



LES DÉCHETS D'ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES ET INFORMATIQUES AU MALI : MODES DE GESTION ET DE VALORISATION

Yacouba Maiga ^{1*}, Hady Diallo ³, Sékou Sako ¹, Mohamed Sida Maiga ¹, Cheikh Diop ²,

¹. Faculté des Sciences et Techniques, Université des sciences des techniques et des technologies de Bamako. B.P : E 3206 Mali.

². Institut des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar. B.P. 5005 Dakar-Fann, Sénégal

³. Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée de Bamako, Mali.

* auteur correspondant: E-mail: acpmfr@yahoo.fr ; tel (00223) 76 44 75 01

Résumé

La quantité des Déchets d'Équipements Électroniques et Informatiques (DEEI) augmente rapidement au Mali. Leur gestion informelle expose l'environnement et les acteurs aux risques liés à certaines substances toxiques qu'ils contiennent. L'étude vise à déterminer les caractéristiques de gestion des DEEI par les acteurs et leur connaissance des substances valorisables qu'ils contiennent. La méthodologie regroupe la revue de la littérature, des entretiens avec les acteurs et des visites de terrains. Les DEEI contiennent des métaux précieux valorisables, des terres rares récupérables, mais aussi des substances toxiques pour l'Homme et dangereuses pour l'environnement. La spécificité de cette recherche est de disposer du minimum d'information sur cette étape du cycle de vie qui regroupe l'achat, l'utilisation, la réparation et la mise au rebut des biens au niveau de tous les acteurs et utilisateurs afin d'évaluer les dispositifs existants pour une meilleure synergie d'action en faveur de la protection de l'environnement et de la prévention de la santé humaine et animale. Cette démarche a produit des connaissances à travers les enquêtes et entretiens avec les personnes ressources. Les résultats montrent que la filière est peu organisée, les acteurs sous-estiment les avantages que l'on peut en tirer par une gestion plus efficace des DEEI. Cela engendrerait plus de revenus aux acteurs de la filière même si une majorité des acteurs ignore la présence de métaux précieux comme l'or dans les équipements, seulement 16,66% en savent. L'étude a produit des connaissances sur les modalités adéquates de gestion et de réglementation de ces types de déchets. Elle a aussi formulé des propositions qui pourront permettre une minimisation des impacts environnementaux liés à la phase d'usage des appareils électroniques par la sensibilisation à travers l'éducation environnementale et la formation des acteurs.

Mots clés : gestion, déchets, équipements électroniques informatiques, composants, valorisation.

Abstract

The amount of Waste Electronic and Computer Equipment (DEEI) is increasing rapidly in Mali. Informal management exposes the environment and stakeholders to the risks associated with certain toxic substances they contain. The study aims to determine the management characteristics of the DEEI by the actors and their knowledge of the valuable substances they contain. The methodology includes a review of the literature, interviews with stakeholders and field visits. DEEIs contain valuable precious metals, recoverable rare earths, but also substances toxic to humans and dangerous for the environment. The specificity of this research is to have the minimum of information on this stage of the life cycle which groups together the purchase, the use, the repair and the scrapping of the goods at the level of all the actors and users in order to evaluate the existing mechanisms for a better synergy of action for the protection of the environment and the prevention of human and animal health. This approach has produced knowledge through surveys and interviews with resource persons. The results show that the sector is poorly organized, the actors underestimate the advantages that can be derived from a more efficient management of the DEEI which would generate more revenue to the actors of the sector even if a majority of the actors ignore the presence of precious metals like gold in equipment. Those who know it are divided in terms of preference, 50% would look for copper, others money for 16.66%, gold for 16.66% and lead 16.66% of cases. It has also formulated proposals that will allow minimizing the environmental impacts associated with the use and disposal phase of electronic devices through awareness raising through environmental education and training of stakeholders.

Key words: management, waste, electronic computer equipment, components, recovery

1 INTRODUCTION

LES équipements électriques et électroniques sont aujourd'hui des outils de travail indispensables dans plusieurs secteurs d'activités dans le monde. Les progrès enregistrés dans le domaine des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication et leur utilité dans les activités économiques ne sont plus à discuter. Ainsi, depuis le lancement du premier ordinateur en milieu professionnel, leur nombre ne cesse de croître en passant de 1 milliard de machines en 2002 à 1 milliard 650 millions en 2008, soit une mise en circulation annuelle de 130 millions d'ordinateurs par année durant cette période.

Au niveau mondial, on estime la production de DEEI à hauteur de 20 à 50 millions de tonnes par an. Selon l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Noyon, 2007), et elle était censée augmenter davantage en 2014 pour atteindre les 74 millions de tonnes selon PNUE (2012).

La diversité des Déchets d'Equipements Electroniques et Informatiques (DEEI) et leur croissance suscitent la réaction de la communauté internationale. Le PNUE, dans son rapport intitulé "Recycling - from E - Waste to Resources", rédigé dans le cadre de l'initiative StEP (Solving the E-Waste Problem : qui signifie résoudre le problème des e-déchets), précise en moyenne une augmentation linéaire pour les ordinateurs personnels (OP), les TV et les réfrigérateurs, alors que les ventes et les réserves de téléphones mobiles ont connu une croissance exponentielle au cours des dernières années dans les onze (11) pays étudiés (Kenya, Ouganda, Sénégal, Pérou, Inde, Chine, Afrique du Sud, Maroc, Colombie, Mexique, Brésil) ; il en résulte une importante production de Déchets d'Equipements Electroniques et Electriques qui pourrait avoir de graves conséquences environnementales (UNEP, 2009). Au Brésil par exemple, la production de Déchets d'Equipements Electroniques et Electriques (DEEI) totale par habitant pour sept produits sélectionnés (télévision, réfrigérateur, frigo, machine à laver, téléphone, ordinateur, système

audio) est de 3,77kg/habitant/ an (Marcelo et al.2011).

Le rapport du PNUE montre que la Chine est devenue le deuxième pays producteur de déchets électroniques au monde, avec 2,3 millions de tonnes par an, derrière les Etats-Unis qui en produisent 3 millions de tonnes. En Afrique du Sud et en Chine, les déchets d'ordinateurs pourraient notamment augmenter de 200 à 400% vers 2020. En Inde, cette augmentation devrait atteindre les 500%. La téléphonie mobile devrait quant à elle produire 7 fois plus de déchets en 2020 qu'en 2007 en Chine et 18 fois plus en Inde. La proportion de déchets de téléviseurs devrait également doubler dans ces deux pays vers 2020 (UNEP, 2009).

Au rythme de l'augmentation des quantités d'équipements électriques et électroniques et des Déchets d'Equipements Electroniques et Electriques (DEEI) produits, le diagnostic du PNUE montre que les pays couverts par l'étude ne disposent pas de filières adéquates et souffrent d'un défaut d'application des textes ou d'encadrement juridique nécessaire à la gestion écologiquement rationnelle des stocks de Déchets d'Equipements Electroniques et Electriques (DEEI). La plus grande partie de l'exportation à partir de régions de pays développés des Etats-Unis et de l'UE se retrouve en Chine, Inde, Malaisie, Nigéria et dans d'autres pays en développement (PNUE, 2009). La quantité de déchets électroniques en 2008 devrait tripler avant 2010 dans ces pays en développement (Greenpeace, 2008).

Dans la plupart des cas le recyclage dans ces pays se fait à moindre coût par le secteur informel sans la technique appropriée (Yang et al, 2008). Pourtant, les Déchets d'Equipements Electroniques et Electriques (DEEI) contiennent plusieurs substances dangereuses, comme le plomb, le mercure, le béryllium, le PBB (polybromobiphényles), le PBDE (polybromodiphényles éthers) et les PCB (Polychlorobiphényle) (UNEP, 2009). Ces déchets contiennent à la fois des composants toxiques (plomb, mercure, cadmium) et des matériaux de valeur tels que le plastique, des métaux de base

comme l'acier, l'aluminium ou le cuivre, et de métaux précieux comme l'or, l'argent ou le palladium (secrétariat convention de Bâle, 2011). Leur gestion mobilise divers acteurs du secteur informel. Cela pose le problème des circuits et de la traçabilité des déchets durant le processus de gestion. Les faiblesses des études précédentes ont motivé cette présente recherche qui a comme objectifs de déterminer le profil des acteurs impliqués dans la gestion des déchets électroniques, d'analyser les circuits actuels desdits déchets et de proposer un schéma inclusif de leur gestion.

2 MATERIEL ET METHODE

2.1. Cadre de l'étude

Cette étude est réalisée au Mali. Pays situé à l'ouest du continent africain, pays continental sans accès sur la mer a une superficie de 1 241 000 km² avec une population de 14.790.492 habitants et une densité de population de 7,9 habitants au km². Le taux d'accroissement naturel est de 3,5 % et celui d'accroissement moyen est de 2,2 %. C'est un pays très peu urbanisé avec 70 % des femmes et 67 % des hommes qui vivent en milieu rural. Au Mali, le contexte économique est caractérisé, entre autres, par une croissance instable avec un taux alternant des hausses et des baisses d'une période à l'autre. La situation sociale connaît d'importants taux d'insatisfaction, en termes d'accès à l'eau potable (51,7%), à une alimentation décente (44,9%), aux soins de santé (63,8%) et à une éducation souhaitée (51,1%). Selon le Rapport Mondial sur le Développement Humain 2017, l'Indice de Développement Humain (IDH) du Mali reste faible (0,442 en 2015) et le taux de pauvreté monétaire toujours élevé (46,8% en 2016 selon le RNDH 2018). La croissance économique est caractérisée par son évolution en dents de scie, d'une période à l'autre. Ainsi, le taux de croissance a baissé de 5,4% en 2010 à 3,2% en 2011 puis à -0,8% en 2012. Il a ensuite entamé une hausse entre 2012 et 2013 (2,3%) qui s'est accentuée entre 2013 et 2014 (7,0%). La tendance à la baisse a repris entre 2014 et 2016, passant à 6,0% en 2015 et à 5,8% en 2016. Malgré la plus grande part de PIB du secteur primaire, c'est le secteur tertiaire qui est capable d'influer sur la croissance du PIB. En effet, le taux

de croissance du PIB réel semble suivre la tendance du taux de croissance du secteur tertiaire sur la période 2010- 2016. Les informations sur le niveau de développement du Mali expliquent sa dépendance vis-à-vis des pays développés pour l'acquisition de matériels électriques et électroniques. Le secteur informel occupe une part importante des activités commerciales et économiques du pays. L'enquête sur les DEEI a concerné le district de Bamako et les six (06) régions les plus anciennes sur les huit (08) que compte le pays. Ce choix est basé aussi selon le niveau de développement et les activités socio-économiques qui s'y déroulent.

2.2. Collecte de données

La collecte des données est faite à travers la revue de la littérature pour identifier et catégoriser les acteurs, complétée par des visites de terrain et l'application de questionnaires et de guides d'entretien aux acteurs impliqués dans la gestion des DEEI. Les acteurs identifiés sont composés des récupérateurs, et des recycleurs. L'échantillonnage auprès de chaque catégorie d'acteur est effectué sur la base d'un choix raisonné.

Un effectif global de 84 récupérateurs, et des recycleurs a été enquêté. Un même questionnaire est administré aux deux catégories d'acteurs du fait de leurs actions souvent imbriquées. En effet, certains distributeurs s'adonnent dans bien des cas à l'importation de matériels électroniques et d'autres importateurs procèdent également à la vente.

Du fait des rôles souvent imbriqués des réparateurs et des recycleurs, il a été difficile de les classer. Nous nous sommes basés sur les opérations qui dominent dans leurs ateliers pour les catégoriser. Des focus groupe ont été effectués avec des récupérateurs évoluant dans le domaine à Bamako sur les sites de Daoudabougou et Medinacoura du fait qu'ils constituent un groupe quasi-homogène de par leur zone d'intervention et leurs activités. Un guide d'entretien a été appliqué aux récupérateurs.

3. RESULTATS

Dans cette rubrique intitulée gestion et valorisation des déchets électroniques et informatiques nous faisons ressortir les différents modes de gestion des équipements par les recycleurs et les récupérateurs ainsi que les lieux de provenance des différents équipements détenus. Pour ce faire, une troisième phase d'enquête auprès des personnes ressources travaillant sur la question de la valorisation des déchets a été faite. Cet échantillonnage a associé les institutions et les individus actifs dans la récupération et le recyclage des équipements informatiques afin de connaître les composantes informatiques et électroniques utilisées par les recycleurs et les récupérateurs, mais aussi les différentes activités de valorisation, qui concourent à tirer le maximum de profit de ces déchets tout en minimisant les risques sanitaires et environnementaux. Ainsi 84 recycleurs et récupérateurs ont été interrogés à Bamako, Koulikoro, Ségou, Sikasso et Mopti sur les modes et techniques de valorisation des sous-produits des DEEI. La valorisation commence depuis la poubelle ou le tri des déchets se fait par les récupérateurs avant évacuation, on note qu'il se poursuit à tous les niveaux de la poubelle aux dépôts de transits par des particuliers jeunes ou femmes qui en font une source de revenus, Les plastiques pour en faire des nattes et des éventails, et les parties en métal qui sont soit commercialisées soit transformées par les artisans locaux. Cette activité mobilise une main d'œuvre importante et crée des emplois pour des familles.

3.1. Modes d'acquisition des DEEI

Il existe trois sources d'acquisition des DEEI : les dons qui se font par des détenteurs de DEEI aux récupérateurs ambulants des déchets, qui font le porte à porte pour collecter les matériels en fin de vie. Cette méthode d'acquisition des DEEI représente 3,19%. Les achats se font au niveau des distributeurs et des récupérateurs au niveau du marché local. Cette méthode est plus fréquente et concerne 53,16 % des DEEI. Quant aux importations elles se font par des hommes

d'affaires et des commerçants qui ont des attaches avec des récupérateurs à l'étranger. Ce sont des conteneurs qui sont débarqués avec des matériels de seconde main, ou parfois en mélange avec d'autres équipements ou articles divers en provenance d'Europe et d'Asie, 43,62% des DEEI arrivent par cette méthode. Le test de khi-deux (χ^2 ; $P = 0,04$; $ddl = 8$) montre qu'il y a une différence significative entre les régions sur les modes d'acquisition des DEEI. Si à Mopti le mode d'acquisition le plus élevé se fait par les importations avec 53,85 % des cas, à Ségou et Sikasso il se fait par l'achat avec respectivement 55 % et 63,15%. A Bamako et Koulikoro, la moitié des acquisitions se fait par achat sur le marché local. C'est seulement à Bamako qu'on note 9,37 % de don comme mode d'acquisition des DEEI. (Figure 1).

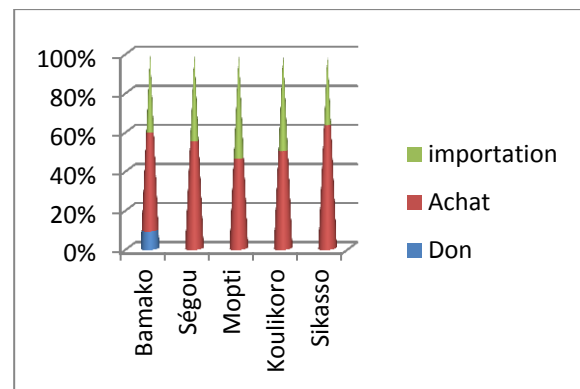


Figure 1: Les trois modes d'obtention des DEEI

3.2. Les différentes phases de traitement des DEEI

Les DEEI subissent différents modes de traitement, parmi lesquelles nos résultats nous renseignent que la réutilisation des pièces est pratiquée à 37,95 % par les recycleurs et les récupérateurs et vise à utiliser une pièce pour faire fonctionner une autre défectueuse ou en baisse de performance. Le recyclage pratiqué à 35,29% permet aux acteurs de mettre à disposition des clients des appareils en état de marche. Au cours de cette étude nous avons rencontré des cas de démantèlement, qui représentent 27,45%. Le démantèlement des appareils permet de prélever des parties qui sont vendues à des clients, qui eux mêmes ont des

partenaires à l'étranger. Le test de khi-deux (χ^2 ; $P = 0,04$; $ddl = 8$) montre qu'il y a une différence significative entre les régions sur les modes de traitement des DEEI. A Bamako 55 % des recycleurs font la réutilisation des pièces, 40 % font le recyclage, et seulement 5 % font le démantèlement. A Koulikoro ils sont partagés à 42,85 % entre le recyclage et le démantèlement, et seulement 14,28 % font la réutilisation des pièces. A Ségou, Mopti et Sikasso c'est le démantèlement qui est privilégié pour respectivement 46,66 %, 36,84 % et 42,85 % des cas (Figure 2).

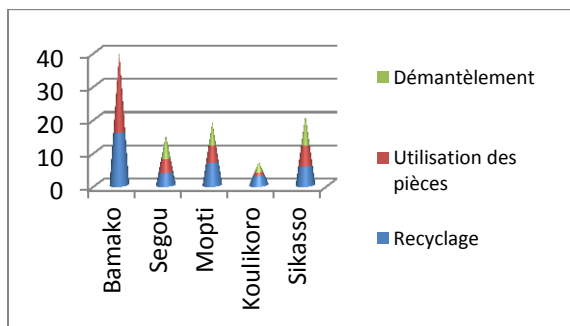


Figure 1: Différentes phases traitement des DEEI

3.3. Différentes utilisations faites des restes des DEEI

Après les différents traitements, les restes des DEEI connaissent des sorts différents, 42,01% sont stockés dans les magasins, 19,32 % sont jetés avec les ordures ménagères, 37,82 % sont vendus aux ramasseurs de ferraille et de plastiques. Ils sont rarement incinérés sauf par occasion avec les ordures ménagères 0,84% des cas. Le test de khi-deux (χ^2 ; $P = 0,04$; $ddl = 12$) montre qu'il y a une différence significative entre les régions sur l'utilisation des restes de DEEI dans les régions. C'est à Sikasso et à Bamako que l'on observe un plus fort taux de stockage des restes de DEEI dans les magasins avec respectivement 48,14 % et 44,44 %, ils sont vendus dans 44,44 % des cas à Bamako, jetés avec les ordures ménagères à Ségou dans 26,92 % des cas. Seul à Koulikoro ils sont incinérés à hauteur de 9,09 % (Figure 3).

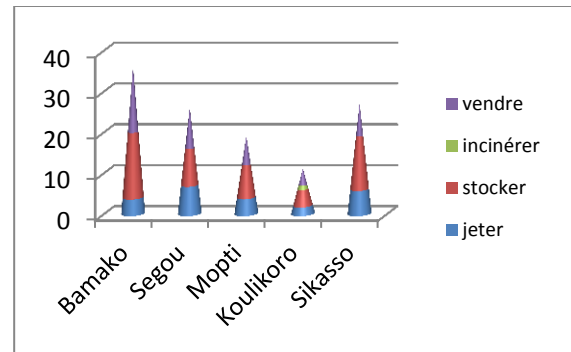


Figure 2: Différentes utilisations faites des DEEI

3.4. Les parties qui font l'objet de préférence dans les DEEI

Les parties prélevées sur les DEEI sont dans la plupart des cas, les pièces qui sont utilisées pour réparer un autre appareil ou améliorer la performance. Dans l'ensemble des éléments prélevés, les cartes mères sont préférées pour 17,50% des cas cités, suivent les barrettes de mémoires pour 16,58%, les cartes graphiques et les disques durs pour respectivement 16,12% et 15,20%. Les éléments les moins cotés sont : les écrans pour 13,32%, les lecteurs 11,98%, et les emballages pour 3,68%. Les écrans et les emballages sont prisés pour des raisons d'esthétiques. Quant aux autres pièces elles font l'objet de spéculation pour leur teneur en métaux précieux. Cette tendance générale se confirme pour Bamako, mais il y a des particularités par régions. Le test de khi-deux (χ^2 ; $P = 0,04$; $ddl = 28$) montre qu'il y a une différence significative entre les régions sur leur préférences.

A Sikasso les cartes graphiques sont mieux prisées par 23,07% des enquêtés, suivent les cartes mères et les disques durs par 19,23% des cas. A Mopti se sont les barrettes de mémoires qui sont mieux appréciées (Figure 4).

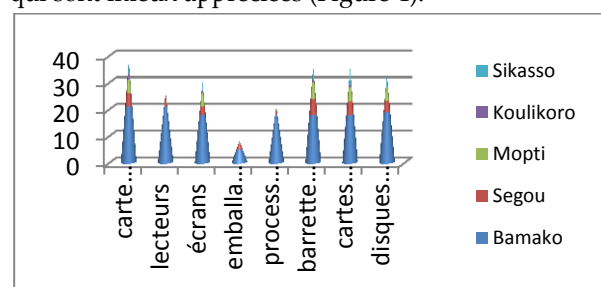


Figure 4 : Parties préférées sur des DEEI

3.5. Les clients et fournisseurs de DEEI

Même si la filière des DEEI n'est pas organisée au Mali, elle est active, 57,57 % des recycleurs et récupérateurs affirment avoir des fournisseurs et 42,43 % disent qu'ils ont des clients pour les équipements recyclés. Le test de khi-deux (χ^2 ; $P = 0,04$; $ddl = 4$) montre qu'il y a une différence significative entre les régions. Cette tendance générale se confirme dans les régions de Bamako, Ségou Mopti et Koulikoro, mais elle est différente à Sikasso ou les recycleurs et récupérateurs affirment à 59,10% des cas avoir des preneurs pour les articles et seulement 40,90% ont de fournisseurs. (Figure 5).

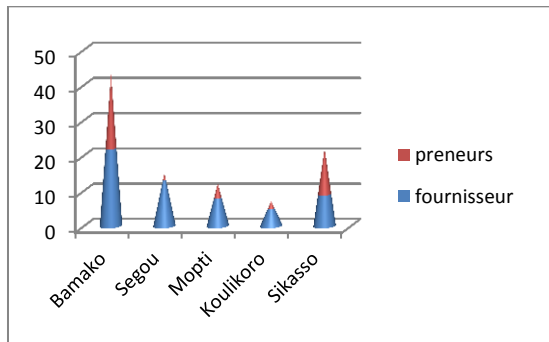


Figure 5: clients et fournisseurs des DEEI

3.6. Les pays de provenance en EEI

La provenance des équipements électroniques et informatiques est diverse : 22,22 % viennent de la France, 11,11% des équipements ont comme lieu de provenance les USA, 12,50% des équipements viennent d'Asie, 2,77% des équipements proviennent d'Allemagne, 1,38% a comme lieu de provenance la Belgique, seulement 1,30% des équipements provient de la Grande Bretagne. En outre les DEEI ont pour provenance la sous-région pour 13,38% des cas, mais aussi pour les régions les DEEI peuvent arriver de l'intérieur pour 34,72% des cas. Le test de khi-deux (χ^2 ; $P = 0,04$; $ddl = 28$) montre qu'il y a une différence significative entre les régions. Si à Bamako la quasi-totalité des DEEI provient de l'extérieur, dans les autres régions l'approvisionnement se fait aussi à partir de l'intérieur comme Bamako ou la ville voisine. Il est de 100 % à Koulikoro, 71,42 % à Ségou, 62,50 % à Mopti, et 35,71% à

Sikasso. La sous-région aussi est un marché potentiel pour l'approvisionnement des régions de Ségou (7,14 %), Mopti (25 %), et Sikasso à hauteur de 50 % (Figure 6).

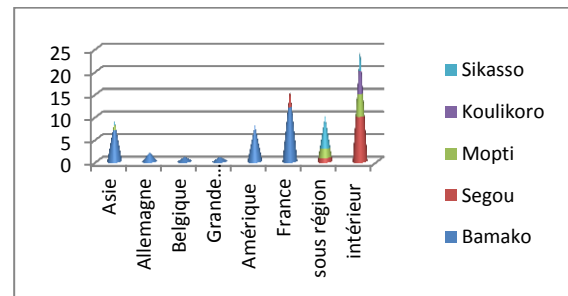


Figure 6: Pays de provenance des EEI.

3.7. Matières premières recherchées dans les DEEI

Les récupérateurs des équipements en fin de vie dans leur majorité ne sont pas conscients de la présence des métaux précieux dans ces matériels. Seulement 10,52% parmi eux le savent. Ceux qui le savent sont partagés en termes de préférence des métaux précieux recherchés, 50% chercheraient le cuivre, les autres de l'argent pour 16,66%, l'or pour 16,66% et le plomb 16,66% des cas. Le test de khi-deux (χ^2 ; $P = 0,04$; $ddl = 12$) montre qu'il y a une différence significative entre les régions sur leur préférence en matière de métaux précieux contenus dans les DEEI. A Koulikoro c'est le plomb qui est recherché dans 100 % des cas, à Ségou c'est le cuivre à 100 %. A Bamako ils sont partagés à 50 % entre l'argent et le cuivre, de même à Sikasso ils sont partagés entre 50 % pour l'or et 50 % pour le cuivre. (Figure 7).

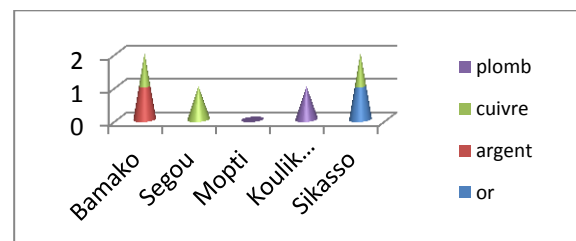


Figure 7: Métaux précieux recherchés dans les DEEI

4. DISCUSSIONS

Aucune organisation sur la récupération et recyclage des déchets électroniques et informatiques mais des structures non formelles commencent à se mettre en place. Ceux qui disposent de ces déchets leur apportent divers types de traitements. Cette analyse est partagée par Ouatarra *et* Kanouté (2005) et Yomé (2011) au Mali. Dans le cadre de la récupération des DEEI, il y a des préférences en termes de matériaux recherchés: 24% disent rechercher le plomb contenu dans les DEEI, 4% recherchent l'aluminium, 24% le contenu de l'écran, 20% les autres matériaux et 8% cherchent les autres métaux. Selon «Reporter sans frontière, 2008» au Ghana c'est le cuivre qui est recherché en premier lieu, en France c'est l'or qui est recherché selon Laviolle (2007) en France. Au Japon ce sont les terres rares qui sont recherchées selon Steiner (2012) Les éléments prélevés font l'objet d'un commerce en direction de l'Europe. Selon l'enquête 63,63% des récupérateurs enquêtés ont des partenaires fournisseurs et 36,36% n'en possèdent pas. Par rapport à la valorisation des déchets d'équipements électroniques et informatiques, il y a plusieurs cas de figure; Les recycleurs utilisent certaines pièces en bon état pour réparer un autre équipement en panne (carte mémoire, carte son, lecteur CD ou port USB) au niveau des équipements informatiques. Selon notre enquête la plupart des pannes est remarquée au niveau des affichages pour les écrans et des cartes mères pour les microprocesseurs. Il existe des récupérateurs d'équipements électroniques et informatiques qui font le porte à porte pour récupérer les équipements hors d'usage qui seront vendus à des preneurs qui procèdent au démantèlement. Ils prélèvent les parties qui les intéressent et se débarrassent du reste. Les éléments prélevés font l'objet d'un commerce en direction de l'Europe. Ce résultat est analogue à celui de «Reporters sans frontière, 2008» au Ghana et de Bondolfi (2007) en Suisse. Même si la filière des DEEI n'est pas organisée au Mali, elle est active, 75,86 % des recycleurs et récupérateurs affirment avoir des fournisseurs et 72,41 % disent qu'ils ont des clients pour les équipements recyclés. Ces résultats sont analogues à ceux de Coulibaly

(2010) au Mali. Quant au tri, il a lieu au dépôt de transit et à la poubelle par des particuliers. Certains pour les parties en plastique, d'autres pour le fer et autres métaux comme l'aluminium et l'étain contenus dans les différents appareils. Ce résultat est similaire à celui de «reporters sans frontières, 2008» au Ghana. Il faut remarquer que la filière des DEEI au Mali fait son chemin et devient pourvoyeur d'emplois et de ressources. Même si les enquêtés ne donnent pas avec exactitude leur chiffre d'affaire c'est une activité qui maintient les acteurs. Une gestion plus efficace des DEEI pourrait engendrer plus de revenus aux acteurs de la filière quand on sait qu'ils ignorent la présence de métaux précieux comme l'or dans les équipements. Les quantités de DEEI vont en croissant au Mali compte tenu de la demande et du pouvoir d'achat, mais aussi de la quantité existante devenue obsolète et qui ne connaît pas une forme de recyclage, 23,54% des équipements sont usagés ou en panne. Au Ghana, en 2009, les enquêteurs ont constaté qu'environ 70% de toutes les importations d'EEI se composaient d'EEI usagés ; 30 % des équipements d'occasion importés étaient estimés ne pas fonctionner (et être par conséquent des déchets électroniques), Steiner (2012). La provenance des équipements électroniques est diverse : 51,51% viennent d'Europe, 27,27% des équipements ont comme lieu de provenance les USA, et seulement 21,21% des équipements viennent d'Asie. Ces résultats sont comparables avec ceux de Bioaddict (2012). L'analyse de 176 conteneurs de deux catégories d'équipements électroniques et informatiques usagés importés au Nigeria a révélé que plus de 75 % de tous les conteneurs venaient d'Europe, environ 15 % d'Asie, 5 % de ports africains et 5 % d'Amérique du Nord. On a constaté une distribution semblable au Ghana, où 85 % des importations d'EEI usagés provenaient d'Europe, 4% d'Asie, 8 % d'Amérique du Nord et 3 % d'autres pays. Au Bénin et en Côte d'Ivoire les enquêtes documentaires ont révélé qu'environ la moitié des EEI usagés importés n'est en réalité plus en état de marche et n'est pas réparables, ce qui est considéré comme une importation de déchets électroniques (Bioaddict, 2012). Le Royaume-Uni est le principal pays exportateur d'EEI neufs et usagés en Afrique, suivi avec de grands écarts

par la France et l'Allemagne. Le Nigeria est le principal pays africain importateur d'EEI neufs et usagers, suivi du Ghana.

5. CONCLUSION

A l'analyse de ces résultats il n'y a pas une gestion particulière des déchets électroniques. Ceux qui disposent de ces déchets leur apportent divers types de traitements. Les visions sont partagées quant à la notion de déchet et à la gestion des déchets électroniques et informatiques. Ce résultat montre Le développement d'activités informelles de recyclage est sources de pollution. Cependant, une organisation de la filière et une mise en place d'un cadre juridique spécifique aux DEEI pourraient aider à assurer durablement leur gestion écologiquement rationnelle. La gestion des DEEI au Mali concerne beaucoup d'acteurs notamment, les importateurs, les distributeurs, les utilisateurs, les réparateurs, les recycleurs et les récupérateurs. Elle implique en majorité les jeunes et les hommes. Les relations entre les acteurs montrent l'inexistence d'une filière organisée de gestion des DEEI au Mali. L'Etat n'est pas impliqué dans l'organisation de la filière. Des pratiques informelles de recyclage sous-tendent une véritable économie circulaire qui se développe autour de la gestion de ces déchets dangereux dont les conséquences négatives sont exacerbées par le manque d'information des populations. En outre, plus de la moitié des acteurs n'a pas de connaissances sur les impacts des déchets électroniques.

6. Note biographique des auteurs

Dr Yacouba Maiga est Ingénieur zootechnicien Ecologue. Il est Enseignant-chercheur à la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université des Sciences des Techniques et des Technologies de Bamako, Mali.

Dr Hady Diallo est Ingénieur Aménagiste Forestier, Ecologue. Il est Enseignant-chercheur, Maitre- assistant à l'Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée, et à la Chaire UNESCO d'Enseignement et de Recherche sur l'Environnement, Bamako, Mali

Dr Sékou Sako est Biologiste, Ecologue. Il est Enseignant-chercheur Maitre- assistant à la Faculté des Sciences et Techniques, Université des Sciences des Techniques et des Technologies de Bamako, Mali.

Pr Mohamed Sidda Maiga est professeur titulaire des Universités, Enseignant chercheur, Directeur du Laboratoire Système d'Information Géographiques et d'Ecologie (SIG-Ecologie) à la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université des Sciences des Techniques et des Technologies de Bamako, Mali.

Pr Cheikh Diop est Maître de Conférences, Enseignant chercheur à l'Institut des Sciences de l'Environnement, Directeur du Laboratoire d'Etude Environnementale des milieux urbains (LEEMUR) à l'ISE, Université Cheick Anta Diop de Dakar (UCAD), Sénégal.

7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bioaddict, (2012). Déchets électroniques : l'Afrique étouffe : 12 p

<http://news.fr.msn.com/ecologie/bioaddict/d%C3%A9chets-%C3%A9lectroniqueslafrique-%C3%A9touffe>.consulté le 23/08/2013

Bliefert et Perraud, (2008). Chimie de l'environnement, Air, Eau, Sols Déchets. Deuxième édition française, de Boeck, 478 P

Bondolfi A. (2007).The Green E-Waste Channel-Model for a Reuse and Recycling System of Electronic Waste in South Africa, Lausanne, University of Lausanne, Faculty of Geosciences and Environment, Swiss e-waste program, [:ewasteguide.info/files/Bondolfi_2007_UNIL-Empa.pdf](http://ewasteguide.info/files/Bondolfi_2007_UNIL-Empa.pdf). Consulté le 24/07/2009

Bondolfi A, Schluep M, Croignard L, Finlay A. (2007). "The 'Green E-Waste Channel' as an Environmentally Friendly and Socially Responsible Concept to Manage E-Waste in Emerging Economies," R'7 World Congress, *Recovery of Materials and Energy for Resource Efficiency*, Davos 3–5 September 2007, http://ewasteguide.info/files/Bondolfi_2007_R07.pdf. consulté le 16/08/2009

- Coulibaly A, (2010).** Mémoire de DEA, Gestion et Valorisation des déchets d'équipements électroniques et informatiques en Commune III et VI de Bamako, 60P Université de Bamako, Mali.
- Diop C, Thioune R, (2014).** *Les déchets électroniques et informatiques en Afrique, défis et opportunités pour un développement durable au Bénin, Mali et au Sénégal.* Édition KARTALA 197p
- Drayton Heather L. (2007).** "Economics of Electronic Waste Disposal Regulations," *Hofstra Law Review*,
- Eriksson J., Green N., Marsh G., Bergman A. (2004).** Photochemical decomposition of 15 polybrominated diphenyl ether congeners in methanol/water. *Environ Sci Technol.* 38 : 3119-3125; 2004a, Doi: 10.1021/es049830t
- Finlay, A. and Liechti, D. (2008).** E-waste assessment South Africa. Johannesburg, Afrique du Sud: Openresearch, Empa.
- Frazzoli C., Orisakwe OE, Dragone R, Mantovani A, (2009).** Diagnostic health risk assessment of electronic waste on the general population in developing countries' scenarios; *Environmental Impact Assessment Review* 30 (2010), 388–399
- Ferréol M. (2005).** Réduire la fracture numérique. Réf <http://www.aedev.org/campus>. Consulté le 05/05/2012
- Funcke W., Hemminghaus H., (1997).** PXDF/D in flue gas from an incinerator charging wastes containing Cl and Br and a statistical description of the resulting PXDF/D combustion profiles. *Organohalogen Compounds* 31: 93–98
- Garcia V.L. (2006)** Le risque de déchets électroniques pour le développement durable en Afrique, publication sur <http://www.villesnumeriques.org/rvn/bc>. Consulté le 08/06/2012
- Grant K, Goldizen F C, Sly P D, Brune M-N, Neira M, Van den Berg M, Norman R E, (2013).** Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review; Vol 1, 350; [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(13\)70101-3](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(13)70101-3)
- Greenpeace, (2007).** Toxic Tech: Not in Our Backyard (rapport complet, 'Recycling by manufacturers' page 19), 76 P
- Laissaoui, S. E., and Rochat, D. (2008).** Technical report on the assessment of e-waste management in Morocco. Casablanca, Morocco: Moroccan Cleaner Production Center & Empa.
- Laviolle Y, (2006).** Analyse stratégique de la filière DEEI Réf. <http://www.recupel.be/> consulté le 21/07/2008
- Li H., Yu L., Sheng G., Fu J., Peng P. (2007).** Severe PCDD/F and PBDD/F Pollution in Air around an Electronic Waste Dismantling Area in China, *Environmental Science & Technology*.
- Liu J., Xu X., Wu K., Piao Z., Huang J., Guo Y., Li W., Zhang Y., Chen A., Huo X., (2011).** Association between Lead Exposure from Electronic Waste Recycling and Child Temperament Alterations, *Analytical Cytology Laboratory and Key Immunopathology Laboratory of Guangdong Province, Shantou University Medical College*, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21477618> consulté le 12/05/2013
- Magashi, A. and Schlupe, M. (2011).** E-waste Assessment Tanzania. UNIDO e-waste initiative for Tanzania. Cleaner Production Centre of Tanzania & Empa Switzerland.
- Mackie D., Liu J., Loh Y-S., Thomas V., (2003).** No evidence of dioxin cancer threshold. *Environ Health Perspect* 2003
- Marcelo Guimarães Araújo, Alessandra Magrini, Cláudio Fernando Mahler, Bernd Bilitewski, (2012):** A model for estimation of potential generation of waste electrical and electronic equipment in Brazil; *Waste Management* 32 (2012): 335–342, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.09.020>
- Meskers, C.E.M., Hagelucken, C., Van Damme, G., (2009).** Green recycling of EEE: Special and Precious Metal Recovery from EEE. In EPD Congress.
- Monier, V., Mudgal, S, Van Long L., Cassowitz. L.,** Etude des filières de collecte et de traitement des déchets de cartouches d'impression en France Synthèse des principaux résultats. Service Filières REP et Recyclage. Direction Consommation Durable et Déchets ADEME Angers la filière en bref publication Ademe, <http://www.ademe.fr> consulté le 23/07/2011

Mueller, E., Schluep, M., Widmer, R., Gottschalk, F. and Böni, H., (2009). Assessment of e-waste flows: a probabilistic approach to quantify e-waste based on world ICT and development indicators. Congrès mondial R'09. Davos, Suisse.

Noyon, N., (2007). Gestion biologique des déchets municipaux. Questions (réponses à l'usage des collectivités locales premières édition). Ademe (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie); CENTRE D'ANGERS ; Direction des Déchets Municipaux Direction de l'Agriculture et des Bioénergies: 1ère édition.

Ouatara, M, Kanouté, O, (2005) Rapport d'étude, état des lieux de la gestion des déchets électroniques au Mali, 34p

Pant D., Joshi D., Upreti M.K., Kotnala R.K., (2012): Chemical and biological extraction of metals present in E waste: A hybrid technology. Waste Management, 32: 979-990. Doi: 10.1016/j.wasman.2011.12.002

PNUE, (2008). « Environmental Pollution and Impacts on Public Health, Implications of the Dandora Municipal Dumping Site in Nairobi », Kenya, *Report Summary*, www.unep.org/urban_environment/PDFs/DandoraWasteDump-ReportSummary.pdf consulté 3/03/2012

PNUE, (2012). Il faut se préparer à gérer l'explosion des déchets électroniques, rapport.

PNUE et STEP 2009. «Recycling From E-Waste to Resources, Sustainable Innovation and Technology Transfer IndustrialSectorStudies », United Nations Environment Program & UnitedNationsUniversity:

www.unep.org/PDF/PressReleases/E-Waste_publication_screen_FINALVERSION-sml.pdf consulté le 13/07/2010.

PNUE, 2012. L'Afrique étouffe sous les déchets électroniques

Rapport sur le développement humain durable 2017

Reporters sans frontières "regrette l'incroyable irresponsabilité"

www.lepost.fr/.../1420605_ghana-poubelle-pour-les-e-dechets.html - Consulté le 05/08/2012

Rochat D, Seck S (2008). État des lieux des déchets d'équipements électroniques et électriques au Sénégal 53p

Rochat, D. (2006). Gestion des déchets électroniques : l'expérience européenne peut-elle être utile en Inde? Article original de L'état de la planète :

<http://www.delaplanete.org/IMG/pdf/gestion.pdf> consulté le 30/05/2009

Rochât D, (2009). Gestion des DEEI. Le cas de la Suisse et des pays en développement, article publié

sur<http://www.web2solidarite.org/groupenvironnement>. Consulté le 05/05/2012

Scherrer, B. (2007). Biostatistique . Vol. 1, 2 e édition, Gaëtan Morin Inc., Montréal, 816 p.

Schluep M, Hagelueken C, Kuehr R, Magalini F, Maurer C, Meskers C, Mueller , Wang F, (2009). *Recycling from E-Waste to Resources, Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies*, se, UNEP & UNU (United Nations Environment Program & United Nations University)

Schmidt, C. W. (2006). Unfair trade - E-waste in Africa. Environmental Health Perspectives 114: A232-A235.

Sinha D, Kraeuchi P, Schwaninger M, (2010). A comparison of electronic waste recycling in Switzerland and in India. Technology and Society Lab, Empa, Swiss Federal Laboratory for Materials testing and Research, Institute of Management, University of St. Gallen. Ref. <http://www.elsevier.com/locate/ear> consulté le 02/08/2013

Sogodogo M, Kanouté O, (2009) Etat des lieux de la gestion des déchets électroniques au Mali

Steiner A, (2012) PNUE. L'Afrique étouffe sous les déchets électroniques 5p

Steubing B, (2007). E-waste generation in Chili; Situation Analysis and an estimation of actual and future computer waste quantities using material flow analysis. Master thesis School of Architecture Civil and Environmental Engineering (ENAC), Institute of Environmental Science and Technology (ISTE), Environmental Sciences and Engineering Section (SSIE).

US EPA, (2012). A dioxin science assessment consumer fact sheet February 2012. Available online

at http://www.epa.gov/dioxin/pdfs/EPA_Dioxin-factsheet-2012.pdf

Van de Klundert A, Anschutz J. (1995-2001). Gestion intégrée et durable des déchets- le concept : outil pour les décideurs les expériences du programme d'expertise des déchets urbains

Wang HM, Yu IJ, Han M, Yang SW, (2009). Estimated PBDE and PBB congeners in soil from and electronic waste disposal site. Bulletin of environmental contamination and toxicology 83, 789- 793

Wasswa, J. and Schlupe, M. (2008). E-waste assessment in Uganda: A situational analysis of e-waste management and generation with special emphasis on personal computers.

Kampala/Uganda, St.Gallen/Suisse : Uganda Cleaner Production Center, Empa.

Widmer R, (2005). Global perspectives on e-waste. Technology and Society Lab, Empa, Swiss Federal Laboratory for Materials testing and Research,

Williams E, Kahhat R, Allenby B, Kavazanjian E, Kim J, Xu M. (2008). "Environmental, Social, and Economic Implications of Global Reuse and Recycling of Personal Computers," *Environmental Science and Technology*,

Willis J. (2012). PNUE.L'Afrique étouffe sous les déchets électroniques.

Yomé M. (2011). Mémoire de DEA, Gestion et Valorisation des déchets d'équipements électroniques et informatiques en Afrique de l'ouest : cas du Mali, 56 P, Université de Bamako Mali