première solution serait de réduire les sources de déchets. Cela consiste à consommer moins pour réduire le volume des déchets que nous créons. Cependant, cette solution est loin d'être évidente, compte tenu du contexte de développement de la consommation et l'augmentation de la population. La mise en décharge doit donc être accompagnée d'une succession d'étapes de valorisation des déchets.

a) Le tri des déchets

Le tri sélectif consiste, comme son nom l'indique, à trier les déchets selon leur nature, pour faciliter leur traitement. Il peut se faire soit « à la source », soit sur les déchets bruts après collecte.

Le tri à la source nécessite la mise en place d'une politique de tri sélectif sur la commune d'Antananarivo. Elle implique une coopération des habitants. Ces derniers devront séparer leurs déchets selon leur nature. Ensuite, ils déposent leurs déchets dans différentes poubelles réservées à chaque type de déchets. La figure suivante représente les codes couleurs des poubelles et les déchets correspondants.

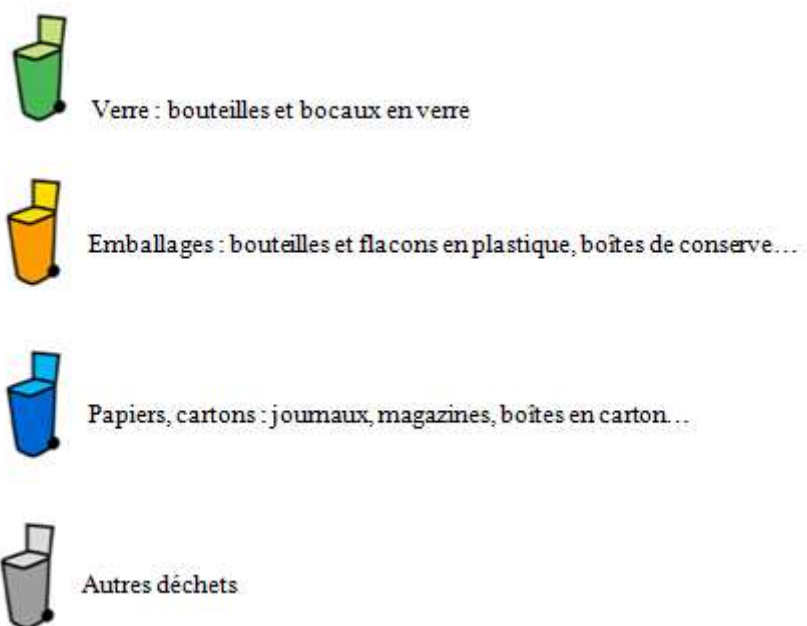


Figure 14 : les différentes poubelles

Source : very-pratique.fr

Réalisation : Rova R.

La deuxième option consiste à trier les déchets bruts après collecte. Au sein d'une unité de traitement, les déchets sont séparés manuellement et mécaniquement. Le tri réalisé permet de sélectionner les déchets qui sont valorisables, mais également extraire les déchets qui ne peuvent plus être réutilisés.

La méthode la plus efficace et la moins coûteuse est le tri à la source. Cependant, cette méthode doit être accompagnée de la mise en place d'un centre de tri, qui servira de vérification, et permettra d'assurer que les matériaux en sortie aient la qualité des matériaux destinés au recyclage. Si le déchet est considéré non réutilisable, il sera donc envoyé à la décharge. Une fois les déchets arrivés au centre de tri, des agents les déversent sur un tapis roulant. Ensuite, d'autres agents séparent les déchets selon leur catégorie (papier, carton, plastique, cannettes...) et les stockent dans des boxes ou alvéoles de stockage provisoire des produits triés. Des machines de conditionnement vont ensuite compactés ces produits en balles, et seront stockés dans une zone, avant d'être distribués dans les industries de recyclage.

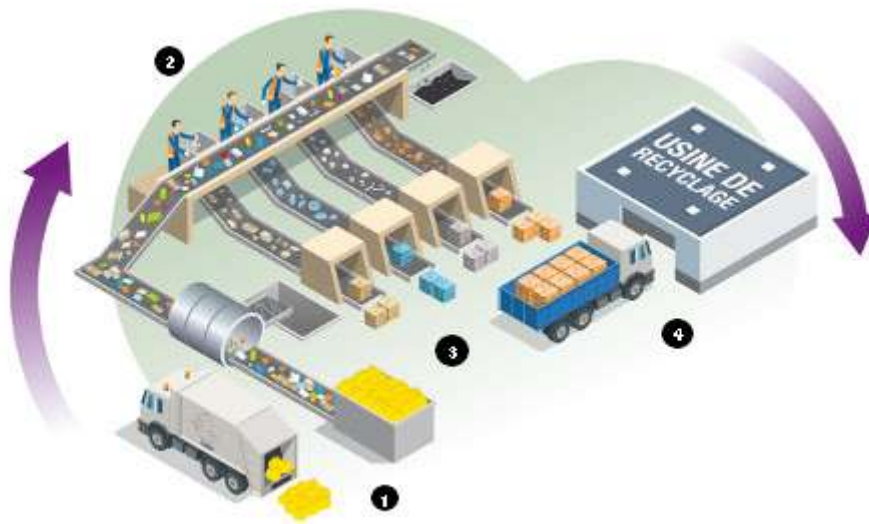


Figure 15 : Schéma centre de tri

Source : overblog

Pour faciliter la mise en décharge des déchets non recyclables, le centre de tri sera installé sur le même site que la décharge contrôlée. Ce centre s'étendra sur une surface d'1,5 ha, et sera composé d'une halle pour la réception et le tri, et d'une autre halle pour le stockage provisoire des déchets triés.

b) La valorisation des déchets

La notion de valorisation des déchets désigne « toute opération dont le résultat principal est que des déchets servent à des fins utiles, en substitution à d'autres substances, matières ou produits qui auraient été utilisés à une particulière, ou que des déchets soient préparés pour être utilisés à cette fin, y compris par le producteur de déchets. » (Le Bozec, 2012).

• Le compostage

Les déchets d'Antananarivo sont composés de plus de 60% de déchets fermentescibles, c'est-à-dire composé uniquement de matières organiques biodégradables. Cette forte présence de matière organique dans les déchets est un atout pour les initiatives de compostage. Le compostage est un procédé de décomposition biologique dit « aérobique » puisqu'il nécessite la présence d'oxygène. Il permet de produire un résidu organique, le compost. A partir de ces composts, on peut produire des bio-fertilisants organiques qui serviront d'engrais pour les

agriculteurs de la région. Cette valorisation nécessite la mise en place d'un site de compostage. Le processus de compostage se fait en plusieurs étapes.

- La réception des matières organiques et stockage
- Le broyage des déchets
- Vient ensuite la fermentation. Les matières organiques sont mises en andains (statiques ou retournées), qui sont placés dans un système clos afin de subir une ventilation naturelle ou forcée.
- Ensuite, c'est l'étape de la maturation. Les substances organiques les plus complexes, les plus résistantes à la biodégradation sont transformées durant cette étape.
- Les composts sont ensuite stockés dans une zone, et les derniers déchets inertes sont écartés du lot.

La figure suivant représente l'organisation d'une plateforme de compostage.



Figure 16 : Organisation plateforme de compostage

Source : ADEME

Antananarivo est située dans la région Analamanga où l'agriculture constitue l'activité principale. Bien que les cultures vivrières (riz, manioc, maïs, pomme de terre) représentent 95% de la superficie cultivée, les cultures maraîchères (tomate, carotte, brèdes, haricot vert, chou, etc.) sont certainement le plus gros débouché potentiel pour le compost. Ce projet de compostage des déchets fermentescibles permet donc de valoriser les déchets organiques de la ville, et de produire et de vendre du compost à haute valeur nutritive aux agriculteurs locaux.

De plus, cette valorisation génère de nombreux avantages environnementaux, notamment la production d'un amendement qui contribue à réhabiliter les sols érodés, la diminution de

l'utilisation d'engrais chimiques, la réduction des déchets mis en décharge et donc la diminution des nuisances engendrées par la décharge, et aussi le développement d'une agriculture plus respectueuse de l'environnement. Des bénéfices économiques et sociaux sont aussi générés par ce projet, notamment la création d'emplois.

- **Le recyclage**

A Antananarivo, il existe quelques filières de recyclage. Les déchets triés peuvent être revendus à des entreprises de recyclage.

Dans le cas des matières plastiques, on distingue trois types de procédés, selon les matières premières entrantes et sortantes. Le premier type est le recyclage des PET (polyéthylène téréphtalate). Le PET peut être vendu aux entreprises qui fabriquent des bouteilles, comme par exemple d'entreprise STAR, qui fabriquent des bouteilles à partir de moules sud-africaines. Le deuxième type est le traitement des plastiques durs. Ils sont lavés, triés et broyés pour fabriquer des granulés destinés aux plasturgistes locaux, tel que PLASTMAD (fabricant de bassines, pinces à linges, etc.). Enfin, la troisième catégorie concerne le recyclage du plastique des films d'emballage, isolant pour l'emballage industriel ou isolant agricole. Ce type de plastique peut être revendu à la Société Malgache de Transformation des Plastiques par exemple. Cette entreprise rachète ces matières en plastiques pour fabriquer des produits pour l'adduction d'eau et d'assainissement.

Dans le cas des papiers et cartons, ils peuvent être revendus à des entreprises telle que Papmad qui développent des activités de recyclage de papiers et cartons pour les transformer en fournitures de bureaux, notamment les papiers d'emballage, cahiers, etc.

L'avantage de ce projet de recyclage est de promouvoir les entreprises locales qui se lancent dans ce domaine, et permet de diminuer la part des déchets mis en décharge.

c) La mise en œuvre du projet

Mon projet est donc la mise en place d'un nouveau site de gestion multi-filière des déchets ménagers. Il est basé sur la réduction des déchets à stocker. Pour cela, j'ai proposé :

- La mise en place d'une réduction des déchets à la source, via le tri sélectif
- La valorisation biologique des déchets ménagers, par le compostage

- Le recyclage de certains types de déchets, qui sera confié aux industries locales spécialisées
- Le stockage des déchets ultimes.

L'aménagement final du site se présente donc comme suit :



Figure 17 : proposition d'aménagement du site

Fond de carte : Google map

Réalisation : Rova R.

La mise en place d'une politique de réduction des déchets doit s'accompagner d'actions de sensibilisation. Dans le cas du tri sélectif, l'objectif est d'informer les citoyens de l'organisation de la filière des déchets et des bons gestes à faire. La sensibilisation concerne enfants et adultes.

Dans les établissements scolaires, des animations seront organisées, pour initier les enfants autour de différentes thématiques : l'importance du tri sélectif, les consignes de tri, le recyclage, la réduction des déchets, le compostage et la mise en décharge. Les interventions seront personnalisées en fonction du niveau pédagogique (maternelle, primaire, collège, lycée). Divers outils pédagogiques seront utilisés pour mener ces actions : jeux, films, échantillons, ainsi que la mise en place de poubelles de tri dans les établissements. De plus, à l'occasion de ces animations, des documents seront remis aux participants, tel que le guide du tri, un carnet de recyclage. A la suite de ces actions, une visite du centre de tri peut être envisagée. Les participants découvriront la gestion de leurs poubelles et les différentes filières de recyclage.

Globalement, pour l'ensemble de la population, des guides de tri seront distribués dans chaque foyer. Au niveau des *fokotany* (quartiers), des expositions auront lieu pour informer la population de l'importance de ce geste, et ses enjeux environnementaux, économiques. Ces actions de médiatisation peuvent renforcer la sensibilisation : diffusion à la radio ou à la télévision.

Les citoyens doivent également voir que les autorités s'emploient activement à mettre en place un système efficace de gestion des déchets solides.

Voici un exemple de guide du tri que les ménages doivent avoir :



Figure 18 : Exemple guide du tri

Réalisation : Rova R.

(« Antananarivo madio »: Antananarivo propre, agréable)

A Antananarivo, la question de la gestion des déchets ménagers est cible d'une attention particulière des bailleurs de fonds étrangers depuis une vingtaine d'années, et particulièrement l'Agence Française de Développement, depuis 2010. L'AFD a déjà réalisé des travaux sur le site d'Andralanitra. Ce projet peut donc bénéficier d'aides pour sa réalisation.

Conclusion

Antananarivo s'illustre par une gestion déficiente des déchets. Pour résoudre le problème actuel de la saturation du site de décharge à Antananarivo, j'ai proposé une solution. Elle consiste à créer un autre site de gestion multifilière des déchets ménagers d'Antananarivo. L'objectif a été de réduire la quantité à stocker, et ainsi éviter la saturation du site pendant son exploitation. A Antananarivo, une valorisation locale des déchets semble bien adaptée, et permet de promouvoir des entreprises locales spécialisées dans le domaine. Toutefois, ce projet doit s'intégrer dans une amélioration globale de la filière dans son ensemble. La valorisation des déchets, si elle améliore le traitement et la maîtrise des déchets, ne résout pas le problème de la collecte des déchets, qui est insuffisant.

L'élaboration de ce projet a été très formatrice et enrichissant. Cela m'a appris à mener un projet seule, et j'ai pu découvrir des connaissances dans le domaine de la gestion des déchets. Cependant, comme dans tout projet, on peut rencontrer quelques difficultés. Le fait de ne pas être sur place a complexifié le projet. La démarche de recueil des données et le contact avec la mairie locale n'a pas été évidente.

Webographie

Citésciences : http://www.citesciences.fr/archives/francais/ala_cite/expo/tempo/planete/portail/labo/valor3.html

Actu-environnement, titre de presse d'information sur l'environnement et le développement durable : http://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/dechet_fermentescible.php4

Blog very-pratique: <http://www.very-pratique.fr/tri-dechets/>

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie : <http://www.ademe.fr/expertises/dechets/passer-a-l'action/tri-pretraitement/dossier/centres-tri-dechets/>

IRD: <https://www.ird.fr>

SITCOM Bièvre: <http://www.sictom-bievre.fr/le-traitement-des-ordures-menageres/traitement-des-lixiviats>

Service environnement des Cramades: <http://serviceenvironnementdescramades.fr/traitement-des-dechets/traitement-des-lixiviats/>

Ensheeit: <http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD0708/beiere/5/html/Projet%20bin%F4me%202/CSDU-Exploitation%201.html#Lixiviats>

Overblog: <https://www.over-blog.com>

Communauté de communes du Villefranchois: <http://www.cc-villefranchois.fr/1-36277-Centre-de-tri.php>

Papmad : <http://www.paper-world.com>

SMTP: <http://www.groupeSMTP.com>

Bibliographie

INRS – *Centre de tri de déchets recyclables secs ménagers et assimilés issus des collectes séparées, Guide de prévention pour la conception* – PDF

Joel GRAINDORGE – *La Gestion globale et maîtrisée des déchets ménagers* – Territorial, 1998

Philippe Pichat – *La gestion des déchets* – Dominos Flammarion, 1995

Le Bozec, Barles, Buclet, Keck – *Que faire des déchets ménagers ?* – Quae, 2012

Mathieu Durand, Yamna Djellouli, Cyrille Naoarine – *Gestion des déchets : Innovations sociales et territoriales* – Presses universitaires de Rennes, 2015

Artelia Madagascar – *Rapport final : Elaboration du Schéma directeur d'Assainissement Urbain du Grand Tana* - 2014

Fiche de lecture 1

Livre : *Gestion des déchets : Innovations sociales et territoriales*

Chapitre 3 : Processus d'intégration de la filière des déchets à Antananarivo : des activités informelles à un système formel ?

Auteurs : Mathieu Durand, Yamna Djellouji, Cyrille Naoarine

Date de publication : 2015

A Antananarivo, la gestion des déchets n'est pas performante. C'est le SAMVA qui gère la collecte et le transport des déchets jusqu'à la décharge d'Andralanitra. Le service de collecte est non satisfaisant. Pour l'ensemble de la population, seulement 464 bacs leur sont mis à disposition, soit en moyenne un bac pour 2966 habitants. De plus, il n'existe qu'un mode unique de « traitement » des déchets dans la capitale : la mise en décharge. Les déchets collectés sont transportés à la décharge d'Andralanitra, qui est le lieu officiel de dépôt d'ordures, depuis 1966. Un grand nombre de services de pré-collecte formels et informels existent dans la capitale. Il s'agit d'une pré-collecte des déchets porte-à-porte. Par ailleurs, à Antananarivo, une filière informelle de gestion des déchets s'est développée. Les déchets considérés comme des « objets inutiles » redeviennent utiles. Des récupérateurs informels font le tri au niveau des bacs à ordures, et les revendent aux marchés de la ville. Ce sont ensuite les sociétés spécialisées dans le recyclage qui rachètent ces produits.

Fiche de lecture 2

Livre : Que faire des déchets ménagers ?

Chapitre 5 : Les filières techniques de traitement des déchets

Auteur : A. Le Bozec

Date de publication : 2012

Aujourd'hui, la gestion des déchets est orientée vers une approche multi-filière. Elle permet de prendre en compte de la nature et les caractéristiques des déchets et ainsi d'adapter chaque catégorie au traitement qui lui convient. Elle permet aussi de contribuer à la protection de l'environnement et de la santé des populations.

Ce chapitre montre les différentes techniques de traitement des déchets. Toutes les filières doivent d'accompagner d'un tri sélectif. Pour que les matériaux puissent être destinés au recyclage, ils doivent passer dans un centre de tri. Le tri se fait soit manuellement par des agents, soit automatiquement grâce à des machines. Ils sont ensuite stockés en balle avant de rejoindre les sociétés de recyclage.

Le recyclage organique ou le compostage est une des filières de traitement. Il vise à produire un résidu organique riche en composés humiques, le compost. Ce dernier est valorisé en agronomie. La méthanisation constitue également une des filières. Cependant celle-ci est de moins en moins utilisée, à cause de sa production de méthane et de dioxyde de carbone. Une troisième filière est l'incinération. C'est une filière thermique de traitement des déchets. L'énergie produite au cours de l'incinération est récupérée et réutilisée. Cette filière pose problème notamment à cause des émissions gazeuses qu'elle génère. Enfin, le stockage des déchets est le dernier traitement. Il concerne les déchets ultimes, c'est-à-dire ceux qui ne peuvent pas être traités. Ce traitement nécessite des techniques pour éviter les pollutions possibles du sol et de l'environnement, notamment l'étanchéisation du sol.

Annexe 1

Données de base :

Croissance démographique : 3,05%/an

Quantité de déchets produits (kg/J/hab) : 0,6

Taux de collecte : 55%

Taux de déchets valorisables : 60%

Densité dans la décharge : 0,6 t/m³

Année	Pop	qté déchets produits kg/j	qté déchets collectés kg/j	qté déchets collectés t/an	qté déchets décharge t/an
2014	1 334 302	800 581	440 320	160 717	64 287
2015	1 370 326	822 196	452 208	165 056	66 022
2016	1 412 121	847 273	466 000	170 090	68 036
2017	1 455 191	873 114	480 213	175 278	70 111
2018	1 499 574	899 744	494 859	180 624	72 249
2019	1 545 311	927 187	509 953	186 133	74 453
2020	1 592 443	955 466	525 506	191 810	76 724
2021	1 641 012	984 607	541 534	197 660	79 064
2022	1 691 063	1 014 638	558 051	203 689	81 475
2023	1 742 641	1 045 584	575 071	209 901	83 960
2024	1 795 791	1 077 475	592 611	216 303	86 521
2025	1 850 563	1 110 338	610 686	222 900	89 160
2026	1 907 005	1 144 203	629 312	229 699	91 880
2027	1 965 169	1 179 101	648 506	236 705	94 682
total	22 802 512	13 681 507	7 524 829	2 746 563	1 098 625

Annexe 2

Pour dimensionner la taille du bassin de rétention, il faut d'abord quantifier le volume de lixiviat journalier. Nous pouvons estimer cette quantité par un bilan hydrique, dont le principe est : entrant = sortant.

$$L = P + ED - I - ETR + R_{ext} - R_{int} - EC$$

- P: pluviométrie moyenne annuelle du site : $P=Q*S$

Avec : Q la pluviométrie annuelle = 1 364 mm

S la surface du site = 120 000 m²

$$P= 163\,680 \text{ m}^3/\text{an}$$

- ED : eau de constitution des déchets : $ED= H*M$

Avec : H le taux d'humidité moyen des ordures des ordures ménagères. D'après l'ADEME, ce taux varie entre 25 et 40%, j'ai choisi 35% arbitrairement.

M la masse annuelle des déchets ménagers à stocker = 146 484 t

$$ED = 51\,269 \text{ m}^3/\text{an}$$

- Infiltration = 0 car on suppose que le sol est imperméabilisé

$$I=0 \text{ m}^3/\text{an}$$

- Evapotranspiration réelle = évaporation annuelle * surface
L'évaporation de Madagascar est de 1200mm/an, soit 1,2m.

$$ETR= 144\,000 \text{ m}^3/\text{an}$$

- R_{int} et R_{ext} : l'eau ruissellante ne pénètre pas dans le sol donc on les suppose nuls.

$$R_{int}=R_{ext}=0 \text{ m}^3/\text{an}$$

- EC eau retenue par les déchets = $P*1/4$

$$EC= 40\,920 \text{ m}^3/\text{an}$$

Finalement, on a:

$$L= 30\,029 \text{ m}^3/\text{an}.$$

En considérant que la profondeur du bassin est 3m, la surface utile est donc de **10 000m²** par an, soit **1 ha**.

Table des illustrations

Figure 1 : Localisation Antananarivo	5
Figure 2: la commune d'Antananarivo et ses 6 arrondissements.....	5
Figure 3 : La géomorphologie de la zone d'étude.....	7
Figure 4 : Carte de la géologie de la zone d'étude	9
Figure 5 : Schéma du système de collecte d'Antananarivo	14
Figure 6 : Etat de la décharge d'Andralanitra	18
Figure 7 Proportion des déchets chez des ménages (2015)	19
Figure 8 : localisation du nouveau site	23
Figure 9: Le terrain.....	25
Figure 10 : Coupe du sol de la décharge.....	27
Figure 11: coupe de la couverture	27
Figure 12 : Schéma de la station de traitement des lixiviats.....	28
Figure 13 : Système de captage du biogaz.....	29
Figure 14 : les différentes poubelles.....	30
Figure 15 : Schéma centre de tri.....	31
Figure 16 : Organisation plateforme de compostage.....	32
Figure 17 : proposition d'aménagement du site.....	34
Figure 18 : Exemple guide du tri.....	36
Graphique 1: Evolution de la population d'Antananarivo de 1993 à 2015.....	10
Graphique 2: Précipitations et températures moyennes mensuelles.....	11



35 Allée Ferdinand de Lesseps

BP 30553

37205 Tours CEDEX 3

Sous la direction de : Stéphane RODRIGUES

Rova RASOANAIVO

Projet Individuel

2015-2016

Création d'un site de décharge et des infrastructures de traitement des déchets ménagers, dans la commune d'Antananarivo.

Résumé :

A Antananarivo, la gestion des déchets est déficiente. La population ne cesse de croître, ce qui renforce la production de déchets ménagers. Or, un seul « traitement » des déchets est mis en place jusqu'à présent : la mise en décharge. La ville dispose donc d'une unique décharge, qui stocke les déchets ménagers depuis 1966. Ce site n'est pas contrôlé et est source de beaucoup de nuisances, pour l'environnement comme pour les riverains. Aujourd'hui, ce site est saturé, et devait être fermé depuis 2012.

Suite au problème de saturation du site actuel de décharge à Antananarivo, j'ai décidé d'implanter un nouveau site qui permet de stocker les déchets ménagers de la capitale, mais aussi de les traiter. Une gestion multifilière des déchets sera donc mise en place.

Mots clés : déchets ménagers – décharge – traitement des déchets – tri sélectif – recyclage – compostage

Localisation géographique : Antananarivo, Madagascar