

Valorisation Energétique Des Déchets Solides Dans La Ville De Kisangani / Commune De Makiso

Ass. Serge Kambale Bahati¹, Patrick Mumbere Mubekwa², Prof. Tondozi Keto³,

¹Assistant chercheur, Centre de Recherche en Géophysique, département de la Géophysique Interne/Kinshasa et Institut de Bâtiment et des Travaux Publics IBTP-Butembo, département d'attache d'hydraulique et environnement

²Assistant chercheur, Institut Supérieure de Techniques Appliquées, département d'attache de Génie électricité, ISTA-Ndoluma

³Professeur, Département de Physique, Faculté des sciences, Université de Kinshasa.



Résumé – Le concept de « développement durable » se résume en trois « E » environnement, Energie et Economie. Il a apparu avec les problèmes de changement climatiques et l'épuisement des ressources énergétiques. Il faut trouver un équilibre entre prospérité économique, besoin énergétique et protection de l'environnement pour assurer un développement durable.

L'énergie est le cerveau de l'économie mondiale et permettant à des nombreuses populations de jouir de confort, de productivité et de mobilité des très hauts niveaux.

De prime abord, nous avons tous besoins de l'énergie permanente, que ce soit pour cuisiner, pour éclairer, pour chauffer ou climatiser nos domiciles.

L'énergie mondiale, provenant des ressources fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel) utilisées à l'ère actuelle sont épuisables donc non renouvelable et leur utilisation sera plus coûteuse; de plus elle est la première source d'émission des gaz à effet de serre (à savoir le CO₂, CH₄) donc, Contribue au réchauffement climatique de la planète terrestre.

Afin de résoudre ce problème d'émission, un bon nombre des personnes sont engagées dans la production d'électricité d'origine nucléaire, avec un problème de la gestion des tonnes de déchets radioactifs dégagées lors de son fonctionnement. Voilà pourquoi il est urgent de trouver des nouvelles sources énergétiques alternatives propres et inépuisables. C'est le cas des énergies issues du soleil, du vent, de l'eau, et des biomasses.

Ces sources d'énergie renouvelable sont un moyen efficace de contribuer au développement durable d'un pays. A partir de ces énergies, il est possible de produire de la chaleur ou d'électricité en cogénération avec un minimum de pollution de l'environnement.

Mots clés – Déchets Matières Organiques, Plastiques, Papiers Et Cartons Textiles, Métaux Et Alliages, Verres, Bois Et Matériaux Inertes, Environnement Et Assainissement

1. INTRODUCTION

Les activités humaines génèrent des déchets solides, liquides et gazeux qui perturbent les milieux naturels : eaux, atmosphère et sol. Ces déchets prennent une grande importance au cours de ces dernières décennies, spécialement pour les déchets solides qui restent les principales sources d'énergies renouvelables et plusieurs projets porteront sur les récupérations de l'énergie provenant des déchets dans beaucoup de pays développés.

Les difficultés commencent avec les définitions des déchets. A quel moment un objet devient-t-il un déchet et quel moment cesse-t-il de l'être ?

Quelques définitions

- Valorisation : reste un concept ambigu qui se définit surtout en opposition à l'élimination. Le déchet est valorisé lorsqu'il trouve un usage comme matière ou source d'énergie.
- Déchet : résidus de l'emploi des matières solides qui peuvent être putrescibles ou non putrescibles.
- Ordures : toutes matières putrescibles d'origine végétale ou animale résultant de la manutention, de la préparation ou de la consommation des aliments.
- Débris : tous déchets solides et non putrescibles.
- Fumier : excréta des animaux domestiques
- Incinérateur : appareil de destruction par combustion

Certes, la réalité Boyomaise est marquée par un accroissement des flux des déchets conjugués à une poussée démographique et une saturation des infrastructures urbaines d'élimination des déchets ; d'où il faut déterminer la meilleure méthode à utiliser pour la gestion des déchets.

L'augmentation des déchets solides est non seulement liée à l'accroissement démographique mais beaucoup d'autres facteurs déterminent aussi les quantités et la composition de ces déchets comme l'éducation, le niveau de vie, la structure urbaine, l'infrastructure de recyclage, le système de collecte, le développement industriel, économique et social, les conditions climatiques,.....etc.

I. Problématique

La non biodégradation des matières plastiques et l'épuisement des ressources énergétiques fossiles notamment le pétrole et le charbon suscite quelques interrogations sur la pollution environnementale :

- Que faut-il faire pour effectuer le tri et la récupération des déchets en matière plastique ?
- Comment l'énergie fournie par une combustion des matières plastiques peut être transformée en énergie électrique ?
- Comment peut-on effectuer un traitement des gaz toxiques provenant des usines d'incinérations ?

Dans l'hypothèse de répondre à ces préoccupations, nous préconisons ce qui suit :

- Il faut créer un service d'ECO-Emballage qui sera financé par la cotisation des conditionneurs pour aider les collectivités territoriales à développer le tri et la récupération des emballages usagés afin de les recycler.
- Il faut appliquer la technologie la plus habituelle pour une étude approfondie d'aménagement d'une microcentrale thermique afin de produire de l'électricité à partir de vapeur fournie par la chaleur de combustion des déchets.
- Il faut équiper les usines d'incinérations des épurateurs des gaz toxiques [1]

1. Méthode et technique

Nous avons abordés une méthode stratégique d'action qui s'articule autour de plusieurs axes entre autres, la conservation énergétique des déchets.

- Technique documentaire : exploration des ouvrages et notes des cours ayant trait à ce domaine des travaux publics. Les revues et l'internet n'en sont pas du reste.
- Technique d'interview : les autorités sanitaires et environnementaux de la place sont constamment à la recherche des solutions technologiques adaptées pour traiter les déchets solides. ces différentes solutions doivent protéger le personnel la communauté, minimiser les impacts négatifs sur l'environnement et permettant un traitement efficace des déchets solides [2]
- Technique de descente in-situ : cette commune de MAKISO comme toute autre commune de la ville de Kisangani est marquée par un accroissement de flux des déchets conjuguées à une poussée démographique. Dans ce contexte, plusieurs décharges sauvages sont déblayées sur les communes de la ville de Kisangani. Ceci génère des impacts négatifs directs sur l'environnement par la création des polluants et constitue des risques majeurs pour la santé de l'humanité.

2. Matériels

Pour concrétiser ce travail, nous avons utilisé les matériels ci-dessus :

- Un carnet de terrain
- Crayon et stylo
- Bèche
- Pelle mécanique
- Appareil photographique (téléphone)
- Ordinateur

II. Présentation de la ville de Kisangani

1. Situation géographique de la ville de Kisangani

Kisangani ; l'une des villes politico-administratives du Congo, est situé à 0°31'Nord et 25° 11' Est, et sort à une distance de 279,3 Km à l'Est du méridien d'origine.

La ville de Kisangani est entièrement située dans la province de la Tshopo d'une superficie de 1.914Km².

Elle partage la frontière territoriale : au Nord par le territoire de Bafwasende, à l'Est et au Sud par le territoire d'Ubundu et d'Opala et enfin à l'Ouest par le territoire d'Isangi.

2. Le relief

Cette ville est dominée par des surfaces planes et des plateaux. Son altitude moyenne se situe à 480m ; presque à la limite Nord-Est de la Cuvette Centrale dans le bassin du fleuve Congo.

3. Le climat

La ville de Kisangani s'entend dans la zone de climat équatorial suivant la classification climatique de KOPPEN. Elle est caractérisée par des pluies abondantes et régulières, d'où un climat pluvieux et chaud ; avec deux petites saisons de déficit hydriques, soit du janvier au février.

La grande saison sèche est en juillet et en Août.

Les précipitations ne sont pas bien réparties au cours de l'année. Des températures élevées et constantes se situant en moyenne autour de 25° ainsi que des faibles amplitudes thermiques annuelles. L'humidité atmosphérique est également élevée autour de 90° (météo 2003).

4. Hydrographie

La ville est traversée par le fleuve Congo et la rivière Tshopo. On n'y trouve aussi des cours d'eau comme Makiso, Mangobo, Kabondo, Lubunga, Segama, Mutumbe, etc.

5. Condition géologique

La ville de Kisangani est construite sur les terrains dits de l'étage de Stanleyville (jurassique, supérieur). Ce sont des superpositions de grès fins et d'argilites bariolées ou rouge, argilite verte, schistes bitumineuses (contenant un peu d'hydrocarbure) et des schistes argileux. En dessous d'âge jurassique supérieur ou des ostracodes dans quelques-uns de niveau. Cette couche est surmontée par celle de la Loia (crétacé inférieur) qui comprend les fossiles des poissons et crétacés [3].

Tout ceci repose sur l'indien (terrain précambrien). Les intégrations de cette roche mère non uniforme, sous l'action conjuguée de l'humidité et des

racines de gros arbres provoquant les diaclases, aboutit à donner les sols divers.

III. Analyse de l'état d'assainissement

Les déchets solides en ville de Kisangani en général et dans la commune Makiso en particulier ont connus un développement remarquable dans sa diversité que dans sa capacité ; comme les ordures ménagères, les déchets industriels et du commerce banals ou spéciaux, des activités de soins, etc.

Les facteurs environnementaux naturels susceptibles de subir l'insalubrité sont : le sol, l'eau, l'air, la flore et la faune.

Ces cinq éléments doivent être tenu salubres pour que les hommes environnant ce lieu y vivent en sécurité.

La descente sur terrain a mis en lumière plusieurs sites contaminés par les déchets dangereux qui jonchent la commune Makiso.

Ce travail se focalisera sur les déchets d'origine domestique, du marché central, et de petit marché et des domaines publics de l'Etat et des voiries.

Aucune formule ne pourra permettre d'en calculer la valeur et d'en déterminer les caractéristiques sauf des études et observations in situ qui parviennent d'évaluer les déchets par rapport à leurs caractéristiques.

1. Déchets solides domestiques

Les ménages rejettent chaque jour des tonnes des déchets. Parmi eux citons : des nourritures, des emballages, des textiles et objets encombrants.

A cela s'ajoute les déchets dits assimilables aux ordures ménagères provenant des industries, des hôpitaux, etc.

La quantité de déchets ménagers produits dans la commune de la Makiso sont composées essentiellement des matières organiques (épluchures, reste d'aliments, emballages). Il est difficile de tenir compte d'autres déchets résultant de certains travaux différents de ceux de ménage comme les débris de construction et des bâtiments, les déchets produits par les arbres fruitiers et autres se trouvant dans des parcelles.

2. Déchets solides dans le marché central et les petits marchés

Le marché central et les marchés des quartiers produisent d'énormes quantités journalières des déchets. Les tas des déchets des décennies s'y trouvent un dépotoir. Ils sont constitués essentiellement des déchets générés par la ville. Les déchets collectés dans la commune Makiso par le service Boyoma salubrité concernent à la fois des déchets ménagers. Les déchets publics sont des foyers de production ou de réception des déchets de tout genre dont nous pouvons estimer à 25% la population de la commune Makiso.

Les déchets commerciaux sont les papiers, les plastiques et les cartons provenant de commerce (emballages des marchandises),.....

IV. Evaluation des déchets dans la commune de Makiso

Nous pouvons estimer la production quotidienne et annuelle des déchets à partir du taux moyen de déchets produits par personne par jour. Un congolais produit quotidiennement en moyenne 0,5 à 0,7kg des déchets solides par jour. Cette production des déchets solides doit faire face aujourd’hui en ville de Kisangani, précisément dans la commune Makiso, à une augmentation de la quantité de ces déchets qui ne cesse de s’accroître avec un tonnage supérieur par an.

1. Evaluation de la population

Pour déterminer ou estimer le nombre de la population de l’an 2026, nous devons connaître le nombre actuel et le taux d’accroissement démographique.

Pour projeter un ouvrage de récolte, un projet d’assainissement s’effectue sur une couverture de 15ans.

Le nombre de la population future est calculé par la formule :

$$P_n = P_o(1 + I)^n$$

D’où P_n = Population en fin de la période ;

P_o = Population en début de la période ;

N = nombres d’années de la période ;

I = Taux d’accroissement démographique.

Nous pouvons déterminer le taux d’accroissement par la formule ci-dessous :

$$I = \left(\frac{P_n}{P_o}\right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

2. Evaluation de la population résidente de l’an 2008 à 2011[4]

Tableau1 : nombre d’habitants de la commune Makiso

Année	2008	2009	2010	2011
Nombres de résidants	104 250	102 590	121 597	131 324

Nous constatons que la progression à une tendance géométrique et le taux d’accroissement moyen vaut [5] :

$$I = \left(\frac{121\,597}{104\,250}\right)^{\frac{1}{3}} - 1 = 0,047$$

Tableau 2 : Nombre de population de la commune Makiso[5]

N°	Année	2011
01	Population résidant	109 437
02	Population dans le marché central	7 000
03	Population dans le petit marché.....	60
04	Population dans le petit marché Anuarite	40
05	Population dans le petit marché I.A.T	550
06	Population dans le petit marché Makolongulu	200
07	Population dans le petit marché Litayi	70
08	Population dans le petit marché référence	35
09	Population dans le petit marché unification	140
10	Population dans les domaines publics	29 383
Populations totale		146 915

3. Production des déchets dans la commune de Makiso

Pour atténuer la contamination de la situation de la population environnementale par la diversité de déchets et l'épuisement des ressources énergétiques provenant des fossiles. En génie rurale la production des déchets se calcule par les formules :

$$P_n = P_0(1 + I)^n \text{ et}$$

$$P_0 = P_0 \times \text{Dot} \times \text{Coeff} \text{ et}$$

$$V = \frac{m}{d}$$

D'où P_n = Population en fin de la période

P_0 = population en début de la période

N = nombre d'années de la période

I = taux d'accroissement démographique

- ❖ P_d = production des déchets
- Coeff = coefficient de majoration
- Dot = dotation
- ❖ d = Densité des déchets solides

- ❖ m=Masse des déchets solides
- ❖ V=Volume des déchets

En l'année 2011 et 2016 la production journalière des déchets solide se calcule de la manière suivante :

Production journalière en l'an 2011

Po 2011 :146915 habitants

Coeff de majoratiob ;1,2

Dot :0,5kg/hab/jr

D=600kg/m²

PD=Po x Dot x Coeff=146915x0,5 x1,2

$$V = \frac{m}{d} = \frac{88149,0}{600} = 146,915m^3/jr$$

Production journalière en l'an 2026

Po 2011 : 146915 hab

Coeff de majoration : 1,2

Dotation : 0,5kg/hab/jr

I=5%

n =15ans

d=600kg/m³

Pn=PO (1 + I)ⁿ=146915 (1+0,5)¹⁵= 35425,733hab

PD=Pn xDot x Coeff=35425,733 X 0,5 X 1,2 = 183255,439Kg/jr

$$V = \frac{m}{d} = \frac{183255,439}{600} = 305,425m^3/jr.$$

Tableau 3 : volume des déchets

Année	Production journalière
2011	146,915m ³
2026	305,425m ³

Nous constatons qu'en 2026 le flux des déchets augmentera 2 fois pour la commune Makiso par rapport à l'année 2011.

V. Analyse quantitative et qualitative des déchets au niveau de la commune de Makiso

Nous avons réalisé l'analyse de la composition des déchets de la commune Makiso en collaboration avec le service Boyoma salubrité.

Pour prélever des échantillons, un camion a été réservé pour la collecte des échantillons représentatifs des ordures ménagères dans chaque quartier. Au niveau des lieux publics, les échantillons ont été extraits de déchets collectés au marché central et dans les voiries. Les mélange des ordures ménagères et des déchets des lieux publics pesé 200kg en suite procéder au tri manuel et le pesé de chaque composant des déchets. Les résultats du tri manuel effectué au niveau de décharge que nous considérons identique dans notre zone d'étude, sont illustrés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Les types des déchets produits pour la commune Makiso en Kilogramme

Production des matières	Quantité en Kg
Matière organique	100
Plastique (emballage)	40
Papier-cartons	5
Textiles	10
Emballages et alliages métalliques	2,3
Verre	10
Bois	10
Matériaux inertes	22,7
Total	200

1. Interprétation des résultats du tri effectué

Matières organique : nous constatons que la matière organique prédomine les autres matières rencontrées dans les déchets urbains. Elle représente 50% des déchets triés.

Ce fort pourcentage est dit principalement à l'habitude triée. Des habitants qui se basent sur les légumes frais.

Plastiques : la part des matières plastiques est également élevé cela s'explique par l'utilisation des plastiques dans les produits d'emballage. Elle représente 20% des déchets triés.

Papiers et cartons : représente un pourcentage faible de 2,5% ce pourcentage peut être justifié par le fait que les habitants, marchands et marchandes réutilisent certains papiers et cartons comme emballages.

Textiles : les taux de ces composants est de 5% des déchets triés. Cela est lié au mode de l'habillement des habitants.

Métaux et alliages : sont les moins représentés, avec un pourcentage très faible de 1.15% dans cette catégorie des déchets triés, les boîtes de conserve sont dominantes.

Verres : la part des verres est aussi de 5% des déchets triés. Toutefois, la part de ces composants s'explique par le mode de gestion du verre. La part observée concerne les emballages pour certains produits (parfum, lait, huile, etc.).....

Le bois : les bois représentent également 5% des déchets. La part de ce composant s'explique par la consommation des bois dans les ménages.

Matériaux inertes : les pourcentage des matériaux inertes est plus au moins élevée, cela s'explique par la façon de collecter les ordures ménagères et les balayures. Ils représentent 11,35% des déchets triés.

2. Les nouvelles approches proposées par rapport à la valorisation des déchets solides

2.1. Energie tirée par les déchets solides

Toute activité humaine produit des déchets, qui sont en rapide croissance avec l'expansion démographique mondiale et la modification de mode de vie.

Les déchets solides sont jetés dans une décharge qui est le moyen le plus simple d'élimination des déchets.

La première chose qu'on remarque en passant devant cette décharge est sans doute l'odeur *et les* contaminants qui constituent des risques majeurs pour la santé de l'humanité et l'environnement. Pourtant, un trésor se cache sous ce tas de fumier et ordures pourrissantes "une source d'énergie renouvelable". Au-delà om le monde manquera des sources d'énergie fossile ou son utilisation sera plus coûteuse, nous pensons donc à valoriser les déchets solides, c'est une solution.

Gérer ces déchets est une garantie et une assurance sur l'avenir. Alors les déchets doivent être regardés non seulement comme nuisance, mais aussi comme une source et filière des déchets doit être considérée comme une activité économique [6]

Les déchets solides restent un des principales sources d'énergie renouvelable dans beaucoup de pays développés. En France, la très grande majorité de cogénération fonctionne au gaz naturel, mais quelques unités utilisent un approvisionnement à partir des ressources renouvelables (incinération des

déchets ménagers ou industriels, biogaz des décharges, biogaz de méthanisation).

La décomposition, sous l'effet des bactéries, certains déchets solides tels que les déchets organiques des cultures, agricoles, des eaux usées, des déchets animaux et des ordures ménagères produisent des engrais et un gaz, celui-ci qu'il soit « fatal » lorsqu'il est produit par une décharge ou « choisit » lorsqu'il est produit par méthaniseur.

Ce captage de ce gaz permet d'obtenir une source d'énergie renouvelable, cette forme d'énergie s'appelle biogaz [7]

Bien que l'utilisation des déchets solides comme une source d'énergie présente plusieurs intérêts, toutefois, il convient de mentionner que l'utilisation des déchets solides comme énergie renouvelable présente aussi des risques et des inconvénients. Suivant des procédés divers (production de gaz par méthanisation, incinération,...) en demeurant conscient qu'ils peuvent générer des G.E.S (gaz à effet de serre) et qu'il faut traiter les risques de pollution atmosphérique en particulier pour l'incinération (dioxine).

2.2. Triage, recyclage, incinération, valorisation et communication TRIVAC

Ce principe permet de réduire la production des déchets solides et la réduction du volume des déchets revient à la réduction des nombres des camions poubelles sur nos routes et la réduction des déchets incinérés ou mis en décharge.

La réduction à la source est le principe de base d'une bonne gestion des déchets c'est-à-dire il y a moins de dommage demande pour d'autres sites d'élimination et pour des décharges plus grandes diminuent.

Toutefois, on peut réemployer ces déchets ou matériels jetés sans transformation, en conservant plus au moins sa forme originale mais aussi sa réutilisation au sens le conserver la plus grande partie de production en fin de vie et à la remettre en étant d'être utilisé [8]

Après cette opération primaire, il s'ajoute la seconde qui est le recyclage compléter les efforts de réduction à la source et de réemploi. Celle-ci vise à ramener les matériaux qui composent un produit en fin de vie généralement des déchets industriels ou ménagers, récupérés et réutilisés à une étape de transformation secondaire pour en faire un produit contenant une certaine quantité des matières recyclées.

- **Incinération**

L'incinération est une mode de traitement thermique des déchets solides qui n'a qu'un seul but d'éliminer les déchets qui fait d'elle, un traitement de dernier recours avant d'incinérer, ou d'enfouir un déchet, il faut d'abord

examiner toutes les possibilités de réemploi, de recyclage ou de valorisation, et vérifier bien qu'il n'y a pas d'autres solutions pour réutiliser les déchets.

L'efficacité de cette incogénération comme technique de combustion des déchets solides constitue un moyen de réduire 75% de poids et de 90% de volume de déchets organiques et hospitaliers.

- **Récupération d'énergie**

Cette opération se situe en amont de la valorisation lorsqu'il n'est pas possible de recycler en produire en fin de vie une technique peut être utilisée pour certaines catégories des déchets.

Cette étude de valorisation énergétiques nous brûlerons les matières plastiques en raison de leur durée de vie élevée et le leur faible biodegrallation pour en récupérer une énergie qui est en opposition à la valorisation matière qui constitue le recyclage.

VI. DECHETS A RECYCLER

Après avoir analysé nos échantillons, nous avons constaté que le polyéthylène et l'acrylonitrile qui peuvent être recyclé, représentent respectivement 20% et 5% des déchets tries.

Comme nous avons déjà trouvé les déchets produites c'est-à-dire en 2011 et 2026 il est facile de calculer la masse des déchets à recycler par la formule suivante :

$$D = \frac{m}{v}$$

D'où : d : densité des matières plastiques

m : masse des matières plastiques

V : volume des déchets

Coeff : coefficient représentatif des déchets trié

$$V = 146,915 m^3 / jr$$

$$d = \frac{m}{v} \Rightarrow m = d.v = 600 \times 146,915 = 88149 \text{ kg/jr.}$$

a) Production des polyéthylènes

$$d = 600 \text{ kgm}^3$$

$$v = 146,915 m^3 / jr.$$

Coeff : 20%

$$d = \frac{m}{v} \Rightarrow m = d.v = 600 \times 146,915 \times 0,2 \\ = 17629,8 \text{ kg/jr.}$$

b) Production des textiles

$$d = 600 \text{kg}/m^3$$

$$v = 146,915 m^3/\text{jr}$$

$$\text{coeff} : 5\%$$

$$D = \frac{m}{v} \Rightarrow m = d.v = 600 \times 146,915 \times 0,05$$

$$= 4407,45 \text{kg}/\text{jr}.$$

Production journalière de polyéthylène et de l'acrylonitrile (textile) en l'an 2016.

Production des matières plastiques

$$d = 600 \text{ kg}/m^3$$

$$v = 305425 m^3/\text{jr}$$

$$d = \frac{m}{v} \Rightarrow m = d.v = 600 \times 305425$$

$$= 183255 \text{ kg}/\text{jr}.$$

a) Production des polyéthylènes

$$d = 600 \text{kg}/m^3$$

$$v = 305,425 m^3/\text{jr}$$

$$\text{coeff.} 20\%$$

$$d = \frac{m}{v} \Rightarrow m = d.v = 600 \times 305,425 \times 0,2$$

$$= 3665 \text{ kg}/\text{jr}.$$

b) Production des textiles

$$d = 600 \text{kg}/m^3$$

$$v = 305,425 m^3 /\text{jr}.$$

$$\text{Coeff} : 5\%$$

$$d = \frac{m}{v} \Rightarrow m = d.v = 600 \times 35,425 \times 0,5$$

$$= 91627,5 \text{kg}/\text{jr}.$$

Tableau 5 : Quantité des matières plastiques à recycler (en kg)

Année	Production journalière		Total
2011	Polyéthylène	17629,8	22037,25
	Textile	4407,45	
2026	Polyéthylène	36651	12827,5
	Textile	916251	

Nous constatons qu'à l'horizon 2026 c'est-à-dire en 2026 le flux des matières plastiques augmentera 21 fois pour la commune Makiso par rapport à l'année 2011.

Si nous considérons par exemple un décauteur de $3m^3$ comme camion poubelle sur nos routes le nombre de camions remplis des matières plastiques c'est calcul par les formules suivantes :

$$d = \frac{m}{v} \text{ et } N = \frac{v}{v}$$

d'où d= densité des matières plastiques

m= masse des matières plastiques

V= volume des matières plastiques

v= volume des Camions poubelle

N= Nombres des camions poubelle.

Les calculs des nombres des camions poubelles c'est- à-dire en 2011 et 2026 s'effectuent de la manière suivantes :

Nombres des camions poubelles en 2011

$$d = 600 \text{kg}/m^3$$

$$m = 22037,25 \text{kg}$$

$$v = 3m^3$$

$$d = \frac{m}{v} \Rightarrow v = \frac{m}{d} = \frac{22037,25}{600} = 36,72m^3$$

$$N = \frac{v}{v} = \frac{36,72}{3} = 12,2 = 13$$

Nombres des camions poubelles en 2026

$$d = 600 \text{kg}/m^3$$

$$m = 128278,5 \text{kg}$$

$$v = 3m^3$$

$$d = \frac{m}{v} \Rightarrow v = \frac{m}{d} = \frac{128278,5}{600} = 213,79m^3$$

$$N = \frac{v}{v} = \frac{213,79}{3} = 71,26 = 72$$

Tableau 6 : Nombres des camions poubelles sur nos routes

Année	Nombres des camions
2011	13
2026	72

Nous constatons qu'à l'horizon 2026, les camions poubelles des déchets (matières plastiques) augmenteront de 6 fois sur nos routes par rapport à l'année 2011 et constitueront les gaz polluants atmosphérique

1. La combustion des déchets (matières plastiques)

Le procédé de la combustion est largement utilisé actuellement pour répondre aux besoins énergétiques indispensables au monde.

Il est utilisé pour convertir une grande quantité des matières plastiques (déchets) en élément simple des types CO_2 , G_2O et en chaleur. Cette chaleur si elle est récupérée produit une énergie mixte de chaleur et d'électricité (cogénération) [9].

Un code de recyclage est inscrit sur les matériaux plastiques (fond de la bouteille par exemple) afin d'identifier le polymère utilisé. Suite la diversité des propriétés des matières plastiques, dans notre travail nous tabulons sur la combustion des polychlorures de vinyle de code 3 à cause de sa faible combustibilité et de formation de gaz toxique.

2. Combustion de polychlorure de vinyle

La combustion peut être définie comme une réaction chimique où la matière combustible se transforme pour former, avec l'oxygène de l'air du dioxyde de carbone de l'eau et de chlorure d'hydrogène [10].

Cette réaction est exothermique c'est-à-dire qu'elle se produit avec un dégagement de chaleur [69]

Tableau 7 : propriété physique du polychlorure de vinyle (P.V.C)[11]

Chaleur spécifique	Température de fusion	Masse volumique	Pouvoir calorifique
C(kcal/c.kg)	Ø.f	(kg/m ³)	P(MJ/kg)
0.24	78	1 350	21

VII. Energie libérée par la combustion du polymère (matière plastique)

L'énergie libérée par la combustion peut être récupérée soit en fournissant du travail calorifique pour obtenir la chaleur, soit en fournissant de la chaleur pour produire du travail.

$$\frac{w}{q} = E = 4\ 180 \text{ J/kcal.}$$

D'où W= Travail calorifique

Q=Quantité de chaleur

E=Constante

Le transfert thermique se calcul par les formules ci-après :

$$Q=C.\varnothing \text{ et } W= Q.E$$

D'où Q=quantité de la chaleur libérée par la combustion de matière plastique

C=capacité thermique massique de matière plastique considéré.

D'où W=travail thermique

Q= Quantité de la chaleur libérée par la combustion de matière plastique

E=Constance.

\varnothing =Masse volumique du polychlorure de vinyle [12].

VII.1. Transfert thermique par la combustion de matière plastique

Nous admettons que la combustion est complète.

$$\varnothing=1\,350 \text{ kg}/m^3$$

$$C=0,24 \text{ Kcam}/c \text{ kg}$$

$$E=4.180J/Kcal.$$

$$Q=C.\varnothing= 0,24 \times 1\,350=324 \text{ kcal}/m^3$$

$$W=\varnothing .E= 324 \times 4\,180 =1\,354\,320J/m^3$$

VII.2 Puissance thermique de la chaudière

La puissance thermique de la chaudière par contact avec les gaz chauds se calcule par les formules :

$$P=\frac{Q}{\Delta t} \text{ et } Q=W.V$$

$$\text{Et } \varnothing=\frac{m}{v}$$

D'où P= puissance (de la surface de chauffe).

Q= Quantité de la chaleur libérée par la combustion des matières plastiques.

Δt =temps de conduction thermique de la surface de chauffe de la chaudière.

W=Travail thermique

\varnothing =Masse volumique de polychlorure de vinyle

m= masse de polychlorure

V=volume de poly chlore de vinyle [14].

Nous admettons que l'énergie libérée par la surface de chauffe de la chaudière en 3 minutes, soit 180' l'eau reçoit 6% de l'énergie libérée par la surface de chauffe de la chaudière.

$$P = \frac{2}{3} \times \frac{Q}{\Delta t}$$

La puissance thermique de la chaudière se calcule par les formules suivantes :

$$\emptyset = 1350 \text{ kg}/m^3$$

$$m = 128117,8 \text{ kg}$$

$$W = 1354320 \text{ J}/m^3$$

$$\Delta t = 180 \text{ s}$$

$$\emptyset = \frac{m}{v} \Rightarrow V = \frac{m}{\emptyset} = \frac{128278,5}{1350} = 95,02 m^3$$

$$Q = W \cdot V = 1354320 \times 95,02 = 128687486,4 \text{ J}$$

$$P = \frac{2}{3} \times \frac{Q}{\Delta t} = \frac{2 \times 128687486,4}{3 \times 180} = \frac{257374972,8}{540} = 46620,32 \text{ W}$$

VIII. BILAN ENERGETIQUE ET ECOLOGIQUE

Cette rubrique concerne la production des vapeurs d'eau en fonction de la combustion des déchets (matières plastiques) recyclable dans la commune Makiso.

Avec 128,27t de déchets (matières plastiques) produites à l'horizon c'est-à-dire en 2026 dans la commune Makiso, une usine d'incinération produira :

- 0,08t de vapeur d'eau et vue que l'incinération diminue de 75% des déchets en poids. Alors (1-0,75) donc :
- $128,27 \times 0,25 = 32,06 \text{ t}$ de mâchefer

1. Traitement des fumées

Le traitement débuté par un dépoussiérage. On fait en suite transiter les fumées dans un tour de lavage ou l'on injecte du lait de chaux (mélange d'hydroxyde de calcium et d'eau).

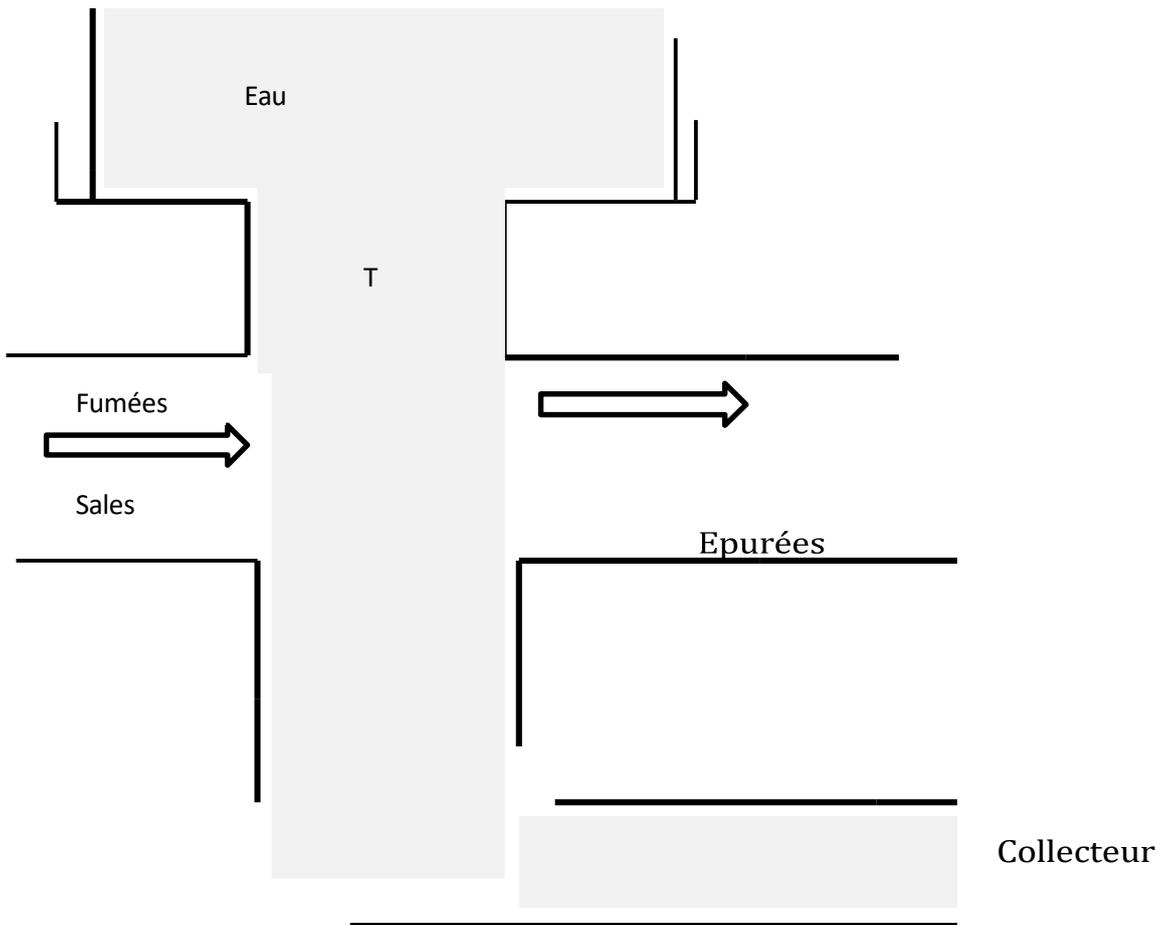
L'hydroxyde de calcium neutralise les gaz acides en formant des sels de calcium.

2. Dépoussiérage

Pour limiter la pollution et pour protéger l'environnement ou procède au dépoussiérage des fumées avant de les envoyer à la cheminée schéma(1). Différentes méthodes sont utilisées, entre autres : dépoussiérage électrostatique et dépoussiérage humide.

Dans notre travail, le dépoussiérage humide nous intéresse.

3. Dépoussiérage humide

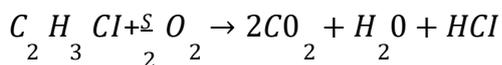


L'eau, en provenance d'un bac, ruisselle le long de la surface extérieure de tubes T placé en quinconce sur le passage de fumées.

L'eau enlève les poussières et les entraîne vers le collecteur. Pour une bonne décantation des poussières il faut que la vitesse des fumées qui est de 7,06 m/s [15].

IV. Réaction de combustion de polychlorure de vinyle

La combustion de polychlorure de vinyle ($C_2 H_3 Cl$) dans l'oxygène (O_2) se réalise par la réaction.



En considérant que la combustion est complète la cheminée rejette dans l'atmosphère le dioxyde de carbone (CO_2), vapeur d'eau (H_2O) et le chlore d'hydrogène (HCl).

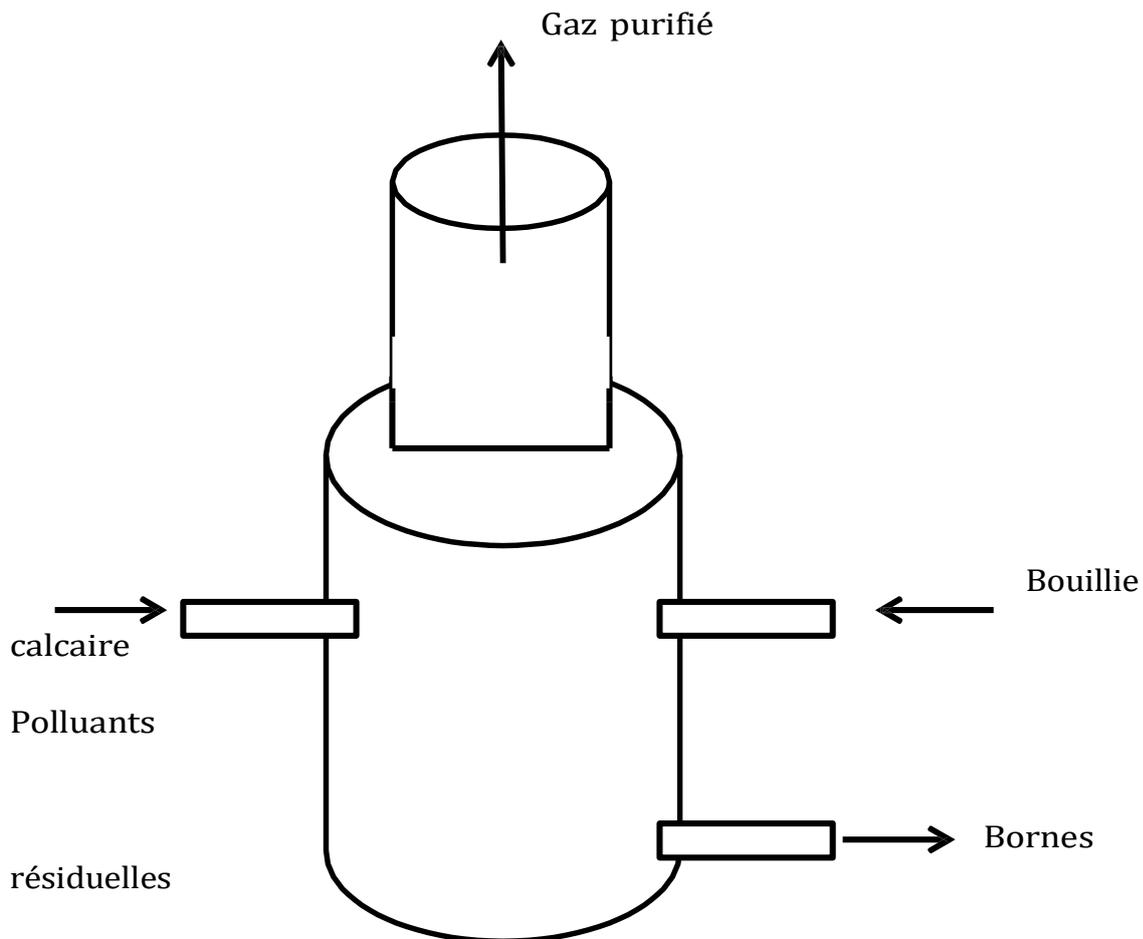
3. Tour de lavage des fumées

Pour évaluer des moyens de réduire les déchets de substances chimiques (déchets) dans l'environnement, différents système sont utilisés entre

autres : le système canadien et le système traditionnel (procédé de Cansolv) conçu par le Dr. L. Hakka

4. Procédé Cansolv[15]

Le procédé Cansolv réalise des réactions pour la neutralisation des gaz polluants du dioxyde de Carbone (CO_2) et le chlorure d'hydrogène (HCl) schéma (2) en injectant du lait de chaud (mélange d'hydroxyde de calcium et de l'eau)[17].



CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Durant ce travail nous avons abordé l'étude des déchets solides et les différentes techniques de traitement surtout la valorisation énergétique de ces déchets.

En conclusion nous pouvons dire que les déchets doivent être regardés non seulement comme nuisance, mais aussi comme une source important d'énergie renouvelable, notamment la biomasse.

Les conclusions tirées de cette étude sont présentées pour le cas général du traitement des déchets solides et pour le cas d'étude de la matière plastique et des dérivées du pétrole (textiles, caoutchoucs).

En général, les déchets solides peuvent présenter une source énergétique verte très importante. La substitution partielle des énergies fossiles par des énergies renouvelables prolongera la durée de disponibilité de ces énergies et conserve l'environnement.

La conserve de l'environnement est une chose vitale pour le bien être de l'homme et la santé publique. Les déchets solides posent un grand problème environnemental ce qui fait que leur traitement est plus qu'une nécessité.

Puisque les déchets solides doivent être traités pour sauvegarder l'environnement pourquoi donc ne pas les valoriser comme source énergétique.

Notre cas d'étude est l'usine d'incinération des matières plastiques tabulées sur le polychlorure de vinyle. Le calcul présente des résultats ci-après :

- Avec 12,827t des déchets (matières plastique) produites à l'horizon c'est-à-dire en 2026 dans la commune Makiso, notre future usine d'incinération produira 0,08t de vapeur d'eau qui pourrait par sa pression tourné l'alternateur hachette l'incinération diminue de 75% les déchets en poids, alors l'usine d'incinération recyclera 36,06t de mâchefers.

Par la combustion de 128,27t des déchets en matière plastique à l'horizon c'est-à-dire en 2026, notre future usine d'incinération recyclera :

- 227,77t du chlorure de calcium ($CaCl_2$) ;
- 410,86t de carbonate de calcium ($CaCO_3$)
- 147,76t de l'eau (H_2O).

Comme ce domaine d'étude est très important est très vaste, cette étude peut être complétée par d'autres études tenant compte du :

Développement du mécanisme cinétique de vapeur d'eau en se basant sur le principe de la thermodynamique.

En fin, le domaine des énergies renouvelables est un domaine très pointeur, un domaine qui a tout l'avenir devant lui avec l'augmentation des prix et la diminution des réserves des énergies fossiles.

La combustion de biomasse est un vecteur renouvelable ayant son poids parmi Les autres vecteurs. Beaucoup de travaux de recherches sont nécessaires avant de déclarer « prêt » pour substituer les énergies fossiles.

Mais cela faudra être un stimulus de recherche qui nous motivera s'engager dans ce domaine d'intérêt stratégique et sur le marché et sur la sécurité énergétique.

Reference Bibliographique

- [1] ODYSEE, Science Physique, Ottawa, Canada, 1991, p 444
- [2] Ministre de la santé et ministre de l'environnement
- [3] www.digitale.com
- [4] Congo pint net/Province Orientale ; Ville de Kisangani
- [5] COTONDO, D.D. Amélioration de la desserte en eau potable d'eau base pression météo, TFC en hydraulique, Institut du Bâtiment et des Travaux Publics, Kinshasa Ngaliena 1999-2000, pp9-41.
- [6] VAUCLIN M ; et alli, hydraulique pour des eaux, paris Ed presses Universitaires de Grenoble, 1977, pp.60-206 ;
- [7] LOVAI NABILA, évaluation énergétique des déchets solides en Algérie, une solution climatique et un nouveau vecteur, D.E.A en physique Energétique, Université El-HADJILAKHAR BATNA, 2008-2009, p 28 ;
- [8] Physique Chimie hachette livre, op.cit., pp 345-246
- [9] LOUAI NABILA, op.cit., pp 49-52
- [10] Mécanique appliquée, Brevea, Bruxelles, 1981, pp 10-11
- [11] HACHETTE LIVRE 2001, op.cit., p 98
- [12] Mécanique appliqué, Bruxelles, 1981, p 214.
- [13] EDYESSE. Technique d'évaluation des moyens de réduire les rejets de substances dans l'environnement, p444.