



LES DÉCHETS D'ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES ET INFORMATIQUES (DEEI) AU MALI : ACTEURS ET ORGANISATION DE LA FILIÈRE

Yacouba Maiga ^{1*}, Ibrahima Yattara ¹, Boubacar kola Touré ¹, Mohamed Sida Maiga ¹, Cheikh Diop ²,
1. Faculté des Sciences et Techniques, Université des sciences, des techniques et des technologies de Bamako.
BP E 423, Mali. Tel : (223) 20 29 04 07
2. Institut des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de
Dakar. B.P. 5005 Dakar-Fann, Sénégal
Etoile * auteur correspondant: E-mail: acpmfr@yahoo.fr ; Tel (00223) 76 44 75 01

Résumé

L'une des facettes de la technologie est la capacité de gestion des déchets issus de l'utilisation des équipements lorsqu'ils sont en fin de vie. A l'ère du tout numérique la gestion des déchets d'Équipements Électroniques et Informatiques (DEEI) constitue un immense défi pour les pays en développement en général et particulièrement pour le Mali. Leur quantité augmente rapidement et 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 des acteurs impliqués dans la gestion des DEEI et leur connaissance des dangers des composants ; à identifier les circuits et à proposer un schéma de gestion approprié. La méthodologie regroupe la revue de la littérature, des entretiens et des visites de terrains. Les résultats montrent que La répartition des utilisateurs professionnels enquêtés selon l'âge est intéressante : 41,25 % ont un âge compris entre 30 et 40 ans, alors que 27,20 % ont moins de 30 ans. Les importateurs sont 22,2% à avoir moins de 20 ans, 30,3% à avoir un âge compris entre 31 et 40 ans, et 24,2% se situent entre 41 et 50 ans. Plus de la moitié (58,5 %) des récupérateurs sont âgés au plus de 36 ans, 23,5 % ayant un âge compris entre 36 et 59 ans et ceux de plus de 60 ans. Les distributeurs La classe d'âge la plus active est celle des personnes âgées de 18 à 36 ans, comportant 64,1 % des interviewés ; 65,9% des réparateurs sont âgés au plus de 36 ans. Les acteurs de sexe masculin sont 81,2% et 18,8 de sexe féminin les récupérateurs hommes à 93,4% masculin et 6,6% féminin des effectifs interviewés, seulement 5,5 % des distributeurs sont des femmes, contre 94,5 % de sexe masculin. Et respectivement, 83,1%; 54,7 %; 59,6% des utilisateurs professionnels des ménages et des importateurs, connaissent les dangers des e-déchets ; les distributeurs les Récycleurs, et les récupérateurs ne connaissent pas les risques associés aux composants toxiques des DEEI pour respectivement 62,9 % ; 57,7% ; 63,4%. La gestion informelle de ces déchets ne permet pas de tirer profit de tous leurs composants précieux et de créer des richesses et des emplois. L'étude propose des mécanismes adéquats de gestion et de valorisation des DEEI pour encadrer le développement durable, tirer un maximum de profits.

Mots clés : gestion, déchets, équipements électroniques et informatiques, composants toxiques, environnement.

Abstract

One of the facets of technology is the ability to manage waste from the use of equipment when they are at the end of their life. In the digital era, the management of electronic and computer equipment waste (DEEI) constitutes a huge challenge for developing countries in general and particularly for Mali. Their quantity is increasing rapidly and their informal management exposes the environment and the actors to the risks associated with certain toxic substances they contain. The study aims to determine the characteristics of the actors involved in the management of the DEEI and their knowledge of the hazards of the components; identify the circuits and propose an appropriate management scheme. The methodology includes the review of literature, interviews and field visits. The results show that the distribution of professional users surveyed by age is interesting: 41.25% are between 30 and 40 years old, while 27.20% are under 30 years old. Importers are 22.2% to be under 20, 30.3% to be between 31 and 40 years old, and 24.2% to be between 41 and 50 years of age. More than half (58.5%) of waste pickers are over 36 years of age, 23.5% are between 36 and 59 years old and those over 60 years old. Distributors The most active age group is 18- to 36-year-olds, with 64.1% of those interviewed; 65.9% of repairers are over 36 years old. The male actors are 81.2% and 18.8 female male scrapers at 93.4% male and 6.6% female staff interviewed, only 5.5% of the distributors are women, against 94, 5% male. And respectively, 83.1%; 54.7%;59.6% of professional household users and importers know the dangers of e-waste; Distributors, Recycleers and Reclaimers are not aware of the risks associated with the toxic components of the DEEI for 62.9% respectively; 57.7%; 63.4%. Informal management of this waste does not make it possible to take advantage of all their valuable components and create wealth and jobs. The study proposes adequate mechanisms for the management and valuation of DEEIs to guide sustainable development and maximize profits.

Key words: management, waste, electronic and computer equipment, toxic components, environment.

1. Introduction

LES Technologies de l'information et de la communication (TIC) ont révolutionné la vie moderne, le commerce international, la gouvernance mondiale, la communication, les loisirs, les transports, l'éducation et les soins de santé. La consommation importante de produits électroniques et informatiques, dont la durée d'utilisation est de plus en plus courte et ceux dits de seconde main fait que cette situation est d'autant plus inquiétante que la course vers la réduction du fossé numérique a favorisé ces dernières années une transformation rapide de nos parcs en matière de TIC par l'importation d'ordinateurs personnels, de téléphones mobiles et de téléviseurs usagés ou d'occasion des pays développés. 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. Selon (ADEME) l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Noyon, 2007). Il se trouve que, le Mali ne dispose pas des infrastructures et des ressources nécessaires pour assurer la gestion écologiquement rationnelle (GER) des déchets qui proviennent des importations lorsqu'elles sont en fin de vie. Ils deviennent des Déchets d'Equipements Electroniques et informatiques (DEEI) ou déchets électroniques. Chaque année 20 à 50 millions de tonnes de DEEI sont produites dans le monde (UNEP, 2009). Ce volume est en croissance rapide du fait des fréquences de renouvellement élevées, des modes d'utilisation et de l'innovation technologique favorisant l'obsolescence rapide (Kiddee et al., 2013). En Europe, les DEEI augmentent de trois à cinq pour cent par an, soit près de trois fois plus vite que le flux total de déchets (Kong et al., 2012). En Asie, particulièrement en Chine et en Inde les quantités de DEEI augmentent aussi rapidement d'année en

année du fait de la production intérieure mais aussi des importations illégales (Widmer et al., 2005). Dans le cadre de l'initiative StEP (Solving the E-Waste Problem : résoudre le problème des e- déchets), le PNUE montre que la Chine est devenue la deuxième productrice de déchets électroniques au monde, avec 2,3 millions de tonnes par an, derrière les Etats-Unis qui en produisent 3 millions de tonnes (UNEP, 2009). En Afrique, il manque des données consolidées sur ce nouveau phénomène. Toutefois, le diagnostic dans certains pays montre une augmentation des DEEI du fait des systèmes de coopération et des donations en provenance des pays développés. Contrairement aux pays industrialisés qui mettent en place des filières de gestion des DEEI économiquement viables pour toutes les catégories d'équipements, la filière de recyclage dans les pays africains est largement dominée par le secteur informel, qui s'intéresse uniquement à la fraction des déchets présentant une valeur économique sur leur marché (secrétariat convention de Bale, 2011). Au Mali, la lutte contre la fracture numérique engagée depuis le sommet de l'information à Genève, en 2003, a entraîné l'augmentation d'équipements électroniques et informatiques. Ces équipements souvent de seconde main deviennent rapidement obsolètes et augmentent ainsi les quantités de DEEI. Cette quantité, bien qu'étant révélatrice de la croissance des volumes de déchets électroniques, pourrait être sous-estimée du fait des stocks non déclarés dans les ménages, les magasins des services de l'administration et des entreprises, les ateliers des réparateurs et des recycleurs, mais surtout des importations de matériels électroniques de seconde main. En plus des stocks non déclarés, la quantité de DEEI peut connaître des augmentations annuelles importantes car, selon Brett (2009), le nombre d'équipements électroniques est fortement corrélé au Produit Intérieur Brut (PIB) du fait de l'utilisation des équipements de tout genre pour entraîner la croissance des secteurs moteurs de la croissance. Au Mali, la croissance économique estimée à 5,8% en 2016, selon le RNDH, se traduira alors par une augmentation de sa production de déchets électroniques. 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. Il se trouve qu'au Mali des études précédentes n'ont permis ressortir des aspects importants pour mieux appréhender la question. Pour ces raisons 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 des dits déchets et de proposer des solutions pour leur gestion.

1. Matériel et méthode

1.1. Cadre de l'étude

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 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. 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. Les informations sur le niveau de développement du Mali expliquent sa dépendance vis-à-vis des pays développés pour l'acquisition de matériels électroniques et informatique. 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.

1.2. 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 distributeurs, des importateurs, des utilisateurs professionnels, des ménages, 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 320 utilisateurs professionnels, 99 importateurs, 183 récupérateurs, 128 distributeurs, 215 recycleurs, et 1559 ménages 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. Au niveau des utilisateurs, nous avons distingué les utilisateurs professionnels et les ménages. Parmi les utilisateurs professionnels, 320 individus des services de l'administration (28,1%), des sociétés privées (opérateurs de téléphonie, banques, entreprises, etc.) (18,7%), des écoles (12,8%), des cybercafés (31,5%), des particuliers (60%) et d'autres catégories non spécifiées (30%) ont été enquêtés. Pour les ménages, 1559 chefs de ménages ont été choisis et enquêtés parmi les 1 453 200 ménages que compte le Mali, soit 0,107% de l'effectif total (RNDH, 2018). Au niveau des acteurs de l'économie solidaire, le questionnaire a été administré à 215 recycleurs et à 183 réparateurs. 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.

2. Résultats

2.1. Profil des acteurs

L'analyse du profil des acteurs s'est intéressée à l'âge, au sexe, au niveau d'instruction, à la connaissance du danger associé aux composants des DEEI et aux modes de gestion des DEEI au revenu journalier des recycleurs et récupérateurs et au temps d'utilisation des équipements par les détenteurs. Le choix de ces paramètres est lié à leur influence sur la gestion des DEEI, car Maiga (2014) a montré qu'un taux de chômage élevé et un alphabétisme faible agissent sur la perception et les modes de gestion des DEEI. Les résultats selon l'âge montrent une prédominance des jeunes (avec plus de 50%) dans toutes les catégories. A titre d'exemple, les moins de 40 ans représentent respectivement 80,5% des importateurs/distributeurs et 63% des utilisateurs professionnels. Au niveau des ménages, les équipements électriques et électroniques sont utilisés en majorité par les jeunes qui sont plus sensibles à la mode et à l'évolution des technologies. Plus de la moitié des recycleurs (57,1%) et 65,9% des réparateurs sont âgés au plus de 36 ans. La récupération est un secteur très dynamique où on trouve pratiquement toutes les tranches d'âge, les femmes et les enfants sont très présents car souvent c'est une affaire de famille. Selon le sexe, il y a une prédominance des hommes par rapport aux femmes. Les individus de sexe masculin représentent respectivement 93,9%; 93,4%; 81,2%; 72,5%; 93,4% et 100% des effectifs des importateurs, distributeurs, des utilisateurs professionnels, des ménages, des réparateurs et des recycleurs. Ce rapport en faveur des hommes s'explique par les efforts physiques que demande la manipulation des équipements électroniques. Il peut aussi être lié à la responsabilisation des hommes dans les entreprises et les ménages mais également à l'émergence du secteur informel qui mobilise les hommes (57,8%) et une minorité de femmes (43,1%) (RNDH, 2018). Selon le niveau d'instruction des acteurs, les personnes n'ayant pas un niveau d'instruction

représentent respectivement 5% ; 0% ; 6,1% ; 2,3% et 0% des importateurs/distributeurs, des utilisateurs professionnels, des ménages, des réparateurs et des recycleurs. Parmi les personnes instruites, on distingue celles qui sont alphabétisées en arabe et celles alphabétisées en français. Les populations alphabétisées en arabes constituent la proportion la plus importante parmi les importateurs distributeurs (33%). Elles représentent respectivement 2,3% ; 14% ; 13,7% et 18,6% des utilisateurs professionnels, des ménages, des réparateurs et des recycleurs. Parmi les personnes alphabétisées en français, celles ayant un niveau supérieur prédominent au niveau des utilisateurs professionnels (53%) alors qu'elles représentent respectivement 12% ; 28,6% ; 15,9% et 9,3% des utilisateurs/ distributeurs, des ménages, des réparateurs et des recycleurs. Le niveau moyen-secondaire est plus représenté chez les réparateurs (54,5%) contrairement aux importateursdistributeurs (32,7%), les utilisateurs professionnels (33%), les ménages (4%) et les recycleurs (32,6%). Le niveau primaire est plus représenté chez les recycleurs avec 39,5% contre respectivement 16% ; 11,3% ; 16,9% et 13,6% chez les importateurs/distributeurs, les utilisateurs professionnels, les ménages et les réparateurs. La connaissance des dangers associés à la gestion des DEEI est très faible indépendamment du niveau d'instruction. Chez les utilisateurs professionnels, constitués à 53,2% d'individus ayant un niveau supérieur d'instruction, la méconnaissance du danger demeure la plus importante avec une proportion 67,3% des acteurs ignorant les dangers associés aux DEEI. Chez les importateurs et distributeurs ce taux reste également élevé avec 66,4% d'individus ignorant les dangers liés à ce type de déchet. Pourtant, parmi ces acteurs, 44,7% ont au moins le niveau moyen secondaire et 33,3% sont alphabétisés en arabe. Plus de la moitié des ménages (59,4%) n'a pas de connaissances sur les conséquences négatives des DEEI sur la santé et l'environnement. Nous notons qu'à Mopti, ce taux est de 78,78%, il est de 53,57% à Gao, et 41,34% à Bamako (Tableau 2). L'ignorance du danger constitué par les déchets électroniques est aussi totale chez les récupérateurs qui ne font que transférer les DEEI entre les acteurs. Les blessures sont aussi évoquées comme risques chez les recycleurs (31%). Au niveau de ce groupe également, les acteurs précisent, entre autres risques, les maladies (13%), la dégradation de l'environnement (15%), les nuisances et les pollutions (13%) et la

dépréciation du marché des sous-produits récupérés (28%). Dans bien des cas, le type d'utilisateur, la connaissance de la toxicité des composants des DEEI, la région d'intervention, les capacités financières et techniques des acteurs influent sur les modes de gestion des DEEI (Tableaux 1, 2, 3 et 5).

3.2. Circuit informel actuel des DEEI

Au Mali, les importateurs/distributeurs peuvent être considérés comme la source initiale de production des DEEI. Ils alimentent les différents acteurs en appareils électroniques. Les 29,8 % de la clientèle des distributeurs de DEEI sont des fonctionnaires, contre 20,8 % d'étudiants, 23,3 % viennent de sociétés privées, 13,3 % viennent de l'administration et 12,6 % sont des entreprises publiques. Les interrelations entre les différents acteurs montrent un manque d'organisation dans la gestion des DEEI. Outre, les appareils électroniques en bon état, ils mettent dans le circuit les appareils obsolètes participant ainsi de façon directe à la production des DEEI. Dans l'hypothèse d'une panne irréparable, quelle que soit la préoccupation sur le devenir des produits, les distributeurs envisagent dans leur écrasante majorité des actions diverses (86,7 %), ainsi que des actions comme la livraison des produits irrécupérables aux recycleurs (33,6 %), le rejet des produits dans la nature (43,7%) ou l'incinération (9,4 %). Lorsqu'un équipement est en panne ou n'est plus utilisable, les utilisateurs professionnels sollicitent l'expertise des réparateurs dans 66,3 % des cas. Mais il existe bien d'autres pratiques comme celles consistant à jeter les DEEI au dépotoir (11,9 %) ou à les offrir (5,0 %) à des récupérateurs ou à toute autre personne intéressée, en commençant par le personnel quand il s'agit d'entreprises. La revente de leurs EEI inutilisables est également pratiquée par 7,2 % de ces utilisateurs. Certains équipements sont restitués aux propriétaires après la réparation alors que d'autres sont soit stockés de façon sauvage dans les ateliers des réparateurs, soit jetés ou même vendus aux autres acteurs pour servir de matières premières pour les recycleurs et les récupérateurs. Une partie des équipements fournis aux réparateurs provient des récupérateurs (15,4% des équipements récupérés). Le travail des récupérateurs se limite le plus souvent à la récupération et à la commercialisation des produits issus des déchets. Au bout du circuit, se trouvent les récupérateurs et les recycleurs. Leur travail consiste principalement à

démanteler, à faire des assemblages de composants divers pour remettre dans le circuit un équipement ou des matériaux hors d'usages. Par ailleurs, pour ces acteurs, la décharge constitue un gisement important de matières récupérables capables de leur fournir des revenus substantiels. Ils remettent dans le circuit de l'utilisation les équipements recyclés et jettent les parties qu'ils ne peuvent pas valoriser mélangés aux déchets ménagers.

Tableau 1 Répartition des distributeurs selon la zone et l'acceptation de reprendre les DEEI

<i>régions</i>	<i>Oui</i>	<i>%</i>	<i>Non</i>	<i>%</i>	<i>Total</i>
Bamako	26	53,06	23	46,93	49
Gao	2	50,00	2	50,00	4
Kayes	19	95,00	1	5,00	20
Koulikoro	5	100,00	0	0,00	5
Mopti	2	50,00	2	50,00	4
Sikasso	8	34,78	15	65,21	23
Ségou	9	45,00	11	55,00	20
Total	71		54		125

Tableau 2 Connaissance des dangers liés au DEEI par les ménages et selon les régions

<i>Région</i>	<i>Oui</i>	<i>%</i>	<i>Non</i>	<i>%</i>	<i>total</i>
Bamako	586	58,65	413	41,34	999
Gao	65	46,42	75	53,57	140
Kayes	63	58,87	44	41,12	107
Koulikoro	97	94,17	6	5,82	103
Mopti	21	21,21	78	78,78	99
Ségou	22	20	88	80	110
total	854		704		1559

Tableau 3 Répartition des utilisateurs professionnels selon le rôle qu'ils sont prêts à jouer dans la gestion des DEEI

<i>Etre prêt à participer au Financement et des Initiatives de prise en charge</i>	<i>Fréquences</i>	<i>Pourcentage</i>
Oui	168	52,5
Non	152	47,5
Total	320	100,0

2.1. Lieux de provenance des équipements importés par les importateurs

Les équipements importés sont divers et sont souvent entiers (ordinateurs fixes et portables, photocopieurs, clefs USB, lecteurs MP3, imprimantes, télévisions, scanners, radios et lecteurs

VCD et DVD), mais comprennent aussi des pièces détachées consommables, comme les unités centrales, les claviers, les souris et surtout les écrans. Ces équipements proviennent généralement d'Europe (30,3%), d'autres pays africains (10,1%), d'Asie (56,8) et rarement d'Amérique (3,3%). La forte provenance de l'Asie peut s'expliquer par le fait que les vendeurs s'approvisionnent sur des marchés directement en Asie et non par des intermédiaires. Cependant une observation minutieuse des équipements montre que la majorité est d'origine asiatique. Les marques les plus fréquentes sont : Samsung, Toshiba, Sony, Sharp, Philips, Nokia etc. (Tableau 4).

Tableau 4: Les équipements, lieux de provenance

Provenance des Equipements	Fréquences	Pourcentage
Asie	56	56,5
Europe	30	30,3
Afrique	10	10,1
Amérique	3	3,3
Total	99	100,0

2.2. Répartition des enquêtés selon la disponibilité à supporter un coût du traitement des DEEI de 5 % du prix de l'article

Pour faire des propositions en vue de la gestion des DEEI, nous avons estimé qu'un coût de traitement intégré au prix d'achat serait plus facile à collecter. Nous avons ainsi laissé aux chefs de ménages et de concessions le choix entre plusieurs options impliquant leur contribution. Un coût de traitement égal à 5 % du prix des EEI à l'achat, pour financer le coût de collecte des DEEI, a été proposé d'abord : plus de la moitié des ménages (56,5 %) affirment accepter de s'en acquitter contre 43,4 % qui refusent. Le test de khi-deux (χ^2 ; $P = 0,04$; $ddl = 5$) montre qu'il existe une différence significative entre les régions pour l'acceptation ou non à supporter le coût du traitement des DEEI. Une lecture du tableau montre qu'une proportion non négligeable des ménages consent à cette proposition tarifaire dans les régions de Koulikoro (92,2 %), et Bamako (73,30 %). Ailleurs, la proportion des ménages qui n'est pas

en mesure de supporter un tel coût est comprise entre 72,10 % (Gao) et 97,1 % (Kayes). (Tableau 5).

Tableau 5 Disponibilité à supporter un coût du traitement des DEEI de 5 % du prix de l'article par les ménages

Régions	Oui	%	Non	%	Total
Bamako	637	73,30	232	26,69	869
Gao	39	27,85	101	72,14	140
Kayes	3	2,80	104	97,19	107
Koulikoro	95	92,23	8	7,76	103
Mopti	20	20,20	79	79,79	99
Ségou	15	13,63	95	86,36	110
Total	808		619		1429

2.3. Le temps d'utilisation EEI

Au niveau du temps d'utilisation des équipements 25,3% affirment que leur temps d'utilisation des équipements est de 5 ans et 25 % disent 3 ans pour la durée d'utilisation. Ce qui prouve un besoin très élevé de renouvellements des matériels (Tableau 6).

Tableau 6. Connaissance du temps d'utilisation EEI par les utilisateurs professionnels

Temps d'utilisation	Fréquences	Pourcentage
2 ans	16	5,0
3 ans	80	25,0
4 ans	58	18,1
5 ans	81	25,3
6 ans	22	6,8
7 ans	16	5,0
8 ans	6	1,8
9 ans	1	0,3
10 ans	33	10,3
12 ans	2	0,6
15 ans	2	0,6
max	3	0,9
Total	320	100,0%

3. Discussions

Acteurs de la filière de gestion des DEEI

Les intervenants dans la gestion des DEEI sont principalement des jeunes, comme le montre la répartition des classes d'âge au sein de la population Malienne caractérisée par sa jeunesse. La prédominance des moins de 40 ans s'explique par le taux de chômage élevé des jeunes (plus de 10,2%) qui s'orientent vers le secteur informel, Par ailleurs,

les activités comme la récupération et le recyclage qui demandent beaucoup d'efforts physiques justifient cette prédominance des jeunes parmi les différents acteurs. Ce même constat est valable pour les acteurs de sexe masculin qui constituent 70 à 100% des enquêtés selon les catégories. Parmi les importateurs/distributeurs, ceux alphabétisés en arabes constituent la portion la plus importante (33%). Ces acteurs sont peu sensibilisés quant aux dangers des DEEL, car, ils sont souvent en contact avec les produits neufs ou qui fonctionnent. L'utilisation des équipements électriques et électroniques à des fins professionnelles requiert un certain niveau d'instruction au vu des différentes applications. Malgré un niveau d'instruction supérieur en français pour près de 43,8% et 33,1% ont étudié jusqu'au moyen secondaire les utilisateurs professionnels, une proportion de 83,1% d'entre eux affirment connaître les méfaits et dangers associés aux DEEL, parce qu'ils ne s'occupent que de l'utilisation des équipements qui, une fois en fin de vie, sont stockés ou livrés aux acteurs du secteur informel. Les utilisateurs professionnels de même que les ménages ne sont pas en contact direct avec les composants toxiques des déchets électroniques lors de l'utilisation. Ainsi, les dangers desdits déchets sont loin d'être parmi leurs préoccupations majeures. Pour les acteurs participant au démantèlement manuel et recyclage des déchets électroniques, chaque groupe a une certaine représentation du danger spécifiquement en rapport avec son activité. Ainsi, même s'ils ignorent complètement les risques associés aux composants dangereux des DEEL, les récupérateurs, les réparateurs et les recycleurs soulignent les risques de blessures et d'électrocution. Cependant, le constat est que le système de gestion actuel des DEEL est informel. Il est articulé principalement autour de quatre (4) étapes notamment, le stockage, le recyclage, la mise en décharge et l'incinération. Toutes ces méthodes artisanales sont associées à des conséquences néfastes sur l'environnement et la santé du fait que les déchets électroniques contiennent des composants toxiques comme le plomb, le mercure, le béryllium (EEA, 2003 ; UNEP, 2009). Ces métaux lourds peuvent avoir divers effets néfastes sur la santé des populations et contaminer les sols et les produits agricoles dans les zones de dépôt des DEEL (Zhao *et al.*, 2008; Wang *et al.*, 2009). Il est établi par exemple que l'anémie est une importante expression de la toxicité du cadmium qui

augmente la destruction des globules rouges et diminue leurs synthèses (Diaby *et al.* 2016). 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 Sogodogo *et al.* (2009) et Yomé (2011) au Mali, Rochat *et al.* (2008) au Sénégal. Dans le cadre de la récupération des DEEL, il y a des préférences en termes de matériaux recherchés: 24% disent rechercher le plomb contenu dans les DEEL, 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 (2006) 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 ailleurs, l'incinération DEEL favorise l'émissions de dioxines et de furanes (Chan *et al.* 2012 ; EEA, 2003 ; UNEP, 2009). Ces substances peuvent conduire à une perturbation du développement du système nerveux, des troubles de régulations endocriniennes, des modifications dans la croissance et le développement fondamental des cellules, ce qui peut entraîner des effets indésirables sur la reproduction et le développement ainsi que la destruction du système immunitaire et provoquer le cancer (Mukerjee, 1998 ; US EPA, 2012). Malgré ces effets négatifs associés aux DEEL, les données sur la cartographie des zones à risque sont totalement absentes dans les pays africains (Frazzoli *et al.*, 2009). Cette situation nécessitant une attention particulière est en contraste avec la présence de 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 Bale, 2011) dont la gestion mobilise divers acteurs du secteur informel. L'engagement des acteurs à participer à la gestion des DEEL par la reprise des équipements obsolètes, la connaissance des impacts des DEEL sur l'environnement et la santé, la contribution financière et la sensibilisation (Tableaux 1, 2, 3 et 5) sont des gages de réussite de leur prise en charge. Il importe de souligner que les acteurs n'ayant pas un

niveau de connaissance élevé par rapport aux dangers des DEEI proposent des réponses multiples en termes de contribution au processus. Pour mieux déterminer leur rôle dans le processus de gestion des déchets électroniques, la connaissance des dangers des composants des DEEI et la promotion de l'achat de produits neufs permettrait le succès d'un plan d'organisation formelle de la gestion des dits déchets.

Proposition d'un plan d'organisation formelle du circuit de gestion des DEEI

Les résultats de cette étude montrent la nécessité de mettre en place une bonne organisation pour pallier les effets négatifs résultant des DEEI. Selon Qu et al. (2013), chaque pays a besoin d'un système de recyclage qui prend en compte non seulement ses ressources, mais aussi ses réalités économiques et sociales. Sous cet angle, au Mali, la mairie du district de Bamako en partenariat avec la ville d'Anger et la faculté des Sciences et techniques (FST) de l'Université des sciences des techniques et des technologies de Bamako ont divers programmes de gestion des DEEI. Les limites du système de gestion actuel s'illustrent aussi par les méthodes peu performantes de collecte, de stockage et de valorisation adoptées par les acteurs. Aujourd'hui certains acteurs ont pris conscience des faiblesses et ont décidé de mutualiser leurs efforts pour améliorer le système de gestion et s'orienter vers des solutions qui misent sur la promotion du partenariat public privé (PPP). Ainsi, au-delà du diagnostic et de l'identification des acteurs du processus de gestion des DEEI, notre étude propose l'élaborer un plan d'organisation formelle de gestion des DEEI, bien encadré au plan institutionnel.

Les quantités de DEEI inventoriées au Mali sont très importantes (Maiga et al., 2012) par rapports aussi aux estimations résultant des taux qui entrent dans le pays. Cela pose la problématique des méthodes de quantification des DEEI. En effet, avec la croissance du commerce inter-sous-régionale d'équipements électroniques et informatiques, certains équipements transitent d'un pays à un autre. En plus, des lots d'équipements entrent de manière frauduleuse au Mali. Au regard des chiffres officiels fournis par les services des douanes, la quantification approximative des déchets produits peut être faite à partir des flux annuels d'une catégorie d'équipement entrant et la durée d'utilisation des équipements. L'importance du flux annuel permet de connaître la disponibilité de matières premières pour les acteurs de l'économie circulaire. Car, il est

prouvé que les DEEI contiennent des éléments tels que le fer et l'acier pour plus de 50% du poids total des déchets électroniques, les plastiques pour 21%, les métaux non ferreux et les métaux précieux pour 13% du poids total des déchets électroniques, le caoutchouc, le béton et la céramique pour 16% (Pant et al., 2012). Ainsi, une collecte bien organisée permettrait de mieux connaître les gisements des DEEI en vue d'une exploitation sous forme de filières.

Cependant, un système efficace de collecte des déchets électroniques nécessite la mise en place d'infrastructures de soutien comme les centres de collecte et de transfert (Qu et al, 2013). La première étape de la collecte consiste à rassembler le matériel obsolète au niveau de chaque producteur (ménages et utilisateurs professionnels). Cette phase qualifiée de pré-collecte doit être entreprise à l'échelle individuelle comme cela se fait en Allemagne selon Rotter *et al.* (2011) et en France selon Laviolle(2006). Les utilisateurs professionnels quant à eux peuvent disposer de points de collecte au sein de leur institution, tandis que les ménages peuvent, après la pré-collecte, transmettre leurs DEEI aux distributeurs, aux réparateurs/recycleurs ou même les mettre dans des poubelles spécifiques installées à cet effet. Une telle organisation de la collecte a été rapportée par Kang and Schoenung (2005) aux USA montrant que les facteurs clés de la gestion des déchets électroniques sont la collecte, le tri et la récupération, le recyclage et l'élimination ; puis par Qu et al. (2013) en Chine où un réseau de coopération entre les institutions publiques, une société privée de traitement des déchets électroniques (Dongtai) et la commune de Dalian (Qu et al, 2013) a été développé. Les contraintes du système de collecte et de recyclage des DEEI sont nombreuses au Mali où le dispositif demeure insuffisant et informel. Pour l'organisation de la filière, après la phase de pré-collecte effectuée par les utilisateurs professionnels et les ménages, un opérateur désigné (ou agréé) pourrait rassembler tous les DEEI dans une plateforme de collecte construit dans le respect des normes de sécurité et d'environnement. A ce niveau, les DEEI seront catégorisés, dépollués, dépoussiérés et testés avant de procéder à leur reconditionnement ou à leur démantèlement en perspective de leur valorisation

(Figure 2). La mise en œuvre du plan d'organisation de la filière de gestion des DEEI proposée pour la gestion des composants des déchets électroniques doit être accompagnée d'une bonne sensibilisation sur les DEEI mais aussi par un encadrement juridique et institutionnel. A cet effet, une bonne politique de gestion des DEEI passera nécessairement par : Une filière de valorisation de ces DEEI pourrait être mise en place. Cette filière intégrera en premier lieu les récupérateurs identifiés, les recycleurs et les importateurs d'équipements de seconde main, une telle filiale permettrait la réorganisation des acteurs afin de les former pour une utilisation plus rentable des DEEI pour en tirer les bénéfices et réduire les risques de pollution de l'environnement, et de contamination par les substances dangereuses pour l'homme et les animaux, et au-delà être pourvoyeurs d'emplois. Cette filière sera organisée autour de la collecte des DEEI, le stockage, le transport et l'unité de valorisation. Cette unité devra faire appel à une technologie simple respectueuse des normes environnementales pour le démantèlement de ces équipements et la récupération des fractions valorisables comme les métaux précieux. La mise en place d'une telle unité nécessite l'accompagnement des acteurs par notamment des sessions de renforcement de capacités techniques et favoriser la création d'un centre de transformation et de valorisation des DEEI au Mali.

4. Conclusion

Les acteurs de la gestion des DEEI au Mali sont : les importateurs, les distributeurs, les utilisateurs, les réparateurs, les recycleurs et les récupérateurs. Cette gestion implique en majorité les jeunes et les hommes mais aussi des femmes qui sont beaucoup actives dans la récupération. 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 développent une économie circulaire autour de la gestion de ces déchets dangereux dont les conséquences négatives sont ignorées 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. L'insuffisance de la collecte sélective des déchets et le développement d'activités

informelles de recyclage sont 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.

Note biographique des auteurs

Dr Yacouba Maiga est Ingénieur Zootechnicien Ecologue. Enseignant-Chercheur, Maitre-Assistant à la FST/USTTB chargé de cours de Biostatistique.

Dr Ibrahima Yattara est Biologiste Ecologue. Enseignant-Chercheur, Maitre-Assistant à la FST/USTTB.

Dr Boubacar Kola Touré est Biologiste Ecologue. Enseignant-Chercheur, Maitre-Assistant à FST/USTTB.

Pr Mohamed Sida Maiga est Biologiste Ecologue, Professeur titulaire des universités Enseignant-chercheur à la faculté des sciences et techniques, directeur du Laboratoire Système d'information géographiques et écologie (SIG-Ecologie) à la FST/USTTB.

Pr Cheikh Diop est Chimiste Environnementaliste, Maître de Conférences, Enseignant chercheur à l'Institut des Sciences de l'Environnement, directeur du Laboratoire d'Etudes Environnementales des milieux urbains (LEEMUR) à l'ISE /FST/UCAD.

Références bibliographiques

Donou B, Issa MS, Eshogba-Olojoba A, Technique de traitement des déchets solides ménagers au Lieu d'Enfouissement Sanitaire (LES) d'Ouessè et durabilité environnementale Int. J. Biol. Chem. Sci. 10(5): 2062-2072, October 2016, SSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

Brett HR, 2009. An assessment of global production and environmental impacts; Science of the Total Environment 408, 183–191 Centre de Suivi Ecologique (CSE), Mali, 2010.

Chan JKY, Wong MH, 2012. A review of environmental fate, body burdens, and human health risk assessment of PCDD/Fs at two typical electronic waste recycling sites in China; Science of the Total Environment 463–464 p 1111–1123

Diaby V, Yapo AF, Adon AM, Yapi HF, Djama AJ et Dosso M, 2016. Biotoxicité hématologique du sulfate de cadmium chez les rats Wistar. Int. J. Biol.

Chem. Sci. 10(4): 1765-1772, August 2016, ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

Diop C, Thioune R, 2014. Les déchets électroniques et informatiques en Afrique, défis et opportunités pour un développement durable au Bénin, au Mali et au Sénégal. Editions Karthala, 198 pages.

Directives 2002/96/CE du parlement Européen et du conseil du 27 janvier, 2003, relatives aux déchets d'équipements électriques électroniques (DEEI) Environnement Développement Action (ENDA), 2006.

Environmental European Agency (EEA), 2003. Waste from electrical and electronic equipment WEEE- quantities, dangerous substances and treatment methods. European topic center on waste, Copenhagen

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

Gilles V K, 2012, Une mine d'or et d'argent ignorée dans les déchets électroniques. Le Monde juin 2012

Kang H, Schoenung J, 2005. Electronic waste recycling: a review of U.S. infrastructure and technology options. Resources, Conservation and Recycling 45 (4), 368-400

Kiddee P, Naidu R, Wong MH, 2013. Review Electronic waste management approaches: An overview; Waste Management 33, 1237–1250

Kong S, Liu H, Zeng H, Liu Y, 2012. The 7th International Conference on Waste Management and Technology The status and progress of resource utilization technology of e-waste pollution in China; Procedia Environmental Sciences 16, 515-521; Available online at www.sciencedirect.com

Mukerjee D, 1998. Health impact of polychlorinated dibenzo-p-dioxins: a critical review. Journal Air Waste Management Association N°48, 157-165

Laviolle Y, (2006). Analyse stratégique de la filière DEEI Réf. <http://www.recupel.be/> consulté le 21/07/2008

Maiga .M.S, Maiga. Y. (2011). Rapport de l'étude d'inventaire des équipements électroniques informatiques en fin de cycles de vie au Mali.

Maiga. M.S. (2014) Cadre institutionnel et stratégie de gestion des DEEI au Mali p 83-100, in Les déchets électroniques et informatiques en Afrique, défis et opportunités pour un développement durable au Benin, Mali et au Sénégal Édition KARTALA p197

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

Pant D, Joshi D, Upreti MK, Kotnala RK, 2012. Chemical and biological extraction of metals present in E waste: A hybrid technology. Waste Management 2012; 32, 979- 990

Qu Y, Zhu Q, Sarkis J, Geng Y, Zhong Y, 2013. A review of developing an e-wastes collection system in Dalian, China. Journal of Cleaner Production 52, 176- 184.

Rapport National sur le Développement Humain édition 2018

Rotter VS, Chancerel P, Schill WP, 2011. Practicalities of individual producer responsibility under the WEEE directive: experiences in Germany. Waste Management & Research 29, 931-944.

Secrétariat de la Convention de Bâle, 2011. Rapport technique de diagnostic national des mouvements transfrontières et de la gestion des DEEI, SBC e-Waste Africa Project Benin octobre 2011, V.1.0

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

Some YSC, Kangambéga E, Béné A et Diendéré I, 2006. Les déterminants du choix des conteneurs plastiques dans la production des plants à Ouagadougou (Burkina Faso) : une contribution à la gestion des déchets plastiques ; Int. J. Biol. Chem. Sci. 10(6): 2637-2645, December 2016; ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print) United Nations Environment Program (UNEP), 2009.

UNEP Transfer industrial sector studies. STEP-solving The E-waste problem, July 2009. Recycling-from e-waste to resources: Sustainable innovation and technology.

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

Wang DL, Cai ZW, Jiang GB, Leung A, Wong MH, Wong WK, 2005. Determination of polybrominated diphenyl ethers in soil and sediment from an electronic waste recycling facility. *Chemosphere* 60, 810–816

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

Widmer R, Oswald-Krapf H, Sinha-Khetriwal D, Schnellmann M, Böni H, 2005. Global perspectives

on e-waste. *Environmental Impact Assessment Review* 25, 436–458

Wone S et Rochat D, 2009. Rapport technique de l'état des lieux de la gestion des e-déchets au Sénégal. SENECLIC, 53 pages

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

Zhao G, Dong MH, Rao K, Luo J, Wang D, 2008. PBBs, PBDEs and PCBs levels in hair of residents around e-waste disassembly sites in Zhejiang province, China and their potential sources. *Science of total Environment* 397, 46-57.

