



U.S.T.T-B

**Ministère de l'Enseignement Supérieur
Et de la Recherche Scientifique**

**Université des Sciences, des Techniques
et des Technologies de Bamako**

Faculté de Médecine et d'Odonto-Stomatologie

DER de Santé Publique et Spécialités

N° DERSP/FMOS/USTTB



**REPUBLIQUE DU MALI
Un Peuple – Un But – Une Foi**

Mémoire

Master en Santé Publique

Option Planification et Management des Programmes de Santé

Année Universitaire 2020 - 2021

SUJET :

**L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE AUX
DÉCHETS D'ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES ET
ÉLECTRONIQUES ET LES REACTIONS
ALLERGIQUES À BAMAKO (MALI)**

Présenté et soutenu le

Par :

Dr Souleymane TRAORE

Président :

Membre :

Directeur : Pr Hamadoun SANGHO

Co-directeurs: Dr Cheick Abou COULIBALY

Dr Alphonse KPOZEHOUEN

Sponsor: Projet « West Africa-Michigan Charter II for GEOHealth ».

Liste des chercheurs

Principal Investigateur : Dr Nonvignon Marius KEDOTE,

Co-Investigateur: Prof Hamadoun SANGHO,

Chercheurs associés : Dr Alphonse KPOZEHOUEN,
Dr Cheick Abou COULIBALY,
Dr Souleymane TRAORE.

Dédicace

Ce Mémoire est dédié à :

- Dieu le Tout Puissant, Miséricordieux pour m’avoir permis de faire ce travail ;
- La mémoire de mon père Feu Siriki TRAORE, que son âme repose en paix ;
- Ma mère Djénèba SANOGO pour ses multiples bénédictions ;
- Ma femme et mes enfants pour leurs encouragements et multiples soutiens ;
- La famille TRAORE à Mahadougou/Sikasso
- La famille de feu Abdoulaye BAGAYOKO à Daoudabougou /Bamako

Remerciements

Nous ne pouvions présenter les résultats de notre recherche sans exprimer toute notre gratitude à l'égard de toutes les structures et personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'accomplissement de cette formation et de ce mémoire de fin de formation. Nous tenons à adresser nos sincères remerciements:

- Au Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique du Mali, pour m'avoir autorisé à participer à cette formation ;
- Au Ministère du Travail et de la Fonction Publique du Mali, pour m'avoir accordé un congé de formation ;
- A la Direction Régionale de la Santé et de l'Hygiène Publique de Sikasso à sa tête Dr Dramane TRAORE, pour ses conseils ;
- Au Département d'Enseignement et de Recherche en Santé Publique et Spécialités (DERSP) du Mali, pour avoir autorisé mon inscription au programme de Master de Santé Publique, option Planification et Management des Programmes de Santé;
- Au Sponsor : Projet « West Africa-Michigan Charter II for GEOHealth », pour avoir accepté de financer ce projet de recherche dans les cinq pays de l'Afrique de l'Ouest (Bénin, Sénégal, Côte d'Ivoire, Mali et Burkina-Faso) ;
- Au Dr Nonvignon Marius KEDOTE, Principal Investigateur de ce projet, pour son accompagnement qui a été de taille malgré son rôle de coordinateur des activités de recherche dans les cinq pays (Bénin, Sénégal, Côte d'Ivoire, Mali et Burkina-Faso) ;
- Au Prof. Hamadoun SANGHO, Co-Investigateur de ce projet et Directeur de ce Mémoire, pour avoir accepté de diriger ce travail malgré ses multiples occupations pédagogiques et scientifiques, et pour la réussite de cette œuvre ;
- Au Dr Alphonse KPOZEHOUEN, Co-Directeur de Mémoire, pour ses conseils techniques qui ont été de taille pour ce travail ;
- Au Dr Cheick Abou COULIBALY, Co-Directeur de Mémoire, pour son entière disponibilité, ses conseils qui ont amélioré ce travail ;
- A tout le corps professoral de DERSP du Mali, pour la formation de qualité et leur disponibilité constante ;

- Aux collègues de ma promotion 2020-2021 en Master Santé Publique, pour leur esprit de fraternité. Que Dieu le Tout Puissant nous bénisse et nous donne longue vie, succès dans notre futur.

Liste des figures

Figure 1 : Tri des câbles précédant la récupération du cuivre (SCB, 2012).	14
Figure 2 : L'incinération des câbles, ainsi que des boîtiers de moniteurs et de téléviseurs occasionne de fortes émissions de substances nocives (SCB, 2012).	14
Figure 3 : Quartiers de Bamako (Keïta, 2018)	16

Liste des tableaux

Tableau I : Composition des D3E et les manifestations allergiques liées aux polluants constitutifs	7
Tableau II : Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés	21
Tableau III : Disposition de vie des manipulateurs de D3E.....	22
Tableau IV : Fréquence d'utilisation de vêtements ou d'équipement de protection	23
Tableau V : Fréquence de la consommation de cigarettes chez les enquêtés	24
Tableau VI : Lavage des mains aux moments cruciaux	24
Tableau VII : Fréquence des manifestations allergiques chez les manipulateurs de D3E.....	25
Tableau VIII : Activités liées au D3E les plus réalisées au cours du mois passé	26
Tableau IX : Fréquence des manifestations et réactions allergiques chez les différentes catégories de manipulateurs de D3E	27
Tableau X : Résultats du croisement entre réaction allergique et les caractéristiques socio démographiques	28
Tableau XI : Résultats du croisement entre réactions allergiques et la participation aux différentes tâches liées aux D3E	29
Tableau XII : Résultats du croisement entre réaction allergique et l'ancienneté dans les différentes tâches liées aux D3E	30

Tableau XIII : Les facteurs associés aux réactions allergiques en analyse uni variée	31
Tableau XIV : Résultats de la recherche d'association entre les variables indépendantes de l'étude et la présence de réactions allergiques par l'analyse multivariée.....	35

Table des matières

1	Introduction.....	1
2	Objectifs de la recherche :.....	3
2.1	L'objectif général	3
2.2	Les objectifs spécifiques.....	3
3	Question de recherche :.....	3
4	Hypothèse de recherche :.....	3
5	Revue critique de la littérature :.....	4
6	Méthodologie	15
6.1	Cadre d'étude.....	15
6.2	Type d'étude	17
6.3	Période d'étude	17
6.4	Population d'étude	17
6.4.1	Critères d'inclusion	17
6.4.2	Critères de non inclusion.....	17
6.5	Echantillonnage	17
6.6	Définitions opérationnelles.....	17
6.7	Collecte des données	18
6.8	Traitement et analyse des données	18
6.8.1	Les variables.....	18
6.8.2	Analyse des données	19

7	Considérations éthiques	20
8	Résultats	21
9	Discussions	36
	Conclusion.....	41
	Références	42

Abréviations

BPCO : Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive

D3E : Déchets d'équipements électriques et électroniques

DEEI : Déchets d'équipements électriques et informatiques

DERSP : Département d'Enseignement et de Recherche de Santé Publique et Spécialités

e-Déchets : Déchets d'équipements électriques et électroniques

EEE : Équipement électrique et électronique

FMOS : Faculté de Médecine et d'Odonto-Stomatologie

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

IBM : International Business Machines Corporation

MT : Tonne Métrique

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

OS : Objectifs spécifiques

PCB : Biphényles Poly-Chlorés

PMPS : Planification et Management des Programmes de Santé

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

SCB : Secrétaire de la Convention de Bâle

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

USTTB : Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako

Résumé

Introduction : Les déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E) à travers leurs effets toxiques constituent une menace environnementale pour l'humanité. En Afrique de l'Ouest en général et au Mali en particulier les activités liées aux D3E se font sans mesures de protection. L'objectif de cette étude était d'étudier le lien entre l'exposition professionnelle aux D3E et la survenue de réactions allergiques à Bamako (Mali) en 2021.

Méthodologie : A travers une étude transversale analytique, une analyse secondaire des données du projet « Evaluation des risques liés à la manipulation des D3E en Afrique de l'Ouest : une étude multi-pays » de la Chaire Ecosanté à Bamako (Mali) a été réalisée. L'étude a duré 04 mois et porté sur 159 manipulateurs de D3E. Les facteurs de risques ont été identifiés à partir d'une régression logistique en utilisant le logiciel SPSS version 25

Résultats : La prévalence de réactions allergiques chez les manipulateurs de D3E était de 60,9 % avec un $IC_{95\%} = [53,0; 68,6]$. Les manifestations allergiques étaient la toux (34,6%), l'irritation des yeux, du nez ou de la gorge (40,3%), l'essoufflement (15,4%) , l'éruption cutanée (13,1%), et les démangeaison (7,1%). Les réactions allergiques étaient associées positivement au retrait du revêtement des fils électriques, à l'ancienneté dans le démantèlement, à la participation à la récupération et à l'hygiène des mains.

Conclusion : Ces résultats pourront servir de base scientifique pour concevoir une intervention appropriée en matière de réduction de l'impact des D3E sur la santé des populations en général et de celle des manipulateurs de D3E en particulier.

Mots clés : Exposition professionnelle, réactions allergiques, D3E, Bamako.

Abstract

Introduction: Waste electrical and electronic equipment (WEEE), through its toxic effects, constitutes an environmental threat for humanity. In West Africa in general and in Mali in particular, activities related to WEEE are carried out without protective measures. The objective of this study was to investigate the link between occupational exposure to WEEE and the occurrence of allergic reactions in Bamako (Mali) in 2021.

Methodology: Through a cross-sectional analytical study, a secondary analysis of the data from the project "Evaluation of the risks related to the handling of WEEE in West Africa: a multi-country study" of the Ecohealth Chair in Bamako (Mali) was carried out. The study lasted 4 months and involved 159 WEEE handlers. The risk factors were identified from a logistic regression using SPSS version 25 software.

Results: The prevalence of allergic reactions in WEEE handlers was 60.9% with a 95% CI= [53.0; 68.6]. Allergic manifestations were cough (34.6%), eye, nose or throat irritation (40.3%), shortness of breath (15.4%), skin rash (13.1%), and itching (7.1%). Allergic reactions were positively associated with wire coating removal, seniority in dismantling, participation in recovery and hand hygiene.

Conclusion: These results may serve as a scientific basis for designing an appropriate intervention to reduce the impact of WEEE on the health of populations in general and of WEEE handlers in particular.

Key words: Occupational exposure, allergic reactions, WEEE, Bamako.

1 Introduction

La production de déchets électroniques se développe de façon exponentielle dans le monde. Ces déchets constituent l'une des nouvelles menaces environnementales attribuées aux progrès technologiques, à l'urbanisation, à l'industrialisation, à la croissance démographique et au développement économique. Le corollaire de ce processus de développement est la forte utilisation d'équipements électriques et électroniques qui sera suivi d'une forte production de déchets. Cette production accrue de volume d'e-déchets entraîne un problème croissant de pollution dans le monde de par leur composition (Kiddee et al., 2013). Les déchets électroniques deviennent alors une priorité dans le monde entier, du point de vue de la préservation de l'environnement et de l'utilisation des ressources (Baldé et al., 2017).

Les activités inhérentes à la gestion des e-déchets telles que le recyclage informel des D3E sont présentes dans tous les pays et incluent la collecte, le démantèlement manuel, le brûlage à ciel ouvert pour la récupération de métaux, ainsi que le déversement à ciel ouvert des fractions résiduelles constituant des risques pour la santé (Schluep et al., 2012).

À l'échelle mondiale, environ 60 millions de tonnes de déchets électroniques sont produites chaque année ; les résidents des États-Unis et du Royaume-Uni génèrent certains des taux les plus élevés au monde à raison de 30 kg et 22 kg par personne, respectivement (Patel and Balachandran, 2015).

Selon le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), environ 10 millions de tonnes de ces déchets sont produits par l'Union européenne et cela en raison de la rapidité avec laquelle la technologie évolue. La plupart des appareils électroniques n'ont qu'une durée de vie utile de 2 à 3 ans (Patel and Balachandran, 2015).

Sur 60 millions de tonnes de déchets électroniques produits dans le monde chaque année, environ 15 pour cent sont recyclés principalement dans les pays en développement faisant de ces villes des réceptacles pour les déchets électroniques mis au rebut dans les pays du Nord. L'industrie qui a émergé autour du recyclage des déchets électroniques est à l'origine de nombreux problèmes sanitaires importants (Daum et al., 2017).

En 2016, l'Asie a généré la plus grande quantité de déchets électroniques (18,2 tonnes métriques), suivie par l'Europe (12,3 MT), les Amériques (11,3 MT), l'Afrique (2,2 MT) et l'Océanie (0,7 MT) (Baldé et al., 2017). Environ 80% des déchets électroniques générés dans le monde sont recyclés dans des environnements informels dans des pays en développement tels que le Nigeria, le Ghana, la Chine et l'Inde (Perkins et al., 2014). Les conséquences de

cette production accrue de déchets électroniques sont l'apparition de problèmes respiratoires, de troubles cutanés, de lésions cérébrales aiguës, d'accidents vasculaires cérébraux, d'asthme, de la toux, de bronchopathies, d'insuffisance respiratoire et de l'élévation de la pression artérielle (Grant et al., 2013).

Les manifestations allergiques sont en constante évolution dans le monde. Elles constituent l'une des maladies professionnelles les plus fréquentes dans le monde. Selon l'OMS d'ici 2050 plus de la moitié de la population mondiale fera une allergie toute cause confondue (Institut Pasteur, 2017). Elles sont dues à un dérèglement du système immunitaire qui réagit à des substances de notre environnement, nommées allergènes. Ces substances peuvent être dans l'air, dans notre nourriture, dans le venin d'insectes, dans des médicaments, ou dans des objets que nous touchons. Les allergies peuvent avoir des manifestations cutanées, respiratoires ou généralisées (Institut Pasteur, 2017). Les professions liées à la manipulation de métaux peuvent être à l'origine de problèmes de santé surtout des problèmes d'allergie.

Au Mali, le bilan de hôpital dermatologique de Bamako portant sur les activités de janvier 2015 à décembre 2019 a révélé une fréquence de 15.4% d'allergies cutanées (AA, 2020) et une autre étude portant sur les facteurs de sévérité de la rhinite allergique, une fréquence de (10,49%) de rhinites allergiques (Sidibé et al., 2020).

En Afrique de l'ouest, peu d'études ont été conduites pour étudier l'impact des produits chimiques toxiques contenus dans les D3E sur la santé et de l'environnement et en particulier sur la survenue de réactions allergiques chez les professionnelles évoluant dans le domaine des D3E. Le domaine des D3E est en plein essor dans le monde et les manipulateurs de D3E n'utilisent pratiquement pas de mesure de protection lors des différentes activités liées aux D3E. Nous avons choisi d'explorer le domaine des D3E afin de déterminer la fréquence des réactions allergiques et les facteurs associés à leur survenue au sein de cette catégorie de travailleur à Bamako au Mali pour contribuer à la réduction de l'impact des D3E sur la santé des populations.

2 Objectifs de la recherche :

2.1 L'objectif général

Evaluer l'exposition professionnelle des manipulateurs de D3E et la survenue de réactions allergiques à Bamako.

2.2 Les objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques de cette étude consistent à :

- Identifier les profils sociodémographiques des manipulateurs de D3E.
- Décrire les problèmes allergiques chez les manipulateurs de D3E dans le secteur informel à Bamako.
- Déterminer les facteurs associés à la survenue de réactions allergiques chez les manipulateurs de D3E dans le secteur informel à Bamako

3 Question de recherche :

Nous prendrons ici comme question de recherche:

L'exposition professionnelle aux D3E est-elle associée à la survenue de réactions allergiques à Bamako ?

4 Hypothèse de recherche :

L'exposition professionnelle aux D3E est responsable de la survenue de réactions allergiques à Bamako.

5 Revue critique de la littérature :

5.1 Termes techniques

Il existe plusieurs définitions des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE).

Déchets électroniques

En 2015, à la Conférence des Parties à la Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontaliers de déchets dangereux et de leur élimination, les déchets électroniques se définissent comme suit: «Equipements électriques ou électroniques constituant des déchets, y compris tous les composants, sous-ensembles et produits consommables qui en faisaient partie intégrante au moment de leur mise au rebut » (Organisation internationale du travail, 2019).

Selon Puckett et al. (2002) les déchets électroniques constituent « une gamme large et croissante d'appareils électroniques allant des gros appareils ménagers tels que les réfrigérateurs, les climatiseurs, les téléphones portables, les chaînes stéréo et les appareils électroniques grand public aux ordinateurs qui ont été mis au rebut par leurs utilisateurs » (Puckett et al., 2002).

La résolution Initiative relative au problème des déchets électroniques (StEP), définit les déchets électroniques et électriques (e-déchets), également appelés déchets d'équipements électriques et électroniques, comme tout « équipement en fin de vie qui a besoin de courants électriques ou de champs électromagnétiques pour son fonctionnement correct » (Baldé et al., 2017). Le terme « E-déchets est un terme utilisé pour couvrir tous les types d'équipements électriques et électroniques (EEE) et leurs pièces qui ont été jetés par le propriétaire en tant que déchets sans intention de réutilisation» (StEP Initiative, 2014).

Les déchets électroniques et électriques (e-déchets), également visés comme déchets d'équipements électriques et électroniques, sont définis comme « tous les équipements en fin de vie qui sont courants électriques ou champs électromagnétiques dépendant pour leur fonctionnement correct » (Grant et al., 2013).

Les déchets électroniques ne sont pas dangereux s'ils sont stockés dans un endroit sûr ou recyclés par des méthodes scientifiques ou transportés d'un endroit à l'autre en partie ou en totalité dans le secteur formel (Subburaman and Tamilnadu, 2010).

Réaction allergique

On entend par réaction allergique, la réponse anormale de notre système immunitaire au contact d'un allergène. Elle peut concerner plusieurs systèmes tels que le système cutané,

respiratoire, cardio-vasculaire et gastro-intestinal et se manifester de diverses manières (Croguennec et al., 2012; Sánchez-Borges et al., 2019).

Recyclage

Le recyclage est une série d'activités par lesquelles les matériaux mis au rebut sont collectés, triés, traités et utilisés dans la production de nouveaux produits (Gupta, 2011).

Le recyclage des D3E peut être effectué de façon formelle ou informelle. Les centres formels de recyclage des déchets électroniques utilisent des équipements spécialement conçus pour trier les matériaux récupérables des appareils électroniques désuets et protègent ainsi les travailleurs contre les effets néfastes sur la santé. Cependant, ces équipements sont très coûteux et sont moins courants dans les pays sous-développés (Grant et al., 2013). À l'inverse, le recyclage informel des D3E utilise des méthodes primitives telles que le démantèlement manuel, la combustion à l'air libre des câbles pour récupérer le cuivre, puis l'élimination des matériaux non récupérables sur les sites. Ces méthodes conduisent à la libération de métaux lourds tels que le mercure, le plomb, et le nickel, et les composés organiques tels que les retardateurs de flamme et les biphényles polychlorés dans l'environnement et sont potentiellement nuisible à la santé des travailleurs et des communautés (Frimpong, 2018).

Le recyclage informel des D3E permet d'en extraire des métaux de valeur, soit par brûlage à l'air libre, chauffage ou lixiviation à l'acide (à l'aide de sel de cyanure, d'acide nitrique ou de mercure). Ces procédés peuvent exposer les enfants et les travailleurs au plomb, au mercure, au cadmium et à d'autres sous-produits de la transformation des plastiques et des métaux (Grant et al., 2013).

Selon l'OMS, Seuls 17,4% des D3E produits en 2019 dans le monde ont atteint les systèmes formels de gestion ou de recyclage. Le reste a été éliminé dans des décharges illégales, au niveau national ou international, ou a été recyclé par des travailleurs informels. L'augmentation croissante de ce flux de déchets est attribuée aux habitudes des consommateurs dans certains pays développés, où le téléphone portable moyen est généralement remplacé tous les deux ans (World Health Organization, 2021).

5.2 Sources de production des déchets électroniques

Les déchets électroniques sont soit générés en interne, soit importés d'autres pays, cependant, les principales sources d'e-déchets sont; les déchets de produits électroniques des ménages tels que les réfrigérateurs, les fers à repasser électriques, ventilateurs, téléviseurs, aspirateurs, , chauffe-eau, etc. (Aborele et al., 2015).

5.3 Composition des déchets électroniques

Les déchets électroniques contenant des éléments tels que le cadmium, plomb, arsenic, mercure, sélénium, chrome hexa-valent, zinc, cuivre, manganèse et retardateurs de flamme qui au-delà du niveau admissible dans les déchets électroniques peuvent être classés comme déchets dangereux (Ofudje et al., 2015).

Presque tous les appareils électroniques contiennent du plomb et de l'étain (sous forme de soudure) et du cuivre (sous forme de fil et de circuit imprimé), bien que l'utilisation de la soudure sans plomb se répande maintenant rapidement (Patel and Balachandran, 2015).

Tableau I : Composition des D3E et les manifestations allergiques liées aux polluants constitutifs

Eléments	Occurrence dans les D3E	Manifestions allergiques
Antimoine	Téléphone portable (Mmerekı et al., 2016) , Opacifiant pour verres (Crépy, 2010)	Lésions eczéma (Crépy, 2010) ,Irritation des yeux, peau, poumons, et du cœur (Patel and Balachandran, 2015)
Arsenic	Fours (Crepy, 2013), Industrie du verre (Crépy, 2010), les circuits imprimés (Mmerekı et al., 2016)	Dermatite de contact allergique (Crépy, 2010)
Cadmium	Batteries (Balakrishnan Ramesh Babu et al., 2007; Crepy, 2013; Crépy, 2010; Grant et al., 2013) , piles (Gupta, 2011), circuits imprimés, tubes cathodiques(Balakrishnan Ramesh Babu et al., 2007; Grant et al., 2013; Mmerekı et al., 2016) ,verrerie (Crépy, 2010), téléphones portables , détecteurs infrarouges, puces à semi-conducteurs , commutateurs , connecteurs , puces à semi-conducteurs (Balakrishnan Ramesh Babu et al., 2007; Grant et al., 2013).	Asthme, troubles gastro-intestinaux, dermite de contact, asthme, bronchopneumopathies obstructives chroniques (BCPO), emphysème (Betty et al., 2001)
Chrome	Les circuits imprimés (Mmerekı et al., 2016) , téléviseur (Crepy, 2013).	Dermatite de contact allergique (Crepy, 2013),allergie respiratoire (DUPAS, 2009), Réactions allergiques, irritations nasales (Patel and Balachandran, 2015)
Cobalt	L'industrie du verre, (DUPAS, 2010),, téléphone portable (Mmerekı et al., 2016).	Allergie, et irritation du tractus respiratoire avec toux productrice (Betty et al., 2001), allergie cutanées (Betty et al., 2001) ; Rhinite (DUPAS, 2010), vomissements et nausées, problèmes de vision (Patel and Balachandran, 2015), Problèmes cardiaques (Betty et al., 2001; DUPAS, 2010; Patel and Balachandran, 2015), asthme (DUPAS, 2010; Patel and Balachandran, 2015)
Cuivre	Téléphone portable et tubes à rayons cathodiques (Mmerekı et al.,	Cardiovasculaires et gastro-intestinaux (Ofudje et al., 2015)

Eléments	Occurrence dans les D3E	Manifestions allergiques
	2016) fils et câbles (Aborele et al., 2015; Ofudje et al., 2015) culasses CRT (Aborele et al., 2015) ,	
Etain	Les circuits imprimés, téléphone portable (Mmereki et al., 2016) , soudure (Crépy, 2010)	Irritant cutané, eczéma de contact allergique (Crépy, 2010), irritations oculaires et cutanées, maux de tête, maux d'estomac (Patel and Balachandran, 2015)
Fibre de verre	Circuits imprimés (Crepy, 2013)	Démangeaison, dermatite de contact d'irritation (Crepy, 2013)
Mercur	Circuits imprimés (Crepy, 2013; Crépy, 2010) ,piles (Aborele et al., 2015; Crépy, 2010), batteries (Balakrishnan Ramesh Babu et al., 2007),thermomètre (Crépy, 2010), les climatiseurs et les réfrigérateurs (Aborele et al., 2015) ,thermostats (Balakrishnan Ramesh Babu et al., 2007; Grant et al., 2013),téléphones portables (Balakrishnan Ramesh Babu et al., 2007) , lampes à cathode froide (Crépy, 2010; Grant et al., 2013) , les capteurs (Balakrishnan Ramesh Babu et al., 2007; Grant et al., 2013) ,commutateur (Balakrishnan Ramesh Babu et al., 2007), moniteurs (Grant et al., 2013)	Pas de réaction allergique dans la littérature
Nickel	Batteries (Betty et al., 2001), Piles (Grant et al., 2013)	Troubles cardiaques (Patel and Balachandran, 2015), les allergies de la peau, rhinites et asthmes (Betty et al., 2001; Crepy, 2013),Œdème pulmonaire (Betty et al., 2001)
Zinc	Tubes à rayons cathodiques (Grant et al., 2013; Mmereki et al., 2016)	Vomissements, Irritations cutanées, crampes d'estomac (Patel and Balachandran, 2015)
Résine d'époxy	Semi-conducteurs et circuit imprimé (Crepy, 2013)	Dermatite de contact allergique (Crepy, 2013)
Résine	Circuits imprimés, disque dur d'ordinateur, bobine électrique pour	Conjonctivite, dermatite de contact allergique (Crepy, 2013)

Eléments	Occurrence dans les D3E	Manifestions allergiques
polyacrylique	écran de télé (Crepy, 2013)	
Colophane de flux de soudure	Soudure	Dermatite de contact allergique, asthme, urticaire (Crepy, 2013)
Plomb	Les circuits imprimés (Balakrishnan Ramesh Babu et al., 2007; Grant et al., 2013; Mmereki et al., 2016), Batteries (Crépy, 2010; Grant et al., 2013) tubes à rayons cathodiques (Grant et al., 2013; Gupta, 2011; Mmereki et al., 2016) , Ampoules (Grant et al., 2013) , accumulateur (Crépy, 2010).	Pas de réaction allergique dans la littérature

5.4 Aspects socioéconomiques du secteur des déchets électroniques

Des études menées au Bénin, au Mali et au Sénégal par Diop et Thioune en 2014, montrent, la contribution des D3E à l'élargissement des opportunités des acteurs du secteur informel dans ces différents pays, faisant ainsi de ce secteur, un secteur d'économie. Les activités liées au recyclage des D3E génèrent des revenus nets journaliers moyens compris entre 5000 FCFA et 20000 FCFA (Diop, 2014).

5.5 Le système de gestion des déchets électroniques

Il comporte la collecte, le démantèlement manuel, l'incinération à ciel ouvert pour la récupération des métaux et le déversement à ciel ouvert des résidus. Les émissions provenant des activités de informelles ont un impact sur la santé humaine et l'environnement (SCB, 2012).

Les Conventions de Bâle et de Bamako qui sont censés cadrer. Le système de gestion souffrent de non application (Daum et al., 2017). La plupart des participants à ce système de gestion des e-déchets, motivés par les bénéfices du recyclage des e-déchets, ne sont pas conscients de la pollution de l'environnement et des risques pour la santé des populations causés par les déchets électroniques (Aborele et al., 2015).

5.6 Impact des pratiques de recyclage sur la santé humaine et l'environnement

Les déchets électroniques contiennent plus de 1000 substances différentes, dont beaucoup sont toxiques, telles que le plomb, le mercure, l'arsenic, le cadmium, le sélénium, le chrome hexa-valent et les retardateurs de flamme qui créent des émissions de dioxines lorsqu'ils sont brûlés (SCB, 2012; Organisation mondiale de la Santé, 2021).

Ces produits toxiques contenus dans les D3E peuvent polluer l'air, la poussière, l'eau et la terre, et peuvent se volatiliser à partir d'un sol contaminé. Les travailleurs inhalent et ingèrent des poussières dangereuses. Ils peuvent ramener des poussières chargées de toxiques au sein de leur communauté et de leur famille par la peau, leurs chaussures et leurs vêtements (Grant et al., 2013).

La transformation des e-déchets est source d'émission de métaux lourds qui par inhalation, ingestion, voie transplacentaire ou par voie percutanée, peuvent intégrer l'organisme des êtres vivants responsable ainsi de toxicité aigüe ou chronique selon la dangerosité du polluant, du mode de transfert ou du type de contamination et des sujets cibles. (Diop, 2014; Organisation mondiale de la Santé, 2021)

Certains des composants de déchets électroniques tels que le chrome l'antimoine le bismuth le cobalt le nickel peuvent causer des réactions allergiques (Grant et al., 2013; Patel and Balachandran, 2015; Organisation mondiale de la Santé, 2021;).

Les nombreuses sources de D3E contenant des toxiques mettent les enfants et leur famille en danger dans les communautés proches des sites informels de déchets d'équipements électriques et électroniques. Divers polluants atmosphériques provenant de la combustion des D3E se déposent également sous forme de résidus sur les cultures, les aliments vendus sur les marchés et d'autres surfaces (World Health Organization, 2021).

❖ **Impacts sur l'environnement**

La pollution de l'environnement par les sites de recyclage des D3E constituent un défi naissant dans les pays en développement. Plusieurs études chinoises fournissent des preuves suggérant que les méthodes de recyclage élémentaires, ont des impacts négatifs sur l'environnement, y compris des sols et des eaux de surface contaminés (Frimpong, 2018).

Le stockage des déchets pollue les sols, les sous-sols, l'air et l'eau et rend impropre à la consommation des aliments issus de la chaîne alimentaire. L'atteinte à l'environnement s'avère nocive lors des phases de démantèlement, de récupération et d'élimination finale des matériaux dangereux car les substances toxiques sont directement déchargées dans les sols. Le brûlage des fils électriques contribue à polluer l'air ambiant et à former des amas des cendres polluantes. Les combustibles (pneus, mousses isolantes) polluants toxiques des sites d'incinération par le rejet de substance qui appauvrissent la couche d'ozone et qui contribue à produire des gaz à effet de serre dans l'atmosphère (Schluep et al., 2012).

Les méthodes de recyclage rudimentaires sont en général dépourvues de mesures de sécurité et d'équipements de protection individuelle. Des mélanges dangereux de substances toxiques contenues dans les déchets d'équipements électriques et électroniques circulent sous diverses formes dans la nature. Il se produit une grave contamination environnementale et des risques pour la santé humaine associés aux sites de D3E. Le démantèlement, le chauffage et le brûlage à l'air libre émettent des particules en suspension dans l'air, et entraînent la lixiviation de sous-produits dans le sol et les sources d'eau. Parmi les substances chimiques rejetées nocives, pour la santé des enfants, figurent les métaux lourds, les dioxines, les furannes, les biphényles polychlorés (BPC), les composés bromés et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (World Health Organization, 2021).

Les activités de recyclage informelles des D3E créent la possibilité d'une contamination de l'environnement à la chaîne alimentaire, puisque les contaminants peuvent être stockés dans les terres pastorales et ingérés par le bétail au pâturage (Frimpong, 2018).

❖ **Impacts sur la santé humaine**

La santé de la population est mise à rude épreuve. Les travailleurs ne disposent pas de protection adéquate lorsqu'ils sont en contact direct avec les produits chimiques. Ils inhalent de la poussière ce qui porte atteinte à leur système respiratoire (toux, infection, suffocation, allergie, asthme) et ils contiennent des irritants oculaires. Leur peau est fortement endommagée (Lundgren, 2012). Ils sont exposés à des métaux lourds qui sont cancérigènes (plomb, mercure, cadmium) et qui endommagent le système nerveux, sanguin, reproductif, respiratoire, les reins et les os (Diop, 2014).

Les polluants provenant des activités liées aux D3E ont un impact négatif sur la santé écologique et exposent à la fois les travailleurs et les populations résidentielles voisines aux produits chimiques toxiques par inhalation, ingestion d'aliments contaminés et par contact cutané. Ces substances toxiques, une fois absorbées, se déposent dans les tissus adipeux, entraînant leur bioaccumulation et chargeant le corps de substances toxiques persistantes.

Des études scientifiques ont établi une association entre l'exposition aux particules et diverses problèmes de santé tels que l'asthme, l'insuffisance respiratoire, l'irritation des voies respiratoires, la toux chronique, la difficulté à respirer, les crises cardiaques non mortelles, les battements cardiaques irréguliers. Les effets toxiques associés aux déchets électroniques peuvent s'aggraver tout au long de la vie d'un individu et ou se répercuter d'une génération à l'autre (Frimpong, 2018).

Les travailleurs du secteur des D3E et leur famille sont exposés aux produits toxiques contenus dans les D3E par de multiples voies, y compris l'ingestion d'aliments, d'eau, de terre et de poussière, l'inhalation de gaz aérosol et de particules et l'exposition cutanée (World Health Organization, 2021).

Les enfants, adolescents, femmes enceintes et fœtus sont les plus exposés. Les enfants courent un risque important en raison de leurs organes et systèmes immunitaires qui sont encore en développement. Ils absorbent plus de polluants parce qu'ils respirent plus rapidement et ingèrent plus de nourriture et d'eau que les adultes. Comparé aux adultes, ils métabolisent et éliminent moins bien les substances toxiques de leur corps. Les petits enfants font plus de temps sur le sol, à ramper et à jouer dans la poussière ou la saleté. Ils aiment

porter leurs mains ou des objets à la bouche, beaucoup plus que les adultes, ce qui accroît leur ingestion de poussière ou de terre contaminée (World Health Organization, 2021).

❖ **Les impacts socioéconomiques**

L'industrie du recyclage contribue à créer de l'emploi et permet d'assurer un revenu domestique à plus de 30 000 personnes au Ghana (Schluep et al., 2012). Les activités de gestion des déchets électroniques du Ghana génèrent entre 105 et 268 millions de dollars US par an et soutiennent les moyens de subsistance d'au moins 200 000 personnes dans tout le pays (Daum et al., 2017). Le secteur des déchets et du recyclage représente 12 milliards de livres sterling par an pour l'économie britannique. Elle emploie 200 000 personnes et croît au rythme de 3 à 4 % par an (Poole and Basu, 2017).

Selon l'OMS, « d'ici 2030, l'emploi mondial dans la gestion des déchets devrait augmenter de 70%, soit 45 millions d'emplois supplémentaires ». Ce flux grandissant de déchets contient des matériaux précieux tels que l'or, l'argent, le cuivre, le cobalt, le palladium et le platine, ainsi que des matériaux plus volumineux tels que le fer et l'aluminium. La récupération de D3E dans le secteur informel sur les décharges sauvages est devenue une source de revenus courante pour les communautés à faibles revenus vivant dans les alentours (World Health Organization, 2021).

5.7 Cadre législatif et réglementaire

La constitution du 25 février 1992, qui est la loi fondamentale du pays, consacre cette volonté en son article 15 en disposant que : « Toute personne a droit à un environnement sain, la protection, la défense de l'environnement et la promotion de la qualité de vie sont un devoir pour tous et pour l'État ». Cette volonté politique est bien exprimée par la création du Ministère de l'Environnement et de l'Assainissement. Le Mali est partie prenante à presque toutes les initiatives internationales en matière de protection de l'environnement. Par ordonnance N° 98-027/P-RM du 25 Août 1998 est créé un service central dénommé Direction nationale de l'Assainissement et du Contrôle des Pollutions et Nuisances. Ce département technique qui a pour mission l'élaboration des éléments de la politique nationale en matière d'assainissement et du contrôle des pollutions et nuisances et d'en assurer l'exécution (Schluep et al., 2012).



Figure 1 : Tri des câbles précédant la récupération du cuivre (SCB, 2012).



Figure 2 : L'incinération des câbles, ainsi que des boîtiers de moniteurs et de téléviseurs occasionne de fortes émissions de substances nocives (SCB, 2012).

6 Méthodologie

6.1 Cadre d'étude

La capitale économique du Mali, Bamako, a servi de lieu pour la réalisation de cette étude. Le Mali, pays continental sans accès sur la mer, situé à l'ouest du continent africain, a une superficie de 1 241 000 km², une population de 14.790.492 habitants, et une densité de population de 7,9 habitants au km². Son taux d'accroissement naturel est de 3,5 % et dont le moyen est de 2,2 %. La situation sociale du Mali connaît d'importants taux d'insatisfaction, en matière d'accès à une alimentation décente (44,9%), à l'eau potable (51,7%), à une éducation souhaitée (51,1%) et aux soins de santé (63,8%) (Maiga and Yattara, 2019). L'économie du pays est caractérisée, entre autres, par une croissance instable avec un taux alternant des hausses et des baisses d'une période à l'autre. L'apport du secteur informel dans les activités commerciales et économiques du pays est très important. Située sur les rives du fleuve Niger, dans le sud-ouest du Mali en Afrique occidentale, la ville de Bamako s'étend d'ouest en est sur 22 km et du nord au sud sur 12 km, pour une superficie de 267 km², avec une population de 3 007 122 habitants. L'actuelle forte croissance démographique de Bamako s'explique par le flux de la population migrante majoritairement jeune en provenance des autres régions du pays. Le Mali est dépendant des pays développés pour l'acquisition de matériels électroniques et informatiques et Bamako reste le site principal de grandes quantités non contrôlées de D3E contenant des substances dangereuses pour l'environnement et les acteurs (Maiga and Yattara, 2019).

Les Quartiers du district de Bamako en 2016

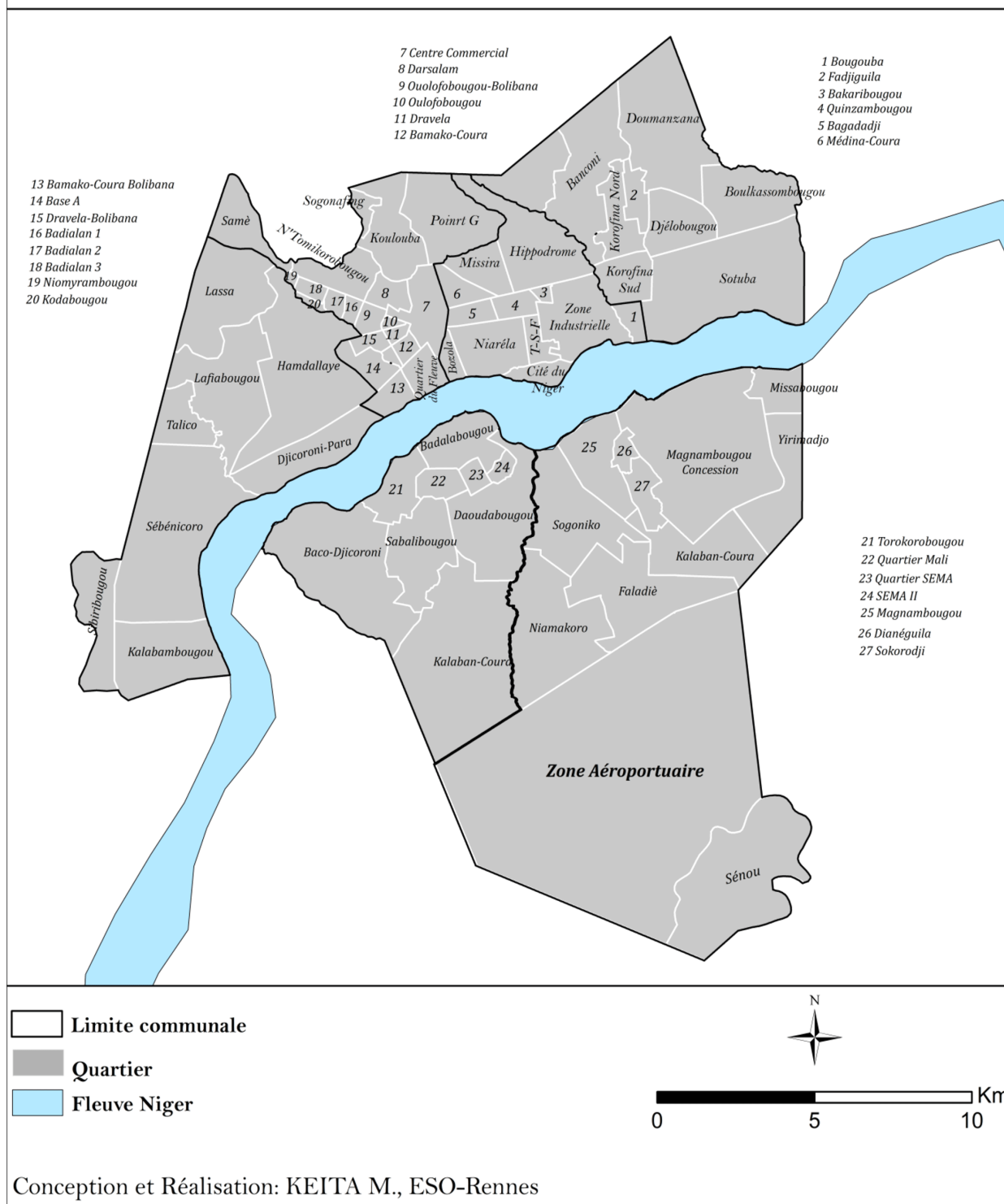


Figure 3 : Quartiers de Bamako (Keïta, 2018)

6.2 Type d'étude

Il s'agissait d'une étude transversale analytique à collecte rétrospective .

Elle a porté sur les données d'une étude menée à Bamako du 1^{er} juillet au 31 décembre 2019 au compte du « Projet évaluation des risques liés à la manipulation des D3E en Afrique de l'Ouest cas du Mali » et qui concernait 159 manipulateurs de D3E.

6.3 Période d'étude

Cette étude portant sur l'analyse secondaire de données s'est déroulée de la période du 1^{er} Mai 2021 au 31 Août 2021 soit une durée totale de quatre (04) mois.

6.4 Population d'étude

La population d'étude était constituée par les trois catégories d'acteurs du circuit informel contenues dans la base de données de l'enquête, à savoir : les récupérateurs, les réparateurs et les recycleurs.

6.4.1 Critères d'inclusion

Etre manipulateur de déchets d'équipements électriques et électroniques enregistré dans la base de données du projet.

6.4.2 Critères de non inclusion

Les manipulateurs enregistrés avec des données incomplètes.

6.5 Echantillonnage

Un échantillonnage de commodité a été réalisé et toutes les unités statistiques de la base de données de l'enquête ont été incluses dans l'étude. Au total, 159 manipulateurs de D3E ont été retenus dont 63 récupérateurs, 66 réparateurs et 30 recycleurs.

6.6 Définitions opérationnelles

- Une réaction allergique se définissait par la présence d'au moins une des manifestations allergiques suivantes : éruption cutanée, démangeaison dans l'anus, toux, essoufflement et irritation des yeux, du nez ou de la gorge sans contexte infectieux.
- Eruption, Toute éruption vésiculeuse ou papuleuse chez un manipulateur de D3E sans contexte infectieux.
- Démangeaison : Prurit local ou généralisé chez un manipulateur de D3E
- Toux : Toute manifestation de toux sans contexte infectieux chez un manipulateur de D3E

- Essoufflement : Apparition d'un gêne respiratoire sans contexte infectieux chez un manipulateur de D3E.
- Irritation des yeux, du nez ou de la gorge : inflammation de la muqueuse conjonctivale, de la muqueuse nasale ou de la gorge caractérisée par une rougeur et sécrétion des muqueuses sans contexte infectieux chez un manipulateur de D3E.

6.7 Collecte des données

Les données étaient déjà disponibles sur une base SPSS au compte du projet « Evaluation des risques liés à la manipulation des D3E en Afrique de l'Ouest : une étude multi-pays. » de la Chaire Ecosanté

6.8 Traitement et analyse des données

6.8.1 Les variables

La variable dépendante : réaction allergique

Les variables dépendantes :

- Les variables sociodémographiques
 - Age,
 - Sexe,
 - Etat civil,
 - Niveau d'étude,
 - Catégorie de manipulateur de D3E,
- Disposition de vie
 - Habitation sur le site,
 - Prise de repas au site de travail
- Les variables liées à la participation aux activités sur les D3E :
 - Participation à la réparation
 - Participation à la collecte
 - Participation à retrait
 - Participation à démontage
 - Participation à brulage
 - Participation à l'achat ou commerce
- Variables liées au lavage des mains moments cruciaux :

- Lavage des mains avant le manger
- Lavage des mains au savon avant le manger
- Lavage des mains après défécation
- Lavage des mains au savon après défécation
- Variables liées au port d'équipement de protection :
 - Port d'équipement de protection
 - Port de bouchons d'oreille ou cache-oreilles
 - Port de gants
 - Port de de pantalon long
 - Port de respirateur
 - Port de masques faciaux
 - Port de bottes en caoutchouc
- La variable liée à la participation aux activités sur les D3E au cours du mois précédant l'enquête
- Les variables liées à l'ancienneté dans les différentes tâches liées aux D3E :
 - Ancienneté dans la réparation
 - Ancienneté dans la collecte
 - Ancienneté dans le démantèlement
 - Ancienneté dans fonte batterie
 - Ancienneté dans le brulage
 - Ancienneté dans le brulage fil
 - Ancienneté dans collecte de cendre
 - Ancienneté dans achat ou vente
 - Ancienneté dans le tri
- Variable liée à la consommation de cigarettes :
 - Consommation d'au moins 100 cigarettes dans la vie
 - consommation actuelle de cigarettes

6.8.2 Analyse des données

Les données ont été exploitées à partir de la base de données du projet sur le logiciel SPSS Statistics d'IBM version 25 et l'analyse a été faite en fonction des objectifs spécifiques de la recherche. Elles ont été décrites à l'aide de fréquences. Des tests de Chi-carré de Pearson ont été utilisés pour tester les différences de proportions. Des analyses de régression logistique

(non ajustées et ajustées) ont été utilisées pour évaluer les prédicteurs de réaction allergique. Les variables indépendantes qui avaient une p-value < 20% à l'univariée étaient retenues dans la régression multivariée.

Les odds-ratio (OR) et leur intervalle de confiance (IC) à 95% (IC_{95%}) ont été présentés. Un seuil de significativité $p < 0,05$ a été fixé pour toutes les analyses statistiques. Nous avons adopté une stratégie de régression pas à pas descendant ; nous avons vérifié l'adéquation du modèle final en utilisant le test de Hosmer-Lemesho.

7 Considérations éthiques

Il s'agissait d'une étude à collecte de données rétrospective, et nous avons travaillé sur la base de données d'une étude menée à Bamako du 1^{er} juillet au 31 décembre 2019 au compte du « Projet évaluation des risques liés à la manipulation des D3E en Afrique de l'Ouest cas du Mali » il n'y a pas eu collecte d'informations sur les personnes physiques ni de diffusion d'informations en contradiction aux règles d'éthique.

8 Résultats

8.1 Description des participants

8.1.1 Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés

Dans notre étude, la description des caractéristiques sociodémographiques des 159 enquêtés, (tableau II) montre que : la majorité des participants était réparateur (41,8 %) ; presque la totalité des cibles était des hommes (89,0%) ; plus de la moitié était mariés (68,3 %) ; plus de la moitié des enquêtés avait déclaré ne pas avoir fréquenté (73,7 %) ; la plupart des enquêtés avait 19 ans et plus (95,7 %).

Tableau II : Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés

Variables d'intérêt	Fréquence	Pourcentage (%)
Catégorie		
Réparateur	66	41,8
Récupérateur	63	39,5
Recycleur	30	18,7
Sexe		
Femme	18	11
Homme	141	89
Niveau d'éducation		
Non	117	73,7
Oui	42	26,3
Marié		
Non	50	31,7
Oui	109	68,3
Groupe d'âge		
Moins de 19 ans	7	4,3
19 ans et plus	148	95,7

8.1.2 Disposition de vie des manipulateurs de D3E

Dans notre étude, presque la totalité des enquêtés vivait hors du site de travail (94,5%) ; la majorité des enquêtés prenait le repas sur le site de travail (85,2%) (Tableau III)

Tableau III : Disposition de vie des manipulateurs de D3E

Variables d'intérêt	Fréquence	Pourcentage (%)
Habitation sur site		
Non	150	94,5
Oui	9	5,5
Prise de repas sur le site de travail		
Non	23	14,8
Oui	136	85,2

8.1.3 Utilisation des moyens de sécurité par les manipulateurs de D3E

Au sein des enquêtés, l'utilisation des moyens de sécurité par les manipulateurs était par ordre de fréquence de (74,2%) pour ceux qui n'utilisaient aucun équipement de protection, (20,3%) pour ceux qui les utilisaient faiblement, et de (5,4%) pour ceux utilisaient une protection élevés. Les moyens de protection les plus utilisés étaient le port de pantalon long (44,3%), le port de bottes ou chaussures à semelles en caoutchouc (45,4%), et l'utilisation de masques anti-poussière ou respirateur (54,3%) le port de lunettes de sécurité ou autres protections oculaires (36,5%) les gants (21,9%) (Tableau IV).

Tableau IV : Fréquence d'utilisation de vêtements ou d'équipement de protection

Variables d'intérêt	Fréquence	Pourcentage (%)
Port de pantalon long		
Oui	20	44,3
Non	25	55,7
Port de bouchon d'oreille		
Oui	8	18,4
Non	36	81,6
Port de gant		
Oui	10	21,9
Non	34	78,1
Port de bottes en caoutchouc		
Oui	20	45,4
Non	24	54,6
Port de masques faciaux		
Oui	16	36,5
Non	28	63,5
Respirateur		
Oui	24	54,3
Non	20	45,7
Protection		
Nulle	118	74,2
Faible	32	20,3
Forte	9	5,4

8.1.4 Consommation de cigarettes chez les enquêtés

Au sein des enquêtés, 21,6% ont déclaré avoir fumé au moins 100 cigarettes au cours de leur vie ce qui équivaut à 5 paquets et parmi ceux-ci, 39,6% ont déclaré fumer les cigarettes au moment de l'enquête (Tableau V)

Tableau V : Fréquence de la consommation de cigarettes chez les enquêtés

Variables d'intérêt	Fréquence	Pourcentage (%)
Consommation d'au moins 100 cigarettes dans la vie		
Oui	34	21,6
Non	125	78,4
Consommation actuelle de cigarettes		
Oui	14	39,6
Non	21	60,4

8.1.5 Hygiène des mains aux moments cruciaux

Pour ce qui concerne l'hygiène des mains aux moments cruciaux (Tableau VI), la majorité des enquêtés a affirmé, toujours se laver les mains avant de manger (94,3%). Parmi ceux-ci, (89,4%) ont affirmé se laver les mains avec du savon. Quant au lavage des mains après défécation (85,6%) ont déclaré le faire.

Tableau VI : Lavage des mains aux moments cruciaux

Variables d'intérêt	Fréquence	Pourcentage (%)
Lavage des mains avant de manger		
Non	9	5,7
Oui	150	94,3
Lavage des mains au savon avant de manger		
Non	17	10,6
Oui	142	89,4
Lavage des mains après défécation		
Non	23	14,4
Oui	136	85,6
Lavage des mains au savon après défécation		
Non	27	16,7
Oui	132	83,3

8.2 Description des problèmes allergiques chez les manipulateurs de D3E dans le secteur informel à Bamako.

8.2.1 Description des manifestations allergiques chez les manipulateurs de D3E

Parmi les enquêtés (Tableau VII), les manifestations allergiques étaient la toux (34,6%), l'irritation des yeux, du nez ou de la gorge (40,3%), l'essoufflement (15,4%), l'éruption cutanée (13,1%), la démangeaison à l'anus (7,1%). Une réaction allergique a été notée chez (60,9%) des manipulateurs de D3E.

Tableau VII : Fréquence des manifestations allergiques chez les manipulateurs de D3E

Variables d'intérêt	Fréquence	Pourcentage	IC _{95%}	
Eruption				
Non	138	86,9		
Oui	21	13,1		
Démangeaison				
Non	148	92,9		
Oui	11	7,1		
Toux				
Non	104	65,4		
Oui	55	34,6		
Essoufflement				
Non	134	84,6		
Oui	25	15,4		
Irritation				
Non	95	59,7		
Oui	64	40,3		
Réaction allergique				
Non	62	39,1		
Oui	97	60,9	[53,0; 68,6]	

8.2.2 Activités liées au D3E

Pour ce qui concerne les activités liées au D3E les plus réalisées au cours du mois précédent l'enquête, les tâches les plus effectuées ont été la réparation de D3E (41,2%), la collecte de D3E (26,0%) et l'achat-vente de D3E (22,7%) (Tableau VIII).

Tableau VIII : Activités liées au D3E les plus réalisées au cours du mois passé

Activités liées au D3E	Fréquence	Pourcentage (%)
Réparer les D3E	65	41,2
Collecter des D3E	41	26,0
Faire le tri des D3E	1	0,5
Procéder au retrait du revêtement des fils des D3E	3	1,8
Démontage de l'équipement électronique	7	4,7
Brûlage de D3E	1	0,5
Achat ou commerce de D3E	36	22,7
Autre	2	1,1

8.2.3 Prévalence des manifestations allergiques au sein des catégories de manipulateurs de D3E

Parmi les enquêtés (Tableau IX), les réparateurs avaient fait plus de manifestations que les autres catégories de manipulateurs : éruption (57,1%), démangeaisons (54,5%), essoufflement (50,0%). Les récupérateurs avaient les plus grandes fréquences de toux (48,1%), d'irritation des yeux, du nez et de la gorge (51,6%). Une réaction allergique était notée plus fréquemment dans la catégorie des récupérateurs (45,4%) que dans les autres.

Tableau IX : Fréquence des manifestations et réactions allergiques chez les différentes catégories de manipulateurs de D3E

Manifestations et réactions allergiques	Catégorie					
	Réparateur		Récupérateur		Recycleur	
	n	%	n	%	n	%
Eruption						
Non	55	39,90%	56	40,60%	27	19,60%
Oui	12	57,10%	7	33,30%	2	9,50%
Démangeaison						
Non	60	40,80%	60	40,80%	27	18,40%
Oui	6	54,50%	3	27,30%	2	18,20%
Toux						
Non	45	43,30%	37	35,60%	22	21,20%
Oui	21	38,90%	26	48,10%	7	13,00%
Essoufflement						
Non	55	41,00%	53	39,60%	26	19,40%
Oui	12	50,00%	9	37,50%	3	12,50%
Irritation des yeux, nez ou gorge						
Non	45	47,40%	30	31,60%	20	21,10%
Oui	21	32,80%	33	51,60%	10	15,60%
Réaction allergique						
Non	28	45,20%	19	30,60%	15	24,20%
Oui	38	39,20%	44	45,40%	15	15,50%

8.3 Croisement entre réactions allergiques et les différentes variables indépendantes

Les caractéristiques socio démographiques (tableau X), montrent que la proportion des manipulateurs scolarisés ayant eu des réactions allergiques est supérieure à celle des non scolarisés avec une différence statistiquement significative ($p=0,025$)

Tableau X : Résultats du croisement entre réaction allergique et les caractéristiques socio démographiques

Variables d'intérêt	Réaction allergique		p-value
	Non n (%)	Oui n (%)	
Sexe			
Femme	5 (27,77)	13 (72,22)	0,300
Homme	57 (40,42)	84 (59,57)	
Catégorie d'âge			
Moins de 19 ans	5 (71,42)	2 (28,57)	0,118*
19 ans et plus	57 (38,77)	90 (61,22)	
Education			
Non	40 (33,89)	78 (66,10)	0,025
Oui	22 (53,65)	19 (46,34)	
Marié			
Non	22 (44)	28 (56)	0,381
Oui	40 (36,69)	69 (63,30)	
Disposition de vie			
Habitation sur le site			
Non	60 (40)	90 (60)	0,484*
Oui	2 (22,22)	7 (77,77)	
Prise du repas sur le site de travail			
Non	10 (41,66)	14 (58,33)	0,771
Oui	52 (38,51)	83 (61,48)	

* Test exact de Fisher

Parmi les variables liées aux activités en rapport avec les D3E (tableau XI) la participation au retrait des revêtements de fil de D3E influençait significativement la survenue des réactions allergiques ($p=0,001$)

Tableau XI : Résultats du croisement entre réactions allergiques et la participation aux différentes tâches liées aux D3E

Variables d'intérêt	Réaction allergique		p-value
	Non	Oui	
	n (%)	n (%)	
Participation au tri			
Non	37 (39,36)	57 (60,63)	0,909
Oui	25 (38,46)	40 (61,53)	
Participation au retrait de revêtement			
Non	59 (45,73)	70 (54,26)	0,001
Oui	4 (12,90)	27 (87,09)	
Participation à la réparation			
Non	38 (44,70)	47 (55,29)	0,113
Oui	24 (32,43)	50 (67,56)	
Participation à la collecte			
Non	35 (42,68)	47 (57,31)	0,416
Oui	28 (36,36)	49 (63,63)	
Participation au démontage			
Non	34 (38,20)	55 (61,79)	0,733
Oui	29 (40,84)	42 (59,15)	
Participation au à l'achat ou vente			
Non	17 (37,77)	28 (62,22)	0,843
Oui	45 (39,47)	69 (60,52)	
Participation au brulage			
Non	60 (39,47)	92 (60,52)	0,706*
Oui	2 (28,57)	5 (71,42)	
Participation brulage de fil			
Non	60 (39,47)	92 (60,52)	0,706*
Oui	2 (28,57)	5 (71,42)	
Participation à la collecte de cendre de fil			
Non	62 (39,24)	96 (60,75)	1,000*
Oui	0 (0)	1 (100)	
Participation à autre activité liée aux D3E			
Non	61 (38,85)	96 (61,14)	1,000*
Oui	1 (50)	1 (50)	

* Test exact de Fisher

La proportion des manipulateurs ayant fait 10 ans et plus dans le démantèlement des D3E était supérieure à celle des manipulateurs qui en ont fait moins avec une différence statistiquement significative ($p=0,003$). La proportion des manipulateurs qui ont fait 10 ans

et plus dans le tri des D3E était supérieure à celle des manipulateurs qui en ont fait moins avec une différence statistiquement significative (p=0,018)

L'ancienneté dans l'achat ou vente de D3E influençait aussi de façon significative la survenue des réactions allergiques (p=0,001) (tableau XII)

Tableau XII : Résultats du croisement entre réaction allergique et l'ancienneté dans les différentes tâches liées aux D3E

Variables d'intérêt	Réaction allergique		P-value
	Non	Oui	
	n (%)	n (%)	
Ancienneté dans la réparation			
Moins de 10 ans	13 (50)	13 (50)	0,208
10 ans et plus	49 (36,84)	84 (63,15)	
Ancienneté dans la collecte			
Moins de 10 ans	21 (47,72)	23 (52,27)	0,163
10 ans et plus	41 (35,65)	74 (64,34)	
Ancienneté dans le démantèlement			
Moins de 10 ans	25 (58,13)	18 (41,86)	0,003
10 ans et plus	37 (31,89)	79 (68,10)	
Ancienneté dans le tri			
Moins de 10 ans	21 (55,26)	17 (44,73)	0,018
10 ans et plus	41 (33,88)	80 (66,11)	
Ancienneté dans le brulage			
Moins de 10 ans	0 (0)	2 (100)	0,255*
10 ans et plus	62 (39,49)	95 (60,50)	
Ancienneté dans le brulage fil			
Moins de 10 ans	0 (0)	2 (100)	0,255*
10 ans et plus	62 (39,49)	95 (60,50)	
Ancienneté dans collecte de cendre			
Moins de 10 ans	3 (75)	1 (25)	0,135*
10 ans et plus	59 (38,06)	96 (61,93)	
Ancienneté dans achat ou vente			
Moins de 10 ans	35 (54,68)	29 (45,31)	0,001
10 ans et plus	27 (28,42)	68 (71,57)	
Ancienneté dans fonte batterie			
Moins de 10 ans	0 (0)	2 (100)	0,255*
10 ans et plus	62 (39,49)	95 (60,50)	

*Test exact de Fisher

8.4 Les facteurs associés à la survenue de réactions allergiques chez les manipulateurs de D3E dans le secteur informel à Bamako

8.4.1 En analyse uni variée

Les facteurs associés aux réactions allergiques en analyse uni variée étaient : la catégorie d'âge ($p=0,137$), le niveau d'éducation ($p=0,027$) et la catégorie des récupérateurs ($p= 0,062$), la consommation d'au moins 100 cigarettes dans la vie ($p=0,155$), le lavage des mains avant de manger ($p=0,097$), le lavage des mains au savon avant de manger ($p=0,062$), le lavage des mains après défécation ($p=0,031$), le lavage des mains au savon après défécation ($p=0,130$), la participation au retrait de revêtement ($p=0,002$), la participation à la réparation ($p=0,103$), l'ancienneté dans le démantèlement ($p=0,002$), l'ancienneté dans le tri ($p=0,020$), l'ancienneté dans achat ou vente ($p=0,001$), l'ancienneté dans la collecte ($p=0,170$) (Tableau XIII).

Tableau XIII : Les facteurs associés aux réactions allergiques en analyse uni variée

Variables d'intérêt	n (%)	OR	IC à 95 %	p-value
Caractéristiques socio démographiques				
Sexe				
Femme	13 (72,20)	0,544	[0,17; 1,64]	0,280
Homme	84 (59,60)			
Catégorie d'âge				
Moins de 19 Ans	2 (28,60)	0,278	[0,05; 1,50]	0,137
19 Ans et Plus	90 (61,20)			
Marié				
Non	28 (56)	1,369	[0,69; 2,69]	0,365
Oui	69 (63,30)			
Education				
Non	78 (66,10)	2,255	[1,09; 4,62]	0,027
Oui	19 (46,30)			
Catégorie de manipulateurs				
Réparateur	38 (57,60)	1,333	[0,56; 3,17]	0,516
Récupérateur	44 (69,80)	2,35	[0,95; 5,77]	0,062
Recycleur	15 (50)		[1,09; 4,62]	0,130
Disposition de vie				

Variables d'intérêt	n (%)	OR	IC à 95 %	p-value
Habitation sur le site				
Non	90 (60)	2,25	[0,45; 11,23]	0,321
Oui	7 (77,80)			
Prise du repas sur le site de travail				
Non	14 (58,30)	1,11	[0,45; 2,72]	0,808
Oui	83 (61,50)			
Consommation de cigarettes				
Consommation d'au moins 100 cigarettes dans la vie				
Oui	25 (71,40)	1,815	[0,79; 4,12]	0,155
Non	72 (58,10)			
Consommation actuelle de cigarettes				
Oui	13 (92,90)	10,07	[1,03; 97,68]	0,046
Non	12 (57,10)			
Lavage des mains aux moments cruciaux				
Lavage des mains avant de manger				
Non	8 (88,90)	6,91	[0,70; 67,80]	0,097
Oui	89 (59,30)			
Lavage des mains au savon avant de manger				
Non	14 (82,40)	3,51	[0,93; 13,11]	0,062
Oui	83 (58,50)			
Lavage des mains après défécation				
Non	19 (82,60)	3,47	[1,12; 10,73]	0,031
Oui	78 (57,40)			
Lavage des mains au savon après défécation				
Non	20 (74,10)	2,05	[0,80; 5,24]	0,130
Oui	77 (58,30)			
Protection				

Variabiles d'intérêt	n (%)	OR	IC à 95 %	p-value
Protection forte	4 (50)			0,813
Protection nulle	72 (61,01)	1,543	[0,38; 6,17]	0,540
Protection faible	20 (62,5)	1,618	[0,35; 7,35]	0,533
Participation aux différentes tâches liées aux D3E				
Participation au tri				
Non	57 (60,60)	1	[0,52; 1,92]	0,980
Oui	40 (61,50)			
Participation au retrait de revêtement				
Non	70 (54,30)	6,42	[2,00; 20,54]	0,002
Oui	27 (87,10)			
Participation à la réparation				
Non	47 (55,30)	1,71	[0,89; 3,27]	0,103
Oui	50 (67,60)			
Participation à la collecte				
Non	47 (57,30)	1,3	[0,68; 2,47]	0,414
Oui	49 (63,60)			
Participation au démontage				
Non	55 (61,80)	0,88	[0,46; 1,67]	0,708
Oui	42 (59,20)			
Participation au à l'achat ou vente				
Non	28 (62,20)	0,96	[0,47; 1,95]	0,911
Oui	69 (60,50)			
Participation au brulage				
Non	92 (60,50)	1,73	[0,33; 9,06]	0,514
Oui	5 (71,40)			
Participation brulage de fil				
Non	92 (60,52)	1,48	[0,27; 8,05]	0,644
Oui	5 (71,42)			
Ancienneté dans les différentes tâches liées aux D3E				

Variabiles d'intérêt	n (%)	OR	IC à 95 %	p-value
Ancienneté dans la réparation				
Moins de 10 ans	13 (50)	1,71	[0,74; 3,96]	0,204
10 ans et plus	84 (63,20)			
Ancienneté dans la collecte				
Moins de 10 ans	23 (52,30)	1,63	[0,80; 3,30]	0,170
10 ans et plus	74 (64,30)			
Ancienneté dans le démantèlement				
Moins de 10 ans	18 (41,90)	3,05	[1,48; 6,27]	0,002
10 ans et plus	79 (68,10)			
Ancienneté dans le tri				
Moins de 10 ans	17 (44,70)	2,42	[1,15; 5,08]	0,020
10 ans et plus	80 (66,10)			
Ancienneté dans collecte de cendre				
Moins de 10 ans	1 (25)	3,86	[0,44; 33,78]	0,221
10 ans et plus	96 (61,90)			
Ancienneté dans achat ou vente				
Moins de 10 ans	29 (45,30)	2,95	[1,52; 5,74]	0,001
10 ans et plus	68 (71,60)			

8.4.2 En analyse multivariée

Les manipulateurs de D3E effectuant le retrait de revêtements de fils de D3E avaient plus de risque de faire des réactions allergiques comparativement à ceux qui ne le faisaient pas (OR= 8,09; IC_{95%} [2,20; 29,71]). Les enquêtés qui ont fait plus de 10 ans dans le démantèlement avaient plus de risque de faire des réactions allergiques comparativement à ceux qui ne l'étaient pas (OR =5,08; IC_{95%} [2,09; 12,37]). Les récupérateurs étaient beaucoup plus en risque comparés aux recycleurs (OR= 2,97; IC_{95%} [1,05; 8,39]) ; ceux qui ne se lavaient pas les mains au sortir des toilettes étaient aussi à risque en comparaison avec ceux qui n'adoptaient pas cette pratique (OR= 3,84; IC_{95%} [1,10; 13,36]) (confère Tableau XIV).

Tableau XIV : Résultats de la recherche d'association entre les variables indépendantes de l'étude et la présence de réactions allergiques par l'analyse multivariée.

Variable d'intérêt	OR ajusté	IC à 95%	p-value
Catégories de manipulateurs			
Recycleur	1		0,063
Réparateur	1,22	[0,46; 3,24]	0,682
Récupérateur	2,97	[1,05; 8,39]	0,040
Lavage des mains au sortir des toilettes			
Oui	1		
Non	3,84	[1,10; 13,36]	0,034
Participation retrait revêtement de fil			
Non	1		
Oui	8,09	[2,20; 29,71]	0,002
Ancienneté dans le Démantèlement			
Moins de 10 ans	1		
10 ans et plus	5,08	[2,09; 12,37]	0,000

9 Discussions

9.1 Limites de notre étude

L'analyse des données ayant été faite à partir d'une base de données déjà conçue, certaines informations relatives aux réactions allergiques manquaient dans la base, telles que la classification des réactions allergiques et la réalisation de tests cutanés.

9.2 Les profils sociodémographiques des manipulateurs de D3E

Dans notre étude, plus de la moitié de nos enquêtés déclare ne pas avoir fréquenté (73,7 %). Cela pourrait s'expliquer par le fait que le secteur informel est en général dominé par ceux qui ne sont pas scolarisés. Ce résultat se rapproche de celui de Diop et Thioune (2014) qui signalent qu'au Mali 34,37 % des récupérateurs n'ont suivi aucun cursus contre 1,56 % de niveau d'éducation supérieur, 12,5 % de niveau moyen secondaire, 29,68 % de niveau primaire et 21,87 % ayant suivi un enseignement coranique (Diop, 2014).

Au sein de nos enquêtés les mariés étaient les plus prédominants de cette population (68,3%). Cela pourrait être dû au fait que la majorité des populations impliquées dans le secteur du recyclage des D3E serait des pères ou mères de familles à la recherche de ressources financières pour pouvoir survenir aux besoins de leurs familles. Diop et Thioune (2014), Wittsiepe et al (2015), mentionnent respectivement qu'au Bénin, 59,2 % des récupérateurs sont mariés; et qu'au Ghana, les mariés représentent plus de la moitié (56,9%) des travailleurs du site de déchets électroniques d'Agbogbloshie (Diop, 2014; Wittsiepe et al., 2015).

Presque la totalité des cibles de notre étude était des hommes (89,0%). Ce fait pourrait s'expliquer par le fait que les femmes intéressent certainement peu à ce secteur. Notre résultat peut être comparé à ceux de Prakash et al. (2010), de Diop et Thioune (2014) et de Dieng et al. (2017) qui trouvent respectivement que le secteur de D3E au Ghana est dominé par les travailleurs masculins ; la quasi-totalité des réparateurs (98,4 %) et la totalité des recycleurs au Bénin sont de sexe masculin ; et que 100% des recycleurs du Sénégal sont de sexe masculin (Dieng et al., 2017; Diop, 2014; Prakash et al., 2010).

9.3 Disposition de vie des manipulateurs de D3E

Dans notre étude, presque la totalité des enquêtés vivait hors du site de travail (94,5%) ; Contrairement à nos résultats, Srigboh et al. et Asante et al. (2012), rapportent respectivement que la plupart (96,6%) des travailleurs du site d'Agbogbloshie au Ghana, dorment près d'Agbogbloshie, et 70,7% dorment sous leur hangar de travail ; que les recycleurs des D3E à

Accra vivent sur les sites depuis plus de 10 ans, et pour certains depuis l'enfance (Asante et al., 2012; Srigboh et al., 2016). Cette différence peut s'expliquer par le fait que le site d'Agbogbloshie se trouve beaucoup plus loin du centre-ville d'Accra comparativement à ceux de Bamako (au Mali) dont l'accès ne nécessite pas d'y dormir. Aussi une part importante des travailleurs qui vivent sur le site d'Agbogbloshie vient d'un village pour motif de recherche d'opportunités économiques. Il est de ce fait beaucoup plus économique pour eux de vivre sur le site.

La majorité des enquêtés prenait le repas sur le site de travail (85,2%). Par rapprochement, Decharat et Kiddee rapporte que 71,8% des travailleurs prennent leur déjeuner dans les zones de travail (Decharat and Kiddee, 2020). Ceci pourrait s'expliquer par l'économie de temps et des frais de transport journalier liés au déplacement de la maison au site de travail.

9.4 Utilisation des moyens de sécurité par les manipulateurs de D3E

Parmi les enquêtés, seulement (20,3%) utilisaient faiblement des vêtements et/ou équipements de protection au travail, (5,4%) de façon très satisfaisante et (74,2%) aucun moyen de protection. Les moyens de protection les plus utilisés étaient le port de pantalon long (44,3%), le port de bottes ou chaussures à semelles en caoutchouc (45,4%), et l'utilisation de masques anti-poussière ou respirateur (54,3%) le port de lunettes de sécurité ou autres protections oculaires (36,5%) les gants (21,9%). Cette faible fréquence d'utilisation des vêtements et/ou équipements de protection au travail, pourrait s'expliquer par la méconnaissance des risques sanitaires liés à la manipulation des D3E par cette catégorie de travailleurs. Notre résultat s'apparente avec ceux de Feldt et al 2014, Prakash et al. (2010), qui rapportent que les travailleurs des sites de recyclage n'utilisent pas souvent d'équipement de protection individuelle ; n'aiment pas porter des masques d'inhalation car les masques ou les gants les gênent (Feldt et al., 2014; Prakash et al., 2010). Par contre, contrairement à notre étude, des études menées par Ohajinwa , (2017) et Decharat et Kiddee, (2020) rapportent respectivement que les types d'EPI couramment utilisés par les travailleurs des déchets électroniques étaient les gants (13 %), les masques nasaux (7 %) et les bottes (8 %) ; les masques en tissu dans (60,6%) et les gants dans 69,0% (Decharat and Kiddee, 2020; Ohajinwa et al., 2017). Ces différences pourraient s'expliquer par le niveau d'éducation des personnes enquêtées dans les différentes études.

9.5 Hygiène des mains aux moments cruciaux

Pour ce qui concerne l'hygiène des mains aux moments cruciaux, (94,3%) de nos enquêtés avaient affirmé, se laver les mains avant de manger. Parmi ceux-ci, (89,4%) ont affirmé se laver les mains avec du savon. Quant au lavage des mains au sortir des toilettes, (85,6%) déclare le faire parmi lesquels (83,3%) affirme toujours utiliser du savon. Les insuffisances notées peuvent s'expliquer par la méconnaissance des dangers liés au manque d'hygiène des mains sur la santé. Nos résultats se rapprochent de ceux de Decharat (2020) qui rapporte que presque tous les participants (95,8 %) se lavent les mains avant le déjeuner (Decharat and Kiddee, 2020).

9.6 Consommation de cigarettes chez les enquêtés

Dans notre étude, 21,6% des enquêtés déclare avoir fumé au moins 100 cigarettes au cours de leur vie ce qui équivaut à 5 paquets et parmi ceux-ci, 39,6% déclare fumer les cigarettes au moment de l'enquête. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la cigarette est un moyen utilisé par la plupart des fumeurs pour éviter le stress. Ces résultats diffèrent de ceux d'une étude antérieure réalisée au Ghana par Asante et al. (2012), qui rapporte une proportion de fumeur de l'ordre de 13,3% et avec existence d'une association significative de la cigarette à l'apparition des troubles respiratoires chez des manipulateurs de D3E du site de recyclage d'Agbogbloshie (Asante et al., 2012).

9.7 Description des problèmes allergiques chez les manipulateurs de D3E dans le secteur informel à Bamako.

Les manifestations allergiques chez les manipulateurs de D3E

Dans notre étude, parmi les enquêtés, les manifestations allergiques étaient la toux (34,6%), l'irritation des yeux, du nez ou de la gorge (40,3%), essoufflement (15,4%), éruption cutanée (13,1%), démangeaison (7,1%). La prévalence des réactions allergiques chez les manipulateurs de D3E était de (60,9%) avec $IC_{95\%} = [53,0; 68,6]$.

Comparativement, Prakash et al. (2010), Feldt et al. (2014), trouvent respectivement que les travailleurs des D3E se plaignent très souvent de problèmes respiratoires, et d'éruptions cutanées ; que les toxines produites par la combustion des D3E deviennent une partie de l'air que les gens respirent, responsables de complications respiratoires, et tégumentaires (Feldt et al., 2014; Prakash et al., 2010). Ces similitudes pourraient dues aux fumées toxiques émanant de la combustion des D3E qui pour la plupart contiennent des substances dangereuses pour le

système respiratoire et aux contacts fréquents avec les produits comme le nickel, le cobalt ; l'étain etc. contenu dans les D3E.

Activités liées au D3E

Pour ce qui concerne les activités liées au D3E les plus réalisées au cours du mois précédent l'enquête, dans notre étude, les tâches les plus effectuées étaient la réparation de D3E (41,2%), collecte de D3E (26,0%) et l'achat-vente de D3E (22,7%). Cela pourrait s'expliquer par le fait que ces tâches génèrent rapidement et régulièrement de l'argent en espèce comparativement aux autres activités dans le domaine des D3E. Au Ghana, Heacock et al. (2016) et Wittsiepe et al.(2015), rapportent respectivement que l'activité principale des travailleurs du site d'Agbogbloshie est le démantèlement des déchets électroniques (50%), suivi par le tri (24,1%), le traitement (22,4%) et la combustion (3,4%) et que la catégorie d'emploi la plus courante est le traitement des déchets électroniques (96,6%), suivi du démantèlement (84,5%), de la collecte (81%) et du tri (81%) des déchets électroniques (Heacock et al., 2016; Wittsiepe et al., 2015).

Fréquence des manifestations allergiques chez les différentes catégories de manipulateurs de D3E

Au sein de nos enquêtés, les réparateurs avaient plus de manifestations que les autres catégories de manipulateurs : éruption (57,1%), démangeaisons (54,5%), essoufflement (50,0%). Les récupérateurs avaient les plus grandes fréquences de toux (48,1%), irritation des yeux, nez et de la gorge (51,6%). Les réactions allergiques étaient beaucoup plus fréquentes dans la catégorie des réparateurs (45,4%). Une étude réalisée au Ghana rapporte que les éruptions cutanées étaient les affections cutanées les plus courantes (28,6 %) chez les brûleurs de D3E, contre 10,7 % chez les collectionneurs et 10,5 % chez les démonteurs (Adusei et al., 2020). Une étude réalisée au sud de la Thaïlande, par Decharat et al. rapporte que les éruptions cutanées ou les démangeaisons sont fréquentes dans l'ordre de 26,8 % (Decharat and Kiddee, 2020). Les différences de résultats pourraient s'expliquer par le manque d'organisation dans la filière au niveau des différents pays où ont lieu les études, certains manipulateurs faisant plus d'une activité liée aux D3E et aussi à la classification des activités liées aux D3E puisque les activités diffèrent d'une étude à l'autre.

9.8 Les facteurs associés à la survenue d'une réaction allergique chez les manipulateurs de D3E dans le secteur informel à Bamako

Concernant les facteurs associés aux réactions allergiques chez les manipulateurs de D3E en analyse multivariée, ceux effectuant le retrait de revêtements de fils de D3E avaient plus de risque de faire des réactions allergiques comparativement à ceux qui ne le faisaient pas et ceux ayant fait 10 ans et plus dans le démantèlement étaient plus à risque que ceux qui avaient fait moins de 10ans. Ces différents résultats peuvent être comparés à ceux de Safty et al (2014), Feldt et al (2011), et de Crepy (2013) qui notent respectivement une association entre la participation à la fabrication de cartes de circuits et la survenue d'asthme (p-value = 0,029), d'irritations des voies respiratoires supérieures (p-value <0,001) et de dermite de contact (p-value =0,009) ; le recyclage de D3E à Agbogbloshie et la survenue de toux (p-value <0,001) ; le travail dans le secteur de l'électronique et la survenue de dermatite de contact (Crepy, 2013; El Safty et al., 2014; Feldt et al., 2014). Frimpong en (2018), rapporte aussi une association entre la survenue d'une respiration sifflante et la manipulation des D3E (p-value= 0.029) (Frimpong, 2018). La relation entre ces différents facteurs relatifs aux activités de D3E et les problèmes respiratoires pourraient s'expliquer par le fait qu'une même personne peut pratiquer plus d'activité ensemble avec des mécanismes de protection différents. La similitude dans les résultats est probablement due au fait que les manipulateurs qui effectuent le retrait de revêtement de fil et ceux pratiquant le démantèlement sans mesure de protection sont en contact avec les produits contenus dans les D3E, responsables de problèmes cutanéomuqueux.

Aussi, dans notre étude, la catégorie des récupérateurs et le fait de ne pas se laver les mains au sortir des toilettes étaient associées de façon positive aux réactions allergiques. Ces résultats sont semblables à ceux de Fischer et al. (2020), qui rapportent une association entre la survenue d'une conjonctivite allergique et de symptômes cutanés avec la manipulation des D3E (p-value < 0.05) (Fischer et al., 2020) .Cette association pourrait s'expliquer par le contact très fréquent des manipulateurs effectuant la récupération avec les produits toxiques contenus dans les déchets électroniques lorsqu'ils n'utilisent pas de mesure de protection et aussi par le fait que l'insuffisance de pratique d'hygiène des mains contribue à retenir les substances toxiques sur les mains responsable de problème de santé.

Conclusion

Cette étude sur la recherche de facteurs associés aux réactions allergiques nous a permis de constater que le retrait de revêtements de fils de D3E , l'ancienneté dans le démantèlement , le fait d'être de la catégorie des récupérateurs et le fait de ne pas se laver les mains au sortir des toilettes étaient associés de façon significative à la survenue de réactions allergiques chez les manipulateurs de D3E.

Cette association positive témoigne de l'existence de risque de problèmes allergiques qu'ils soient respiratoires ou cutanés chez les manipulateurs de D3E pratiquant ces différentes activités. Les manipulateurs de D3E évoluant dans le secteur informel sous-estiment en général les risques sanitaires associés à leur travail. Il est donc crucial qu'ils soient informés des risques potentiels pour la santé et des mesures de sécurité à prendre. Nos résultats pourront servir de base scientifique pour concevoir une intervention appropriée afin de réduire l'impact des D3E sur la santé des populations en général et celle des travailleurs évoluant dans le secteur informel en particulier.

Références

- AA, D., 2020. Bilan des admissions à l'hôpital de dermatologie de Bamako. *Mali Médical* 35.
- Aborele, H., Urquhart, C., Nudurupati, S., 2015. E-Waste Policy in Developing Countries: The Context of Nigeria. *Book E-Waste Policy in Developing Countries: The Context of Nigeria* 1–12.
- Adusei, A., Arko-Mensah, J., Dzodzomenyo, M., Stephens, J., Amoabeng, A., Waldschmidt, S., Löhndorf, K., Agbeko, K., Takyi, S., Kwarteng, L., 2020. Spatiality in Health: The Distribution of Health Conditions Associated with Electronic Waste Processing Activities at Agbogbloshie, Accra. *Annals of global health* 86.
- Asante, K.A., Agusa, T., Biney, C.A., Agyekum, W.A., Bello, M., Otsuka, M., Itai, T., Takahashi, S., Tanabe, S., 2012. Multi-trace element levels and arsenic speciation in urine of e-waste recycling workers from Agbogbloshie, Accra in Ghana. *Science of the Total Environment* 424, 63–73.
- Balakrishnan Ramesh Babu, Anand Kuber Parande, Chiya Ahmed Basha, 2007. Electrical and electronic waste: a global environmental problem. *Waste Manag Res* 25, 307–318. <https://doi.org/10.1177/0734242X07076941>
- Baldé, C.P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., Stegmann, P., 2017. The Global E-waste Monitor – 2017, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna [WWW Document]. URL https://collections.unu.edu/eserv/UNU:6341/Global-E-waste_Monitor_2017__electronic_single_pages_.pdf (accessed 6.15.21).
- Betty, D., Catherine, N., Michel, L., Jean-Marie, H., 2001. Métaux et Médecine du Travail. *Annales de Toxicologie Analytique* 17.
- Crepy, M.N., 2013. Allergologie-dermatologie professionnelle: Dermatite professionnelle dans le secteur de l'électronique. *Références en santé au travail* 145–160.
- Crépy, M.N., 2010. Dermatoses professionnelles allergiques aux métaux. Deuxième partie: allergie de contact aux composés du chrome INRS. *TA* 85.
- Croguennec, Y., Darmedru, T., Arnould, F., Jaffrelot, M., 2012. Les réactions allergiques. *Les bonnes pratiques* 11.
- Daum, K., Stoler, J., Grant, R.J., 2017. Toward a More Sustainable Trajectory for E-Waste Policy: A Review of a Decade of E-Waste Research in Accra, Ghana. *Int J Environ Res Public Health* 14. <https://doi.org/10.3390/ijerph14020135>

- Decharat, S., Kiddee, P., 2020. Health Problems Among Workers Who Recycle Electronic Waste in Southern Thailand. *Osong Public Health Res Perspect* 11, 34–43. <https://doi.org/10.24171/j.phrp.2020.11.1.06>
- Dieng, D., Diop, C., Gning, J.B., Djitte, M., Gassama, C.I.D., 2017. Gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) au Sénégal: acteurs et stratégie d'organisation de la filière. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 11, 2393–2407.
- Diop, C. (Ed.), 2014. Les déchets électroniques et informatiques en Afrique: défis et opportunités pour un développement durable en Bénin, au Mali et au Sénégal, Hommes et sociétés. Karthala [u.a.], Paris.
- DUPAS, D., 2010. Allergie respiratoire professionnelle au cobalt.
- DUPAS, D., 2009. Allergie respiratoire professionnelle aux sels de chrome.
- El Safty, A., Helal, S., Maksoud, N.A., Samir, A., 2014. Occupational Health Hazards among Double Sided Printed Circuit Board Manufacturers. *British Journal of Applied Science & Technology* 4, 1634.
- Feldt, T., Fobil, J.N., Wittsiepe, J., Wilhelm, M., Till, H., Zoufaly, A., Burchard, G., Göen, T., 2014. High levels of PAH-metabolites in urine of e-waste recycling workers from Agbogbloshie, Ghana. *Science of the Total Environment* 466, 369–376.
- Fischer, D., Seidu, F., Yang, J., Felten, M.K., Garus, C., Kraus, T., Fobil, J.N., Kaifie, A., 2020. Health Consequences for E-Waste Workers and Bystanders—A Comparative Cross-Sectional Study. *International journal of environmental research and public health* 17, 1534.
- Frimpong, F.A., 2018. Comparative Analysis of Cardio-Respiratory Function among E-Waste Workers and Permanent Residents at Agbogbloshie, Accra (PhD Thesis). University of Ghana.
- 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. *Lancet Glob Health* 1, e350-361. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(13\)70101-3](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(13)70101-3)
- Gupta, S., 2011. E-waste management: teaching how to reduce, reuse and recycle for sustainable development-need of some educational strategies. *Journal of Education and Practice* 2, 2222–1735.
- Heacock, M., Kelly, C.B., Asante, K.A., Birnbaum, L.S., Bergman, \AAke Lennart, Bruné, M.-N., Buka, I., Carpenter, D.O., Chen, A., Huo, X., 2016. E-waste and harm to

- vulnerable populations: a growing global problem. *Environmental health perspectives* 124, 550–555.
- Institut Pasteur, 2017. La lettre de l'Institut Pasteur: Combattre les allergies [WWW Document]. Institut Pasteur. URL <https://www.pasteur.fr/fr/nous-soutenir/pasteur-vous/lettre-institut-pasteur> (accessed 9.12.21).
- Keïta, M., 2018. Typologie urbaine et accessibilité géographique potentielle des établissements de santé dits « modernes » dans le district de Bamako (Mali). *Espace populations sociétés*. <https://doi.org/10.4000/eps.7707>
- Kiddee, P., Naidu, R., Wong, M.H., 2013. Electronic waste management approaches: An overview. *Waste management* 33, 1237–1250.
- Lundgren, K., 2012. The global impact of e-waste: Addressing the challenge [WWW Document]. URL https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---sector/documents/publication/wcms_196105.pdf (accessed 9.21.21).
- Maiga, Y., Yattara, I., 2019. Les déchets d'équipements électroniques et informatiques (DEEI) au Mali : Acteurs et organisation de la filière 7, 11.
- Mmerek, D., Li, B., Baldwin, A., Hong, L., 2016. The Generation, Composition, Collection, Treatment and Disposal System, and Impact of E-Waste, in: Mihai, F.-C. (Ed.), *E-Waste in Transition - From Pollution to Resource*. InTech. <https://doi.org/10.5772/61332>
- Ofudje, E.A., Akiode, O.K., Oladipo, G.O., Adedapo, E.A., Adebayo, La.O., 2015. Discharge of Cr, Mn, Ni, Cu and Zn from E-waste Components into Dumpsites Soil at Westminster Market, Lagos Nigeria. *American Chemical Science Journal* 7, 129–138.
- Ohajinwa, C.M., Van Bodegom, P.M., Vijver, M.G., Peijnenburg, W.J., 2017. Health risks awareness of electronic waste workers in the informal sector in Nigeria. *International journal of environmental research and public health* 14, 911.
- Organisation internationale du travail, 2019. *Le travail décent dans la gestion des déchets électriques et électroniques*.
- Organisation mondiale de la Santé, 2021. *Les enfants et les décharges numériques: exposition aux déchets d'équipements électriques et électroniques et santé des enfants: résumé pour les décideurs politiques*.
- Patel, B.N., Balachandran, V., 2015. E waste problems-An analysis. *International Journal of Advanced Research in Management and Social Sciences* 4, 60–71.
- Perkins, D.N., Brune Drisse, M.-N., Nxele, T., Sly, P.D., 2014. E-Waste: A Global Hazard. *Annals of Global Health* 80, 286–295. <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2014.10.001>

- Poole, C.J.M., Basu, S., 2017. Systematic Review: Occupational illness in the waste and recycling sector. *Occupational Medicine* 67, 626–636. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqx153>
- Prakash, S., Manhart, A., Amoyaw-Osei, Y., Agyekum, O.O., 2010. Socio-economic assessment and feasibility study on sustainable e-waste management in Ghana. Öko-Institut eV in cooperation with Ghana Environmental Protection Agency (EPA) & Green Advocacy Ghana, Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, VROM-Inspectorate 118.
- Puckett, J., Byster, L., Westervelt, S., Gutierrez, R., Davis, S., Hussain, A., Dutta, M., 2002. Exporting Harm : TThe high-tech trashing of asia, the basel action network (BAN) and Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC).
- Sánchez-Borges, M., Ansotegui, I., Cox, L., 2019. World Allergy Organization Grading System for Systemic Allergic Reactions: it Is Time to Speak the Same Language When it Comes to Allergic Reactions. *Curr Treat Options Allergy* 6, 388–395. <https://doi.org/10.1007/s40521-019-00229-8>
- SCB, 2012. Where are WEee in Africa :Findings from the Basel Convention E-waste Africa Programme [WWW Document]. URL <https://www.oeko.de/oekodoc/1372/2011-008-en.pdf>
- Schluep, M., Terekhova, T., Manhart, A., Müller, E., Rochat, D., Osibanjo, O., 2012. Where are WEEE in Africa?, in: 2012 Electronics Goes Green 2012+. IEEE, pp. 1–6.
- Sidibé, Y., Samaké, D., Diarra, K., Konaté, N., Ouattara, K., Haidara, A.W., Sanogo, B., Coulibaly, K., Kei, M., 2020. Sensibility profile and severity factors of allergic rhinitis in MALI 5.
- Srigboh, R.K., Basu, N., Stephens, J., Asampong, E., Perkins, M., Neitzel, R.L., Fobil, J., 2016. Multiple elemental exposures amongst workers at the Agbogbloshie electronic waste (e-waste) site in Ghana. *Chemosphere* 164, 68–74.
- StEP Initiative, 2014. Solving the E-Waste Problem (Step) White Paper One Global Definition of E-waste [WWW Document]. URL <https://www.step-initiative.org/e-waste-challenge.html> (accessed 6.15.21).
- Subburaman, C., Tamilnadu, I., 2010. E-Waste Hazardous: Impacts on Environment and Human Health. 15th April 2012.
- Wittsiepe, J., Fobil, J.N., Till, H., Burchard, G.-D., Wilhelm, M., Feldt, T., 2015. Levels of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans (PCDD/Fs) and biphenyls (PCBs)

in blood of informal e-waste recycling workers from Agbogbloshie, Ghana, and controls. *Environment international* 79, 65–73.

World Health Organization, 2021. Children and digital dumpsites: e-waste exposure and child health. World Health Organization, Geneva.