



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union - Discipline - Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

ANNÉE : 2024-2025

N° D'ORDRE : 134

CANDIDAT

Nom : BASSA

Prénoms : Koffi Jean-Claude

THÈSE DE DOCTORAT

Mention : Géosciences et Environnement

Spécialité : Ecotoxicologie, santé

Impacts socio-économique, environnemental et sanitaire de la production du charbon de bois en milieu urbain : cas du quartier Kennedy de Daloa (Haut-Sassandra, Côte d'Ivoire)

JURY

Président : M. KOUASSI Kouakou Lazare, Professeur Titulaire,
Université Jean Lorougnon GUÉDÉ

Directeur : Mme TIDOU Abiba Sanogo épouse KONÉ,
Professeur Titulaire, Université Jean Lorougnon GUÉDÉ

Rapporteurs: M. SORO Donafologo Baba, Maître de Conférences,
Université NANGUI ABROGOUA

Examineur 1: M. DIGBO Gogui Albert, Maître de Conférences,
Université Jean Lorougnon GUÉDÉ

Examineur 2 : M. YAPO Ossey Bernard, Professeur Titulaire,
Université NANGUI ABROGOUA

Soutenu publiquement
le : 03/04/2025

Table des matières

DÉDICACE	i
LISTE DES SIGLES, ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS	iv
LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DES FIGURES	viii
LISTE DES ANNEXES	x
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS	5
1.1.Présentation de la zone d'étude	7
1.1.1.Situation géographique de la zone d'étude	7
1.1.2.Climat et végétation du Haut-Sassandra	7
1.1.3.Relief et hydrographie	9
1.1.4.Activités économiques	9
1.1.5.Bois et l'industrie du bois.....	10
1.2.Production du charbon de bois	10
1.2.1.Cadre réglementaire de la production du charbon de bois en Côte d'Ivoire.....	11
1.2.2.Étapes de la production du charbon de bois	12
1.2.2.1.Préparation du bois.....	12
1.2.2.2.Carbonisation	12
1.2.2.3.Refroidissement.....	13
1.2.3.Caractéristiques du charbon de bois	13
1.2.4.Méthodes de production et efficacité	14
1.2.4.1.Avantages et inconvénients des différentes méthodes	14
1.2.4.1.1.Fours traditionnels.....	14
1.2.4.1.2.Fours améliorés	15
1.2.4.1.3.Production industrielle	16

1.2.4.1.4.Principe de fonctionnement des systèmes à haut rendement et à faible émission	16
1.3.Effets de la production du charbon de bois sur l’environnement.....	17
1.3.1.Déforestation et dégradation de la forêt	17
1.3.1.1.Conséquences de la déforestation	18
1.3.1.1.1.Sur la sécurité humaine	18
1.3.1.1.2.Sur la sécurité alimentaire	18
1.3.1.1.3.Sur la santé humaine	19
1.3.1.1.4.Sur la biodiversité.....	19
1.3.1.1.5.Sur les ressources en eau	20
1.3.1.1.6.Déforestation et changement climatique	20
1.3.2.Pollution atmosphérique.....	20
1.3.2.1.Facteurs influençant l’émission des polluants.....	21
1.3.2.1.1.Influence de la nature du bois sur la combustion	21
1.3.2.1.2.Humidité et température du bois	21
1.3.2.1.3.Facteurs météorologiques.....	22
1.4.Effet de la production du charbon de bois sur la santé humaine	22
1.4.1.Pathologies induites par l’exposition aux polluants atmosphériques : synthèse des effets sanitaires à court terme	22
1.4.1.1.Monoxyde de carbone	23
1.4.1.2.Oxydes d’azote	24
1.4.1.3.Dioxyde de soufre	24
1.4.1.4.Acroléine et formaldéhyde	25
1.4.1.5.Composés organiques volatils	25
1.4.1.6.Hydrocarbures aromatiques polycycliques	26
1.4.1.7.Dioxines	26
1.4.1.8.Suie et Cendres.....	27

1.4.1.9.Goudron.....	27
1.4.1.10.Matières particulaires	27
1.4.2.Autres effets de la production du charbon de bois sur la population	29
1.4.2.1.Explosions	29
1.4.2.2.Incendies.....	29
1.5. Cadre réglementaire et références normatives applicables aux rejets dans l’air	30
1.5.1.Cadre réglementaire	30
1.5.2.Valeurs limites relatives à la pollution de l’air	31
1.6.Intérêts socio-économiques de la production du charbon de bois	33
1.6.1.Intérêt social	33
1.6.2.Intérêt économique	34
1.7. Champ social, type et approche de l’étude	34
1.7.1.Champ social	34
1.7.2.Type de l’étude.....	35
1.7.3.Approche de l’étude	35
CHAPITRE II :MATÉRIEL ET MÉTHODES	36
2.1.Matériel	37
2.1.1.Matériel de collecte des données.....	37
2.1.1.1.Guide d’entretien.....	37
2.1.1.2.Questionnaires	37
2.1.1.3.Grille d’observation.....	37
2.1.1.4.Grille de lecture	38
2.1.2. Matériel technique.....	38
2.1.3.Techniques de production de données	40
2.1.3.1.Recherche documentaire	40
2.1.3.2.Observation directe	40

2.1.3.3. Entretien semi-directif ou semi-dirigé.....	40
2.1.3.4. Enquête par questionnaire	41
2.2.Méthodes	41
2.2.1.Choix des sites.....	41
2.2.2.Collecte de données.....	43
2.2.2.1.Préenquête	43
2.2.2.2.Enquêtes	44
2.2.2.3.Critères du choix des acteurs non institutionnels du quartier Kennedy	45
2.2.2.3.1.Producteurs de charbon de bois.....	45
2.2.2.3.2.Travailleuses de la charbonnière	45
2.2.2.3.3.Population riveraine de la charbonnière.....	45
2.2.2.3.4.Population exerçant des activités au voisinage de la charbonnière.....	45
2.2.2.3.5.Ex-travailleuses de la charbonnière.....	46
2.2.2.3.6.Participants aux entretiens semi-directifs.....	46
2.2.3.Échantillonnage	46
2.2.3.1.Taille de l'échantillon pour les questionnaires.....	46
2.2.3.2.Approche exploratoire pour les guides d'entretien	47
2.2.3.3.Approche exploratoire pour le recueil de données au district sanitaire	48
2.2.4.Structuration du questionnaire et guide d'entretien	48
2.2.4.1.Questionnaire	48
2.2.4.2.Guide d'entretien.....	49
2.2.5.Analyse des impacts	50
2.2.5.1.Analyse des impacts socio-économiques de la production du charbon de bois.....	50
2.2.5.2.Analyse des impacts environnementaux de la production charbonnière	51
2.2.5.2.1.Analyse de l'état initial	52
2.2.5.2.2.Qualité de l'air ambiant.....	52

2.2.5.3.Effets négatifs de la production du charbon de bois sur l’environnement	53
2.2.5.4.Impact de la production en milieu urbain du charbon de bois sur la santé des charbonniers et des populations.....	54
2.2.5.5.Méthodes quantitative et qualitative d’observation du domaine sanitaire et social	54
2.2.5.5.1.Approche par indicateur	54
2.2.5.5.2.Approche par enquête.....	55
2.2.5.6.Indicateurs de morbidité.....	55
2.2.5.6.1.Prévalence	55
2.2.5.6.2.Incidence cumulée.....	55
2.2.5.5.Estimation de l’empreinte carbone de la charbonnière	56
2.2.6. Traitement des données	56
2.2.6.1.Traitement analytique.....	57
2.2.6.2.Analyses en Composantes Principales	58
CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	59
3.1.Résultats	60
3.1.1.Importance sociale et économique du charbon de bois auprès des populations et charbonniers	60
3.1.1.1.Sociohistoire de l’implantation de la charbonnière au quartier Kennedy	60
3.1.1.2.Caractéristiques sociodémographiques des acteurs non institutionnels.....	61
3.1.1.2.1.Producteurs de charbon de bois.....	61
3.1.1.2.2.Femmes de la charbonnière.....	62
3.1.1.2.3. Caractéristiques sociodémographiques et la distance séparant les populations de la charbonnière	63
3.1.1.3.Importance domestique de l’usage du charbon de bois.....	64
3.1.1.3.1.Sources d’énergie domestique utilisées.....	64
3.1.1.3.2.Motivations socio-économiques conduisant à l’adoption du charbon de bois.....	65
3.1.1.3.3.Dynamique de la production du charbon de bois à Daloa.....	67

3.1.1.3.4.Perception de la production de charbon de bois en milieu urbain	67
3.1.1.3.5.Entre violations légales et impuissance institutionnelle : la problématique de la charbonnière de Daloa	70
3.1.1.3.6.Impact économique de la charbonnière : création d’emplois et rémunérations	70
3.1.1.3.6.1.Main-d’œuvre mobilisée par la charbonnière du quartier Kennedy	70
3.1.1.3.6.2.Rôles des acteurs dans la chaîne de valeur de la charbonnière	71
3.1.1.3.6.3.Revenus générés par la charbonnière	72
3.1.1.4.Importance économique de la production du charbon de bois au quartier Kennedy ...	74
3.1.1.4.1.Charges de production du charbon de bois	74
3.1.1.4.2.Coûts associés à la production de charbon de bois en fonction de la quantité de bois utilisée.....	75
3.1.1.4.3.Dépenses engendrées par les approvisionnements en charbon de bois chez la population	76
3.1.1.4.4.Taxes et impôts payés par la charbonnière.....	77
3.1.2.Impact de la production du charbon de bois sur l’environnement	78
3.1.2.1.Déclin de la production de charbon au quartier Kennedy : une crise liée à la pénurie de bois	78
3.1.2.2.Transformation du mode d’approvisionnement en bois et ses implications sur la production de charbon	78
3.1.2.3.Impacts de la pénurie de bois sur les délais d’approvisionnement	80
3.1.2.4.Conséquences de la pénurie de bois sur la qualité de la production	81
3.1.2.5.Typologie des problèmes environnementaux liés à la production du charbon	83
3.1.2.5.1.Perturbations environnementales observables au quartier Kennedy.....	83
3.1.2.5.2.Fréquence et intensité des perturbations environnementales liées à la production de charbon de bois au quartier Kennedy	84
3.1.2.5.3.Qualité de l’air, niveau de poussière à la charbonnière et à des domiciles	86
3.1.2.5.3.1.Gaz de combustion du bois dans l’air ambiant	86
3.1.2.5.3.2.Taux de poussière mesurés dans l’air ambiant.....	88

3.1.2.6.Impacts environnementaux de la production du charbon de bois sur le milieu rural...	90
3.1.2.7.Empreinte carbone de la charbonnière	91
3.1.3.Impact de la production du charbon de bois sur la santé	92
3.1.3.1.Temps d'exposition journalière aux émissions de la carbonisation et maladies induites par le travail à la charbonnière	92
3.1.3.1.1.Temps d'exposition journalière aux émissions de la carbonisation à la charbonnière	92
3.1.3.1.2.Maladies induites par la production du charbon de bois.....	92
3.1.3.1.3.Durée et récurrence des maladies chez les charbonniers	93
3.1.3.1.4.Prévalence des maladies chez la population riveraine et la population exerçant des activités près de la charbonnière.....	94
3.1.3.1.5.Durée des maladies et cas de résurgence chez les populations	95
3.1.3.3.Corrélation entre les maladies observées et les facteurs environnementaux ou comportementaux chez les charbonniers et la population	96
3.1.3.3.1.Liens entre les rejets polluants de la charbonnière et l'apparition de maladies chez la population.....	96
3.1.3.3.2.Influence du temps sur l'apparition des maladies chez la population.....	97
3.1.3.3.3.Influence des rejets atmosphériques de la charbonnière sur la survenue des maladies chez les charbonniers.....	98
3.1.3.3.4.Influence du temps sur l'avènement des maladies chez les charbonniers.....	99
3.1.3.4.Incidence cumulée de quelques maladies observées à la charbonnière sur la ville Daloa	100
3.1.3.4.1.Incidence cumulée des infections respiratoires aiguës.....	100
3.1.3.4.2.Incidence cumulée du paludisme	101
3.1.3.4.3.Incidence des AVC.....	102
3.1.3.4.4.Incidence de l'asthme.....	103
3.2. Discussion.....	104
CONCLUSION.....	110

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... 115

DÉDICACE

Je dédie ce travail :

- À mon grand-père GBETTY N'Guessan, dont la rigueur, l'amour du travail bien fait et la volonté de m'offrir une chance d'accéder à l'instruction ont profondément marqué mon parcours.
- À mon épouse GOA Euphrasie Marcelle, pour son soutien indéfectible, ses sacrifices silencieux et ses prières constantes, qui ont été une source de force et de persévérance.
- À mes enfants, BASSA Moahé Divine Sarrah et BASSA Gnamien Jean Amaël, pour leur patience, leurs encouragements et les sacrifices qu'ils ont consentis afin de permettre l'aboutissement de ce travail.

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce travail n'aurait été possible sans le concours de nombreuses personnes et institutions, auxquelles j'adresse ma profonde gratitude.

Je remercie chaleureusement Madame la Présidente ADOHI Krou Adjo Viviane ainsi que Messieurs les Vice-Présidents SORO Dogniméton et KONE Issiaka de l'Université Jean Lorougnon Guédé, pour leur appui institutionnel.

Mes remerciements vont également au Professeur KOUASSI Kouakou Lazare, Directeur de l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) Environnement, et au Professeur DIBI Brou, Directeur du Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement (LSTE), pour avoir facilité mon inscription et l'accès aux ressources nécessaires à la conduite de cette recherche.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Madame le Professeur Tidou Abiba Sanogo épouse Koné, Directrice de thèse, pour son encadrement rigoureux, sa bienveillance constante et sa disponibilité exemplaire. Ses conseils méthodiques, son exigence scientifique et son accompagnement attentif ont été essentiels à la réalisation de ce travail.

Mes remerciements s'adressent également au Professeur KOUASSI Kouakou Lazare, Président du jury, pour avoir accepté de présider cette soutenance, ainsi qu'aux membres du jury :

- professeur YAPO Ossey Bernard (Université Nangui Abrogoua),
- docteur DIGBO Gogui Albert (Université Jean Lorougnon Guédé),
- docteur SORO Donafologo Baba (Université Nangui Abrogoua).

Leurs observations pertinentes, la qualité des échanges et leur regard critique ont grandement enrichi cette thèse, tant sur le fond que sur la forme.

Je remercie chaleureusement les Docteurs KOUAME Kouamé Victor, KONE Moussa, YAPI Dopé Armel et BALLETT Tiana Guy Nicaise pour leur précieux accompagnement scientifique. Leur disponibilité, la pertinence de leurs critiques et la finesse de leurs conseils ont contribué à renforcer la rigueur méthodologique et la profondeur analytique de cette recherche.

Ma reconnaissance s'étend également aux Docteurs SEKA Jean Baptiste, CAMARA Siaky et N'GUIA Jean Claude de l'UFR Sciences Sociales et Humaines (SSH), pour leurs encouragements constants et leurs contributions éclairées.

Je remercie vivement les producteurs de charbon de bois, les travailleuses de la charbonnière et les populations locales pour leur accueil chaleureux, leur disponibilité et leur collaboration active, qui ont été essentiels à la collecte des données sur le terrain.

Ma gratitude va également aux responsables institutionnels de la ville de Daloa, dont l'appui logistique et administratif a grandement facilité le déroulement de cette recherche :

- le Directeur technique de la mairie,
- le Directeur du cantonnement des eaux et forêts,
- le responsable de la police forestière,
- le responsable de la gestion de l'environnement et du développement durable,
- le Directeur du district sanitaire.

Je tiens à saluer le professionnalisme et l'engagement de l'équipe d'enquêteurs, composée de Messieurs HOUPHOUËT Louis, YAO Guy-Marc, KONAN Ezéchiél et KONAN Ange, dont la rigueur dans la collecte des données a été déterminante pour la qualité de cette étude.

Mes remerciements vont également aux doctorants ALLA Jean-Parfait et DJEDJE Gokou Jean Marie, pour leur contribution éclairée à la structuration et à la formalisation de ce travail.

Enfin, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à Messieurs ABECO Julien, ATTEY Roland et OUEDRAOGO Karim, dont le soutien indéfectible et l'accompagnement constant ont été précieux tout au long de ce parcours.

LISTE DES SIGLES, ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

ACP	: Analyse en Composantes Principales
AVC	: Accident Vasculaire Cérébral
CB	: Charbon de Bois
F CFA	: Franc de la Communauté Financière Africaine
CO ₂	: Dioxyde de carbone
COLBICO	: Compagnie Limitée du Bois Industriel du Centre Ouest
COV	: Composés Organiques Volatils
EPA	: Agence de Protection de l'Environnement
FAO	: Organisation des Nations unies l'alimentation et l'agriculture
GIBT	: Groupe Ivoirien de Bois Tropicaux
HAP	: Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
INERIS	: Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
INRS	: Institut National de Recherche de Sécurité
INS	: Institut National de la Statistique
IRA	: Infections Respiratoires Aigues
IRD	: Institut de Recherche pour le Développement
KG	: Kilogramme
LCEE	: Loi Canadienne sur l'Évaluation Environnementale
LD	: Limite de Detection
LSTE	: Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement
MJ	: Méga Joule

MINAGRI	: Ministère de l'Agriculture
MT	: Millions de Tonnes
Mtep	: Millions de tonnes d'équivalent pétrole
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
PCDD	: PolyChloro Dibenzo- <i>p</i> -Dioxines
PCDF	: PolyChloro DibenzoFuranes
PM10	: Matière Particulaire de 10 µm
PM2,5	: Matière Particulaire de 2,5 µm
PNAE-CI	: Plan National d'Action pour l'Environnement de la Côte d'Ivoire.
Pop A	: Population exerçant des Activités près de la charbonnière
Pop R	: Population Riveraine
PRFI	: Pays à Revenus Faible et Intermédiaire
REDD	: Réduction des Émissions de gaz à effet de serre issues de la Déforestation et la Dégradation forestière
STBO	: Société de Transformation des Bois de l'Ouest
TBI	: Transformation de Bois Ivoirien
UFR	: Unité de Formation et de Recherche
UJLoG	: Université Jean Lorougnon Guédé
VEM	: Valeur d'Exposition Moyenne
VECD	: Valeur d'Exposition Courte Durée
VIH/SIDA	: Virus de l'Immunodéficience Humaine/syndrome de l'immunodéficience acquise

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Textes réglementaires applicables et liens avec les activités dans la zone d'étude	30
Tableau II : Valeurs limites relatives à la qualité de l'air pour la Côte d'Ivoire (2017) et l'OMS (2005).....	32
Tableau III : Valeurs limites relatives à la qualité de l'air fixées par le décret N° 2017-125 du 22 février 2017 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	33
Tableau IV : Lignes directrices relatives à la qualité de l'air ambiant selon l'OMS en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	33
Tableau V : Équipements et principes de mesure	39
Tableau VI : Niveaux d'instruction des travailleuses et ex-travailleuses de la charbonnière..	62
Tableau VII : Sources d'énergie domestique utilisées dans les foyers	65
Tableau VIII : Raisons de l'adoption du charbon de bois comme principale source d'énergie domestique par les populations et les charbonniers.....	66
Tableau IX : Avantages de la production du charbon de bois en milieu habité.....	69
Tableau X : Nombre de personnes intervenant dans la production du charbon de bois à la charbonnière du quartier Kennedy de Daloa.	71
Tableau XI : Coût estimatif (F CFA) de la production du charbon de bois selon la contenance de la meule	76
Tableau XII : Modes, fréquences et coûts d'approvisionnement en charbon de bois en 2020	77
Tableau XIII : Contributions directes de la charbonnière aux caisses de l'état	78
Tableau XIV : Perturbations environnementales dues à la production du charbon de bois au quartier Kennedy	84
Tableau XV : Gaz de combustion dans l'air ambiant comparé aux valeurs limites relatives à la qualité de l'air fixées par le décret 2017 et aux normes OMS.....	87
Tableau XVI : Taux de poussière mesurés.....	89
Tableau XVII : Évolution climatique à Daloa (Comparaison 2000-2012 et 2013-2020).....	91

Tableau XIX : Prévalence des maladies fréquemment contractées par les charbonniers	93
Tableau XX : Durée et temps de résurgence des maladies	94
Tableau XXI : Prévalence des maladies fréquemment observées chez la population	95
Tableau XXII : Durée et temps de résurgence des maladies chez les populations	96

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de la Ville de Daloa.....	7
Figure 2 : Diagramme ombrothermique de la ville de Daloa de 2010 à 2020	8
Figure 3 : Matériel de collecte de données (A : Appareil photo ; B : Dictaphone ; C : GPS)..	39
Figure 4 : Carte de positionnement des points de mesures de paramètres de l'air dans la zone d'étude	42
Figure 5 : Positionnement du point de mesure des paramètres de l'air à l'Université Jean Lorougnon Guédé.	43
Figure 6 : Images illustrant les étapes de mesures des gaz de combustion et des particules dans l'air ambiant.....	53
Figure 7 : Vue aérienne de la charbonnière du quartier Kennedy.....	61
Figure 8 : Travailleuses de la charbonnière au cours de la mise en sac du charbon de bois....	62
Figure 9 : Proportion des travailleuses et ex-travailleuses selon l'ancienneté dans la production du charbon de bois au quartier Kennedy	63
Figure 10 : Proportion de la population exerçant des activités et de la population riveraine selon la distance par rapport à la charbonnière.	64
Figure 11 : Revenus mensuels obtenus par les femmes de la charbonnière en 2020.....	74
Figure 12 : Évolution des sources d'approvisionnement en bois entre 2012 et 2021	80
Figure 13 : Évolution de la fréquence d'approvisionnement en bois entre 2012 et 2021	81
Figure 14 : Évolution de la proportion des essences de bois utilisées pour le charbon avant 2012 et en 2021.....	83
Figure 15 : Période de fortes perturbations atmosphériques liées aux rejets de la charbonnière	85
Figure 16 : Rejets de pollution de la charbonnière au sein du quartier	86

Figure 17 : Corrélations entre les rejets atmosphériques de la charbonnière et l'apparition des maladies chez la population.....	97
Figure 18 : Influence des épisodes climatiques sur la survenue des maladies chez la population	98
Figure 19 : Influence des rejets atmosphériques de la charbonnière sur les maladies observées chez les charbonniers.....	99
Figure 20 : Influence des facteurs périodes climatiques sur l'apparition des maladies chez les charbonniers.....	100
Figure 21 : Incidence cumulée des IRA dans la ville de Daloa de 2017 à 2020.....	101
Figure 22 : Incidence cumulée du paludisme dans la ville de Daloa de 2017 à 2020.....	102
Figure 23 : Incidence cumulée de l'AVC à Daloa de 2017 à 2020.....	103
Figure 24 : Incidence cumulée de l'asthme de 2017 à 2020 dans la ville de Daloa	103

LISTE DES ANNEXES

- 1- Questionnaires des producteurs
- 2- Questionnaires des travailleuses de la charbonnière
- 3- Questionnaires des ex-travailleuses de la charbonnière
- 4- Questionnaires des populations exerçant des activités près de la charbonnière
- 5- Questionnaires des populations résidant près de la charbonnière
- 6- Guide d'entretien adressé aux responsables de la charbonnière.
- 7- Guide d'entretien adressé aux populations exerçant des activités près de la charbonnière

INTRODUCTION

La dépendance aux combustibles ligneux revêt une importance cruciale à l'échelle mondiale. Aujourd'hui, plus de 2,4 milliards de personnes s'appuient sur le bois et le charbon de bois pour leurs besoins culinaires, et de nombreuses petites entreprises misent sur ces ressources pour leurs activités quotidiennes (FAO, 2017). En Afrique subsaharienne, cette filière représente plus de 90 % des prélèvements ligneux, signe d'une production qui s'est intensifiée en réponse à la demande croissante des populations urbaines et des entreprises.

En prolongement de cette dynamique, la consommation mondiale de charbon de bois connaît une évolution significative depuis les années 1970, en étroite corrélation avec la croissance démographique. En 1970, elle s'élevait à environ 8 millions de tonnes, pour une population mondiale estimée à 3,7 milliards d'habitants. En 2000, elle atteignait 23 millions de tonnes, alors que la population mondiale franchissait le seuil des 6,1 milliards. Les projections indiquent que cette consommation pourrait atteindre 46 millions de tonnes à l'horizon 2030, en lien avec une population estimée à 8,5 milliards d'individus (Girard, 2002 ; Kiboum, 2011).

Cette évolution s'inscrit dans un contexte global de croissance soutenue de la demande énergétique. La consommation d'énergie primaire a progressé d'environ 6 000 millions de tonnes d'équivalent pétrole (Mtep) en 1970 à 10 500 Mtep en 2000. Les prévisions indiquent qu'elle pourrait excéder 17 000 Mtep d'ici 2030 (Enerdata, 2024).

Sur le plan économique, le secteur du charbon de bois occupe une place prépondérante dans plusieurs régions du globe, notamment en Afrique, en Asie du Sud-Est et en Amérique du Sud (Girard, 2002). Ce marché, essentiellement informel, génère un chiffre d'affaires se chiffrant en millions de dollars dans de nombreux pays africains et offre des revenus à plus de 40 millions de personnes (Matly, 2000 ; FAO, 2017). Cependant, la forte demande, combinée aux activités anthropiques, exerce une pression supplémentaire sur des forêts déjà fragilisées. En effet, le World Resources Institute estime que 80 % de la couverture forestière mondiale originelle a été abattue ou dégradée ces trente dernières années, avec des pertes annuelles qui équivalent aujourd'hui à la superficie de la Grèce (132 000 km²) (Young *et al.*, 2016).

La Côte d'Ivoire n'échappe pas à ces dynamiques. En 2002, 87 % des ménages utilisaient du bois de chauffe ou du charbon de bois, ce dernier représentant près de 47 % de la consommation des populations urbaines, alors que le taux d'urbanisation passait de 44,9 % en 2002 à 52 % en 2012 et que les subventions au gaz butane diminuaient (Banque Mondiale, 2014). En conséquence, la demande et la production de charbon de bois ont connu une hausse de 22 % en une décennie, exacerbant ainsi la déforestation (PNUD, 2015).

Les chiffres de la déforestation en Côte d'Ivoire illustrent bien cette problématique : alors que le pays disposait de 7,8 millions d'hectares de forêts en 1990, la couverture forestière est tombée à 3,4 millions d'hectares en 2015 (FAO, 2016), pour être rapportée à 2,5 millions d'hectares en 2018 et à moins de 2 millions en 2019 (Banque Mondiale, 2014 ; Ministère des Eaux et Forêts, 2019). Cette destruction massive ne se limite pas à une régression en termes de surface forestière, elle conduit également à la fragmentation des écosystèmes et à la disparition des habitats naturels, privant ainsi les populations de services écosystémiques indispensables (Guyot *et al.*, 2008).

Au cœur du département de Daloa, dans la région du Haut-Sassandra, le paysage évolue sous l'effet de dynamiques économiques et environnementales. La culture du cacao, moteur économique local, est identifiée comme la principale cause du recul de la couverture forestière, représentant environ 62 % du déclin enregistré (Koné, 2022). Parallèlement, l'exploitation forestière constitue un pilier économique, fournissant 64 % des matières premières aux industries du bois et 36 % destinées à la production de charbon de bois (PNUD, 2017).

L'implantation des industries du bois dans la ville rythme le quotidien des habitants. La forte capacité de transformation du bois dans ces unités, associée à une demande accrue de charbon, a conduit à l'installation de sites de carbonisation sur plus de deux hectares, situés à proximité des industries et au cœur du quartier Kennedy (Yao, 2014). Toutefois, cette localisation entre en contradiction avec les réglementations nationales qui imposent que ces infrastructures soient éloignées des zones résidentielles et limitées à deux meules par site (Ministère des Eaux et Forêts, 2012).

Le processus de carbonisation implique une combustion incomplète du bois, générant une quantité significative de polluants atmosphériques. Parmi eux figurent des aérosols contenant des gaz toxiques et des particules fines, qui contribuent de manière notoire à la pollution de l'air (Scandella *et al.* ; 2023Traore, 2024). Cette pollution accentue la charge de morbidité associée aux maladies respiratoires, cardiovasculaires et autres affections (OMS, 2016 ; OMS, 2018).

Les études épidémiologiques ont mis en évidence le rôle des particules fines, notamment les PM_{2,5} et PM₁₀, dans l'initiation et l'aggravation de pathologies telles que l'asthme, la broncho-pneumopathie chronique obstructive, et diverses maladies cardiovasculaires. Ces résultats soulignent les risques sanitaires majeurs liés à une exposition prolongée à ces polluants (Puett *et al.*, 2011 ; Kouassi *et al.*, 2012 ; Tsai *et al.*, 2013 ; Gnamien, 2022 ; Scandella *et al.*, 2023).

Face aux enjeux environnementaux, économiques et sanitaires, il apparaît essentiel d'analyser l'impact précis de cette activité sur les populations locales. Cette thèse vise à examiner les répercussions de la production charbonnière dans le quartier Kennedy sur la santé et le bien-être des producteurs et des habitants.

De manière spécifique, l'étude se fixe les objectifs suivants :

1. Analyser l'importance sociale et économique de la production du charbon de bois au quartier Kennedy de Daloa ;
2. Évaluer les conséquences environnementales de cette activité sur l'écosystème local ;
3. Examiner les effets des rejets gazeux et particulaires issus de la carbonisation sur la santé des producteurs de charbon et des populations riveraines.

Cette recherche a pour ambition de fournir des données essentielles à l'élaboration de solutions durables, tout en intégrant les réalités socio-économiques locales. Elle s'articule autour de trois chapitres :

- Chapitre 1 : Présentation générale du charbon de bois, des pollutions générées par sa production et de leurs effets sur l'environnement et les populations ;
- Chapitre 2 : Description du matériel et des méthodes employées pour la collecte et l'analyse des données ;
- Chapitre 3 : Exposition des résultats obtenus et discussion des implications de ces observations.

L'étude se conclut par une synthèse générale et une réflexion sur les perspectives de recherche à venir

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

1.1. Présentation de la zone d'étude

1.1.1. Situation géographique de la zone d'étude

Le quartier Kennedy de Daloa (Haut-Sassandra) a servi de cadre à la présente étude (Figure 1). Daloa, chef-lieu de département et de région, se trouve au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, dans une zone forestière. Elle est positionnée à 6° 53' de latitude Nord et 6° 27' de longitude Ouest. Les données du RGPH de 2021 indiquent que Daloa, avec ses 421 879 habitants, est la troisième agglomération la plus importante du pays après Abidjan et Bouaké.

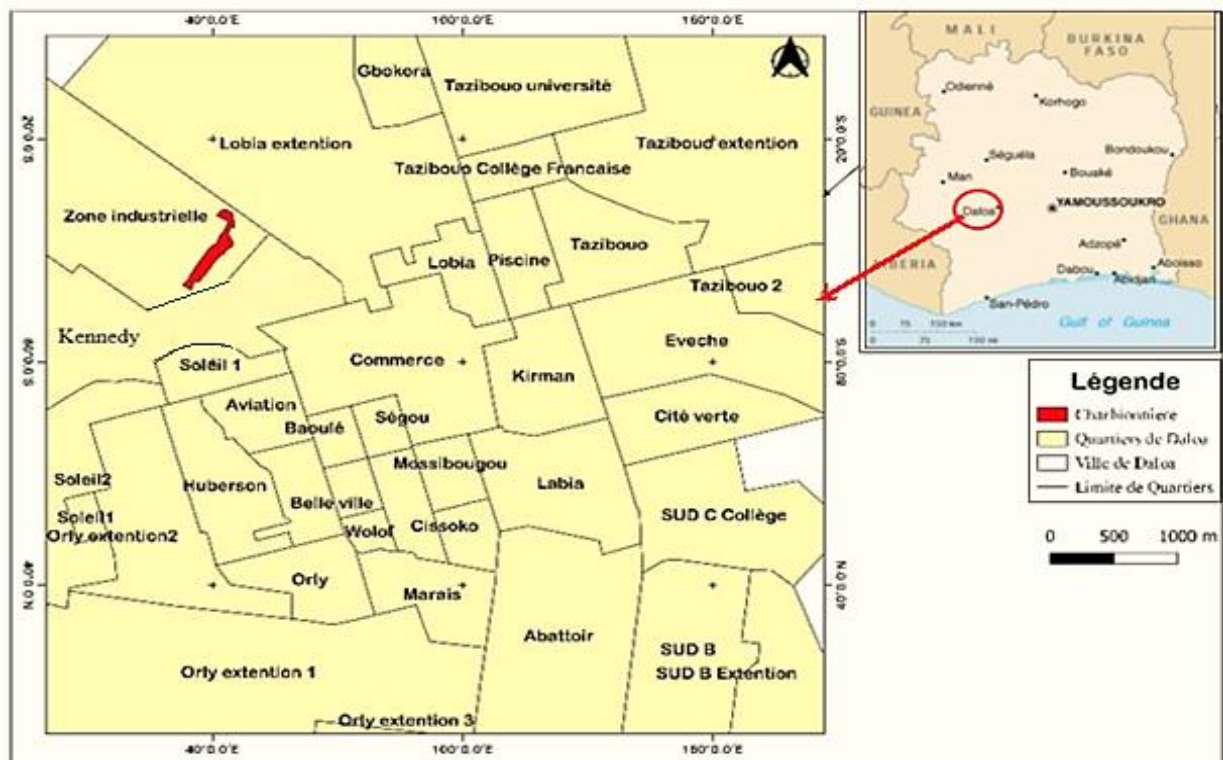


Figure 1 : Carte de la Ville de Daloa

1.1.2. Climat et végétation du Haut-Sassandra

La région du Haut-Sassandra appartient au climat tropical humide avec une pluviométrie, oscillant entre 17 et 176 millimètres de pluie par mois (Figure 2). Les précipitations sont réparties sur toute l'année avec un maximum aux mois d'août et septembre et un minimum de décembre à janvier. Zone humide par excellence, l'hygrométrie est importante avec une température moyenne annuelle de 26 °C (Aka *et al.*, 2018). Elle appartient à la zone climatique de type équatorial de transition atténué (climat baouléen) (Kouakou, 2019). Les températures journalières oscillent entre 24 et 35 °C.

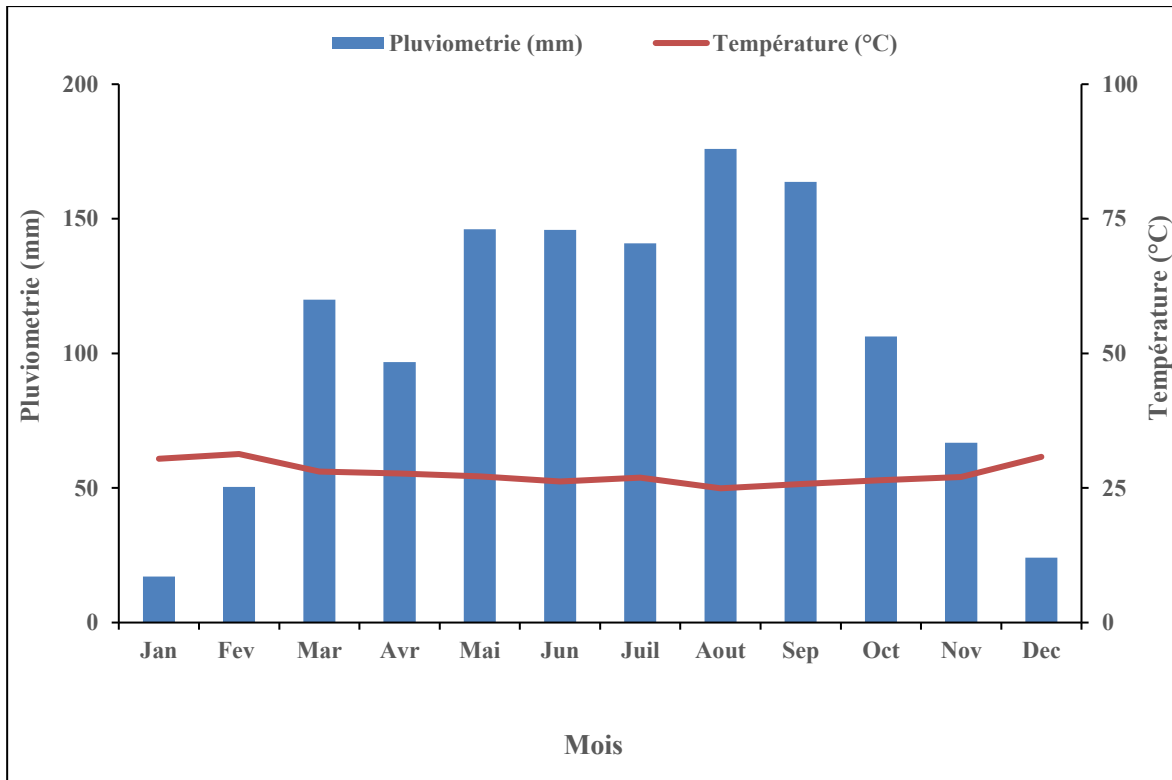


Figure 2 : Diagramme ombrothermique de la ville de Daloa de 2010 à 2020
(Source de données : www.tutiempo.net)

La région du Haut-Sassandra se caractérise par une diversité de ressources floristiques, fauniques et agricoles. Sa riche végétation fait d'elle une région incontournable pour les activités agricoles et l'exploitation forestière. Elle bénéficie même d'une forêt classée qui couvre une superficie de 102 400 ha (Sangne *et al.*, 2015). Dans l'ensemble, la région du Haut-Sassandra présente deux types de végétations bien distinctes :

- une zone forestière qui occupe la majeure partie de la région et qui se caractérise par une forêt avec des arbres du genre *Celtis* spp et une espèce d'arbre appelée *Triplochiton scleroxylon* (samba) ;
- une zone des savanes ou une savane préforestière (Nord de Vavoua) dont la composition diffère en fonction de la nature du sol ou de l'action de l'homme.

Ainsi, on y trouve des savanes à rôniers sur les sols hydromorphes, des savanes herbeuses postculturales ou des savanes alluviales sur les bordures du fleuve Sassandra et des savanes arbustives (Koffie-Bikpo, 2013).

Les fortes activités anthropiques dans cette région ont profondément modifié la végétation naturelle. Au fil du temps, la forêt dense semi-décidue cède la place à des zones de cultures pérennes et vivrières, ainsi qu'à des jachères (Soulama *et al.*, 2015).

1.1.3. Relief et hydrographie

Le relief de la région est monotone. Il est fait de plateaux granitiques de 200 à 300 m d'altitude. Le paysage est constitué de pénéplaines qui sont de vastes surfaces faiblement ondulées. Les formes actuelles du paysage seraient le résultat du stade ultime de la dégradation d'anciens glacis. Ces pénéplaines sont formées de petits mamelons séparés par des bas-fonds et des talwegs. Secs pendant la saison sèche, les bas-fonds et les talwegs se transforment en torrents pendant la saison des pluies (Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales, 2000). Le sol de la région du Haut-Sassandra est issu de l'altération du vieux socle précambrien. La faiblesse de l'érosion du sol justifie la présence continue du couvert végétal et rend le sol très profond en général avec un dépôt actif d'humus organique. Il s'agit des sols ferrallitiques d'origine granitique moyennement dénaturés (Kouamé, 1998). À côté des sols ferrallitiques, les classes de sols les plus représentées sont les sols hydromorphes. Les sols de composition ferrallitique présentent de bonnes aptitudes agricoles et se prêtent à tous les types de cultures. Quant au réseau hydrographique, il est essentiellement constitué du fleuve Sassandra et de ses affluents (la Lobo et le Davo), du lac du barrage de Buyo et de nombreux cours d'eau à écoulement saisonnier tels que le Dé, le Bahoré, le Boty qui arrosent la région. Il donne de nombreux bas-fonds cultivables et de petites mares temporaires qui sont aperçues dans sa partie centrale (Girard *et al.*, 1971). Ces conditions naturelles favorables ont entraîné une forte présence de la population.

1.1.4. Activités économiques

La région du Haut-Sassandra, dont Daloa est le chef-lieu, abrite une population dense, majoritairement rurale. Située au carrefour des axes routiers reliant Abidjan à l'Ouest du pays et San Pedro au Nord ainsi qu'aux nations voisines, la ville de Daloa bénéficie d'une position stratégique qui a favorisé son développement. Cette prospérité relative a attiré une mosaïque de populations provenant de diverses régions de Côte d'Ivoire et de l'étranger.

Daloa appartient à la grande zone d'exploitation forestière ivoirienne et se distingue comme la deuxième zone de production du cacao ainsi que la première du café (MINAGRI, 2010). La culture du cacao constitue environ 70 % des revenus agricoles de la région, tandis que le secteur informel représente près de 60 % des activités économiques urbaines. Par ailleurs, l'administration publique et les services occupent environ 20 % de l'économie locale (OCDE/CSAO, 2002).

En tant que pôle économique régional, Daloa dispose d'infrastructures routières qui facilitent la mobilité des populations et dynamisent les échanges commerciaux. Cité administrative et commerciale de premier plan, elle accueille une forte concentration de services publics, parapublics et privés régionaux.

La ville possède également un riche patrimoine touristique, comprenant des sites emblématiques tels que la roche éléphant de Brizeboua, les singes de Gbetitapéa, les grottes mystiques de Zébra, le rocher de Lotazra, le musée des amulettes de Vavoua et la rivière sacrée de Guédekipréa (Koukougnon, 2020). Ces lieux confèrent à Daloa une attractivité touristique notable.

Enfin, l'activité industrielle locale repose principalement sur les industries du bois, ainsi que sur une multitude d'établissements opérant dans le secteur informel, qui contribuent à la diversité économique de la ville.

1.1.5. Bois et l'industrie du bois

Grâce à sa localisation en zone forestière, la ville bénéficie de conditions naturelles propices à un développement agricole durable. La richesse de sa végétation, caractérisée par une forte densité floristique, a favorisé l'exploitation forestière et contribué à l'essor des industries du bois. Parmi les principales unités industrielles du secteur, on retrouve Transformation de Bois Ivoirien (TBI), Groupe Ivoirien de Bois Tropicaux (GIBT), Société de Transformation des Bois de l'Ouest (STBO), la Gazelle, les Établissements Coulibaly, Compagnie Limitée du Bois Industriel du Centre Ouest (COLBICO) et la Scierie Nouvelle de Gadouan. En complément de ces grandes scieries, la ville abrite également des établissements spécialisés dans la deuxième transformation du bois, notamment les menuiseries (Yao, 2014). Les bois débités et autres rejets non exploitables par ces industries sont cédés aux producteurs de charbon de bois locaux, renforçant ainsi une économie circulaire autour de la filière bois.

1.2. Production du charbon de bois

On appelle charbon, tout produit issu de la carbonisation des matières organiques. Parmi les différents types de charbon, on distingue le charbon de bois qui est un combustible fabriqué artificiellement et utilisé pour faire du feu. Il est obtenu en carbonisant du bois en atmosphère contrôlée par pyrolyse (en l'absence d'oxygène). Ce procédé permet d'éliminer, par élévation

de la température, les fractions liquéfiables (acide pyrolique) et gazéifiables du bois afin de ne laisser que le carbone et les minéraux. La structure micro et nanoporeuse de ce charbon lui confère des qualités particulières (Bensaida *et al.*, 2017). C'est donc une source d'énergie dont la matière première est exclusivement le bois. Sa production dépend donc de la disponibilité des arbres et des forêts.

1.2.1. Cadre réglementaire de la production du charbon de bois en Côte d'Ivoire

La production du charbon de bois et l'exploitation du bois de chauffe sont encadrées par le code de l'environnement et le code forestier de la Côte d'Ivoire.

L'exploitation des bois d'œuvre, d'ébénisterie, de service, de feu et de charbon est régie par le décret n° 94-368 du 1er juillet 1994 portant modification du décret n° 66-421 du 15 septembre 1966. Ce décret a été modifié et complété par la loi n° 96-766 du 3 octobre 1996 promulguant le code de l'environnement. Ce code définit le cadre réglementaire général des questions liées à l'environnement en Côte d'Ivoire. Le code de l'environnement a pour objectifs :

- de protéger les sols, les sous-sols, les sites, les paysages et les monuments nationaux, les formations végétales, la faune et la flore et particulièrement les domaines classés, les parcs nationaux et les réserves existantes ;
- d'établir les principes fondamentaux destinés à gérer, protéger l'environnement contre toutes les formes de dégradation afin de valoriser les ressources naturelles, de lutter contre toutes sortes de pollutions et nuisances ;
- d'améliorer les conditions de vie des différents types de populations dans le respect de l'équilibre avec le milieu ambiant.

En ce qui concerne la production du charbon de bois, les règles pour couper ou ramasser du bois exigent qu'un contrat soit établi entre le vendeur propriétaire et le producteur de charbon de bois. Une fois le contrat établi, le producteur de charbon de bois signe un engagement écrit et légalisé de respecter la réglementation forestière, d'utiliser effectivement les abattis d'exploitation forestière, de préserver l'environnement et le sol en limitant le nombre de meules à deux maximum par site.

Cet engagement stipule aussi que les emplacements des meules tout le long du contrat ne doivent pas changer. En fin d'exploitation, le producteur de charbon de bois doit reboiser un hectare de terre par permis.

Si à la fin de l'exploitation le reboisement n'a pas été effectué, il paie une prime de reboisement. Suite au paiement de la prime, une attestation de reboisement d'un site pour le reboisement compensatoire d'un hectare lui est délivrée par le service forestier. Une fois le reboisement effectif, une attestation de reboisement est délivrée par le maire au producteur de charbon de bois.

1.2.2. Étapes de la production du charbon de bois

La transformation du bois en charbon se fait par pyrolyse. La pyrolyse du bois consiste à chauffer le bois sans apport d'oxygène afin d'y entretenir une combustion lente (Mezerette et al., 1992). Le processus de transformation du bois en charbon se déroule en plusieurs étapes. Il comprend généralement les étapes de préparation du bois, la carbonisation et le refroidissement.

1.2.2.1. Préparation du bois

Une fois le bois coupé et ramassé, il est souvent étendu en plein soleil afin de réduire son taux d'humidité. Après évaporation de l'eau contenue dans les rondins de bois, le bois sec est entassé dans la fosse (meules en fosse) ou directement sur des rondins à même le sol (meules en forme de polygone) et recouvert de feuillages, d'herbes et de couches de terre ou de sciure pour éviter qu'il ne soit en contact direct avec l'air (FAO, 1983). L'on embrase par la suite le bois à l'une des extrémités de la meule. Dans le Haut-Sassandra, les charbonniers ont généralement recours à des meules traditionnelles sans fosse.

1.2.2.2. Carbonisation

La carbonisation est le processus par lequel le bois est transformé en charbon de bois au terme d'une combustion contrôlée. Après la mise à feu, le bois brûle lentement dans des conditions contrôlées. La carbonisation entre en jeu lorsque la matière organique est portée à haute température (au-delà de 180 °C) sous atmosphère anoxique ou en contrôlant précisément l'apport d'air. Elle évolue selon des profils de température. De 100° à 170 °C, il y a l'évaporation de l'eau libre et liée contenue dans la matière. Entre 170° et 270 °C, on a des émissions gazeuses (CO, CO₂) et de condensables.

Entre 270 et 280 °C, le bois commence à se décomposer spontanément en une réaction exothermique incontrôlable qui élève la température, sans apport extérieur de calories à température comprise entre 350° et 380 °C (Emrich, 1985). Lorsque la vitesse d'augmentation

de la température passe de 10 °C/min à 50 °C/min, le taux de condensables produits reste inchangé, mais le taux de gaz double et le taux de charbon diminue de près de 35 % (Strezov *et al.*, 2007). Il résulte de cette réaction exothermique du charbon de bois, de la vapeur d'eau, du méthanol et de l'acide acétique. Il y a aussi la production d'autres composés chimiques plus complexes, principalement sous forme de goudron et de gaz non condensables, à savoir l'hydrogène, le monoxyde de carbone et le dioxyde de carbone, et des hydrocarbures de poids moléculaire peu élevé (méthane, éthane, éthylène). La carbonisation prend au moins 3 à 15 jours (GIZ, 2014) en fonction du taux d'humidité du bois et de la circulation uniforme du gaz (FAO, 1983). Si l'on continue à chauffer, la teneur en carbone pur augmente du fait de l'élimination et de la décomposition d'une plus grande proportion de goudrons. Le processus se poursuit jusqu'à ce que tout le bois soit transformé en charbon de bois et s'arrête. Le charbon de bois ainsi produit à une teneur de 65 à 80 % de carbone pur et 3 à 5 % de cendres. Les résidus goudronneux peuvent atteindre 30 %. Une température de carbonisation de 500 °C donne une teneur normale en carbone pur d'environ 85 %, et une teneur en matières volatiles de 10 % (Hounlonon, 2011).

1.2.2.3. Refroidissement

Après la carbonisation, la meule, hermétiquement fermée, se refroidit lentement par radiation et à température ambiante ou à l'aide d'eau avant que le charbon de bois ne puisse être placé dans des sacs afin d'être transporté (FAO, 1983). Par la suite le charbon de bois peut être récolté. Le défournement se fait à l'aide de daba ou de pelle. La meule est ouverte sur un côté et le charbon est enlevé d'un bout à l'autre. Pour prévenir l'inflammation du charbon très chaud ou incandescent, l'on y verse de l'eau ou le recouvre de sable préalablement mouillé. Une fois refroidi, il est conditionné en sachets ou en sacs.

1.2.3. Caractéristiques du charbon de bois

Le charbon de bois est d'abord caractérisé par sa densité qui peut varier entre 0,2 et 0,6 t/m³ en fonction de la densité du bois utilisé comme matière première. Le charbon de bois obtenu à partir de bois feuillu est lourd et fort, par contre le charbon de bois produit à partir de bois léger est doux et léger (Zobo *et al.*, 2020). Le coefficient de transformation est d'environ la moitié de sa densité originelle. L'eucalyptus par exemple, qui a une densité d'environ 0,6 donne du charbon de bois de densité de l'ordre de 0,25 à 0,35. La densité apparente du charbon de bois

est fonction du type de bois. Elle se situe dans un intervalle de 180 à 220 kg/m³ (Durrieu *et al.*, 2011).

Le charbon de bois est ensuite caractérisé par sa teneur en humidité de l'ordre de 3 à 10 %. Enfin, il se caractérise par sa teneur calorifique. La teneur calorifique du charbon de bois est liée à la quantité de carbone fixée et dépend fortement de la température de carbonisation. Elle varie entre 27 et 33 MJ/kg. Un charbon commercial d'une bonne qualité devrait avoir une teneur en carbone fixe de l'ordre de 75 % et une température de distillation finale de l'ordre de 500 °C (Louppe, 2014).

1.2.4. Méthodes de production et efficacité

Les méthodes de production du bois en charbon se résument en général en quatre types de technologie :

- les méthodes utilisant les fours traditionnels qui sont les plus courantes ;
- les méthodes utilisant les fours traditionnels améliorés ;
- les technologies de production industrielle ;
- les systèmes à haut rendement et à faible émission.

En fonction des paramètres tels que l'humidité du bois, la taille du four et le contrôle du processus, le gain relatif d'une technologie améliorée est compris entre 5 % et 50 % (GIZ, 2014).

1.2.4.1. Avantages et inconvénients des différentes méthodes

1.2.4.1.1. Fours traditionnels

En Côte d'Ivoire, les meules traditionnelles ou fours traditionnels sont les plus utilisés. On distingue généralement deux types : les meules en fosse et les meules en dôme.

- ✓ Les meules en fosse : elles peuvent se présenter comme étant la méthode la plus simple pour la production de charbon. Le processus d'utilisation d'une meule en forme de fosse commence par empilement du bois dans une fosse en le scellant avec une couche d'herbes et de terre. La carbonisation commence en allumant le bois à une extrémité. Ce type de meule nécessite de très faibles investissements. Les matériaux utiles pour sa mise en place se trouvent toujours sur place. Il est généralement de grande taille et permet de carboniser de gros morceaux de bois. Sa construction ne nécessite pas de grands périmètres et il produit du charbon de bois relativement propre. En revanche, son fonctionnement nécessite

beaucoup de travail et de main-d'œuvre. Ce type de meule est sensible aux aléas climatiques. Sa mise en place exige un sol profond, cohérent et une qualification des opérateurs (Carré *et al.*, 1984). La ventilation peut également être difficile à contrôler et souvent la carbonisation est incomplète. Il utilise de grandes quantités de bois, produit une importante quantité de fumée et un rendement faible (8 à 12 %).

- ✓ Les meules en forme de dôme : elles résultent d'un empilement de bois sur le sol sans creuser de fosse. Le monticule de bois formé est recouvert d'une couche d'herbes et l'ensemble est rendu étanche en le recouvrant de terre ou de sciure. Une petite ouverture permet le contrôle et le suivi du processus de carbonisation. Lorsque le four est allumé, il nécessite un entretien permanent pendant 7 à 30 jours selon la taille (FAO, 1985). Ces meules peuvent être construites sur tout type de terrain, elles ne demandent pas de gros investissements et carbonisent divers types de bois (gros, moyen, petit) même les résidus de biomasse. Toutefois, la mise en œuvre de ces meules exige une qualification de l'opérateur et nécessite beaucoup de main-d'œuvre. Elles sont sensibles aux variations climatiques et produisent un charbon de bois de qualité variable et une pollution importante. Leur rendement est en général compris entre 8 et 15 %.

Les fours traditionnels consomment beaucoup de bois pour un faible rendement et les meules en forme de dôme sont généralement plus efficaces que celles en forme de fosse.

1.2.4.1.2. Fours améliorés

Développés dans le but d'améliorer les rendements de la production du charbon de bois par rapport aux meules traditionnelles, les fours améliorés sont de plusieurs types : la meule casamance, la meule en brique, la meule en acier et la meule Adam. Dans ces meules, les flux de chaleur ne s'échappent pas complètement, mais y sont partiellement redirigés, ce qui améliore la pyrolyse. La carbonisation est plus rapide et plus uniforme que les fours traditionnels, donnant du charbon de bois de meilleure qualité. Ces meules ont une efficacité de 30 à 40 %. Le cycle de carbonisation est beaucoup plus rapide et permet de récupérer le charbon après 2 à 14 jours (Mundhenk *et al.*, 2010). En plus de leur efficacité élevée, leur rendement avoisine les 50 %. Ces meules permettent de réduire les émissions nocives jusqu'à 70 %. Les inconvénients résident dans l'immobilité de certaines de ces meules, le coût onéreux de la construction, ainsi que dans la main-d'œuvre qualifiée nécessaire à la construction et à la mise en œuvre.

1.2.4.1.3. Production industrielle

La méthode de production industrielle de charbon de bois a été développée au début des années 80 aux États-Unis. Elle permet d'avoir un charbon de bois dont le taux en carbone fixe est supérieur à 82 %. Cette méthode permet de contrôler la température de carbonisation au cœur du four.

Contrairement aux méthodes traditionnelles, elle nécessite 30 % de bois en moins pour obtenir une même quantité de charbon de bois, et les fours permettent de valoriser les déchets industriels et forestiers de bois. À la différence de la pyrolyse par exemple, la production industrielle n'a pas besoin d'apport d'énergie externe pour produire du charbon de bois. Le bois est initialement enflammé par la partie supérieure du four, ce qui permet une propagation progressive de la combustion vers le bas, facilitée par la circulation naturelle de l'air. Une fois que l'ensemble du bois est embrasé, les ouvertures d'entrée d'air situées à la base du four sont hermétiquement fermées afin de stabiliser le processus et d'éviter une combustion complète du matériau (GIZ, 2014). Avec cette méthode, la production de charbon de bois complet dure entre 20 et 24 heures, suivant le taux d'humidité du bois et permet de récolter au moins 1 500 kg de charbon de bois par cycle de carbonisation pour un four (Blu, 1989 ; Michel, 2011). Les fours industriels ont une durée de vie de 10 ans. Ils sont 100 % recyclables et génèrent très peu de pollution. Le charbon de bois obtenu est de grande qualité dont le taux de carbone fixe peut atteindre 94 %, mais la production n'est possible qu'avec des bois de petit calibre.

1.2.4.1.4. Principe de fonctionnement des systèmes à haut rendement et à faible émission

Les systèmes à haut rendement et à faible émission sont des systèmes de production du charbon de bois à partir des résidus du bois ou des résidus agricoles. Ce charbon est formé par compactage sous pression des matériaux utilisés pour la carbonisation. Ce charbon est donc en forme de brique. Une brique est un bloc de matière inflammable utilisé comme carburant pour démarrer et maintenir un feu. Sa production se déroule en plusieurs étapes. Après collecte, les déchets du bois ou agricoles sont séchés avant d'être transformés en charbon dans une meule. La biomasse carbonisée est ensuite mélangée avec de l'eau et des liants tels que l'amidon, la gomme arabique, l'argile, etc. Le mélange obtenu est pressé en briques (Sugumaran & Seshadri, 2010). Cette production en milieu protégé permet de réduire de plus de 80 % les rejets polluants.

1.3. Effets de la production du charbon de bois sur l'environnement

La consommation de charbon est une question très controversée. Le processus de transformation du bois en charbon résulte d'une perte d'énergie considérable, nécessitant beaucoup plus de ressources forestières pour produire la même quantité d'énergie (Sugumaran & Seshadri, 2010). Les prélèvements en grande quantité de bois en vue de satisfaire la demande sans cesse grandissante du charbon de bois entraînent de nombreux problèmes sur la disponibilité de la matière première. Les marques les plus perceptibles des prélèvements du bois pour la production du charbon de bois sur l'environnement sont la déforestation et la dégradation des forêts (Kuassi *et al.*, 2023).

1.3.1. Déforestation et dégradation de la forêt

La déforestation désigne la réduction significative de la surface forestière, principalement causée par les activités humaines. Elle trouve ses origines dans la sédentarisation des populations, le défrichement pour l'agriculture et l'élevage, puis s'est intensifiée avec l'urbanisation et le développement des infrastructures de transport (Williams, 2000). Ce phénomène devient irréversible lorsque les terres forestières sont converties définitivement à d'autres usages, notamment agricoles. Outre les actions humaines, des facteurs naturels tels que les incendies ou les maladies affectant les arbres peuvent également y contribuer. Selon la FAO (2016), l'agriculture est responsable de près de 80 % de la déforestation mondiale, tandis que les 20 % restants sont liés à l'urbanisation, aux infrastructures et à l'exploitation minière. L'essor démographique alimente cette expansion agricole, et l'exploitation illégale du bois accentue encore la pression sur les forêts (Nellemann, 2012 ; Le Treut, 2015).

En Côte d'Ivoire, les recherches du BNETD et Tera (2016) ont mis en évidence cinq grandes causes directes de la perte de couverture forestière : l'agriculture extensive (cacao, hévéa, palmier, anacarde, vivriers, riz, café), l'exploitation forestière (grandes coupes, production de charbon de bois), l'extension des infrastructures, l'exploitation minière (orpaillage, carrières) et les feux de brousse. À ces causes directes s'ajoutent des facteurs indirects tels que les dynamiques culturelles, démographiques, économiques et institutionnelles.

Contrairement à la déforestation, la dégradation forestière ne se traduit pas par une perte de surface, mais par une altération de la qualité écologique des forêts existantes (Geist & Lambin, 2001). Elle affecte les composantes de l'écosystème forestier, leurs interactions et leur fonctionnement global (Nivet *et al.*, 2012). Cette dégradation résulte d'une combinaison de

facteurs directs comme l'exploitation du bois d'œuvre, la collecte de bois énergie, les feux de brousse et les activités minières, et de facteurs indirects, notamment les pratiques culturelles, la pression démographique, les contraintes économiques et les faiblesses institutionnelles (PNUD, 2017). Ensemble, ces éléments compromettent la régénération des forêts et menacent leur durabilité.

1.3.1.1. Conséquences de la déforestation

1.3.1.1.1. Sur la sécurité humaine

La déforestation entraîne des problèmes de glissement de terrain, des coulées de boue, l'augmentation des inondations et menace les besoins de subsistances de 20 % de personnes dans le monde surtout les populations vivant en milieu rural (Dan, 2005). Elle engendre ou accentue les catastrophes naturelles (Grimaldi *et al.*, 1993). En effet, les forêts sont indispensables à la structure et la qualité des sols. Elles réduisent l'érosion hydrique, éolienne (Butler, 2010) et maintiennent le cycle des nutriments dans ces sols. La participation active de la production du charbon de bois à la déforestation a conduit de nombreux pays tels que le Kenya, la Tanzanie, la Gambie à imposer des mesures d'interdictions du charbon (Sepp, 2008). Toutefois, ces interdictions ont eu peu de succès et l'utilisation du charbon continue d'augmenter du fait de l'urbanisation croissante.

1.3.1.1.2. Sur la sécurité alimentaire

La sécurité alimentaire est le résultat du fonctionnement du système alimentaire au plan mondial, national et local. Elle dépend souvent directement ou indirectement des services des écosystèmes agricoles et forestiers, à savoir la conservation du sol et des eaux, la gestion des bassins versants, la lutte contre la dégradation des terres, la protection des zones côtières et des mangroves et la conservation de la biodiversité (Meybeck *et al.*, 2018).

La déforestation entraîne des sécheresses, la désertification et menace les productions agricoles. Elle fragilise les sols et les dépouille de leurs éléments nutritifs (Vanara & Maire, 2008). La forêt rend les sols plus riches en matière organique et les rend plus résistants aux intempéries et aux érosions (Havlicek & Frey, 2016). Ainsi, lorsqu'une forêt est détruite, le sol se fragilise et devient plus vulnérable aux catastrophes naturelles. Le sol devenu aride ne peut plus produire de vivres pour la survie des êtres vivants dans leur ensemble (Tubiana & Kieken, 2007).

1.3.1.1.3. Sur la santé humaine

La déforestation entraîne une hausse significative des risques d'épidémies et de propagation des maladies infectieuses par les insectes et les animaux. Selon Baudron & Liégeois (2020), les forêts jouent un rôle essentiel dans la réduction des maladies infectieuses. En effet, la disparition des espaces forestiers accroît le contact entre les populations humaines et les agents infectieux, facilitant leur circulation épidémique. Actuellement, 60 % des maladies infectieuses sont des zoonoses, dont 72 % des cas ont pour origine les animaux sauvages. La déforestation intensifie ainsi les interactions entre l'Homme et la faune sauvage, augmentant le risque de transmission des pathogènes (Herndon & Butler, 2010).

Les pandémies telles que le COVID-19, le SRAS et l'Ebola sont des exemples de zoonoses dont l'émergence est étroitement liée aux changements environnementaux. De plus, dans les zones où la couverture forestière est fortement réduite, le risque de contracter le paludisme est près de 300 fois supérieur par rapport aux régions forestières (Magdaleine, 2020).

Par ailleurs, les forêts constituent une grande pharmacopée naturelle. Environ 80 % des habitants des pays en développement dépendent des médicaments traditionnels, dont 50 % proviennent directement des ressources forestières. De plus, plus de 25 % des médicaments utilisés en médecine moderne sont issus de composés biologiques actifs extraits des forêts tropicales (Fleury, 2000 ; Guyot *et al.*, 2008).

1.3.1.1.4. Sur la biodiversité

Les forêts renferment plus de 80 % de la biodiversité terrestre. Elles constituent des demeures pour les espèces animales et végétales. La forêt abrite des mammifères, des oiseaux, des insectes, des amphibiens, des plantes et des espèces souvent très rares et fragiles. L'un des plus grands dangers de cette disparition des forêts est le caractère très souvent irréversible de la perte de la biodiversité. Plusieurs espèces sont menacées d'extinction à cause de la disparition des forêts (Herndon & Butler, 2010). En Afrique par exemple, les grands singes voient leur nombre diminuer de manière très importante en raison de la destruction de leur habitat naturel. Dans le Haut-Sassandra, l'antilope de Daloa est de plus en plus rare dans la région de l'antilope. (Pirard *et al.*, 2021).

1.3.1.1.5. Sur les ressources en eau

Les forêts participent à la reconstitution des nappes phréatiques si cruciales pour l'eau potable. Ainsi, les trois quarts de l'eau accessible proviennent de bassins versants forestiers. De plus, dans les pays en développement, l'approvisionnement en eau potable de deux tiers des grandes villes dépend des forêts (Magdaleine, 2020). C'est le cas de la ville d'Abidjan qui tire une grande partie de son eau de consommation de la forêt du Banco. Les forêts, en filtrant et en retenant l'eau, protègent les bassins versants qui fournissent de l'eau douce purifiée aux rivières. La déforestation entraîne une réduction de l'évapotranspiration et cause des irrégularités des pluies. Ces irrégularités des pluies produisent une perturbation du cycle de l'eau, menaçant ainsi les nappes phréatiques et la disponibilité en eau potable. La destruction des forêts conduit à l'érosion des sols et l'envasement des cours d'eau, ce qui réduit l'accès à l'eau potable à la fois en qualité et en quantité (Gbogou, 2018).

1.3.1.1.6. Déforestation et changement climatique

Les forêts sont des éléments essentiels de la régulation du climat par leur fonction de stockage de carbone et aussi par leur action sur la qualité des sols et de l'eau. La forêt naturelle notamment tropicale, les mangroves et la taïga rendent davantage de services écosystémiques que les forêts implantées ou secondaires. Les forêts constituent de grands réservoirs de stockage de CO₂ avec des capacités atteignant 8 milliards de tonnes d'équivalent CO₂. Après les océans, elles constituent le deuxième puits de carbone de la planète. Selon la FAO (2016), les capacités d'absorption et de stockage du carbone des forêts varient considérablement selon différents facteurs. Les forêts non perturbées emmagasinent plus de carbone que les forêts dégradées, les forêts humides stockent davantage de carbone que les forêts sèches ou semi-arides et les peuplements mûrs stockent de plus grandes quantités de carbone que les jeunes formations.

1.3.2. Pollution atmosphérique

La combustion du bois au cours de sa transformation en charbon produit une quantité importante de gaz et de poussières. Ces polluants atmosphériques rejetés ont des effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement.

Les polluants atmosphériques sont des composés plus ou moins toxiques qui peuvent avoir une durée de vie élevée et migrer loin de leurs sources d'émission en interférant à différentes échelles spatiales. Ainsi la classification des phénomènes de pollution atmosphérique fait

référence le plus souvent à l'échelle d'étude. Elle se limite généralement à trois niveaux d'échelle que sont l'échelle locale, l'échelle régionale et l'échelle globale ou mondiale. (Chang *et al.*, 2000 ; Monks *et al.*, 2009 ; Ramanathan & Feng, 2009 ; Elichegaray *et al.*, 2010).

1.3.2.1. Facteurs influençant l'émission des polluants

Les rejets de polluant dans l'atmosphère dépendent de conditions de combustion. Les principaux facteurs affectant la combustion sont les suivants : la taille du bois, l'essence du bois, l'humidité du bois et la température de combustion.

1.3.2.1.1. Influence de la nature du bois sur la combustion

La manière dont le bois se consume est essentielle, car il en découle une combustion complète ou incomplète associée à l'émission de différents polluants. La cellulose est le constituant principal du bois. Le bois est ensuite constitué de lignine, d'hémicellulose, de protéines, de résines, de tanins, de colorants, etc. Les proportions de ces différents constituants varient en fonction de l'essence du bois. L'essence du bois joue donc un rôle dans la combustion et l'émission de polluants. Un bois tendre génère plus d'hydrocarbures qu'un bois dur.

Concernant la taille du bois, le processus de dégazage et d'inflammation est très rapide avec les morceaux de petite taille. On obtient une bonne flamme de bois, même pour des bois humides. Si les morceaux de bois sont de grandes dimensions, le processus de combustion se poursuit par couche successive. Les matières volatiles et l'eau proviennent des couches de plus en plus profondes, tandis que simultanément une couche isolante de charbon de bois de plus en plus épaisse se forme à la surface de la bûche (Collet, 2000). Les matières gazeuses s'échappent ainsi par les pores et les fentes du bois en formant de petits jets et une couche de gaz autour des bûches.

1.3.2.1.2. Humidité et température du bois

Les polluants rejetés dans l'atmosphère dépendent des conditions de combustion. L'humidité et la température du bois sont quelques-unes des conditions qui affectent la combustion.

Le bois sec avec une humidité maximale de 20 % facilite l'obtention d'une combustion complète. Si les niveaux d'humidité sont trop élevés, le feu peut être refroidi par la grande quantité de vapeur d'eau produite, ce qui réduit l'efficacité de la combustion et augmente les émissions de non brûlées. De plus, la température élevée dans la zone de combustion favorise

les réactions chimiques et permet une combustion complète (John, 2009).

1.3.2.1.3. Facteurs météorologiques

Le vent, sa force et sa direction sont importants lors du processus de carbonisation et d'émission des polluants. La dispersion du panache de fumée peut avoir un impact sanitaire. L'orientation du panache lors de la combustion du bois est importante pour que les populations ne se trouvent pas exposées directement aux éléments nocifs qu'il est susceptible de contenir. Après leur formation, le mélange hautement dynamique des composés de la combustion est transporté à partir de la source d'émission. Durant le transport la composition chimique, les caractères physiques et la concentration dans l'air des composés changent. Le temps de résidence dans l'air des composés de combustion dépend de la nature des procédés qu'ils subissent et varient avec les secondes ou les minutes jusqu'aux jours ou semaines (Morawska *et al.*, 1998). Les précipitations participent aussi à la distribution des particules (polluants). Elle entraîne la précipitation des polluants en suspension dans l'air et le lessivage des sites de production du charbon vers les rivières ou lacs voisins.

1.4. Effet de la production du charbon de bois sur la santé humaine

La production de charbon de bois engendre l'émission de plusieurs polluants atmosphériques aux conséquences néfastes pour la santé. Parmi les principaux contaminants, on retrouve le monoxyde de carbone, les oxydes d'azote, le dioxyde de soufre, ainsi que divers composés organiques volatils (COV), dont l'acroléine et le formaldéhyde (Autret, 2009).

En outre, la combustion du bois produit des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des dioxines, ainsi que des particules fines telles que la suie, les cendres et le goudron, qui contribuent à la pollution de l'air et augmentent les risques respiratoires. L'inhalation prolongée de ces substances peut provoquer des troubles respiratoires chroniques, des irritations oculaires et cutanées, et accroître les risques de maladies cardiovasculaires (Kafando *et al.*, 2019).

1.4.1. Pathologies induites par l'exposition aux polluants atmosphériques : synthèse des effets sanitaires à court terme

La pollution atmosphérique, qu'elle soit issue de la combustion du bois ou de toutes autres sources, présente des risques sanitaires pour les individus à court et à long terme. Les effets à court terme sont les manifestations cliniques, fonctionnelles ou biologiques qui apparaissent

quelques jours à quelques semaines après l'exposition à la pollution atmosphérique. Les liens entre la pollution atmosphérique urbaine, la morbidité et la mortalité à court terme ont été largement documentés à travers de nombreuses études scientifiques fondées sur des approches épidémiologiques, toxicologiques, biologiques et expérimentales. Par exemple, les travaux de Katsouyanni *et al.* (1996) ont mis en évidence qu'une élévation ponctuelle des concentrations de polluants dans l'air urbain est significativement corrélée à une augmentation immédiate de la mortalité toutes causes confondues, ainsi qu'à une recrudescence des hospitalisations pour maladies cardiovasculaires et respiratoires.

De manière complémentaire, l'étude menée par Touloumi *et al.* (1997) a renforcé ces constats en démontrant, par une quantification précise, l'impact négatif des pics de pollution sur la santé publique, notamment à travers l'incidence accrue d'événements pathologiques graves. Ces résultats sont également appuyés par les conclusions du Programme de Surveillance Air et Santé (Boutaric & Lascoumes, 2008), qui ont montré que même une exposition de courte durée à des niveaux élevés de polluants atmosphériques peut entraîner des effets sanitaires notables. Plusieurs autres recherches ont démontré un lien significatif entre la mortalité et les principaux polluants atmosphériques (Stieb *et al.*, 2002 ; Bell *et al.*, 2004 ; Samoli *et al.*, 2006). Par ailleurs, d'autres travaux ont analysé l'impact de la pollution de l'air sur la morbidité, en établissant des corrélations entre les concentrations de polluants, les hospitalisations et les consultations médicales pour des affections cardiovasculaires. Des liens significatifs ont été mis en évidence, mais sont variables selon le polluant et les pathologies plus spécifiques tels que l'asthme, la broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO), l'insuffisance cardiaque, les cardiopathies ischémiques, l'infarctus du myocarde ou les maladies cérébrovasculaires (Anderson *et al.*, 1997 ; Atkinson *et al.*, 2001 ; Host *et al.*, 2008). Les problèmes de santé liés à la pollution atmosphérique concernent particulièrement les personnes âgées, les enfants et les personnes souffrant de maladies chroniques respiratoires ou cardiovasculaires (Brauer *et al.*, 2002).

1.4.1.1. Monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz incolore et inodore qui diminue la capacité du sang à transporter l'oxygène. Ce composé est extrêmement toxique et, lorsqu'il est présent à des concentrations élevées, il peut entraîner des effets létaux. Le monoxyde de carbone est formé par la combustion incomplète du carbone et provient essentiellement des installations de

combustion mal réglées. Le monoxyde de carbone a une densité légèrement plus faible que l'air. Dans l'atmosphère, il participe aux mécanismes chimiques de formation de l'ozone troposphérique, se transforme en CO₂ et contribue à l'effet de serre (Bliefert & Perraud, 2007). Dans le corps humain, il réagit aisément avec de l'hémoglobine pour former la carboxyhémoglobine (Borgie, 2014). Le monoxyde de carbone pénètre dans le système sanguin par les poumons et réduit la distribution de l'oxygène aux organes et tissus du corps. À des taux élevés, une exposition au monoxyde de carbone peut causer des troubles respiratoires, des nausées, des vertiges, des troubles de la mémoire, des effets asphyxiants, des maux de tête, des troubles de visions, des troubles cardiaques, une diminution de la capacité de concentration et des décès (Ferlay, 1995). Les rejets du monoxyde de carbone dans l'atmosphère peuvent avoir pour conséquence la formation ou l'accumulation dans l'environnement de composés nocifs pour les espèces animales et végétales.

1.4.1.2. Oxydes d'azote

Les oxydes d'azote (NO_x) se forment lors de la combustion à des températures suffisamment élevées pour que l'azote et l'oxygène de l'air réagissent (Lavaine, 2011). Les oxydes d'azote (NO_x) sont constitués de dioxyde d'azote (NO₂) et de monoxyde d'azote (NO) (Fontan, 2003). Dans l'atmosphère, au contact de l'oxygène, le NO s'oxyde en NO₂. Les oxydes d'azote sont impliqués dans la formation de polluants photochimiques tels que l'ozone troposphérique et à l'effet de serre. Ils participent à la formation d'acide nitrique, qui contribue à la formation de pluies acides et de particules secondaires. Ils sont nocifs pour la santé (maladies cardiovasculaires et respiratoires), parmi les NO_x, le NO₂ est le plus nocif pour la santé humaine (Brunekreef & Holgate, 2002). L'exposition au NO_x à court terme peut modifier la fonction des poumons pour les individus ayant des maladies respiratoires préexistantes, augmenter les risques de maladies respiratoires chez les enfants (de 5 à 12 ans) et peut causer des modifications des tissus des poumons (EPA, 2014).

1.4.1.3. Dioxyde de soufre

Le dioxyde de soufre (SO₂) a pour origine principale la combustion des énergies fossiles riches en soufre. Le SO₂ peut avoir aussi des sources naturelles dont les plus importantes sont les feux de forêt et les éruptions volcaniques (Bisson *et al.*, 2011). Ce gaz peut s'oxyder puis se transformer en acide sulfurique. Il contribue de façon prépondérante aux phénomènes des pluies

acides et au dépérissement des forêts (Lavaine, 2011). Il élimine les végétaux sensibles tels que les lichens et provoque la dégradation des matériaux de construction telles les pierres calcaires (Bliefert & Perraud, 2007). Le SO₂ est un gaz irritant pour l'appareil respiratoire et engendre une exacerbation de l'asthme, des bronchites chroniques et une sensibilisation aux infections respiratoires. Une exposition à des concentrations élevées de dioxyde de soufre (SO₂) dans l'air ambiant peut entraîner des troubles respiratoires temporaires, en particulier chez les personnes asthmatiques pratiquant des activités physiques en extérieur (Bethel *et al.*, 1985 ; Linn *et al.*, 1990). Les expositions à long terme à des niveaux élevés de SO₂ engendrent des maladies respiratoires et aggravent des cas existants de problème cardiaque et le risque de mort prématurée.

1.4.1.4. Acroléine et formaldéhyde

L'acroléine est un composé de la famille des aldéhydes issus de la combustion incomplète des combustibles forestiers. L'acroléine, à température ambiante, est un liquide incolore et légèrement jaunâtre, d'odeur désagréable, âcre et pénétrante. Son seuil de perception olfactive est compris entre 0,07 et 0,48 mg/m³. L'acroléine peut gravement irriter les yeux et le haut du tractus respiratoire à de faibles concentrations. Les symptômes liés à une exposition sont une irritation des yeux, des nausées et des vomissements. L'acroléine provoque l'inflammation et des réactions allergiques. Quant au formaldéhyde, sous sa forme gazeuse, il est caractérisé par une odeur piquante et suffocante qui peut provoquer, en fonction des concentrations, des irritations sévères des muqueuses respiratoires et oculaires. Il peut entraîner encore des ulcérations trachéales et bronchiques (Kerns *et al.*, 1983). L'exposition au formaldéhyde conduit à une irritation des yeux, du nez et de la gorge. De longues expositions à ce composé peuvent conduire au développement de cancers nasopharyngiaux.

1.4.1.5. Composés organiques volatils

Sous cette appellation est regroupée une multitude de substances appartenant à différentes familles chimiques (hydrocarbures aromatiques, cétones, alcools, alcanes, aldéhydes) (Zhou & Wang, 2012). La combustion du bois produit des émissions de différents composés organiques volatils, dont le benzène. Le benzène peut causer des maux de tête, des nausées, des difficultés à respirer. Il peut aussi causer des anémies, des lésions du foie, des reins ainsi que des cancers. Les effets sanitaires des COV sont divers et variables selon la nature du polluant envisagé.

L'exposition à certains COV peut causer : de la fatigue, des nausées, des étourdissements, des maux de tête, des difficultés respiratoires, une irritation des yeux, du nez et de la gorge. Ils peuvent avoir des effets cancérigènes, mutagènes (Venn *et al.*, 2003 ; Duong *et al.*, 2011 ; Carazo *et al.*, 2013). Dans l'environnement, ils interviennent avec les NO_x et CO dans l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique et à l'effet de serre (Casset & De Blay, 2008).

1.4.1.6. Hydrocarbures aromatiques polycycliques

Les HAP sont des composés organiques hydrocarbonés constitués de deux ou plusieurs cycles benzéniques. Les HAP proviennent de la combustion incomplète de matières organiques telles que le bois, le tabac (Marr *et al.*, 2006 ; Ravindra *et al.*, 2008). Ils se retrouvent dans l'air ambiant lié aux particules de suie. La formation des HAP peut résulter de processus naturels, mais la source majeure de son introduction dans l'environnement est anthropique. L'homme peut les assimiler en ingérant des aliments ou en respirant des poussières qui contiennent des HAP et par voie cutanée, en touchant des matériaux qui en contiennent. Certains composants de ce type de fumée comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont reconnus comme cancérigènes pour l'homme. Le plus cancérigène d'entre eux est le Benzo (a) pyrène (BaP). De plus, le pouvoir toxique de ce dernier augmente lorsqu'il est mélangé avec du carbone particulaire (Grange *et al.*, 2007).

1.4.1.7. Dioxines

Les dioxines constituent un groupe de composés organiques persistants extrêmement toxiques, capables de demeurer dans l'environnement sur de longues périodes en raison de leur stabilité chimique et de leur forte affinité pour les tissus adipeux. Même à très faibles concentrations, elles présentent un risque sanitaire élevé. Leur exposition est associée à divers effets délétères sur la santé humaine, notamment des atteintes hépatiques, des perturbations des systèmes immunitaire, endocrinien et reproducteur, ainsi que des troubles du développement et des altérations neurologiques chez les enfants. Par ailleurs, certaines dioxines, comme la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (TCDD), sont classées parmi les cancérigènes avérés pour l'homme (Zelikoff *et al.*, 2002). L'exposition aux dioxines est associée à un risque de lésions graves de la peau, une faiblesse générale liée à la perte de poids, un changement des activités de diverses enzymes du foie, une diminution du système immunitaire et endocrinien ainsi que

des anomalies du système nerveux (Hosselet & Bignon, 1994).

1.4.1.8. Suie et Cendres

La suie, de couleur noire, est un sous-produit de la combustion incomplète du bois, du charbon de bois, des moteurs à combustion, des combustibles fossiles et bio massiques. Elle résulte d'une part, du carbone volatil non brûlé ce qui se dépose (sous la forme de poudre) sur les parois froides du conduit ou sous forme d'agglomérat (goudrons et résines condensés) (Haynes & Wagner, 1981). D'autre part, elle provient des particules non brûlées ou des particules de coke et de mâchefer provenant de la combustion et des matières inertes (cendres) (Frenklach, 2002). Les suies sont des cancérigènes pour l'Homme (Melicow, 1975).

Les cendres sont les résidus solides et pulvérulents de la combustion du bois. Elles peuvent renfermer des éléments traces métalliques (ETM) tels que le plomb (Pb), le Mercure (Hg), l'Arsenic (As), le Cadmium (Cd) et le Nickel (Ni) (Borgie, 2014).

1.4.1.9. Goudron

Le goudron végétal est un produit résineux qui se forme au cours de la pyrolyse du bois. Il se caractérise par une odeur forte et âcre qui se dégage au cours de la combustion de certaines matières organiques, de résidus de charbon de bois et d'acide pyroligneux. Il peut être extrait par exsudation (Burri *et al.*, 2018).

Par le passé, il était utilisé pour des traitements cutanés et par voie orale. Ces prescriptions ont été interdites, car elles se sont montrées toxiques et parfois mortelles (Koruk *et al.*, 2005 ; Achour *et al.*, 2011). L'intoxication au goudron provoque des troubles cardiovasculaires, neurologiques et respiratoires. Les effets secondaires observés correspondent à ceux d'une intoxication aux phénols, dont la toxicité rénale et hépatique est bien connue (Skalli *et al.*, 2014).

1.4.1.10. Matières particulaires

Les microparticules, également appelées particules fines, sont des éléments dont le diamètre est inférieur à celui d'un cheveu humain. Invisibles à l'œil nu, elles mesurent généralement quelques micromètres (μm), soit un millionième de mètre. Leur granulométrie dans l'air est variable, mais les plus documentées dans la littérature scientifique sont les PM_{10} et les $\text{PM}_{2,5}$. Les PM_{10} peuvent pénétrer dans les voies respiratoires supérieures, tandis que les $\text{PM}_{2,5}$ plus

fines, atteignent les zones profondes du système respiratoire, notamment les bronches terminales et les alvéoles pulmonaires. Ces particules sont associées à divers effets néfastes sur la santé humaine, notamment des affections respiratoires et cardiovasculaires (World Health Organization, 2021). Les $PM_{2,5}$ sont considérées comme les plus importants polluants de l'air ambiant en raison des nombreuses sources d'émissions et à cause de leurs liens avec les effets sur la santé. Par conséquent, elles sont les plus étudiées par les chercheurs. L'exposition de quelques heures, jours ou semaines aux $PM_{2,5}$ est associée à plusieurs effets aigus, y compris : l'inflammation et l'irritation des voies respiratoires, la réduction de la fonction pulmonaire et l'exacerbation de l'asthme et d'autres maladies pulmonaires préexistantes (Health Effects Institute, 2009) et augmentent le nombre de décès (Pope *et al.*, 2002). Les effets cardiovasculaires de l'exposition à court terme aux $PM_{2,5}$ comprennent : des taux accrus d'infarctus du myocarde, un risque accru d'arythmie du cœur et des taux accrus de décès cardiovasculaire. (Health Effects Institute, 2009 ; Pope & Dockery, 2006 ; Brook *et al.*, 2004). Les expositions à long terme à la pollution de l'air sont également associées à d'importants effets sur la santé. Ils proviennent des activités humaines telles que l'industrie, les entreprises, les commerces, l'artisanat, les ménages, le chauffage par combustion du bois et le transport routier. Lorsqu'elles sont inhalées, les particules fines, en particulier celles de moins de 10 microns provoquent des effets sur les systèmes cardiovasculaires et respiratoires. Ces effets sont d'autant plus significatifs si les personnes exposées sont préalablement atteintes par des maladies respiratoires ou cardiovasculaires (CCME, 2004). De plus, des études de laboratoire ont montré qu'une exposition à de fortes concentrations de PM peut conduire à l'apparition de toux persistantes et à des difficultés physiques à respirer. Les matières particulaires peuvent également altérer le système immunitaire et affecter l'excrétion de corps étrangers des poumons comme le pollen et les bactéries (Michel, 2004).

Généralement, elles sont désignées par deux termes : aérosol ou particules. Le terme « aérosol » est plutôt utilisé par la communauté des chercheurs qui s'intéressent au climat et aux phénomènes dynamiques dans l'atmosphère. Les chercheurs qui étudient les niveaux de pollution et leur impact sur la santé emploient plus souvent le terme « particules » (Villenave *et al.*, 2012). Les particules atmosphériques peuvent être classées en aérosols primaires ou secondaires (D'Almeida *et al.*, 1991). Les aérosols primaires sont émis directement dans l'atmosphère sous forme particulaire depuis les sources d'émission. Les aérosols secondaires désignent les particules générées au sein même de l'atmosphère. On distingue les particules

ayant un diamètre aérodynamique inférieur à 100 μm (TSP), celles ayant un diamètre inférieur ou égal à 10 μm (PM_{10}), les particules atmosphériques avec un diamètre inférieur ou égal à 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$) et les particules atmosphériques ayant un diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 0,1 μm ($\text{PM}_{0,1}$) (Whitby, 1977). Dans l'environnement, elles se distinguent par les poussières sur les bâtiments et dans les habitations. Sur les végétaux, les particules se fixent dans les stomates, ce qui perturbe la photosynthèse et provoque une destruction de ces tissus.

1.4.2. Autres effets de la production du charbon de bois sur la population

Quelle que soit la méthode de fabrication du charbon de bois (méthodes traditionnelles ou méthodes industrielles), des risques majeurs sont toujours présents tels que les incendies du charbon de bois stocké, les explosions de gaz et de poussières.

1.4.2.1. Explosions

Les causes des accidents ne sont souvent pas claires, mais sont probablement dues le plus souvent au mélange des gaz de pyrolyse avec l'air. Au cours de la pyrolyse, l'admission d'air peut former des mélanges de gaz hautement explosifs. L'admission d'une quantité d'air supérieure aux besoins peut provoquer d'abord une augmentation soudaine de la température, puis la formation de mélanges explosifs dans le système d'évacuation des gaz (Petit & Poyard, 2004).

1.4.2.2. Incendies

Un incendie peut également survenir en raison de l'admission de grandes quantités d'air dans la meule ou le système d'évacuation des gaz à cause de fissures ou de portes mal fermées. Dans d'autres cas, le feu peut également être provoqué par des explosions. De tels événements peuvent être causés par une méconnaissance des procédures d'exploitation appropriées par l'opérateur ou par une simple négligence. L'entrée d'une quantité excessive d'air peut facilement modifier le schéma de température. Cela peut provoquer des températures très élevées dans la chambre de combustion, soit progressivement, soit rapidement, créant ainsi un grave risque d'incendie (Tousseyn, 1996 ; Guichard *et al.*, 2008). Les incendies et les fuites de gaz, qu'elles soient contrôlées ou non, constituent un danger potentiel pour les populations et les visiteurs du site de production, sauf si elles sont guidées. Le transport du bois, des autres matières premières, la manipulation du charbon de bois et d'autres travaux essentiels peuvent entraîner des risques opérationnels (Idowu *et al.*, 2023). C'est pourquoi les mesures de sécurité et les bonnes habitudes de travail sont essentielles.

1.5. Cadre réglementaire et références normatives applicables aux rejets dans l'air

1.5.1. Cadre réglementaire

Les textes réglementaires applicables à l'évaluation de la qualité de l'air et en lien avec la production du charbon de bois sont consignés dans le tableau ci-après :

Tableau I : Textes réglementaires applicables et liens avec les activités dans la zone d'étude

Intitulé du texte	Articles ou dispositions se rapportant aux activités dans la zone d'étude	Lien avec les activités dans la zone d'étude
Décret N° 2017-125 du 22 février 2017 relatif à la qualité de l'air.	Article 14 : Tout propriétaire de sources fixes ou mobiles, susceptible de rejeter des polluants dans l'air, est tenu de prendre les dispositions nécessaires pour se conformer aux valeurs limites maximales établies, sous le contrôle d'une commission itinérante.	Toutes les activités dans la zone d'étude doivent se conformer au présent décret.
	Article 16 : toute personne physique ou morale dont les activités sont susceptibles de porter atteinte à la qualité de l'air est tenue de mettre en place un programme de suivi de la qualité de l'air. Les modalités d'application de cet article sont fixées par arrêté.	
	Article 17 : les exploitants d'installations classées ou non sont tenus de se conformer aux valeurs limites maximales et mesures du Ministère en charge de l'Environnement ou tout autre ministère concerné en la matière.	
Arrêté 1164/MIN EEF/CIAPOL/SD IIC du 04 novembre 2008 portant sur la réglementation des rejets et émissions des installations classées pour la protection de l'environnement.	Article 6 : Épandage des eaux et des boues	Toutes les activités dans la zone d'étude doivent être menées en s'assurant de la conformité des émissions atmosphériques par rapport aux exigences réglementaires en vigueur en Côte d'Ivoire.
	Article 7 : Sous réserve des dispositions particulières à certaines activités, les effluents gazeux doivent respecter des valeurs limites selon le flux horaire.	
	Article 9 : Disposition générale sur le bruit.	La charbonnière et les autres activités dans la zone d'étude doivent : - Rédiger des consignes d'exploitation pour les opérations comportant des
	Article 12 : Surveillance des rejets et émissions.	
	Article 30 : Tous les enregistrements relatifs au respect des prescriptions du permis environnemental d'exploiter sont conservés	

<p>par l'organisme sur cinq (5) années consécutives. Chapitres 7.1, 7.3, 7.4 et 7.5 : Dispositions générales relatives à la gestion des risques, exploitation des installations, moyens d'intervention en cas d'accident, et formation du personnel.</p>	<p>manipulations dangereuses et la conduite des installations. - Définir les risques et les procédures d'intervention d'urgence. - Planifier les formations sécurité du personnel et à la constitution, si nécessaire, d'équipes d'intervention. - Planifier les formations particulières.</p>
<p>Directives de l'OMS sur la santé et la sécurité au travail</p>	<p>Réduire les émissions des Gaz à Effet Serre lors des activités</p>

Source : extrait du décret N° 2017-125 du 22 février 2017, de l'arrêté 1164/MINEEF/CIAPOL du 04 novembre 2008 et des directives de l'OMS (2005).

Ces différentes prescriptions ont pour but de fixer des seuils de sorte qu'une activité donnée ne constitue pas de gêne pour l'environnement ni de menace pour la santé et la sécurité des personnes.

1.5.2. Valeurs limites relatives à la pollution de l'air

L'ozone, le dioxyde d'azote, les matières particulaires de PM₁₀, PM_{2,5} et les autres polluants émis par la production du charbon de bois sont problématiques. C'est pour cette raison que des valeurs limites de rejet de ces polluants ont été édictées. Les différentes valeurs limites sont fonction des lois et règlements de chaque pays ou de chaque région. Les dépassements des seuils journaliers et annuels de pollution atmosphérique représentent un risque sanitaire majeur pour les populations exposées. Afin de prévenir ces effets, la Côte d'Ivoire a adopté des normes nationales de qualité de l'air, en cohérence avec les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Ces normes constituent des repères essentiels pour l'évaluation de l'exposition humaine à la pollution atmosphérique et orientent les mesures de réduction.

Les seuils de référence sont établis à partir de données épidémiologiques et toxicologiques issues d'études à court et à long terme, démontrant les effets délétères de la pollution sur la santé respiratoire, cardiovasculaire et neurologique (Brunekreef & Holgate, 2002).

En Côte d'Ivoire, le décret n° 2017-125 du 22 février 2017 relatif à la qualité de l'air définit les modalités de surveillance et de gestion de la pollution atmosphérique, en tenant compte des capacités d'absorption des milieux récepteurs et des meilleures technologies disponibles. Ce cadre réglementaire s'inscrit dans une logique de prévention des risques sanitaires liés à l'exposition aux polluants atmosphériques.

Les risques pour la santé augmentent proportionnellement à la concentration des polluants dans l'air ambiant (Bell 2006 ; Nore *et al.*, 2017). Bien que les seuils fixés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) servent de référence internationale, ils sont indicatifs et ne garantissent pas l'élimination totale des effets néfastes sur la santé humaine. Les recommandations de l'OMS ont été émises pour les particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}) afin de mieux protéger les groupes vulnérables.

Concernant les PM₁₀, la réglementation est passée de 80 µg/m³ à 50 µg/m³ en moyenne horaire, tandis que le seuil d'alerte à court terme a été ajusté à 125 µg/m³. Ces seuils réglementés correspondent à des concentrations moyennes horaires et journalières, au-delà desquelles des procédures d'information ou des interventions d'urgence doivent être déclenchées (Rao *et al.*, 2015). En effet, une exposition même de courte durée peut entraîner des effets délétères sur la santé, notamment chez les personnes sensibles, les enfants, les personnes âgées et les individus souffrant de pathologies respiratoires ou cardiovasculaires. Les différentes valeurs limites sont présentées dans les tableaux II, III et IV.

Tableau II : Valeurs limites relatives à la qualité de l'air pour la Côte d'Ivoire (2017) et l'OMS (2005)

	Valeurs limites relatives à la qualité de l'air fixées par le décret N° 2017-125 du 22 février 2017 (République de Côte d'Ivoire, 2017)	Valeurs limites des directives de l'OMS (2005) concernant la qualité de l'air
PM _{2,5}	25 µg/m ³	25 µg/m ³
PM ₁₀	50 µg/m ³	50 µg/m ³
PM totales	100 mg/m ³	-

Sources: WHO Global Air Quality Guidelines ; Journal officiel de la République de Côte d'Ivoire.

Tableau III : Valeurs limites relatives à la qualité de l'air fixées par le décret N° 2017-125 du 22 février 2017 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Paramètres	NO ₂	SO ₂	H ₂ S	CO	CO ₂	NH ₃	COV
VEM	40	53	14 000	10 000	9000	70 000	3000
VECD	200	13	21 000	100 000	90 000	100 000	

Source : Journal officiel de la République de Côte d'Ivoire.

VEM : Valeur d'Exposition Moyenne ; **VECD** : Valeur d'Exposition Courte Durée

Tableau IV : Lignes directrices relatives à la qualité de l'air ambiant selon l'OMS en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Paramètres	NO ₂	SO ₂	H ₂ S	CO	CO ₂	NH ₃	COV
VEM	40	50	-	10 000	-	-	-
VECD	200	500	-	100 000	-	-	-

Sources: WHO Global Air Quality Guidelines

1.6. Intérêts socio-économiques de la production du charbon de bois

1.6.1. Intérêt social

La production du charbon de bois intègre de nombreux travailleurs dans sa chaîne de valeur. Elle offre donc des emplois et garantit la survie des producteurs. Dans la pratique de la production, nous avons plusieurs types d'acteurs. Les producteurs s'entourent d'un personnel et s'appuient sur des aides. Ce sont les femmes productrices, le personnel de production et les aides extérieures (vendeurs de bois, pousseurs de charrettes, camionneurs, chargeur, constructeurs de meule). Au niveau du type principal d'acteurs que sont les femmes et hommes producteurs, nous avons en effet : des occasionnels et des professionnels. On peut en trouver qui ne sont ni des occasionnels ni des professionnels. Au sein de ces groupes, le charbon offre une opportunité de travail et de gagne-pain dans une société qui offre peu de possibilités d'emploi (Diallo & Soro, 2013).

Les revenus issus de la commercialisation du charbon de bois permettent aux travailleurs de subvenir aux dépenses familiales telles que l'alimentation, les frais de scolarité, l'habillement, l'électricité et l'eau (Akmel, 2005). Cette activité assure aussi le positionnement social pour les acteurs. À l'instar des citoyens, les exploitants sont sensibles au bien-être matériel, du moins à améliorer leurs conditions de vie (Kopeh, 2021 ; Mabika, 2021). La production du charbon de bois offre une sécurité sociale, permet à de nombreuses familles d'avoir une vie et un cadre de vie décent et de préparer leur avenir (Bogno & Zouyane, 2019). Pour les producteurs expatriés, la production de charbon de bois permet à certains de s'occuper correctement de leurs familles restées au pays grâce aux ressources financières qu'ils tirent de cette production.

1.6.2. Intérêt économique

L'accès limité aux énergies domestiques modernes (électricité, gaz) en milieu rural et urbain fait du charbon de bois une ressource énergétique essentielle pour la majorité des ménages qui l'utilisent pour la cuisson. Cette importance confère au secteur du charbon de bois un rôle économique crucial, générant des revenus significatifs pour de nombreuses familles, tant en zone rurale qu'urbaine (Jolien *et al.*, 2010 ; Akmel, 2012 ; Mabika, 2021).

Dans les zones rurales, on distingue des producteurs occasionnels, motivés par le défrichage agricole et la vente rapide du bois abattu, et des acteurs pour qui l'exploitation du charbon de bois représente une source de revenus substantielle (Atakpama *et al.*, 2018 ; Traore, 2024), justifiant un investissement plus important de leur part. Les revenus issus de cette production sont ensuite réinjectés dans l'agriculture, le petit commerce, les affaires, ou contribuent aux dépenses quotidiennes des familles (Diallo & Soro, 2013).

1.7. Champ social, type et approche de l'étude

1.7.1. Champ social

La population d'étude concerne tous les acteurs directement ou indirectement liés à la production du charbon de bois à Daloa. Ce sont les acteurs institutionnels que sont : les agents de la direction technique de la mairie de Daloa, les agents de la direction des eaux et forêts, les agents de la direction de l'environnement et du développement durable, et ceux du district sanitaire de Daloa. Nous avons aussi les acteurs non institutionnels que sont : les producteurs de charbon de bois, les travailleuses et ex-travailleuses de la charbonnière, la population riveraine et la population exerçant des activités aux voisinages de la charbonnière. Le choix de

ces groupes d'acteurs s'est opéré à partir de leurs rapports directs ou indirects avec la production du charbon de bois au quartier Kennedy de Daloa, mais aussi pour leur rôle dans la gestion de l'environnement et la santé de la population de Daloa.

1.7.2. Type de l'étude

Cette étude est de type descriptif et corrélationnel. Ce type d'étude permet de décrire, caractériser un phénomène, une situation ou un évènement de sorte qu'il soit connu (Fortin, 2010). Il vise à analyser les facteurs socio-économiques, environnementaux et sanitaires associés à la production du charbon de bois en milieu habité. Le choix du type descriptif et corrélationnel dans cette étude a permis de décrire le fonctionnement des activités de la charbonnière, d'évaluer la pollution rejetée par celle-ci et les effets sur les citoyens, tout en mettant en relation des variables qui décrivent les différents impacts liés à la production du charbon de bois dans le quartier.

1.7.3. Approche de l'étude

Cette recherche adopte une approche mixte, combinant simultanément les méthodes quantitatives et qualitatives. Ce choix méthodologique vise à approfondir la compréhension des dynamiques liées à la production de charbon de bois en zone habitée et ses effets sur la vie des populations. L'intégration de ces deux perspectives permet de recueillir un volume conséquent d'informations essentielles, favorisant ainsi une analyse globale et nuancée de la problématique étudiée.

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

2.1. Matériel

2.1.1. Matériel de collecte des données

2.1.1.1. Guide d'entretien

C'est un outil qui sert de support à l'entretien lors des interviews. Il liste les thèmes ou les questions à aborder et permet de rebondir sur les réponses afin de les approfondir. Il contient majoritairement des questions ouvertes, mais peut contenir quelques fois des questions fermées. Il a permis de collecter principalement les données qualitatives et à recueillir des éléments d'analyses approfondies à travers des entretiens semi-directifs. Cela avait pour but d'amener les enquêtés à s'exprimer librement sur les questions qui leur étaient posées.

Les guides utilisés comportent les thématiques suivantes :

- la production du charbon de bois au sein du quartier Kennedy ;
- l'économie liée à la production du charbon de bois dans la ville,
- les problèmes environnementaux liés à la production du charbon de bois au quartier Kennedy,
- les problèmes de santé engendrés par la production du charbon de bois dans la ville.

2.1.1.2. Questionnaires

Le questionnaire est un outil de recueil d'informations mis en place afin d'expliquer et comprendre des faits. Cet outil a permis principalement de collecter des données quantifiables. Ils sont essentiellement composés de questions fermées et semi-fermées inscrites dans cinq rubriques :

- l'identification de l'enquêté ;
- l'importance du charbon de bois et de sa production au sein de la ville ;
- l'économie autour du charbon de bois ;
- l'impact de la production du charbon de bois sur l'environnement ;
- les effets de la production du charbon de bois en zone habitée sur la santé.

2.1.1.3. Grille d'observation

Cet outil a permis de faire des constats lors de la phase exploratoire de l'étude. Elle a servi à capter sans interférence les pratiques et comportements des charbonniers dans la production du charbon de bois et des populations face aux rejets de carbonisation du bois. Ces observations des faits ont été essentielles, car elles ont permis de confronter les données recueillies par les questionnaires et les guides d'entretien à la réalité.

2.1.1.4. Grille de lecture

Cet outil de recherche nous a aidés dans la recherche documentaire. Elle a permis de répertorier et d'exploiter l'ensemble de la documentation en lien avec la production du charbon de bois, la pollution atmosphérique engendrée et ses répercussions sociales, économiques, environnementales et sanitaires. Elle a facilité la bibliographie.

2.1.2. Matériel technique

Le matériel technique utilisé est :

- ✓ GPS de type Garmin Etrex 30x

Il a été utilisé pour relever les coordonnées géographiques du site de production du charbon de bois. Couplés avec un smartphone équipé du logiciel Hawk Map Pro, ils ont permis de faire les relevés nécessaires à la confection de la carte de la charbonnière.

- ✓ CANON IXUS 10x Optical Zoom

Cet appareil photo numérique a été utilisé pour des prises de vue.

- ✓ Dictaphone de type SONY ICD-PX470

Lors des entretiens, les enregistrements ont été faits grâce au dictaphone.

- ✓ Les données météorologiques portant sur une période de 10 ans ont été acquises auprès de la SODEXAM.
- ✓ Les données médicales

Les cas de consultation, d'hospitalisation et de décès répertoriés dans le district sanitaire de Daloa de 2016 à 2020 ont été collectés grâce au service de la statistique médicale (archives médicales).

- ✓ Matériels de mesure de la qualité de l'air

Ils ont permis de quantifier les concentrations des gaz et des particules émises lors de la carbonisation du bois. Les différentes mesures ont été effectuées en sept (07) points dont six (06) dans la zone d'emprise de la charbonnière et un point (01) sur le site de référence. Ces mesures ont été réalisées dans le but de connaître d'une façon générale la qualité de l'air.

Les mesures ont été réalisées sur toute l'étendue de la zone d'étude et ses environs pour avoir une vue synoptique de l'état de l'air ambiant. Les méthodes de mesure utilisées sont normalisées (AFNOR, ISO) et conformément aux prescriptions des fabricants. Le matériel utilisé pour la réalisation des mesures est constitué d'équipements adéquats, performants avec des certificats d'étalonnage à jour pour garantir la fiabilité des résultats. La figure 3 présente

quelques outils de recueil de donnée et le tableau V donne une description succincte des différents équipements de mesure de la qualité de l'air utilisés.






Appareil photo numérique

Dictaphone

GPS Garmin Etrex 30x

Figure 3 : Matériel de collecte de données (A : Appareil photo ; B : Dictaphone ; C : GPS).

Tableau V : Équipements et principes de mesure

Paramètres recherchés	Référence des Méthodes	Équipement de Mesure et éléments du Principe
Poussière (PM _{2,5} ; PM ₁₀ et poussière totale)	NF EN 12 341 : Méthode normalisée pour la mesure des matières particulaires en suspension	 <p>Analyseur de Poussière (PCO₂) Mesure directe des concentrations de poussière en µg/m³</p>
Gaz (CO, CO ₂ , H ₂ S, NO ₂ et SO ₂)	NF EN 50 543 : Matériel électronique portable de détection et de mesure de gaz polluant dans l'air ambiant	 <p>Détecteur de gaz (Gas-Pro) Détection des gaz de combustion dans l'air ambiant ; LD = Limite de détection (CO, H₂S, NH₃, SO₂) = 1 ppm ; LD (NO₂,) = 0,1 ppm, CO₂ (50 ppm).</p>
Gaz COV	NF EN 50 543 : Matériel électronique portable de détection et de mesure de gaz polluant dans l'air ambiant	 <p>Détecteur de gaz (HCHO/TVOC METER) Détection des gaz de combustion dans l'air ambiant LD = Limite de détection (COV) = 1 ppm</p>

2.1.3. Techniques de production de données

Les techniques de collecte de données sont des procédés opératoires définis, transmissibles, susceptibles d'être appliqués dans les mêmes conditions adaptées au genre de problème en cause (N'da, 2006). Les techniques utilisées dans cette étude sont : la recherche documentaire, l'observation, l'entretien semi-dirigé, l'enquête par questionnaire et l'analyse des gaz et des particules.

2.1.3.1. Recherche documentaire

Dans l'élaboration de cette étude, la recherche documentaire a permis d'exploiter les données issues des travaux antérieurs qui abordent la même problématique. Ce sont les données relevées dans la littérature. Ces différentes données issues de la recherche documentaire ont permis d'avoir un état des lieux des écrits sur la production du charbon de bois, ses effets financiers, environnementaux et sanitaires, et de construire la revue de la littérature, afin d'orienter cette étude et mettre en évidence sa spécificité.

2.1.3.2. Observation directe

L'observation est le fait d'être témoin des comportements sociaux des individus ou groupe d'individus dans les lieux mêmes de leurs activités ou de leurs résidences sans en modifier le déroulement ordinaire (Peretz, 2002). Dans le cadre de cette étude, le choix d'une observation directe a été fait. Par le biais d'une grille d'observation, les pratiques et attitudes des charbonniers du quartier Kennedy dans la production du charbon de bois et des populations ont été soigneusement notées. Il s'est agi en occurrence des informations concernant le mode de travail, les méthodes de travail, les outils de protection utilisés, les attitudes face aux incendies et aux maladies. Au niveau des populations, les réactions face aux émanations de fumées, de poussières et tout ce qui est en lien avec la charbonnière ont été consignés.

2.1.3.3. Entretien semi-directif ou semi-dirigé

L'entretien est une méthode de recherche et d'investigation qui permet l'analyse du sens que les acteurs donnent à leurs pratiques et aux événements auxquels elles sont confrontées : leurs systèmes de valeurs, leurs repères normatifs, leurs interprétations des situations conflictuelles ou non, leurs lectures de leurs propres expériences (Quivy et Campenhoudt, 2011). Dans cette étude, l'entretien semi-directif s'est déroulé avec les charbonniers, les populations et les acteurs institutionnels. Il s'agissait de laisser la possibilité aux enquêtés d'être plus ouverts sur certaines

questions à l'aide des guides conçus.

Les entretiens se sont déroulés aux domiciles ou sur les lieux de travail des interviewés.

2.1.3.4. Enquête par questionnaire

C'est une technique de collecte de données qui exige des réponses écrites à un ensemble de questions auprès d'un échantillon d'individus. Les enquêtes par questionnaire permettent de connaître les opinions, les attitudes et les comportements des individus. Les questionnaires élaborés pour cette étude comportent différentes rubriques spécifiques à chaque groupe d'acteurs sociaux.

2.2. Méthodes

2.2.1. Choix des sites

- Le choix de la charbonnière du quartier Kennedy

Le choix de la charbonnière du quartier Kennedy repose sur plusieurs facteurs. Tout d'abord, sa localisation géographique constitue un critère essentiel. Contrairement aux sites de production généralement implantés en zones rurales (champs et forêts), celui-ci se trouve en milieu urbain, entraînant une coexistence directe avec les populations citadines.

Ensuite, son étendue et sa capacité de production en font un site particulièrement représentatif de l'activité charbonnière. Avec une superficie dépassant deux hectares et la concentration de plus d'une centaine de meules, elle se distingue par son ampleur inédite. De plus, la production y est continue, assurant une régularité qui alimente de manière soutenue la demande locale.

Enfin, la présence d'un grand nombre d'activités gravitant autour de la charbonnière, ainsi que la proximité d'une population riveraine dense, offrent une situation idéale pour analyser l'impact de cette activité sur les communautés locales.

La figure 4 présente les différents points de mesure des gaz et des poussières relevés au quartier Kennedy.

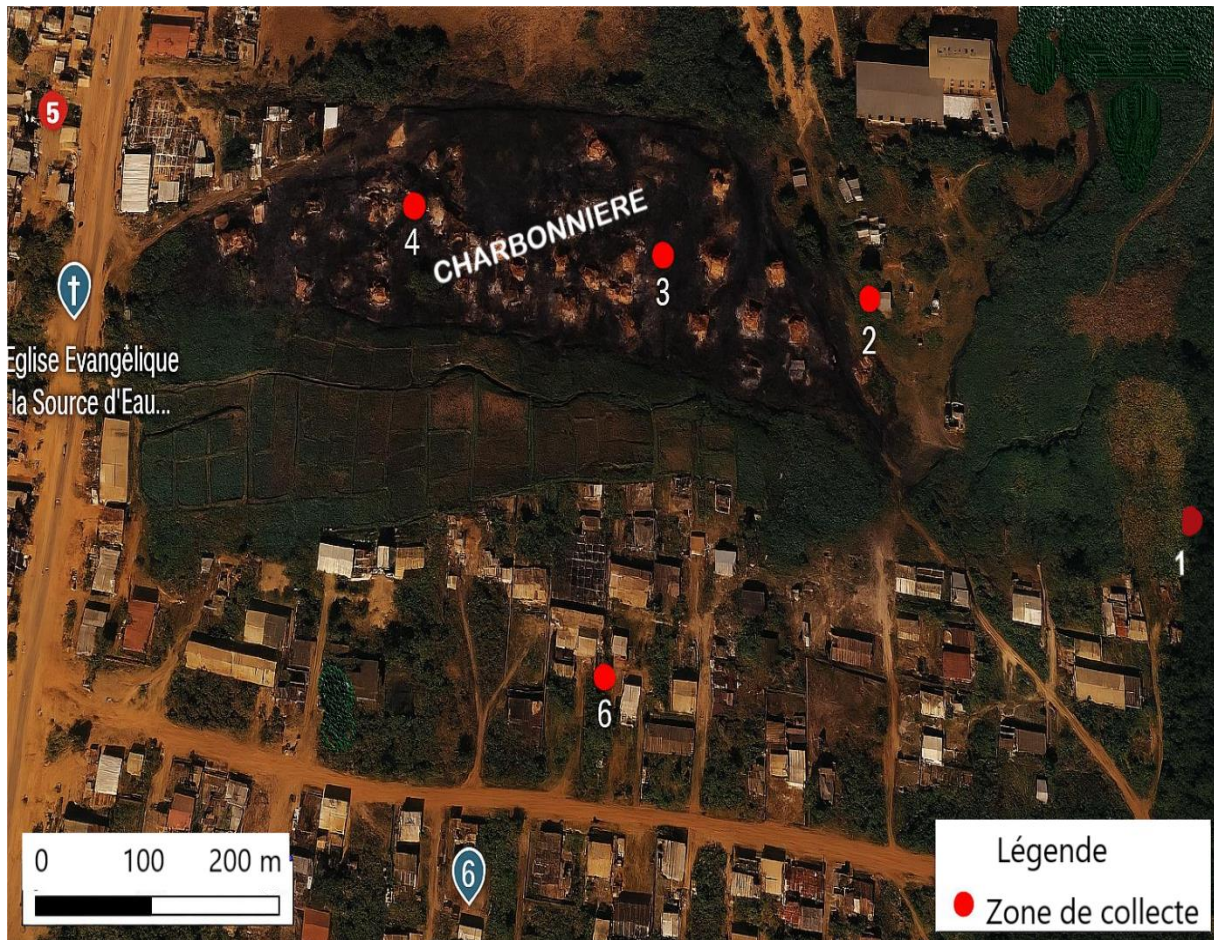


Figure 4 : Carte de positionnement des points de mesures de paramètres de l’air dans la zone d’étude

- Justification du choix de l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) comme site de référence

L'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) a été retenue comme site de référence pour la mesure de la qualité de l’air en raison de plusieurs critères garantissant la fiabilité et la pertinence des observations.

Tout d’abord, son accessibilité et son environnement sécurisé constituent des atouts majeurs. En tant qu’espace académique fréquenté, elle offre des conditions optimales pour l’installation, l’entretien et la protection des équipements de surveillance de la qualité de l’air.

Ensuite, son éloignement du site de production de charbon de bois du quartier Kennedy permet d’assurer des mesures représentatives de l’air ambiant général, sans être affectées par les émissions spécifiques liées aux activités de la charbonnière.

Enfin, l’UJLoG se distingue par l’absence de sources majeures d’émission de particules et de gaz polluants à proximité. Située dans un quartier résidentiel, elle bénéficie d’un trafic

automobile limité, garantissant un environnement stable et peu perturbé, propice à une surveillance optimale de la qualité de l'air.

Ce site permet ainsi de réduire les interférences locales, garantissant la fiabilité des données et leur pertinence pour les analyses comparatives, conformément aux normes de l'OMS (2021) sur la surveillance de la qualité de l'air.

La figure 5 présente le point de mesure des gaz et des poussières relevés à l'UJLoG



Figure 5 : Positionnement du point de mesure des paramètres de l'air à l'Université Jean Lorougnon Guédé.

2.2.2. Collecte de données

2.2.2.1. Préenquête

L'enquête exploratoire a permis d'établir le contact avec les charbonniers, les populations, les industrielles du bois et de déterminer les acteurs institutionnels en lien avec la production du charbon de bois à Daloa. Elle a permis d'identifier tous les acteurs de la charbonnière, les différentes populations et les institutions auprès desquels nous pouvions recueillir des données. Cette phase a consisté à faire une immersion au sein des différents groupes sociaux, à identifier les différentes composantes et à comprendre leurs différentes interactions avec la production du charbon de bois dans la commune. Cela nous a servi à enrichir les questionnaires et les

guides d'entretien, à revoir nos hypothèses de recherche et même de redéfinir certains objectifs. Elle a aussi permis de concevoir les questionnaires et les guides spécifiques à chaque sous-groupe social identifié. La préenquête a eu lieu du 13 au 28 janvier 2020.

2.2.2.2. Enquêtes

Les résultats de la préenquête ont permis d'identifier les différents groupes sociaux et les acteurs à enquêter. C'est ainsi qu'ont été retenus les trois groupes sociaux que sont les charbonniers, les populations et les institutions. Dans ces trois groupes sociaux, neuf (9) acteurs clés ont été identifiés pour participer aux enquêtes. À la charbonnière, deux types d'acteurs ont été sélectionnés. Ce sont les producteurs de charbon de bois et les femmes. Le groupe des femmes a été subdivisé en deux entités que sont les travailleuses de la charbonnière et les ex-travailleuses de la charbonnière que nous avons pu retrouver. Les populations vivant et/ou travaillant autour de la charbonnière ont été scindées en deux (2) groupes d'acteurs. Ce sont la population riveraine et la population exerçant des activités aux voisinages de la charbonnière. Au niveau des institutions, ont participé à l'étude : la direction technique de la mairie, la direction régionale des eaux et forêts, la direction régionale de l'environnement et du développement durable, et le district sanitaire de Daloa.

Les enquêtes par questionnaires ont concerné les producteurs de charbon de bois, les travailleuses de la charbonnière, les ex-travailleuses de la charbonnière, la population riveraine, la population exerçant des activités aux voisinages de la charbonnière. Quant aux guides d'entretien, ils ont été soumis aux personnes-ressources de tous les neuf groupes d'acteurs sociaux définis après la préenquête. Au district sanitaire, en plus des entretiens semi-directifs, une consultation des bases de données des malades venus en consultation a eu lieu. Ces enquêtes se sont déroulées en deux phases. La première, réalisée du 3 au 25 mars 2020, a permis une première collecte de données. La seconde phase complémentaire, menée après le confinement lié à la COVID-19, s'est déroulée du 12 avril au 5 mai 2021, avec un focus particulier sur les travailleuses de la charbonnière.

Au district sanitaire, les entretiens et consultations des registres physiques ont été effectués du 8 au 10 juin 2021. Concernant les données numériques, les consultations ont eu lieu aux mêmes dates et se sont poursuivies jusqu'au 25 août 2021, après la remise en service du nouveau logiciel de gestion des cas de maladies.

Ces acteurs ont été scindés en de petits groupes dans l'optique de mieux cerner les rôles, la perception, les réalités spécifiques à chaque petit groupe d'acteurs. Aussi cela a permis d'approfondir les questionnements et d'en tirer des résultats plus affinés.

2.2.2.3. Critères du choix des acteurs non institutionnels du quartier Kennedy

2.2.2.3.1. Producteurs de charbon de bois

Les producteurs de charbon de bois sont les personnes en charge de la production ou des propriétaires de meules. Ils sont organisés en équipe. Les personnes enquêtées parmi les producteurs ont obéi aux conditions suivantes :

- être propriétaire de meules ou avoir à charge la gestion de meules ;
- appartenir à un groupe de travail depuis au moins un an ;
- connaître le fonctionnement de la chaîne de valeurs du charbon de bois.

2.2.2.3.2. Travailleuses de la charbonnière

Les travailleuses sont des femmes qui s'occupent de l'achèvement des meules, de l'entretien jusqu'à l'extraction du charbon de bois. Elles sont employées par les producteurs de charbon de bois et sont les plus nombreuses sur le site. Le choix des participantes a été fait selon les critères suivants :

- être capable de décrire le fonctionnement de la charbonnière et disposée à répondre aux questions ;
- travailler régulièrement à la charbonnière depuis trois mois au minimum ;
- être reconnu comme membre d'une équipe de travail.

2.2.2.3.3. Population riveraine de la charbonnière

La population riveraine de la charbonnière est l'ensemble des personnes résidant de manière permanente dans le quartier Kennedy. Cette population constitue un des groupes cibles de l'étude, dans la mesure où chaque individu vivant régulièrement dans ce quartier, et présentant les aptitudes requises pour répondre aux questions posées, était considéré comme éligible à y participer.

2.2.2.3.4. Population exerçant des activités au voisinage de la charbonnière

Fais partie de la population active, l'ensemble des personnes qui mènent des activités près de la charbonnière, mais qui n'habitent pas le quartier. Les personnes concernées par l'étude sont celles exerçant régulièrement depuis au moins 1 an près de la charbonnière, au moins cinq jours par semaine, avec une durée minimum de travail de huit heures par jour et ne résidant pas dans les quartiers voisins de la charbonnière.

2.2.2.3.5. Ex-travailleuses de la charbonnière

Les ex-travailleuses sont des femmes ayant travaillé à la charbonnière qui ont quitté leur emploi pour diverses raisons. Toutes les 19 qui ont été retrouvées ont été interrogées.

2.2.2.3.6. Participants aux entretiens semi-directifs

Concernant les institutions, les participants sont des responsables de la structure parmi lesquels certains sont mandatés par leur direction.

Chez les charbonniers, ont participé aux entretiens, ceux qui ont un poste de responsabilité dans l'organigramme de la charbonnière. Chez la population riveraine, les participants aux entretiens sont des responsables communautaires de premier rang (chef du quartier et responsable de communauté) qui vivent dans le quartier depuis au moins dix ans. Quant à la population exerçant des activités aux voisinages de la charbonnière, la participation aux entretiens a été conditionnée par la durée de l'exercice de ces activités près de la charbonnière (cinq ans minimum).

Les ex-travailleuses choisies pour les entretiens sont celles qui avaient passé plus de seize ans à travailler à la charbonnière ou avaient occupé un poste de responsabilité pendant qu'elles y étaient en service.

2.2.3. Échantillonnage

2.2.3.1. Taille de l'échantillon pour les questionnaires

La taille des différents échantillons a été calculée à l'aide de la formule suivante (Rea & Parker, 1997) :

$$n = t_p^2 * P (1-P) * N / t_p^2 * P (1-P) + (N-1) * y^2$$

n : taille de l'échantillon (nombre de personne) ;

N. : taille de la population cible (nombre de ménages, d'usagers, etc.), réelle ou estimée (nombre de personnes) ;

P : proportion attendue d'une réponse de la population ou proportion réelle. Elle peut être fixée à 0,5 par défaut, ce qui permet d'avoir le plus grand échantillon possible ;

t_p : intervalle de confiance d'échantillonnage ;

y : marge d'erreur d'échantillonnage ;

L'intervalle de confiance utilisé est de 95 %.

L'application de la formule de calcul et la méthodologie de détermination de la taille d'un échantillon pour une enquête de Survey-monkey (2014) ont permis de déterminer le nombre de personnes à enquêter dans chaque population cible. Au total de 472 personnes ont participé à l'étude. Elles sont réparties comme suit :

- ✓ 39 producteurs de charbon de bois ;
- ✓ 52 personnes exerçant des activités aux voisinages de la charbonnière ;
- ✓ 80 travailleuses ;
- ✓ 19 ex-travailleuses ;
- ✓ 278 personnes pour la population riveraine ;
- ✓ 4 personnes pour les acteurs institutionnels.

2.2.3.2. Approche exploratoire pour les guides d'entretien

Pour la production des données qualitatives, l'échantillonnage typique ou de jugement a été utilisé. Pour obtenir à des informations de grande qualité, la recherche des personnes-ressources dans chaque groupe d'acteurs (institutionnels et non institutionnels) a prévalu. Dans sa mise en œuvre, l'échantillonnage de jugement a été associé à la technique par contraste. Cela a pour objet la diversification de cas dans l'optique de s'assurer de la présence dans l'échantillon d'au moins un ou deux représentants ressources de chaque groupe stratégique au regard de la production urbaine du charbon de bois (Pires, 1997).

Cette méthode a permis d'interviewer le Directeur technique de la mairie, le Directeur de la police forestière, le Directeur du district sanitaire et le Directeur de l'environnement et du développement durable chez les acteurs institutionnels. En ce qui concerne les acteurs non institutionnels, les entretiens ont eu lieu avec deux personnes par groupe soit un total de 10 interviewés. Les entretiens avec les producteurs de charbon de bois ont eu lieu avec le responsable de la charbonnière et son adjoint. Chez les travailleuses, la responsable des femmes et la plus ancienne, des responsables de groupe ont été interviewées. Avec les ex-travailleuses de la charbonnière, les échanges se sont déroulés avec une ex-responsable de groupe et une femme qui a travaillé pendant 20 ans à la charbonnière. Avec la population exerçant des activités au voisinage de la charbonnière, les deux plus anciens qui des lieux ont participé aux entretiens. Au sein de la population riveraine, un résident très proche de la charbonnière et responsable religieux, et un responsable de communauté ethnique ayant près de 40 ans de vie dans le quartier ont été interrogés.

2.2.3.3. Approche exploratoire pour le recueil de données au district sanitaire

Les entretiens se sont déroulés avec le directeur de l'établissement. Ils ont porté d'abord sur l'évolution des différentes maladies dans le district sanitaire de Daloa, la mortalité associée à chaque maladie. Ensuite, il a été question de l'évolution de la morbidité et de la mortalité induite par les maladies des voies respiratoires aériennes et du paludisme, les sources de prolifération de ces maladies et la contribution de la charbonnière de la ville.

Après les entretiens, les registres des maladies en consultation sur la période 2017-2021 ont été consultés. Les maladies en relation avec la production du charbon de bois et la pollution atmosphérique ont été répertoriées. Les statistiques sur ces maladies pendant la période 2017-2021 ont été mises à notre disposition pour évaluer l'impact sanitaire.

2.2.4. Structuration du questionnaire et guide d'entretien

2.2.4.1. Questionnaire

Pour cette étude, le questionnaire a été soumis à 472 personnes issues des acteurs institutionnels et des acteurs non institutionnels. À la charbonnière, les personnes enquêtées ont été réparties en trois groupes : le premier groupe est celui des producteurs de charbon de bois, le second groupe concerne les travailleuses et le troisième les ex-travailleuses. Le questionnaire adressé aux producteurs de charbon de bois comporte 48 questions, celui des travailleuses compte 43 questions et 39 questions composent le questionnaire destiné aux ex-travailleuses. Au niveau des populations, un questionnaire comportant 39 questions a été adressé à la population riveraine (Pop R). Quant à la population exerçant des activités à proximité de la charbonnière (Pop A), elle a été soumise à un questionnaire renfermant 37 questions.

Toutes ces questions sont structurées autour de cinq principales sections. La première section concerne l'identification de l'enquêté. Elle a permis de recueillir des informations concernant l'enquêté telles que (nom et prénoms), son sexe, son âge, son niveau d'étude, sa situation matrimoniale et sa catégorie socioprofessionnelle. La seconde section traite de l'importance sociale du charbon de bois. Elle a permis de récolter des informations sur les types d'énergie domestique utilisée, la perception du charbon de bois, la place du charbon de bois dans la vie quotidienne, la durée de vie ou de travail aux voisinages de la charbonnière. La troisième section a permis d'avoir les informations sur la chaîne de valeurs économiques du charbon de bois produit à la charbonnière du quartier Kennedy. Elle concerne entre autres les frais de fonctionnement de la charbonnière, les gains, l'économie liée à la production du charbon de

bois, les dépenses en charbon de bois des populations. La quatrième section parle des effets de la production du charbon sur l'environnement. Elle a servi à recueillir les modes d'acquisition du bois, leur évolution, l'évolution de la capacité des meules, les types de rejets atmosphériques, les perturbations environnementales observées. La dernière a abordé les sujets d'ordre sanitaire ; il s'agit particulièrement des cas de maladie observée, les types de maladie générés par la production du charbon, les périodes d'apparition de ces maladies, la durée des maladies et les dépenses engendrées par l'apparition de ces maladies.

2.2.4.2. Guide d'entretien

La technique de l'entretien semi-directif a permis d'élaborer un protocole d'entretien dont le principe est de relancer les questions et de poser les questions suscitées par les réponses de l'enquêté. Pour chaque type d'enquêté, il a été élaboré un guide d'entretien spécifique à partir des résultats attendus. Le guide d'entretien adressé aux responsables de la charbonnière a abordé les thématiques suivantes : la présentation, le fonctionnement de la charbonnière, l'importance économique et sociale du charbon dans la vie des charbonniers et des citoyens, la chaîne de production du charbon de bois, la gestion de l'environnement et la santé liée à la production du charbon de bois.

Avec les travailleuses et les ex-travailleuses de la charbonnière, les entretiens ont porté sur la présentation, le fonctionnement des groupes de travail des femmes, les conditions de travail et de rémunération, l'environnement de travail et les problèmes sanitaires dus à l'entretien des meules.

Puis, les échanges se sont poursuivis avec la population qui exerce des activités près de la charbonnière et celle qui vit près de la charbonnière. Ces échanges ont porté sur la présentation, l'importance de la charbonnière et du charbon de bois dans le quotidien des populations, l'impact de la production à proximité du charbon de bois sur le cadre de vie et de travail, les problèmes sanitaires liés au fonctionnement de la charbonnière.

Après ces entretiens, les acteurs institutionnels ont été interrogés. Le guide d'entretien concernant les responsables de la direction de l'environnement et du développement durable a porté sur des thèmes suivants : la présentation et le fonctionnement de la direction régionale de l'environnement, les actions pour une gestion durable de l'environnement dans le Haut-Sassandra, la perception du charbon de bois, l'importance économique et sociale du charbon de bois, les avantages et inconvénients environnementaux et sanitaires liés à la production urbaine du charbon de bois et la position du code de l'environnement par rapport à la réalisation de cette activité en milieu urbain.

À la direction technique de la mairie, les entretiens se sont focalisés sur la présentation, le fonctionnement, le rôle de la mairie technique dans l'installation des populations et des industries dans la ville, l'importance sociale et économique de la charbonnière, la perception des activités de la charbonnière dans la ville, les contributions financières, les avantages et inconvénients environnementaux et sanitaires de la production du charbon de bois sein de la ville, et les mesures arrêtées par la mairie face à cette production.

Avec le responsable de la police forestière du cantonnement des Eaux et forêts de Daloa, les échanges ont porté sur les thématiques suivantes : le fonctionnement du service des Eaux et Forêts de Daloa, ses missions, le rôle de la police forestière, la production régionale du charbon de bois, l'importance du charbon de bois dans la ville, les règles qui régissent la production du charbon de bois, l'impact environnemental de la production du charbon de bois sur les forêts du Haut-Sassandra, les avantages et inconvénients socio-économiques et sanitaires de la production du charbon de bois au quartier Kennedy.

2.2.5. Analyse des impacts

Cette section présente une série de méthodes utilisées pour mesurer les retombées sociales, économiques, environnementales et sanitaires de la production de charbon de bois en zone habitée. L'analyse porte à la fois sur l'impact de cette activité sur le quotidien des populations locales et sur celui des charbonniers, en mettant en lumière les interrelations complexes entre la production en milieu urbain du charbon de bois et ses conséquences sur les domaines sociaux, économiques, environnemental et de santé.

2.2.5.1. Analyse des impacts socio-économiques de la production du charbon de bois

L'évaluation des impacts socio-économiques de la production du charbon de bois au quartier Kennedy est basée sur les potentiels effets économiques et sociaux identifiés. L'identification de ces potentiels effets a été possible grâce aux questionnaires, entretiens semi-directifs et à la documentation existante. La combinaison de ces éléments a permis de recueillir les points de vue et témoignages des différentes parties prenantes à cette étude. Cette évaluation a été conduite de façon participative sur la base de la consultation des différents acteurs sociaux. Elle a permis de faire le tour de la problématique de la production du charbon de bois en zone habitée, de discuter des préoccupations, attentes et des possibles réponses à apporter.

L'évaluation a consisté à analyser les conséquences économiques et sociales de la production du charbon de bois sur la chaîne de production, sur les habitants du quartier Kennedy en

particulier et de la ville en général et des institutions. Pour mieux répondre à ces exigences, l'approche méthodologique a été scindée en deux étapes :

- la collecte documentation et d'informations ;
- l'analyse des impacts.

Les données ont été obtenues à travers une collecte des données disponibles, des questionnaires et d'interviews menés auprès des différentes parties prenantes de l'étude. Elle a principalement consisté au recueil de leurs perceptions sur le charbon, leurs perceptions de la production du charbon de bois au sein du quartier Kennedy, l'importance du charbon de bois dans la vie de charbonniers et des populations de la ville, et de la cohabitation entre les populations et les charbonniers.

La détermination des impacts socio-économiques visait à décrire les relations économiques et sociales entre les producteurs de charbon de bois et les différentes composantes de la chaîne de valeur du charbon de bois à la charbonnière de Kennedy en utilisant une méthodologie et des critères appropriés.

L'analyse des impacts socio-économiques se concentre sur l'évaluation des effets positifs et négatifs aux plans économiques et sociaux de la production du charbon de bois tout au long de la chaîne de valeur, y compris les interactions avec les différentes institutions qui interviennent dans le processus. L'analyse comprend l'identification des actions et interactions sociales positives et négatives, et des effets économiques induits.

2.2.5.2. Analyse des impacts environnementaux de la production charbonnière

Pour déterminer les potentiels effets de la production urbaine du charbon de bois sur l'environnement, les méthodes utilisées sont basées sur les lignes directrices relatives à l'étude d'impact environnemental (LCEE, 2012). Cette méthodologie a été adaptée en certains points pour convenir aux spécificités de cette étude.

Sa mise en œuvre est basée sur l'analyse de la nature des potentiels effets de la production du charbon de bois sur l'environnement en général et en particulier sur l'environnement urbain. Cela a consisté à identifier les potentiels effets environnementaux, à décrire le mécanisme de leurs apparitions, l'ampleur des effets observés, la durée de leurs apparitions, la fréquence et l'étendue géographique. Dans sa mise en œuvre, elle prend en compte les effets cumulatifs de la production du charbon de bois sur l'environnement, qu'ils soient des effets directs et indirects, des effets réversibles ou irréversibles à court et long terme.

2.2.5.2.1. Analyse de l'état initial

L'analyse de l'état initial a permis la caractérisation de l'état initial du site et de son environnement. Elle a consisté à réunir, les données nécessaires et suffisantes à l'évaluation environnementale de la production du charbon de bois en milieu urbain. Les informations utilisées résultent principalement de la consultation de documents, des écrits, des enquêtes, des entretiens et de la collaboration avec certains services publics, ainsi que de nos propres observations.

En tenant compte du milieu humain et du contexte général dans lequel s'insère la production du charbon de bois, le périmètre d'investigation a été délimité. Ainsi, les informations recueillies auprès de la direction technique de la mairie et de la police forestière ont été très utiles. Des investigations menées sur place ont permis de caractériser le site d'étude.

2.2.5.2.2. Qualité de l'air ambiant

a- Mesure des gaz de combustion dans l'air ambiant

Les mesures des gaz de combustion du bois dans l'air ambiant et des particules ont été réalisées pendant 24 heures du 05 au 06 juillet 2023 (Watson *et al.*, 2000 ; Clements *et al.*, 2017).

Ces mesures ont été faites sur deux sites à savoir la zone d'étude (la charbonnière et le site témoin (Université Jean Lorougnon Guédé).

Les prélèvements ont été faits à l'aide des détecteurs de gaz dotés de capteurs caractéristiques des polluants recherchés. Les détecteurs en marche indiquent les valeurs de concentration des différents gaz (CO, CO₂, NO₂, SO₂, H₂S, NH₃ et COV) dans la zone de mesure par lecture directe. Les concentrations des différents gaz ont été enregistrées et stockées en mémoire. La figure 6 illustre des mesures de gaz et des particules rejetés par la combustion du bois à la charbonnière.



Figure 6 : Images illustrant les étapes de mesures des gaz de combustion et des particules dans l'air ambiant

(A : Mesure des gaz ; B : Mesure des particules)

b- Particules de poussières

Le prélèvement se fait à l'aide de l'Analyseur de Poussière (PCO₂). L'appareil de mesure muni d'un filtre a été placé dans la zone de mesure. L'axe du filtre orienté vers la source probable de poussière et on démarre l'appareil pour la mesure. Les valeurs de concentration par taille de particules en suspension sont directement lues, régulièrement enregistrées et stockées en mémoire. Seules les PM_{2,5} ; PM₁₀ et PM totales ont été mesurées, car elles sont plus dangereuses pour les êtres vivants et ont donc pour ce fait des seuils limites de concentrations admis dans l'air ambiant.

2.2.5.3. Effets négatifs de la production du charbon de bois sur l'environnement

Cette étape consiste après la première analyse, à déterminer les effets négatifs forts de la production urbaine du charbon de bois sur le milieu physique, naturel et humain, ainsi que les risques et nuisances sur le paysage forestier, rural et urbain. Elle se base sur l'analyse visuelle de l'environnement de la charbonnière, les mesures des concentrations de gaz et particules comparées à un site témoin, des analyses statistiques des données de la production du charbon

de bois (Mc Harg, 1969). Après la mise en lumière d'un impact négatif ou dommageable, des mesures de réduction ou de suppression ont été définies ou des propositions des mesures compensatoires à effets résiduels acceptables pour le milieu ont été faites.

2.2.5.4. Impact de la production en milieu urbain du charbon de bois sur la santé des charbonniers et des populations

La détermination de l'impact de la production urbaine du charbon de bois sur la santé se subdivise en trois phases. Le recueil des données, la phase d'analyse et celle de l'évaluation des impacts. Le recueil des données est réalisé au cours des enquêtes. Dans cette approche, le profil socio-économique de la population (sexe, âge, niveau d'étude, état de santé, mode de traitement et revenus) a été étudié dans le but de connaître le contexte sanitaire dans lequel elle évolue. Ces informations ont permis de déterminer les problèmes de santé auxquels elle fait face et d'établir le lien avec la production du charbon de bois. Les informations ont été recueillies à travers les questionnaires, les entretiens individuels et l'exploitation des données du district sanitaire (Pope & Dockery, 1999).

2.2.5.5. Méthodes quantitative et qualitative d'observation du domaine sanitaire et social

Le recueil des informations sur les impacts sanitaires liés à la production du charbon de bois a été fait grâce à la combinaison des méthodes d'évaluation d'impact sanitaire quantitative et qualitative. Ces méthodes sont fondées principalement sur des approches par enquêtes, par entretiens et par indicateurs. Ces approches sont basées sur les statistiques existantes, les données des enquêtes et des entretiens (Dubreuil *et al.*, 2015). L'approche par enquêtes et l'approche par indicateurs correspondent aux méthodes quantitatives et l'approche par entretiens aux méthodes qualitatives. La sollicitation de ces approches a conduit à la mobilisation conjointe de ces deux types de méthodes. Cette démarche a pour objectif la compréhension des processus morbides, leur prise en charge au sein de la population.

2.2.5.5.1. Approche par indicateur

Les indicateurs sanitaires sont des mesures directes ou indirectes de l'état de santé. L'ensemble de ces indicateurs permet de dresser le profil sanitaire d'une population. Dans cette étude, les données sanitaires de la ville et de la région recueillies auprès du district sanitaire de Daloa ont

servi de base à cette approche. Cette base de données des maladies existantes a été exploitée, synthétisée et interprétée en fonction des observations faites sur le site d'étude.

2.2.5.5.2. Approche par enquête

Il s'est agi essentiellement des enquêtes descriptives dont l'objectif est d'étudier la fréquence et la répartition des problèmes de santé dans les populations. Elle vise à préciser l'ampleur d'un problème de santé dans une population et à déterminer la répartition de ce problème au sein de cette population. Cette approche a permis de produire de nouvelles statistiques sanitaires en exploitant les résultats des enquêtes effectuées auprès des différentes populations ayant pris part à l'étude.

2.2.5.6. Indicateurs de morbidité

La morbidité est la mesure de la fréquence de la maladie. Elle est aussi par extension la déficience, l'incapacité, le handicap ou la dépendance dans une population donnée. Les indicateurs de morbidité de base sont le taux d'incidence et la prévalence (Canguilhem, 2013). On distingue : la morbidité diagnostiquée, enregistrée, codée au cours du parcours de soins ; la morbidité ressentie, autodéclarée par l'individu selon sa perception de son état de santé, évaluée par des enquêtes de santé.

2.2.5.6.1. Prévalence

La prévalence est la proportion du nombre de cas d'une maladie observée à un instant donné sur la population dont sont issus les cas à cet instant. Elle est calculée selon la formule suivante :

$$\text{prévalence} = \frac{\text{nombre de cas observés à un instant } t}{\text{population à risque à cet instant } t}$$

La mesure de la prévalence indépendante de l'évolution de la maladie (cas récents et anciens confondus) sur l'ensemble de la période pendant laquelle est menée l'enquête. La prévalence s'exprime en %.

2.2.5.6.2. Incidence cumulée

Elle correspond au risque moyen pour un individu de la population de contracter une maladie pendant une période donnée. L'incidence cumulée est déterminée selon la formule suivante :

$$I_c = n/R$$

Ic : Incidence cumulée

n : nombre de nouveaux cas apparus durant la période d'observation

R : est le nombre de personnes observées au début de l'étude

L'incidence cumulée s'exprime en x cas pour 100, 1000, 10 000, etc.

Ces estimations résultent du croisement des données recueillies lors de l'enquête menée auprès des différents acteurs institutionnels et non institutionnels concernés. Elles ne prennent pas en compte les dépenses informelles, susceptibles d'être versées à diverses institutions telles que les forces de l'ordre, les agents de la mairie.

En raison des négociations qui interviennent dans leur établissement, ces coûts ne sont pas fixes et peuvent varier en fonction des circonstances et des parties prenantes impliquées.

2.2.5.5. Estimation de l'empreinte carbone de la charbonnière

L'estimation de l'empreinte carbone de la charbonnière du quartier Kennedy a été faite grâce à la méthode de Girard (2002). Cette technique stipule que le rendement massique des meules casamance et des meules traditionnelles utilisées dans les conditions optimales est d'environ 25 %. Autrement dit, on obtient 250 kg de charbon avec 1 tonne de bois. Cependant, en utilisant des techniques traditionnelles basiques, le rendement d'une tonne de bois ne dépasse généralement pas 15 à 20 %, soit 150 à 200 kg de charbon de bois. Or, de nombreux fabricants de charbon de bois utilisent du bois pas ou mal séché. L'utilisation du bois vert réduit le rendement à 15 % maximum, car une partie du bois contenu dans la meule sert au séchage de tout le bois de la meule au cours de la carbonisation. La teneur en carbone du bois est de 50 % et la teneur en carbone du charbon de bois est de 90 %. L'équivalent carbone est donc :

- 1 000 kg de bois → 500 kg de carbone ;
- 150 kg de charbon → 135 kg de carbone.

Lorsqu'une tonne de bois est carbonisée avec la technique traditionnelle mal maîtrisée, on obtient 365 kg de carbone rejetés dans l'atmosphère. Avec les techniques améliorées, c'est 275 kg de carbone qui sont rejetés.

2.2.6. Traitement des données

L'analyse des données repose sur une approche combinant outils théoriques, méthodologiques et tests statistiques, et se divise en deux volets complémentaires :

- Analyse quantitative : les données recueillies à partir des questionnaires ont été traitées

statistiquement afin d'établir des corrélations entre les variables mesurées. Cette approche a permis de générer des tableaux et des graphiques descriptifs (moyennes, écarts-types, histogrammes, camemberts), facilitant l'interprétation des tendances observées.

- Analyse qualitative : Les entretiens, observations et études de cas ont été examinés selon la méthode compréhensive de Weber (1917) et l'analyse de contenu, permettant d'appréhender la signification des comportements, valeurs et idéologies exprimés par les participants.

Le traitement des données s'est appuyé sur une combinaison de procédures manuelles et informatiques. Les guides d'entretien ont été codés et retranscrits à l'aide de QSR-NVivo 10, tandis que les questionnaires ont d'abord été triés et numérotés manuellement, avant d'être saisis et pré-analysés avec SphinxPlus V5 TuiTe. Les données ont ensuite été traitées sur MS Excel et analysées statistiquement avec Xlstat (versions 2018.1 et 2022.2.1).

2.2.6.1. Traitement analytique

L'analyse des données repose sur une approche combinant arithmétique et logique, permettant de cibler les informations qualitatives essentielles à l'étude. Ce traitement a facilité la création de tableaux de contingence, utilisés pour répondre aux questions peu ou pas abordées par les questionnaires, tout en confrontant ces réponses aux résultats d'études théoriques et pratiques préexistantes. Ces opérations ont permis de structurer les résultats sous forme de tableaux d'analyse et de graphiques, favorisant une interprétation approfondie.

Les données quantitatives ont été soumises à différentes méthodes statistiques, incluant :

- Statistiques descriptives : calcul de moyennes et d'écarts-types ;
- Analyses en Composantes Principales (ACP) : permettant d'identifier les structures sous-jacentes des données et de mieux comprendre les relations entre variables.

L'utilisation des logiciels Xlstat (versions 2018.1 et 2022.2.1) a facilité l'analyse de la variabilité des axes et la génération de graphiques de corrélation (biplots), de graphes d'évolution, ainsi que d'autres outils d'exploration statistique.

2.2.6.2. Analyses en Composantes Principales

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée afin de classer et traiter les informations en distinguant deux groupes de populations : les charbonniers et la population urbaine (POP A et POP R). Cette approche a permis de visualiser l'impact des facteurs environnementaux et des rejets atmosphériques liés à la charbonnière sur l'apparition et la récurrence des maladies.

L'ACP est une méthode statistique exploratoire qui permet d'analyser des données comprenant de multiples variables, chacune représentant une dimension distincte. Étant donné la complexité de la visualisation dans un espace multidimensionnel, cette technique a été utilisée pour extraire et représenter les informations essentielles contenues dans les tableaux de données.

Elle a servi à transformer les données brutes en un ensemble de composantes principales, qui sont des combinaisons linéaires des variables d'origine. Ces nouvelles variables capturent l'essentiel de la variance ou de l'inertie commune présente dans les ensembles de données.

L'objectif principal de cette analyse est d'identifier les directions (composantes principales ou axes principaux) dans lesquelles les données présentent les plus grandes variations. En réduisant la dimensionnalité des données multivariées à deux composantes principales, l'ACP a facilité la visualisation graphique des projections des différentes variables, tout en minimisant les pertes d'informations.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats

3.1.1. Importance sociale et économique du charbon de bois auprès des populations et charbonniers

3.1.1.1. Sociohistoire de l'implantation de la charbonnière au quartier Kennedy

Créée entre 1968 et 1969, la charbonnière aujourd'hui située au quartier Kennedy était située d'abord dans les environs de l'actuel hôtel les tropiques de Daloa, à proximité des industries de bois d'alors. En 1973, face au développement de la ville, les charbonniers ont été contraints de déménager à la périphérie de la ville, sur l'actuel site de la charbonnière. « *Quand nous sommes arrivés ici, tout était la brousse. Il n'y avait personne ici. C'était la forêt. On coupait le bois sur place pour faire le charbon* » a révélé le doyen d'âge des charbonniers. En 1979, face à l'expansion rapide de la ville, les industries du bois se retrouvent encerclées par les habitations et les commerces. Cette situation va entraîner de nombreux accidents de circulations et de travail impliquant fréquemment les activités des scieries. Face à la multiplication des accidents, très souvent mortels, la municipalité a décidé de déplacer toutes les unités industrielles du centre-ville. C'est ainsi qu'un nouveau plan directeur de la ville a été mis en place avec la création d'une zone industrielle. La nouvelle zone industrielle fut créée dans la partie ouest de la ville où était déjà implantée la charbonnière délocalisée plutôt. Après l'installation des industries du bois les nombreux ouvriers qu'elles comptent, doivent parcourir maintenant plusieurs kilomètres pour se rendre à leur travail. Afin de réduire les distances à parcourir pour se rendre au travail, les ouvriers des scieries ont commencé à coloniser les terres inoccupées de la zone industrielle dans le but de vivre à proximité de leur lieu de travail. À cet effet, le responsable des producteurs a fait la remarque suivante « *Quand les scieries sont venues ici, les gens n'habitaient pas ici, c'est nous, on dormait en brousse ici pour surveiller le charbon. C'est un peu un peu que les ouvriers de la scierie ont commencé à construire des baraques en bois pour dormir à côté de la scierie ici. C'est comme ça quartier là à commencer pour devenir bon quartier aujourd'hui* ». C'est ainsi qu'est né le quartier sommaire Kennedy. Dans son développement, il a englouti avec la complicité de plusieurs institutions étatiques et des anciens propriétaires terriens, toutes les parcelles inoccupées de la zone industrielle de Daloa. C'est ainsi que la charbonnière de Daloa située d'abord à la périphérie de la ville s'est ensuite retrouvée dans la zone industrielle et enfin dans le quartier Kennedy de Daloa. La figure 7 présente une vue aérienne de la partie fonctionnelle actuelle de la charbonnière.



Figure 7 : Vue aérienne de la charbonnière du quartier Kennedy

3.1.1.2. Caractéristiques sociodémographiques des acteurs non institutionnels

3.1.1.2.1. Producteurs de charbon de bois

Implantée sur plusieurs hectares, la charbonnière du quartier Kennedy à Daloa fonctionne selon un modèle coopératif. Elle est dirigée par un responsable assisté de plusieurs adjoints, qui assurent la liaison entre les producteurs et les administrations publiques.

La population active dans la production de charbon de bois est composée à 94,87 % d'hommes et à 5,13 % de femmes. Ces producteurs sont organisés en 39 groupes de travail, contre 80 auparavant, témoignant d'une réduction significative du nombre d'équipes. Ces groupes, souvent constitués sur une base familiale, reflètent une structuration communautaire du travail. L'analyse démographique indique que les producteurs ont entre 20 et 69 ans. La répartition par classe d'âge révèle que 56,41 % sont âgés de 41 à 60 ans, 30,77 % de 21 à 40 ans, 2,56 % ont moins de 20 ans et 10,26 % dépassent les 60 ans.

Sur le plan éducatif, 58,97 % des producteurs ne disposent d'aucune instruction formelle. Parmi ceux ayant reçu une éducation, 20,52 % ont fréquenté une école coranique, 12,82 % ont atteint le niveau primaire, et seulement 7,69 % ont poursuivi jusqu'au niveau secondaire.

3.1.1.2.2. Femmes de la charbonnière

La finition des meules et leur entretien jusqu'à extraction du charbon de bois sont assurés par les femmes. 144 femmes encore en activité et 19 en cessation d'activité ont été recensées. Elles sont organisées en équipe de travail. La mise en sac du charbon par ces femmes est présentée à la figure 8.

Quant au tableau VI, il présente le niveau d'instruction de ces femmes. 63,75 % des travailleuses n'ont aucun niveau d'instruction. Seulement 22,50 % ont un niveau primaire et 6,25 % pour le niveau secondaire contre 7,50 % pour celles qui ont bénéficié d'une formation de l'école coranique ou confessionnelle.



Figure 8 : Travailleuses de la charbonnière au cours de la mise en sac du charbon de bois.

Tableau VI : Niveaux d'instruction des travailleuses et ex-travailleuses de la charbonnière

Niveaux d'instruction	Travailleuses (%)	Ex-travailleuses (%)
Sans instruction	63,75	36,80
Cycle primaire	22,50	47,40
Cycle secondaire	6,25	10,50
École coranique ou confessionnelle	7,50	5,30

Parmi les travailleuses, 26,25 % ont moins de 20 ans, 53,75 % ont un âge compris entre 21 et 40 ans, tandis que 16,25 % font partie de la tranche d'âge de 41-60 ans et 3,75 % ont plus de 60 ans. 33,75 % de ces femmes utilisent le bois de chauffe et 66,25 % se servent du charbon de bois comme source d'énergie domestique. Chez les ex-travailleuses, 21,05 % font leur cuisine

avec le gaz et 78,95 % utilisent le charbon de bois.

Relativement à la durée qu'elles enregistrent dans cette activité, 57,50 % des femmes encore en service travaillent depuis 2 ans, 15 % y travaillent depuis 8 ans et 3,75 % près de 20 ans (Figure 9). En ce qui concerne les ex-travailleuses, 52,60 % ont servi environ 2 ans à la charbonnière, 21,80 % y ont travaillé pendant 6 ans et 10,50 % y ont passé plus de 16 ans.

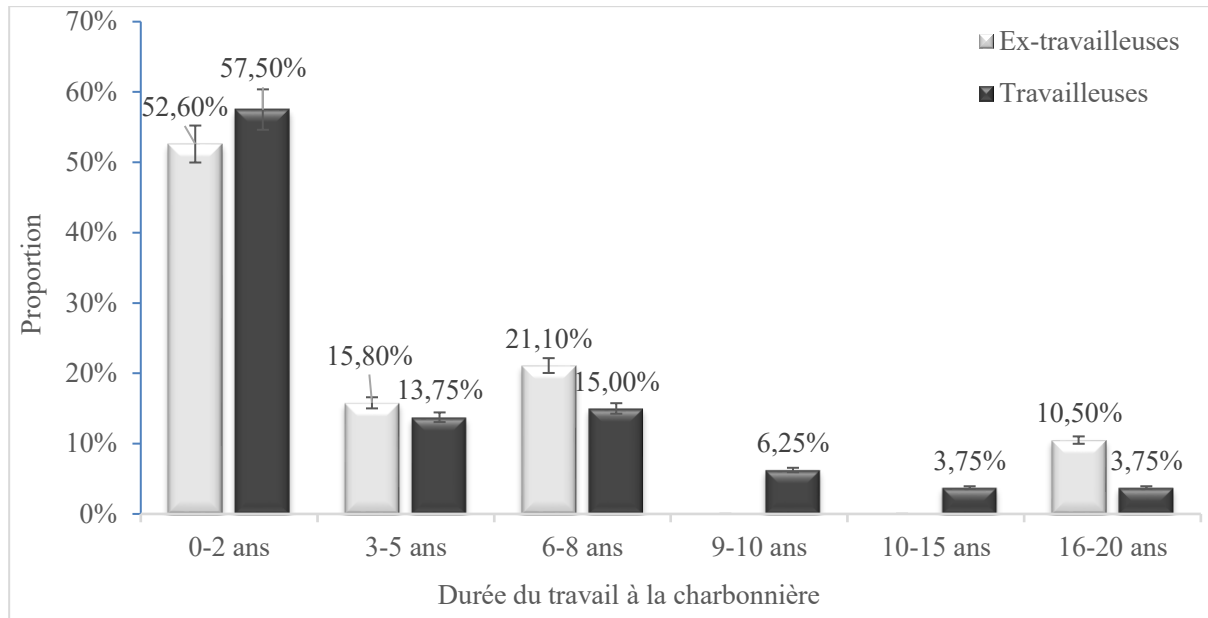


Figure 9 : Proportion des travailleuses et ex-travailleuses selon l'ancienneté dans la production du charbon de bois au quartier Kennedy

3.1.1.2.3. Caractéristiques sociodémographiques et la distance séparant les populations de la charbonnière

Dans les environs de la charbonnière, 28,80 % des travailleurs exercent leur activité à moins de 100 mètres des meules, tandis que 55,80 % se situent entre 100 et 500 mètres, et 15,40 % au-delà de 500 mètres. Parmi les participants à l'étude, 65,4 % sont des hommes et 34,6 % des femmes.

Concernant la population riveraine, 13,67 % résident à moins de 100 mètres des fours de la charbonnière, 61,87 % entre 100 et 500 mètres, et 24,46 % à plus de 500 mètres (Figure 10). Cette population était majoritairement féminine, avec 68,71 % de femmes contre 31,29 % d'hommes. L'âge des enquêtés est compris entre 15 et 71 ans. 50 % de cette population étaient âgées de 21 à 40 ans, 32 % avaient entre 41 et 60 ans, 15 à 20 ans d'âge pour 12,59 % et 5,40 % avaient plus de 60 ans.

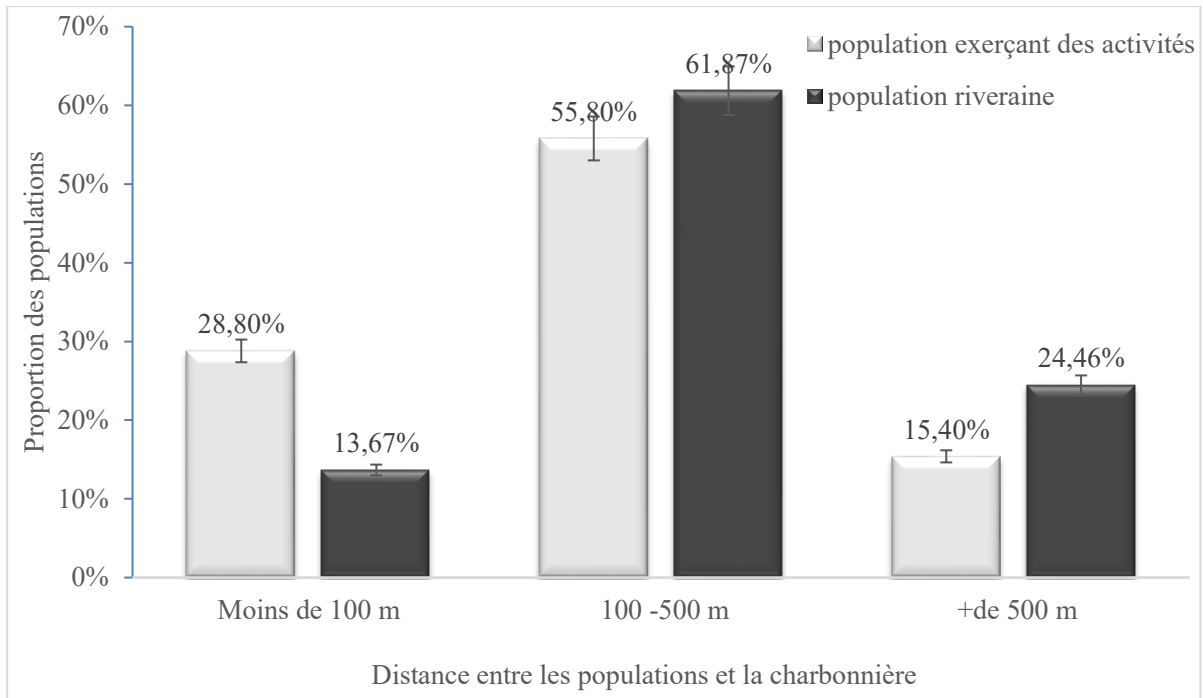


Figure 10 : Proportion de la population exerçant des activités et de la population riveraine selon la distance par rapport à la charbonnière.

Parmi les travailleurs installés aux abords de la charbonnière, 9,62 % exercent leur activité depuis 2 ans, 19,23 % y sont présents depuis 12 ans, tandis que 10 % y travaillent depuis 20 ans. Quant à la population riveraine, 5,25 % résident dans le quartier depuis 5 ans, 40 % y habitent depuis 12 ans et 25 % y vivent depuis plus de 20 ans.

3.1.1.3. Importance domestique de l'usage du charbon de bois

3.1.1.3.1. Sources d'énergie domestique utilisées

Le tableau VII présente les différentes sources d'énergie domestique utilisées pour la cuisine à Daloa. L'électricité n'est pas employée à cet effet. Concernant le gaz, mis à part les producteurs qui ne l'utilisent pas, il est adopté par 20,86 % de la population riveraine, 30,77 % des habitants exerçant une activité près de la charbonnière, et 10,55 % des travailleuses de la charbonnière.

Le bois de chauffe, quant à lui, est présent dans de nombreux foyers. Il constitue 15,83 % des sources d'énergie domestique pour la population riveraine, 17,31 % pour ceux exerçant une activité à proximité de la charbonnière, 8 % parmi les producteurs, et 16,85 % chez les femmes de la charbonnière.

Parmi toutes ces sources d'énergie, le charbon de bois reste le plus utilisé. Il est employé par 63,31 % des riverains, 51,92 % des habitants exerçant une activité près de la charbonnière, 92 % des producteurs, et 72,60 % des femmes de la charbonnière.

Tableau VII : Sources d'énergie domestique utilisées dans les foyers

	Bois de chauffe	Charbon de bois	Gaz	Électricité
Population riveraine	15,83 %	63,31 %	20,86	0,00 %
Population exerçant des activités au voisinage de la charbonnière	17,31 %	51,92 %	30,77 %	0,00 %
Producteur du charbon de bois	8 %	92 %	0,00 %	0,00 %
Femmes de la charbonnière	16,85 %	72,60 %	10,55 %	0,00 %

3.1.1.3.2. Motivations socio-économiques conduisant à l'adoption du charbon de bois

Le tableau VIII met en évidence les différentes raisons qui incitent les populations à utiliser le charbon de bois. Parmi elles, 35,90 % des producteurs affirment que son adoption massive est principalement due à son prix de vente, fixé à partir de 100 F, et qui semble être resté stable depuis des décennies, contrairement aux sources d'énergie modernes dont les coûts fluctuent périodiquement. Le service au détail représente un avantage certain, comme en témoigne une travailleuse qui souligne son importance dans l'accès facile et abordable au charbon de bois pour les ménages « *Le charbon arrange tout le monde. Si tu as un peu d'argent, tu peux gagner aussi pour préparer ta sauce* ». Pour 17,95 % des producteurs, c'est avant tout la disponibilité constante du charbon de bois qui a conduit la population à l'adopter. Par ailleurs, 12,82 % estiment que son attrait réside dans le fait qu'il produit moins de fumée que le bois.

Parmi les femmes impliquées dans la filière charbonnière, 19,19 % considèrent que la capacité du charbon de bois à cuire aisément tout type d'aliments en fait une source d'énergie idéale. En outre, 42,42 % partagent l'avis de certains producteurs selon lequel son faible coût constitue un avantage économique significatif. Pour 15,15 % d'entre elles, la simplicité d'utilisation représente un atout majeur, tandis que 6,06 % estiment que son usage est suffisamment maîtrisé pour être considéré comme sûr.

Ces perceptions sont largement partagées par l'ensemble de la population. En effet, 62,45 % des habitants privilégient le charbon de bois en raison de son mode de commercialisation,

notamment sa vente au détail, et surtout de son prix abordable, accessible à toutes les catégories sociales. Par ailleurs, 20,55 % le préfèrent pour sa disponibilité sous divers conditionnements et sa facilité d'accès dans les quartiers. Enfin, 9,09 % apprécient le fait que, outre sa vente au détail, son utilisation présente un niveau de risque inférieur à celui des sources d'énergie modernes telles que le gaz butane et l'électricité.

En somme, le charbon de bois demeure la source d'énergie domestique la plus utilisée, en raison de son coût, de sa proximité avec les ménages et de son mode de distribution qui le rend accessible à tous.

Tableau VIII : Raisons de l'adoption du charbon de bois comme principale source d'énergie domestique par les populations et les charbonniers

	Producteurs de charbon de bois		Femmes de la charbonnière		Populations	
	Réponses	Taux de réponse (%)	Réponses	Taux de réponse (%)	Réponses	Taux de réponse (%)
Moins cher	14	35,90	42	42,42	206	62,45
Facile à trouver	7	17,95	12	12,12	68	20,55
Manipulation facile	5	12,82	15	15,15	12	3,56
Cuisson rapide	3	7,69	-	-	-	-
Moins de fumée	5	12,82	5	5,05	14	4,35
Moins dangereux	3	7,69	6	6,06	30	9,09
Adapté à la cuisson de tous les aliments	-	-	19	19,19	-	-
Soigne des maladies	2	5,13	-	-	-	-

3.1.1.3.3. Dynamique de la production du charbon de bois à Daloa

La production de charbon de bois répond à une demande croissante dans les zones urbaines, notamment à Daloa, où cette source d'énergie demeure essentielle pour la majorité des ménages. Cependant, cette dynamique est marquée par des défis liés à l'offre, à la régulation et aux pratiques informelles qui se sont développées en parallèle de la production légale.

Face aux limites de la production officielle, des réseaux informels ont émergé pour pallier le déficit. Ces réseaux sont majoritairement composés de paysans, d'anciens apprentis de la charbonnière et d'ouvriers du secteur bois en situation de chômage. Leur activité s'est intensifiée au fil des ans, comme en témoignent les interventions croissantes de la police forestière : les saisies sont passées de 37 en 2012 à 292 en 2019, tandis que les sites de production clandestins identifiés ont augmenté de 62 en 2015 à 228 en 2020.

Malgré ces mesures de contrôle, l'offre reste insuffisante pour répondre à la demande. Ainsi, en complément de la production locale, des quantités importantes de charbon de bois sont acheminées depuis les villes de Vavoua et Séguéla. Toutefois, le suivi de cette filière demeure lacunaire, faute de statistiques précises sur la quantité de charbon produite et consommée à Daloa. Cette absence de données est attribuable à la prédominance du secteur informel, au manque de supervision des zones de production et à la difficulté de quantifier les importations provenant d'autres régions.

À titre indicatif, en 2020, la charbonnière du quartier Kennedy a déclaré une production de 1300 sacs pesant entre 130 et 180 kg. Cependant, ces chiffres restent insuffisants pour appréhender l'ampleur réelle du marché. La régulation de cette filière représente donc un enjeu majeur, tant pour assurer un approvisionnement stable que pour concilier production et préservation environnementale.

3.1.1.3.4. Perception de la production de charbon de bois en milieu urbain

Le tableau IX met en lumière les avantages de la production de charbon de bois dans le quartier Kennedy. Le sujet suscite des avis variés parmi les populations, les femmes de la charbonnière, les producteurs et les responsables institutionnels. Du point de vue des producteurs, l'implantation de cette activité dans une zone habitée présente plusieurs bénéfices pour les populations. Elle favorise un accès direct au charbon de bois, réduit les coûts liés au transport et stimule l'économie locale en générant des opportunités d'emploi et de commerce. De plus, cette proximité facilite l'approvisionnement des ménages et renforce la dynamique sociale et commerciale du quartier.

Selon 45,71 % des habitants du quartier, la présence d'une charbonnière facilite l'accès rapide au charbon de bois. De plus, 17,14 % estiment que produire du charbon de bois en milieu urbain garantit un approvisionnement régulier pour les citoyens. Toutefois, 25,71 % des producteurs considèrent que cette activité ne procure aucun avantage particulier aux résidents du quartier.

Les femmes de la charbonnière apportent une autre perspective : pour 10,10 %, la production locale est économiquement bénéfique, car elle réduit les coûts de transport pour les grossistes, leur permettant ainsi de mieux servir leurs clients et de réaliser des marges bénéficiaires plus intéressantes. Cette économie profite également aux consommateurs qui achètent le charbon par sacs.

En parallèle, 43,43 % des femmes voient en l'installation de la charbonnière une source d'emplois, tant directs qu'indirects. Cependant, 10,10 % d'entre elles ne partagent pas cet avis et rejoignent les 25,71 % des producteurs qui jugent que cette activité ne procure aucun avantage particulier aux citoyens. Cette position est confirmée par une majorité de la population : 67,32 % des habitants estiment que la production de charbon de bois à proximité de leurs domiciles ne leur apporte aucun bénéfice tangible.

Ces perceptions contrastées illustrent la complexité des impacts de la production de charbon de bois en milieu urbain, entre bénéfices économiques et préoccupations sociales. Ceci est confirmé par une riveraine de la charbonnière qui a fait la confidence suivante : « *le charbon qu'on fait dans quartier là nous n'avons aucun bénéfice dedans. Si ce n'est pas leur fumée et puis poudre de charbon qui versent sur les gens seulement* ». Toutefois, 21,94 % des résidents reconnaissent que sa proximité facilite l'acquisition du charbon de bois. De plus, 4,68 % des personnes qui se rendent à la charbonnière y obtiennent des quantités plus importantes que celles proposées par les détaillants, ce qui peut représenter un avantage économique pour certains foyers. Ce constat souligne que, malgré son ancrage local, la production de charbon de bois ne profite pas uniformément aux populations riveraines, son impact dépendant des habitudes d'approvisionnement et des relations avec les producteurs.

Tableau IX : Avantages de la production du charbon de bois en milieu habité

	Producteurs de charbon de bois		Femmes de la charbonnière		Populations	
	Réponses	Taux de réponse (%)	Réponses	Taux de réponse (%)	Réponses	Taux de réponse (%)
Pas d'avantage particulier	9	25,71	10	10,10	223	67,63
Facilite le ravitaillement de la population	16	45,71	21	21,21	72	21,94
Assure une disponibilité permanente	6	17,14	-	-	-	-
Service généreux	4	11,43	11	11,11	15	4,68
Source d'emplois	-	-	43	43,43	8	2,52
Moins cher	-	-			11	3,24
Économique	-	-	10	10,10	-	-
Limite les déplacements pour l'achat	-	-	4	4,04	-	-

La production de charbon de bois en zone urbaine suscite des inquiétudes institutionnelles. Les autorités en charge de l'environnement et du développement durable, ainsi que la police forestière, soulignent les risques que représente cette activité pour les populations locales.

En effet, les dispositions législatives en vigueur, notamment le code de l'environnement (loi n° 96-766 du 3 octobre 1996) et le code forestier (loi n° 2019-675 du 23 juillet 2019), prohibent la production de charbon de bois en zone urbaine ainsi que l'implantation excessive de meules sur un même site. La charbonnière du quartier Kennedy contrevient à ces réglementations, ce qui soulève des interrogations sur son encadrement et nourrit les débats autour de sa régulation.

3.1.1.3.5. Entre violations légales et impuissance institutionnelle : la problématique de la charbonnière de Daloa

La production de charbon de bois dans le quartier Kennedy est unanimement jugée inadmissible par les acteurs institutionnels en raison de sa non-conformité aux lois ivoiriennes et de la pollution qu'elle engendre. Malgré une reconnaissance générale des impacts négatifs de cette activité sur la population, les institutions chargées de sa régulation peinent à mettre en œuvre des mesures efficaces en raison de lourdeurs administratives et d'un manque de moyens techniques et répressifs.

La police forestière, bien qu'elle reconnaisse que l'implantation de la charbonnière est en contradiction avec le code forestier. Elle continue d'octroyer des permis de coupe et de transport de bois aux producteurs, renouvelant annuellement leurs autorisations et collectant les taxes correspondantes. Elle admet cependant son incapacité à ordonner seule une désinstallation du site.

Les autorités municipales, conscientes des conséquences environnementales et sanitaires de cette production, affirment leur impuissance à résoudre le problème en raison des implications foncières, sociales, politiques et administratives complexes. La charbonnière, située dans une zone industrielle où les habitations ne devraient théoriquement pas exister, est le résultat d'attributions illégales de terrains facilitées par des interventions politico-administratives. La mairie seule ne pouvant endiguer ce phénomène, une concertation à l'échelle nationale impliquant les acteurs politiques, économiques et fonciers apparaît comme une nécessité pour une régulation efficace.

3.1.1.3.6. Impact économique de la charbonnière : création d'emplois et rémunérations

3.1.1.3.6.1. Main-d'œuvre mobilisée par la charbonnière du quartier Kennedy

La chaîne de valeur du charbon de bois dans la charbonnière du quartier joue un rôle crucial en intégrant l'ensemble des acteurs impliqués dans sa production. Chacun d'eux participe à cette activité dans l'optique d'améliorer sa situation économique et sociale.

À chaque étape du processus, la production de charbon de bois mobilise des ressources financières et humaines. Pour garantir son bon fonctionnement, la charbonnière fait appel à des hommes et des femmes qui collaborent pour mener à bien ses opérations. Plus de 300 personnes dépendent de cette activité pour assurer leur quotidien grâce aux revenus qu'elles en tirent. Le

tableau X présente la répartition des rôles et le nombre de travailleurs concernés. Les producteurs et les femmes constituent les groupes les plus représentés, étant constamment présents sur le site. Les autres intervenants y travaillent temporairement, selon la durée de leur contrat. Pour beaucoup, la charbonnière représente leur principale, voire leur unique source de revenus, rendant leur stabilité financière fortement dépendante de la pérennité de cette activité.

Tableau X : Nombre de personnes intervenant dans la production du charbon de bois à la charbonnière du quartier Kennedy de Daloa.

Nature	Nombre
Producteurs	39
Femmes	140-200
Chargeurs	30
Chauffeurs	3
Constructeurs de meules	9
Conducteurs de motos 3 roues	7
Grossistes	15-25
Bûcherons	5
Pousseurs de charrette	8

3.1.1.3.6.2. Rôles des acteurs dans la chaîne de valeur de la charbonnière

La chaîne de valeur de la charbonnière repose sur une diversité d'acteurs aux fonctions complémentaires, chacun contribuant à la production, à la distribution et à la consommation du charbon de bois. Globalement, la chaîne de valeur de la charbonnière comporte les acteurs suivants :

- ✓ les fournisseurs de bois sont des propriétaires de forêts privés, des industriels du bois ou des particuliers. Ils assurent la fourniture du bois aux producteurs. Cette fourniture est faite de déchets de coupes forestières ou des rebuts, ou de coupes directes dans des domaines privés, plantations agricoles et terrains urbains. Les industriels du bois en plus du bois, fournissent de la sciure qui sert à recouvrir les amas de bois avant le démarrage de la carbonisation ;

- ✓ les bûcherons assurent l'abattage et le débitage du bois pour faciliter le transport et la carbonisation ;
- ✓ les producteurs de charbon de bois s'occupent de l'approvisionnement en bois, de la gestion de la carbonisation, du personnel et de la vente de la production ;
- ✓ les constructeurs de meules construisent la meule avec des débités en rangeant le bois de gros diamètre en dessous de la meule jusqu'au bois de petit diamètre au-dessus. Il organise le bois de façon à avoir une bonne circulation de l'air ;
- ✓ les femmes travailleuses sont les plus nombreuses, elles s'occupent de la finition des meules, de leurs entretiens, de l'extraction et du conditionnement du charbon de bois ;
- ✓ les transporteurs transportent le bois du lieu de coupe à la charbonnière et le charbon de bois de la charbonnière au site de distribution. Le transport du bois, de l'herbe, de la sciure et du charbon se fait par camions, tricycles ou charrettes ;
- ✓ les chargeurs chargent les camions sur les zones de coupe du bois et assurent le déchargement des débités à la charbonnière ;
- ✓ les grossistes s'approvisionnent auprès des producteurs et assurent la distribution du charbon de bois auprès des demi-grossistes de la ville et la revente aux détaillants. Ils préfinancent souvent les producteurs pour avoir la priorité sur les productions avenir du charbon de bois ;
- ✓ les détaillants constituent le cordon entre la population et le reste de la chaîne de valeur du charbon de bois. Ils assurent le ravitaillement au détail ou par petits sacs des populations ;
- ✓ les intermédiaires sont des acteurs qui créent des interconnexions entre deux acteurs différents à n'importe quelle étape de la chaîne de valeur ;
- ✓ les extras concernent les interactions non formelles dans la chaîne de valeurs qui engendrent des frais supplémentaires fréquents et non négligeables.

3.1.1.3.6.3. Revenus générés par la charbonnière

La figure 11 illustre les revenus mensuels des femmes travaillant dans la filière charbonnière. Les données recueillies révèlent que les modalités contractuelles dans ce secteur reposent essentiellement sur un système de louage de services, excluant toute forme de rémunération mensuelle fixe. Les travailleurs sont rémunérés à la tâche. Le chargement et le déchargement

d'un camion de 5 à 8 tonnes sont rémunérés à hauteur de 500 F CFA par personne. Les constructeurs de meules perçoivent quant à eux 3 000 F CFA pour l'installation d'une meule de 5 tonnes et 3 500 F CFA pour une meule de 8 tonnes, généralement réalisée par une équipe de trois personnes. Pour des volumes plus importants, les producteurs négocient des rabais afin d'optimiser les coûts globaux.

Les bûcherons bénéficient d'une rémunération journalière de 17 500 F CFA, dont 5 000 F CFA sont systématiquement prélevés pour l'obtention du permis de coupe. Les camionneurs chargés du transport du bois reçoivent 20 000 F CFA par voyage, tandis que les distributeurs sont rémunérés à raison de 500 F CFA par sac de charbon livré.

Ces revenus, permettent à certains travailleurs de subvenir aux besoins de leur famille, comme l'exprime l'un d'entre eux : « *Depuis que je travaille ici, j'arrive à m'occuper de ma famille que j'ai laissée au pays. Grâce à l'argent que je gagne dans le charbon, j'ai acheté mon terrain et je suis en train de construire ma maison.* ».

Concernant l'entretien des meules, les femmes sont engagées sous des contrats à deux volets. Le premier concerne une rémunération directe, négociée au moment de la signature du contrat. Le second leur accorde le droit de revendre le charbon de petits calibres, générant ainsi un complément de revenu.

Les revenus mensuels des femmes travaillant dans la charbonnière présentent des écarts notables : 43,43 % gagnent entre 20 000 et 29 000 F CFA, tandis que 38,38 % perçoivent entre 30 000 et 39 000 F CFA. Une minorité, soit 15,15 %, atteint entre 40 000 et 49 000 F CFA, et seules 3,03 % parviennent à toucher entre 50 000 et 60 000 F CFA. Ces montants résultent de longues journées de 10 heures passées à travailler dans des conditions éprouvantes, exposées à la fumée, à la poussière et à une chaleur accablante.

Pour ces travailleuses, majoritairement mères célibataires et veuves, les revenus issus de la charbonnière sont souvent leur seule source de subsistance. Ils couvrent tant bien que mal les dépenses liées à la scolarisation, aux soins médicaux, à l'habillement et à l'alimentation, mais restent inférieurs aux charges familiales.

Les pénuries fréquentes de bois entraînent une baisse du nombre de contrats mensuels, réduisant ainsi les revenus des travailleuses. Cette instabilité financière les plonge dans de grandes difficultés, compromettant leur capacité à subvenir à leurs besoins.

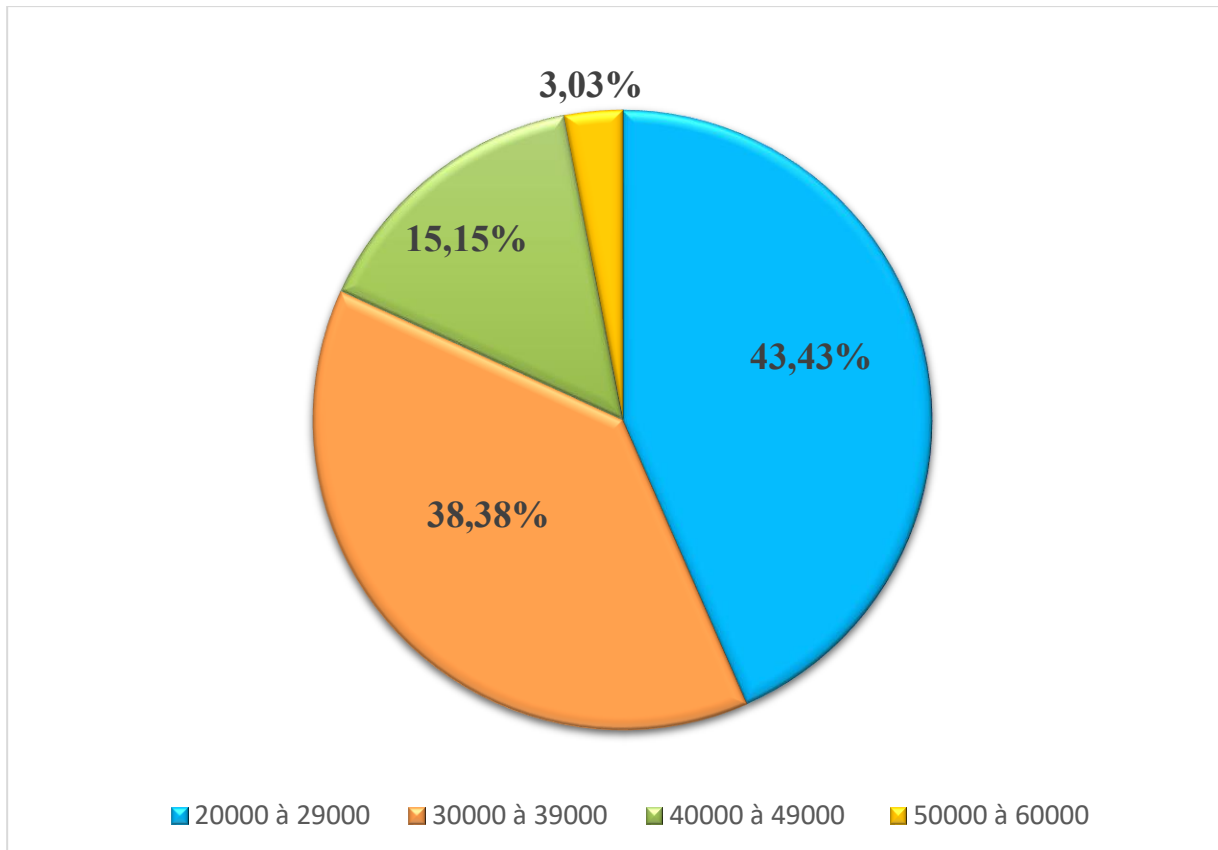


Figure 11 : Revenus mensuels obtenus par les femmes de la charbonnière en 2020

3.1.1.4. Importance économique de la production du charbon de bois au quartier Kennedy

3.1.1.4.1. Charges de production du charbon de bois

La production du charbon de bois nécessite des investissements importants en ressources humaines et matérielles, générant ainsi des coûts de fonctionnement élevés pour les producteurs. Le processus débute par l'acquisition du bois, qui peut être acheté auprès de particuliers ou d'industries du bois. Chez les particuliers, le bois est vendu sur pied ou déjà abattu, à un prix minimum de 10 000 F CFA, selon l'essence, les dimensions et l'accessibilité du site. Du côté des industries, le coût d'un camion de 8 tonnes est passé de 35 000 F CFA à 50 000 F CFA.

L'abattage du bois, qu'il soit effectué en milieu urbain ou forestier, mobilise des bûcherons rémunérés à hauteur de 17 500 F CFA par jour, avec les frais de nourriture, de carburant et de déplacement pris en charge par le producteur. Ce dernier doit également s'acquitter d'un laissez-passer de 10 000 F CFA pour pouvoir transporter le bois.

Le transport des bois débités coûte entre 20 000 et 25 000 F CFA par voyage, selon la distance et l'état des routes. Le chargement du camion est facturé à 3 500 F CFA, incluant les repas des

chargeurs. La construction des meules revient à 3 000 F CFA par chargement de bois, avec les repas des ouvriers également pris en charge par l'employeur. La coupe et le transport des herbes de finition sont réalisés pour 3 000 F CFA par voyage en tricycle, tandis que la sciure utilisée pour le recouvrement est convoyée en camion pour un coût de 5 000 F CFA.

Une fois les meules construites, leur entretien est assuré par les femmes, avec un coût variant entre 10 000 et 40 000 F CFA selon la taille des meules. Le charbon produit est ensuite conditionné dans des sacs de plus de 130 kg, achetés à 250 F CFA l'unité. À ces dépenses s'ajoutent des charges supplémentaires journalières, estimées entre 2 000 et 20 000 F CFA. Ces charges supplémentaires constituent une contrainte importante pour les producteurs, comme en témoigne l'un d'eux « *Le problème, ce sont les policiers, gendarmes, eaux et forêts, et même les douaniers. Même si tu as tous les papiers, tant que tu ne leur donnes pas d'argent à chaque barrage, tu ne passes pas.* ».

3.1.1.4.2. Coûts associés à la production de charbon de bois en fonction de la quantité de bois utilisée

La production de charbon repose sur divers intrants et prestations de service, avec une forte influence des capacités de négociation des producteurs sur le coût final. Ces négociations commencent dès l'achat du bois, où les producteurs cherchent à obtenir le prix le plus bas, notamment auprès des particuliers. Lorsqu'il s'agit de la construction des meules, l'augmentation des volumes de bois favorise des négociations visant à obtenir des réductions sur les prix fixés, une logique qui s'applique également aux coûts d'entretien.

Le tableau XI présente les coûts liés à la production de charbon de bois en fonction de la quantité de bois utilisée. On observe une augmentation proportionnelle des coûts totaux, reflet des dépenses croissantes pour l'achat du bois, le transport et les opérations de production. La construction et l'entretien des meules restent relativement stables mais connaissent une légère hausse avec l'augmentation des volumes de bois.

Le coût du bois constitue la charge principale, représentant plus de 70 % des dépenses totales. En comparaison, les autres coûts (sciure, herbes, entretien) restent modestes.

Pour les volumes supérieurs à 80 tonnes, les coûts deviennent plus flexibles, influencés par des négociations intenses sur les conditions du marché et les modalités de transport et d'exploitation. L'entretien des meules devient plus coûteux, probablement en raison d'ajustements techniques nécessaires à la gestion de volumes plus importants.

Depuis 2015, le prix d'achat du bois ne cesse d'augmenter, principalement en raison d'une demande qui excède l'offre, tant chez les industriels du bois que chez les particuliers. Par exemple, en 2012, un chargement de 8 à 10 tonnes coûtait 60 000 F CFA, tandis qu'en 2020, son prix minimum pour les producteurs atteint désormais 90 000 F CFA.

Tableau XI : Coût estimatif (F CFA) de la production du charbon de bois selon la contenance de la meule

Quantité de bois	Coût du bois (Bois, transport, taxes)	Coût Construction de la meule	Coût de la Sciure et des herbes	Coût d'entretien de la meule	Total
8-10T	90 000-110 000	10 000	11 000	10 000	121 000-141 000
15-20T	145 000-170 000	15 000	14 000	15 000	189 000-214 000
24-30T	200 000-250 000	15 000	16 000	15 000	246 000-296 000
35-40T	280 000-310 000	20 000	21 000	20 000	341 000-371 000
45-50T	340 000-360 000	20 000	24 000	25 000	409 000-429 000
55-60T	380 000-400 000	25 000	25 000	25 000	455 000-475 000
65-70T	420 000-440 000	25 000	30 000	30 000	505 000-525 000
75-80T	470 000-495 000	30 000	30 000	30 000	560 000-585 000
+ 80T	+ 500 000	+ 30 000	+ 30 000	+ 40 000	+ 600 000

3.1.1.4.3. Dépenses engendrées par les approvisionnements en charbon de bois chez la population

En 2020, notre enquête a révélé que pour s'approvisionner en charbon de bois, les populations procèdent de diverses manières. Le tableau XII montre que 86 % optent pour des achats au détail et 14 % se ravitaillent en charbon de bois par sac. Au sein de la population qui se ravitaillie au détail, 71 % le font quotidiennement, 10 % s'approvisionnent par semaine et 5 % renouvellent leur stock de charbon de bois chaque mois. Du côté de la population qui se fournit en charbon de bois par sac, 3 % réapprovisionnent par semaine et 11 % par mois. Les acheteurs au détail dépensent 1000 F CFA à 10 000 F CFA par mois en charbon de bois. Parmi eux, 10 %

dépensent 1000 F CFA/mois en charbon de bois, 24 % achètent pour 3000 F CFA de charbon de bois/mois, 46 % acquièrent pour 6000 F CFA de charbon de bois le mois et 3,95 % achètent pour 10 000 F CFA de charbon/mois. Quant à la population qui achète le charbon de bois par sac, 3 % déboursent 6000 F CFA/mois, 5 % décaissent 15 000 F CFA/mois et 4 % paient plus de 20 000 F CFA/mois. Le ravitaillement journalier au détail est le plus prisé par la population, il sied à différentes catégories de ménages (ménage célibataire, ménage peu nombreux) et surtout aux ménages nombreux à faibles revenus. Quant au ravitaillement par sac, il est utilisé par les commerçants (restaurants, beignets, attiéké), les familles nombreuses et famille moyenne à grands ou moyens revenus.

Tableau XII : Modes, fréquences et coûts d’approvisionnement en charbon de bois en 2020

	Approvisionnement au détail (86%)			Approvisionnement par sac (14%)				
	Quotidien	Hebdomadaire		Mensuel	Hebdomadaire		Mensuel	
Fréquence d’approvisionnement	71 %	10 %		5 %	3 %		11 %	
Dépenses mensuelles en F CFA	10 % 1000	24 % 3000	46 % 6000	6 % 10 000	3 % 6000	2 % 10 000	5 % 15 000	4 % +20 000

3.1.1.4.4. Taxes et impôts payés par la charbonnière

Les différentes contributions directes de la charbonnière aux caisses communales et étatiques sont illustrées par le tableau XIII. Pour exercer à Daloa, les charbonniers disposent d’un permis de production de charbon de bois et de bois de chauffe. Chaque année, ils renouvellent ce permis auprès de la police forestière à hauteur de 1 750 000 F CFA. Cette taxe est régulièrement révisée à la hausse par l’État. Chaque fois que les charbonniers vont couper du bois, ils paient 5 000 F CFA/jour pour le permis de coupe, ils prennent un laissez-passer qui coûte 10 000 F CFA valable un jour/camion pour le transport du bois. Chaque mois, la charbonnière paie 10 000 F CFA comme taxe communale à la mairie et 36 800 F CFA aux impôts.

Tableau XIII : Contributions directes de la charbonnière aux caisses de l'état

Types de taxes	Institutions	Eaux et forêts	Mairie	Impôts
Taxes annuelles		1 750 000 F CFA		
Taxes forfaitaires			10 000 F CFA	36 800 F CFA
Laissez-passer		10 000 F CFA /jour		
Permis de coupe		5000 F F CFA / jour	-	-

3.1.2. Impact de la production du charbon de bois sur l'environnement

3.1.2.1. Déclin de la production de charbon au quartier Kennedy : une crise liée à la pénurie de bois

La pénurie de bois affecte profondément l'activité des producteurs de la charbonnière de Daloa, entraînant une baisse significative de la production et une perte considérable d'emplois. Autrefois, la charbonnière faisait vivre environ 1 300 travailleurs, mais aujourd'hui, ce nombre a chuté à 400, obligeant de nombreux producteurs à se délocaliser vers d'autres régions ou à se reconverter dans de nouvelles activités.

La fermeture de l'usine de transformation de bois STBO, l'un des principaux fournisseurs de rebuts ligneux, a exacerbé les difficultés d'approvisionnement et entraîné une chute notable de la production de charbon. Face à cette situation, les producteurs ont dû adapter leur mode et fréquence d'approvisionnement, ce qui a également impacté la qualité du charbon produit.

Cette crise du bois a entraîné une réduction de moitié de la surface exploitée par la charbonnière. La diminution du nombre de producteurs sur le site résulte directement des difficultés à se procurer du bois de manière régulière, mettant en péril la pérennité de cette activité essentielle pour de nombreuses familles.

3.1.2.2. Transformation du mode d'approvisionnement en bois et ses implications sur la production de charbon

La figure 12 présente l'évolution du mode d'approvisionnement entre 2012 et 2021. Entre 2012 et 2021, le mode d'approvisionnement en bois des producteurs de charbon a connu des évolutions majeures, bouleversant la dynamique du secteur et accentuant la pression sur les ressources forestières locales.

En 2021, 92,7 % des producteurs s'approvisionnent auprès des particuliers, contre 60 % avant 2012. Cette évolution traduit la raréfaction des sources industrielles et une dépendance accrue aux terrains urbains et aux plantations en zone rurale. Face aux difficultés des industries du bois, leur contribution au ravitaillement a chuté drastiquement : seuls 2 % des producteurs continuent de s'y approvisionner, contre 29,2 % avant 2012.

Les prélèvements directs en forêt, qui représentaient 10,8 % en 2012, sont tombés à 5,3 % en 2021, conséquence des renforcements réglementaires et des contrôles accrus par la police forestière. Cette restriction, bien qu'ayant pour objectif de limiter l'exploitation incontrôlée, a conduit les producteurs à chercher des alternatives, notamment en augmentant les prélèvements sur des terrains privés.

Cette transition vers un approvisionnement privé entraîne une diversification des sources de bois :

- 38,6 % du bois utilisé pour la carbonisation proviennent des forêts naturelles, accentuant le phénomène de déforestation.
- 27,25 % sont issus des champs cultivés, ce qui peut perturber les systèmes agroécologiques locaux.
- 26,15 % proviennent d'anciennes jachères, démontrant une réaffectation progressive des terres abandonnées.
- 8 % sont extraits des lotissements urbains, révélant une exploitation des espaces en mutation dans les zones périurbaines.

L'augmentation de la demande de charbon de bois, couplée à cette transformation des sources d'approvisionnement, exerce une pression considérable sur les forêts de la région. La raréfaction du bois pousse les producteurs à intensifier leurs recherches de ressources disponibles, favorisant une exploitation moins réglementée et parfois préjudiciable à l'équilibre écologique. Par ailleurs, la baisse de l'approvisionnement auprès des industries du bois a modifié les pratiques des producteurs et impacté la qualité du charbon produit. La diversité des sources privées engendre des variations dans les essences de bois utilisées, ce qui peut affecter les performances énergétiques du charbon.

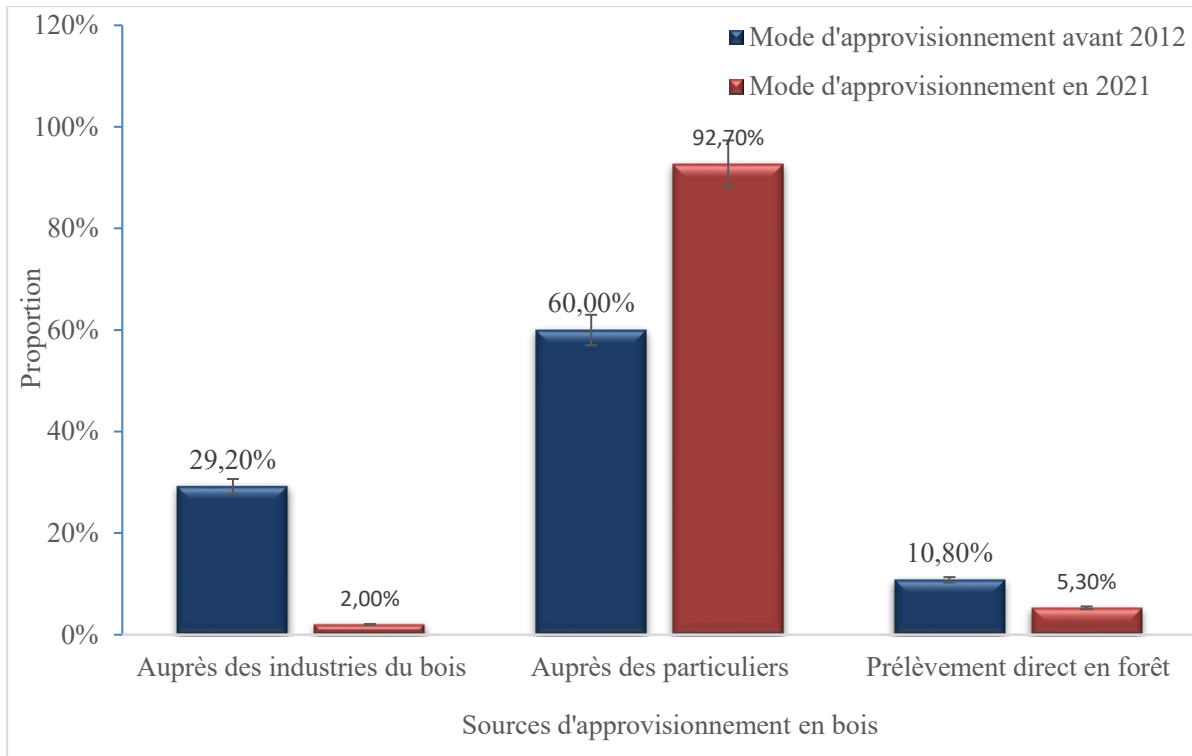


Figure 12 : Évolution des sources d’approvisionnement en bois entre 2012 et 2021

3.1.2.3. Impacts de la pénurie de bois sur les délais d’approvisionnement

La raréfaction du bois destiné à la production de charbon a entraîné des perturbations majeures dans les délais d’approvisionnement et a influencé la taille des meules utilisées. La figure 13 illustre l’évolution des fréquences d’approvisionnement en bois entre la période pré-2012 et l’année 2021.

Avant 2012, les délais d’approvisionnement étaient relativement courts :

- 9,68 % des producteurs de charbon de bois pouvaient réunir 15 à 35 T de bois en deux semaines pour initier une carbonisation.
- 35,48 % parvenaient à accumuler 40 à 60 T en un mois.
- 45,16 % mettaient deux mois pour réunir des quantités allant de 65 T à plus de 80 T.

En 2021, ces délais se sont considérablement allongés en raison de la difficulté accrue à récolter le bois :

- 48,72 % des producteurs nécessitent deux mois pour rassembler seulement 15 à 40 T de bois.
- 20,51 % doivent attendre trois mois pour obtenir 40 à 50 T.
- 10,26 % mettent plus de quatre mois pour collecter 60 à 80 T de bois.

Ces contraintes ont eu un impact direct sur la capacité des meules construites :

- Avant 2012, 20 % des meules contenaient 24 à 50 T de bois, 42 % avaient une capacité de 55 à 70 T, 36 % dépassaient 80 T, et seulement 3 % étaient limitées à 15 à 20 T.
- En 2021, on observe une forte diminution des volumes : 7,69 % des meules sont réduites à 8 à 10 T, 20,51 % contiennent 15 à 20 T, 51,30 % ont une capacité de 24 à 50 T, et 20,51 % renferment plus de 55 T de bois.

La pénurie de bois a ainsi prolongé les délais d’approvisionnement des charbonniers et entraîné une prolifération de meules de petite capacité. Cette évolution a un impact négatif sur les revenus des travailleurs, en particulier des femmes. En effet, la construction et l’entretien de petites meules génèrent peu de revenus, produisent un charbon de calibre inférieur et exigent un travail intensif sur plusieurs jours.

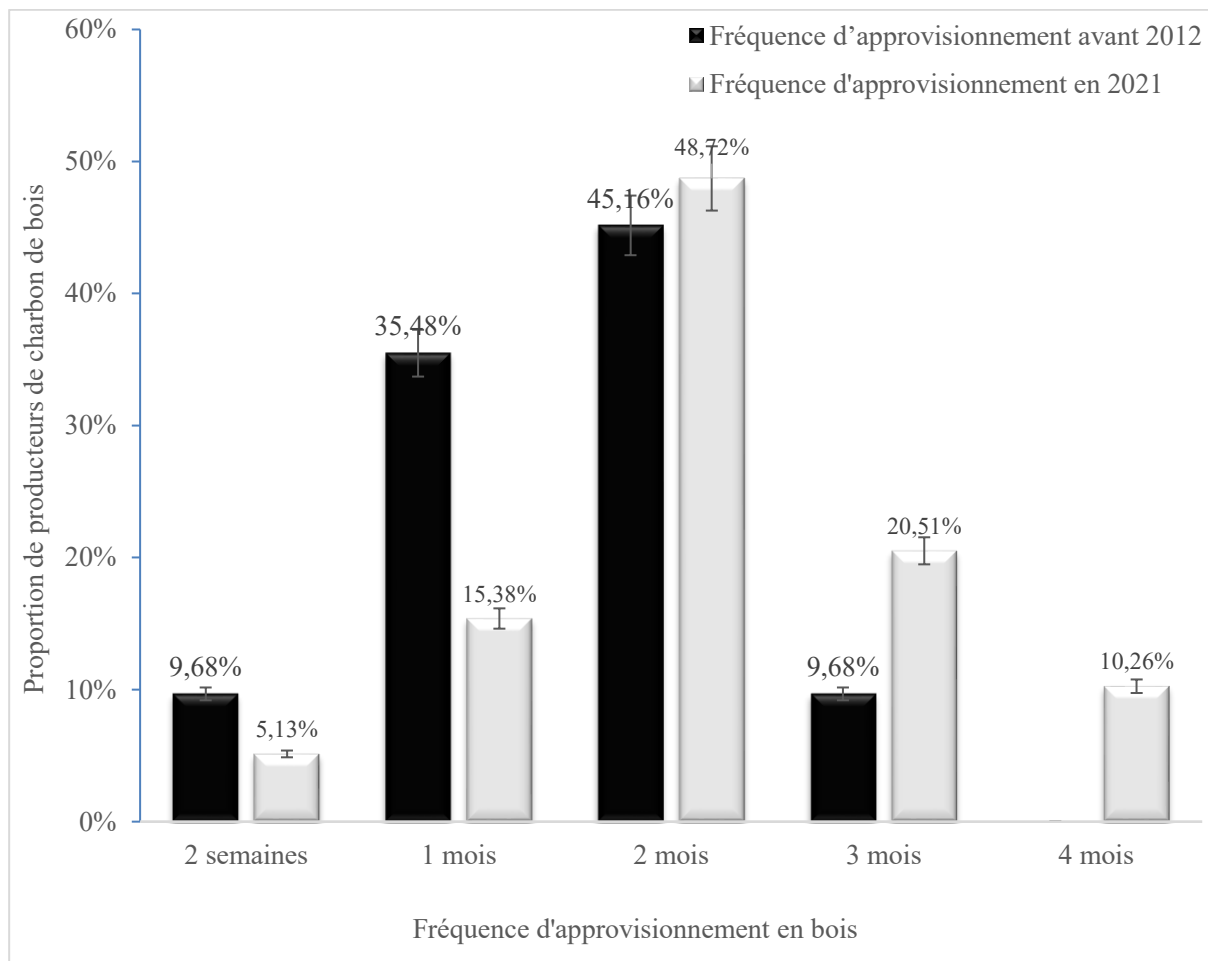


Figure 13 : Évolution de la fréquence d’approvisionnement en bois entre 2012 et 2021

3.1.2.4. Conséquences de la pénurie de bois sur la qualité de la production

La figure 14 illustre l'évolution des types de bois utilisés pour la production de charbon avant 2012 et en 2021. Avant 2012, les producteurs, soucieux de leur réputation sur le marché,

privilégiaient la qualité. Ils sélectionnaient des bois à forte densité, produisant un charbon lourd et de qualité supérieure. Des essences comme le fraké, l'iroko et le framiré étaient particulièrement recherchées, et seulement 9 % des producteurs utilisaient indifféremment toutes les essences disponibles.

Cependant, en 2021, face à l'augmentation de la demande et à l'aggravation du manque de bois, plus de 66 % des producteurs ont commencé à utiliser toutes les essences, sans distinction, pour la production de charbon. De plus, 33 % se sont mis à exploiter systématiquement les essences auparavant délaissées. Globalement, on constate une substitution des essences autrefois privilégiées par des essences auparavant négligées.

La transition vers l'utilisation de bois de qualité inférieure dans la production de charbon de bois reflète les effets profondément dégradants de cette activité sur les écosystèmes forestiers. Ce changement a significativement altéré les propriétés du charbon produit, qui se caractérise désormais par une densité réduite, une combustion plus rapide et une teneur accrue en cendres. Cette baisse de qualité engendre un rendement énergétique faible, obligeant les consommateurs à multiplier les achats, ce qui accroît leurs dépenses.

Sur le plan environnemental, cette dynamique entraîne une augmentation des émissions de gaz à effet de serre et intensifie la pression sur les ressources forestières, déjà fragilisées par une exploitation non durable. Elle illustre ainsi un cercle vicieux où la dégradation des ressources naturelles compromet la qualité du produit final, tout en exacerbant les impacts écologiques et socio-économiques de la filière charbon de bois.

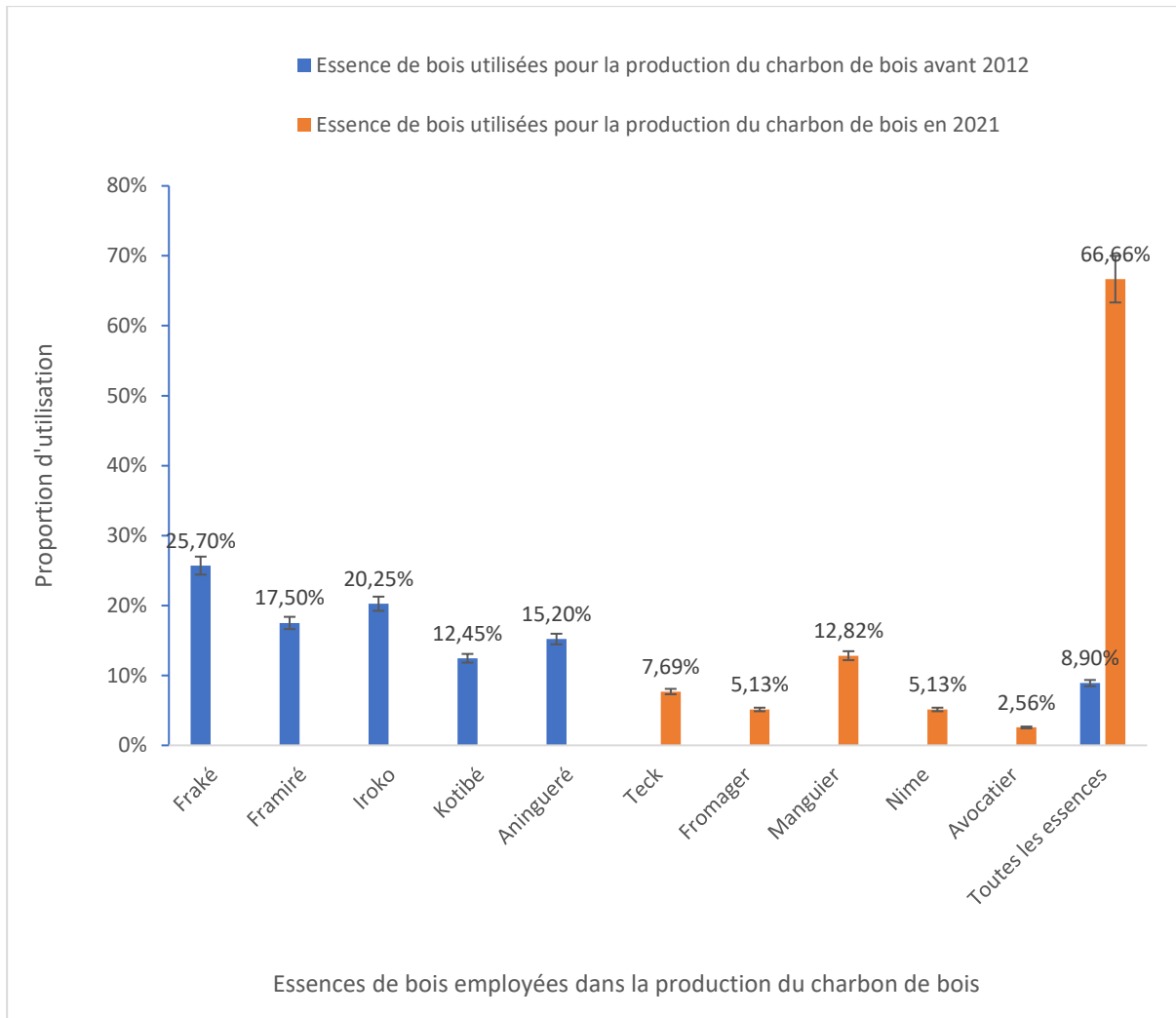


Figure 14 : Évolution de la proportion des essences de bois utilisées pour le charbon avant 2012 et en 2021

3.1.2.5. Typologie des problèmes environnementaux liés à la production du charbon

Les problèmes environnementaux créés par l’implantation de la charbonnière et la production du charbon de bois au quartier Kennedy sont nombreux et de divers ordres. Dans cette étude, ils ont été subdivisés en deux types : les impacts sur l’environnement urbain et les impacts sur l’environnement rural.

3.1.2.5.1. Perturbations environnementales observables au quartier Kennedy

Le tableau XIV met en lumière les nuisances environnementales engendrées par la production de charbon de bois dans le quartier Kennedy. Du point de vue des charbonniers, les principaux rejets impactant l’environnement et le cadre de vie sont la fumée (47,44 %), la poussière (24,90 %), les odeurs (15,39 %) et la chaleur (10,26 %). Quant aux populations, la pollution due à la combustion du bois se manifeste par la fumée (31,60 %), la poussière (37,70 %) et la

détérioration de l'aspect général du quartier (14,1 %).

À l'échelle du quartier, la dégradation environnementale se manifeste principalement par la présence de poussière et de fumée, l'altération visuelle causée par les stocks de bois, et l'aspect brûlé de la zone de production. Des odeurs de décomposition provenant des tas de bois et la chaleur émise par les meules contribuent également aux nuisances. Ces dernières sont particulièrement ressenties par les riverains et les personnes travaillant près de la charbonnière.

Tableau XIV : Perturbations environnementales dues à la production du charbon de bois au quartier Kennedy

	Charbonniers		Population (%)	
	Effectifs	Fréquence (%)	Effectifs	Fréquence (%)
Émanations de fumée	66	47,83	104	31,60
Poussière	34	24,64	124	37,70
Odeurs	21	15,22	25	7,60
Enlaidissement	3	2,17	47	14,10
Chaleur	14	10,14	21	6,50
Rien à signaler	0	0	8	2,50

3.1.2.5.2. Fréquence et intensité des perturbations environnementales liées à la production de charbon de bois au quartier Kennedy

L'ampleur des nuisances environnementales causées par la charbonnière varie selon les conditions climatiques (vent, sécheresse) et les moments de la journée. La figure 15 illustre les périodes où ces perturbations atteignent leur maximum.

Parmi les habitants, 50,63 % déclarent ressentir davantage les émissions de la charbonnière durant la saison sèche (décembre à avril), ce que confirme un riverain vivant à 150 mètres du site : « *Quand il ne pleut pas, on reçoit en permanence la poussière du charbon et la fumée dans la maison. En cas de vent, nous devons fermer les fenêtres et les portes en continu. Si on passe la main sur les meubles, elles deviennent immédiatement noires.* »

En outre, 30,67 % des habitants signalent une intensification des nuisances lors des périodes

venteuses, tandis que 18,70 % les ressentent davantage la nuit. Pendant ces heures nocturnes, l'activité des travailleuses cesse, les meules ne sont plus arrosées, et les producteurs se contentent de surveiller pour prévenir les incendies. Sous l'effet de la chaleur, la sciure humidifiée durant la journée se dessèche, et le moindre souffle de vent entraîne une propagation accrue de fumée et de poussières vers les habitations.

Durant la saison sèche, la combinaison de la chaleur des meules, du rayonnement solaire et de l'absence d'humidité accélère le dessèchement du charbon. Le vent omniprésent en cette période facilite la dispersion rapide des particules de charbon vers les zones habitées. Ainsi, le vent se révèle être un facteur clé dans l'expansion des rejets de la charbonnière dans l'air et l'ensemble du quartier.

La figure 16 illustre la pollution de l'air engendrée par le fonctionnement de la charbonnière au quartier Kennedy.

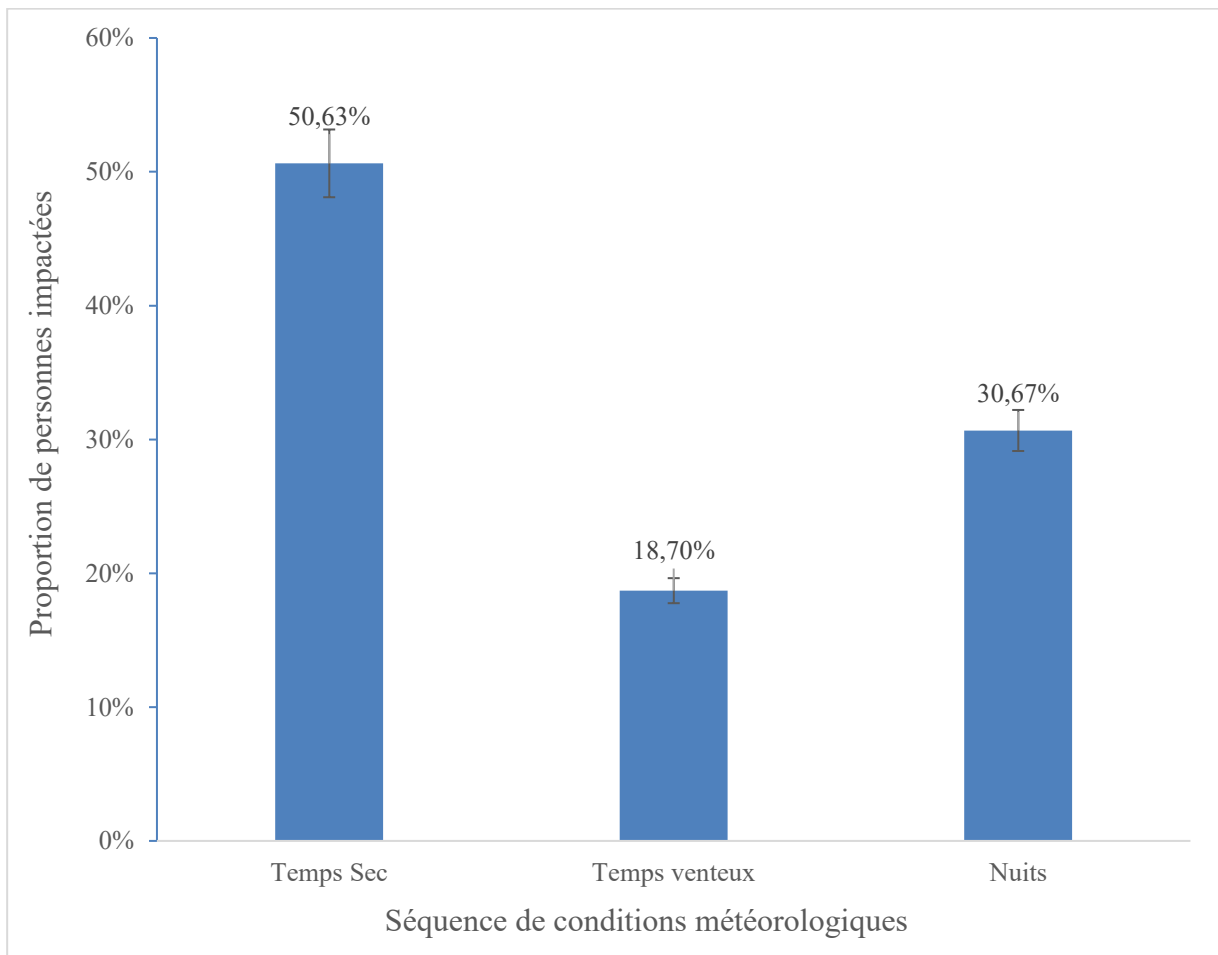


Figure 15 : Période de fortes perturbations atmosphériques liées aux rejets de la charbonnière



Figure 16 : Rejets de pollution de la charbonnière au sein du quartier

(A= Vue de la charbonnière ; B= émission de fumée au cours de la carbonisation)

3.1.2.5.3. Qualité de l'air, niveau de poussière à la charbonnière et à des domiciles

3.1.2.5.3.1. Gaz de combustion du bois dans l'air ambiant

Les différents polluants atmosphériques ont été mesurés (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) à la charbonnière et dans le quartier (points 1 à 6) et sur un site de référence (point 7, UJLoG). Les valeurs enregistrées sont ensuite comparées aux limites de qualité de l'air fixées par le décret de 2017 et aux lignes directrices de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) de 2005. Les concentrations de polluants dans l'air ambiant enregistrées sont indiquées dans le tableau XV.

Tableau XV : Gaz de combustion dans l'air ambiant comparé aux valeurs limites relatives à la qualité de l'air fixées par le décret 2017 et aux normes OMS

Points de prélèvement	Paramètres et valeurs mesurées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$							
	CO	CO ₂	NO ₂	H ₂ S	SO ₂	NH ₃	COV	
1	1000	500	<LD	<LD	<LD	50	180	
2	1200	650	<LD	<LD	<LD	90	190	
Zone d'emprise de l'étude	3	1100	600	<LD	<LD	<LD	60	600
	4	1300	800	<LD	<LD	<LD	75	350
	5	800	450	<LD	<LD	<LD	40	130
6	700	600	<LD	<LD	<LD	60	190	
Site de référence (UJLoG)	7	200	100	<LD	<LD	<LD	10	20
Valeurs limites relatives à la qualité de l'air (décret de 2017)		10 000	9 000	40	14 000	53	70 000	3 000
		(VEM)	(VEM)	(VEM)	(VEM)	(VEM)	(VEM)	(VEM)
Lignes directrices relatives à la qualité de l'air ambiant (OMS, 2005)		100 000	90 000	200	21 000	13	100 000	-
		(VECD)	(VECD)	(VECD)	(VECD)	(VECD)	(VECD)	
		10 000	-	40	-	50	-	-
		(VEM)		(VEM)		(VEM)		
		100 000	-	200	-	500	-	-
		(VECD)		(VECD)		(VECD)		

LD = Limite de détection (COV, CO, H₂S, NH₃, SO₂) = 1 ppm; Limite de détection (NO₂,) = 0,1 ppm, CO₂ (50 ppm). **VEM** : Valeur d'Exposition Moyenne ; **VECD** : Valeur d'Exposition Courte Durée

Les concentrations des gaz mesurés dans la zone d'étude montrent des variations significatives par rapport au site de référence (UJLoG). Les niveaux de monoxyde de carbone (CO) oscillent entre 700 et 1300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, bien en deçà des 10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ établis par le décret et les recommandations de l'OMS. Cependant, ces valeurs restent 5 à 6 fois supérieures à celles du site de référence (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Concernant le dioxyde de carbone (CO₂), les concentrations relevées entre 450 et 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ demeurent largement inférieures à la limite de 9 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tout en étant nettement plus élevées que les 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mesurés au site témoin.

Les dioxydes d'azote (NO₂), sulfure d'hydrogène (H₂S) et dioxyde de soufre (SO₂) présentent des valeurs inférieures au seuil de détection, indiquant une présence négligeable de ces polluants.

Les mesures d'ammoniac (NH₃) varient entre 40 et 90 µg/m³, restant largement en dessous du seuil réglementaire de 70 000 µg/m³.

Les composés organiques volatils (COV) affichent des concentrations comprises entre 130 et 600 µg/m³, avec un pic notable à 600 µg/m³ au point 3, bien au-dessus des 20 µg/m³ observés au site de référence. Bien que les valeurs réglementaires pour ces substances ne soient pas spécifiées, leur forte concentration suggère une pollution liée à des rejets industriels ou organiques.

Par ailleurs, les points 4 et 2 présentent les concentrations les plus élevées en CO (1300 et 1200 µg/m³) et CO₂ (800 et 650 µg/m³), du fait de leur proximité avec des sources d'émission active. Le point 3, quant à lui, se distingue par une concentration élevée en COV (600 µg/m³), confirmant une pollution locale plus marquée.

Enfin, les données démontrent que la zone étudiée subit une pollution sensiblement plus forte que le site de référence, avec des niveaux de CO, CO₂ et COV nettement supérieurs, soulignant l'impact de l'activité de la charbonnière sur la qualité de l'air.

3.1.2.5.3.2. Taux de poussière mesurés dans l'air ambiant

Les concentrations de poussière de l'air ambiant enregistrées au quartier Kennedy sont indiquées dans le tableau XVI. Elles ont été comparées aux valeurs limites relatives à la qualité de l'air fixées par le décret N° 2017-125 du 22 février 2017 et aux lignes directrices de l'OMS (2005).

Tableau XVI : Taux de poussière mesurés

Référence échantillon	Concentration de particules de poussière ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Poussières totales ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
Zone d'emprise de l'étude	1	26,3	48,8	1,81
	2	27,5	50,2	2,529
	3	28,9	53,6	2,546
	4	27,9	51,3	2,575
	5	24,1	48,2	2,528
	6	27,4	55,9	2,587
<u>Site de référence (UJLoG)</u>	7	21,8	44,1	0,498
Valeurs limites relatives à la qualité de l'air fixées par le décret N°2017-125 du 22 février 2017				
	25	50	100	
Valeurs limites relatives à la qualité de l'air fixées par l'OMS (2005)				
	25	50	-	

Les valeurs moyennes des particules en suspension (PM_{2.5} et PM₁₀) mesurées à la charbonnière et dans des habitations du quartier sont en général supérieures aux valeurs limites relatives à la qualité de l'air fixé par le décret de 2017, à celles de l'OMS (2005) et à celle du site témoin.

Pour ce qui est des PM totales, les valeurs mesurées restent toujours inférieures aux valeurs limites relatives à la qualité de l'air selon décret N°2017-125 du 22 février 2017.

Les concentrations de PM_{2.5} relevées dans la zone d'étude varient entre 24.1 et 28.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dépassant légèrement celles du site de référence (21,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Au point 3, la valeur enregistrée est la plus grande, elle excède la limite réglementaire de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fixée par le décret ivoirien et l'OMS, indiquant un risque potentiel pour la qualité de l'air.

De manière similaire, les niveaux de PM₁₀ mesurés dans la zone d'étude, compris entre 48,2 et 55,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sont supérieurs à ceux du site de référence (44,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Aux points 3 et 6, les concentrations observées dépassent légèrement la limite de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ prescrite par le décret ivoirien et l'OMS.

Les poussières totales enregistrées présentent des valeurs nettement plus élevées dans la zone

d'étude (1,81 à 2,587 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) par rapport au site de référence (0,498 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Toutefois, ces concentrations restent largement inférieures à la valeur limite de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ définie par le décret ivoirien.

Les résultats montrent des dépassements ponctuels des seuils de PM_{2.5} et PM₁₀ aux points 2, 3, 4 et 6 bien que ces valeurs restent relativement proches des limites réglementaires. En revanche, les concentrations de poussières totales ne constituent pas un dépassement préoccupant au regard des normes en vigueur.

3.1.2.6. Impacts environnementaux de la production du charbon de bois sur le milieu rural

La production de charbon de bois exerce une pression considérable sur l'environnement, notamment à travers les coupes intensives d'arbres. Dans les zones rurales, 62,75 % des charbonniers et 81,30 % des populations interrogées identifient cette activité comme l'un des principaux facteurs de dégradation écologique. Les résultats de l'étude révèlent que l'exploitation continue du bois pour la carbonisation entraîne de graves perturbations environnementales à Daloa. L'extraction massive du bois, destinée à alimenter la charbonnière, contribue à la réduction du couvert végétal et de la biodiversité, un phénomène observé par 66,33 % des producteurs interrogés.

Cette surexploitation entraîne la raréfaction, voire la disparition progressive, de nombreuses espèces végétales autrefois abondantes dans les forêts du Haut-Sassandra. La coupe excessive des arbres, motivée par la production de charbon de bois, provoque une dégradation continue du couvert forestier. Ces arbres, qui abritent des communautés épiphytes, fongiques et animales, jouent un rôle essentiel dans l'équilibre écologique de la forêt. Leur abattage altère directement et indirectement la structure et la composition de l'écosystème forestier.

Par ailleurs, des institutions telles que le cantonnement des Eaux et Forêts et la Direction de l'Environnement et du Développement Durable alertent sur les conséquences des coupes abusives sur la qualité des sols. Privés de leur couverture végétale, les sols deviennent vulnérables à l'érosion, compromettant ainsi leur fertilité et leur productivité agricole. Cette dégradation contribue à la diminution du stock génétique des essences locales, à la perte d'habitats dans les zones écologiquement sensibles et, dans certains cas, à la disparition d'espèces fauniques et floristiques. Les impacts de ces coupes soutenues s'étendent également au réseau hydrographique.

Les exploitations situées sur des terrains en pente accentuent ces effets : elles provoquent des glissements de terrain, augmentent la turbidité des cours d'eau et dégradent les habitats naturels.

Outre la perte de biodiversité et l'aggravation de la sécheresse, la déforestation induite par la production de charbon de bois engendre également des conséquences climatiques notables dans le Haut-Sassandra. Ces dernières années, on observe des saisons sèches plus longues et plus chaudes, tandis que les saisons pluvieuses se raccourcissent et enregistrent une baisse significative des précipitations. La saison sèche s'est allongée d'environ un mois et est devenue plus chaude, avec des pics de température dépassant régulièrement les 35 °C. Quant à la saison pluvieuse, elle s'est raccourcie, avec une baisse moyenne de plus de 200 mm de précipitations annuelles. Le tableau XVII illustre l'évolution du climat de 2000 à 2020.

Tableau XVII : Évolution climatique à Daloa (Comparaison 2000-2012 et 2013-2020)

Indicateur	2000-2012	2013-2020	Tendance observée
Température moyenne annuelle	27,5 °C	28,3 °C	Augmentation de +0,8 °C
Températures maximales saison sèche	33-34 °C (Février-mars)	35-38 °C (Février-mars)	Hausse marquée
Précipitations annuelles	1400-1600 mm	1200-1350 mm	Diminution significative
Durée saison pluvieuse	Mars à octobre (~8 mois)	Avril à septembre (~6 mois)	Réduction de la durée
Durée saison sèche	Novembre à février (~4 mois)	Novembre à mars (~5 mois)	Allongement de la période sèche
Nombre de jours très chauds (>35 °C)	~20 jours/an	~45 jours/an	Fréquence accrue

(Source : Weather Spark)

3.1.2.7. Empreinte carbone de la charbonnière

En 2020, les charbonniers ont déclaré à la police forestière une production de 1300 sacs de 130 à 180 kg et 520 sacs de charbon de petit calibre de 40 à 70 kg. La production de la charbonnière varie de 189,8 à 270,4 tonnes de charbon de bois.

En se basant sur ces chiffres fournis par les charbonniers, la quantité de carbone libéré dans l'atmosphère pour l'année 2020 varie entre 170,82 et 243,36 T de carbone.

3.1.3. Impact de la production du charbon de bois sur la santé

3.1.3.1. Temps d'exposition journalière aux émissions de la carbonisation et maladies induites par le travail à la charbonnière

3.1.3.1.1. Temps d'exposition journalière aux émissions de la carbonisation à la charbonnière

La majorité des femmes travaillant à la charbonnière (84,75 %) effectuent entre 10 et 12 heures de travail par jour, au moins six jours par semaine. Les 15,25 % restantes travaillent moins de 10 heures en raison de contraintes familiales ou de santé (bébés, convalescence, enfants en bas âge scolarisés).

La morbidité est élevée au sein de la charbonnière, atteignant 83,75 % chez les travailleuses, 56,41 % chez les producteurs et 89,47 % chez les anciennes travailleuses. Parmi ces dernières, 94,11 % ont dû cesser leur activité en raison de problèmes de santé récurrents.

3.1.3.1.2. Maladies induites par la production du charbon de bois

Le tableau XVII met en lumière les maladies les plus couramment contractées par les charbonniers du quartier Kennedy. Les affections prédominantes incluent les infections respiratoires aiguës (IRA) simples (67,86 %), la fatigue générale (73,43 %), les céphalées (53,57 %) et les irritations oculaires (39,39 %). De plus, des cas de hernie (5,12 %) et de brûlures (5,12 %) ont été exclusivement signalés chez les producteurs de charbon.

Chez les travailleuses de la charbonnière, la fatigue générale se révèle être la pathologie la plus répandue (81,25 %), suivie des infections respiratoires aiguës (72,50 %), des céphalées (71,25 %) et des irritations oculaires (48,75 %).

Quant aux anciennes travailleuses, elles présentent une forte prévalence d'IRA (76,47 %) et de céphalées (82,35 %), avec également des cas d'asthme (17,65 %).

Tableau XVIII : Prévalence des maladies fréquemment contractées par les charbonniers

	Prévalence des maladies chez les producteurs (%)	Prévalence des maladies chez travailleuses (%)	Prévalence des maladies chez ex-travailleuses (%)
IRA Simple	67,86	72,50	76,47
IRA Grave	21,43	7,50	29,41
AVC	0,00	0,00	5,88
Crise d'asthme	0,00	0,00	17,65
Fatigue générale	73,43	81,25	88,24
Irritations oculaires	39,39	48,75	64,71
Hernie	5,12	0,00	0,00
Anémie	25,00	17,50	17,65
Paludisme	32,14	15,00	23,53
Céphalées	53,57	71,25	82,35
Blessure	7,69	7,50	5,88
Brûlure	5,12	0,00	0,00

3.1.3.1.3. Durée et récurrence des maladies chez les charbonniers

Les maladies affectant les travailleurs de la charbonnière persistent généralement entre 3 jours et 12 semaines (Tableau XVIII). Chez les producteurs, la durée la plus fréquente est de 2 semaines (39,29 %), suivie de 4 semaines (25 %). Pour les travailleuses, une part importante (41,79 %) reste malade pendant 2 semaines, tandis que 5,97 % récupèrent en moins d'une semaine. Les anciennes travailleuses présentent une durée de maladie s'étalant sur 2 semaines dans 35,29 % des cas, avec 5,88 % durant 1 semaine et 11,76 % persistant 12 semaines.

Après la guérison, les cas de récurrence sont fréquents. Chez les producteurs, les rechutes surviennent principalement après 4 semaines (32,14 %) et 2 semaines (7,14 %). Chez les travailleuses, les récurrences apparaissent majoritairement après 4 semaines (33,90 %) et 2 semaines (23,73 %), avec 5,08 % dès la première semaine. Les anciennes travailleuses connaissent des récurrences surtout après 2 semaines (47,37 %), suivies de 4 semaines (21,05 %) et 1 semaine (15,79 %).

Le coût des traitements et la fréquence des récurrences exercent une forte pression financière, incitant les femmes à reprendre le travail dès la disparition des symptômes, même en état de

convalescence. Cette reprise prématurée contribue au taux élevé de récurrence, aggravant leur état de santé et leur vulnérabilité économique.

Tableau XIX : Durée et temps de résurgence des maladies

Période	Producteurs		Travailleuses		Ex-travailleuses	
	Maladies (%)	Résurgence des maladies (%)	Maladies (%)	Résurgence des maladies (%)	Maladies (%)	Résurgence des maladies (%)
Moins d'une semaine	-	-	5,97	-	-	-
1 semaine	10,71	-	19,40	5,08	5,88	15,79
2 semaines	39,29	7,14	41,79	23,73	35,29	47,37
3 semaines	17,86	0,00	13,43	0,00	23,53	0,00
4 semaines	25,00	32,14	10,45	33,90	5,88	21,05
6 semaines	7,14	17,86	8,96	0,00	11,76	0,00
8 semaines	-	14,29	-	25,42	5,88	5,26
12 semaines	-	17,86	-	8,47	11,76	10,53
24 semaines	-	7,14	-	3,39	-	-
28 semaines	-	3,57	-	-	-	-

3.1.3.1.4. Prévalence des maladies chez la population riveraine et la population exerçant des activités près de la charbonnière

Le tableau XXI présente la prévalence des principales affections observées chez les populations vivant ou travaillant à proximité de la charbonnière.

Au sein de la population active (n = 52), les infections respiratoires aiguës (IRA) constituent la pathologie dominante, affectant 90 % des individus. La fatigue générale (74 %), les céphalées (64 %) et l'asthme (13 %) sont également fréquemment rapportés.

Concernant la population riveraine (n = 278), la prévalence des IRA s'élève à 71,66 %, suivie du paludisme (59,36 %). Les céphalées touchent 51,34 % des répondants, tandis que 46,52 % déclarent souffrir de fatigue générale.

Tableau XX : Prévalence des maladies fréquemment observées chez la population

	Prévalence des maladies chez la	Prévalence des maladies chez la
	Pop A (%)	Pop R (%)
IRA Simple	90	71,66
IRA Grave	18	8,02
AVC	2	3,21
Crise d'asthme	13	5,35
Fatigue générale	74	46,52
Irritations oculaires	26	12,23
Paludisme	28	59,36
Céphalées	64	51,34

3.1.3.1.5. Durée des maladies et cas de résurgence chez les populations

Le tableau XXII présente la durée des affections contractées par les populations exposées ainsi que les cas de rechute observés.

Au sein de la population active (Population A), la majorité des maladies ont une durée d'une semaine (44 %), suivies de deux semaines (28 %) et de trois jours (16 %). Toutefois, les guérisons ne sont pas toujours définitives : des cas de rechute ont été signalés après deux semaines (6 %), quatre semaines (18 %) et huit semaines (42 %), indiquant une persistance ou une réactivation des symptômes.

Pour la population riveraine (Population R), la durée des affections varie : 5,80 % des cas durent trois jours, 36,16 % une semaine et 40,63 % deux semaines. Les rechutes sont également fréquentes, survenant après un mois (16,40 %), six semaines (29,10 %) et deux mois (22,40 %), ce qui suggère une exposition prolongée ou répétée aux facteurs environnementaux aggravants.

Tableau XXI : Durée et temps de résurgence des maladies chez les populations

Durée	Pop A		Pop R	
	Maladies (%)	Résurgence des maladies (%)	Maladies (%)	Résurgence des maladies (%)
3 jours	16	-	5,80	-
1 semaine	44	-	36,16	1,50
2 semaines	28	6	40,63	2,20
3 semaines	0	0	5,80	3
4 semaines	8	18	4,02	16,40
6 semaines	2	0	0	29,10
8 semaines	0	42	3,57	22,40
12 semaines	2	20	4,02	20,10
24 semaines	-	14	-	5,20

3.1.3.3. Corrélation entre les maladies observées et les facteurs environnementaux ou comportementaux chez les charbonniers et la population

3.1.3.3.1. Liens entre les rejets polluants de la charbonnière et l'apparition de maladies chez la population

La figure 17 illustre la projection des variables liées aux rejets atmosphériques de la charbonnière et à la survenue des maladies, selon les axes F1 et F2 d'une Analyse en Composantes Principales (ACP) normée.

La proportion de variance exprimée par l'axe F1 est de 73,10 %, tandis que l'axe F2 en exprime 20,37 %, soit un total de 93,47 % de la variance cumulée sur ces deux premiers axes.

Axe F1 : Il établit une corrélation positive entre les infections respiratoires aiguës (IRA), l'accident vasculaire cérébral (AVC), l'asthme et la fatigue générale, en lien avec les émissions de poussière. En revanche, il définit négativement le paludisme, qui semble davantage influencé par la chaleur.

Axe F2 : Il met en évidence une relation positive entre les irritations oculaires, les céphalées et la fumée, correspondant ainsi à la pollution liée aux rejets gazeux.

Ces résultats montrent que l'apparition des maladies telles que l'AVC, les IRA, la fatigue

générale et l'asthme est fortement influencée par les émissions de poussière issues de la charbonnière. Par ailleurs, les irritations oculaires et les céphalées sont principalement associées aux rejets de fumée, soulignant l'impact sanitaire des polluants atmosphériques générés par cette activité.

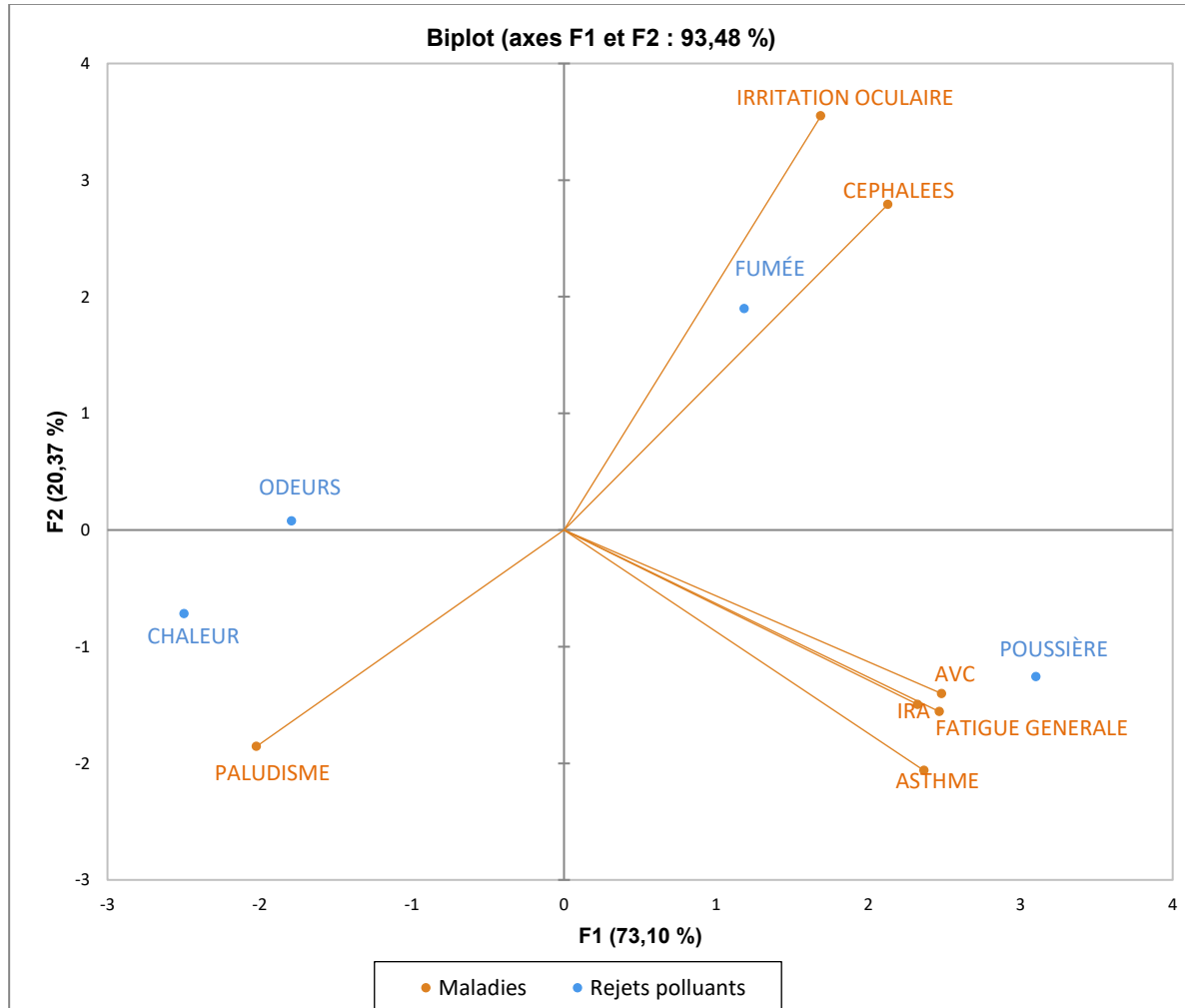


Figure 17 : Corrélations entre les rejets atmosphériques de la charbonnière et l'apparition des maladies chez la population

3.1.3.3.2. Influence du temps sur l'apparition des maladies chez la population

La figure 18 illustre l'influence du temps sur l'apparition des maladies chez la population, selon les axes F1 et F2.

La proportion de variance exprimée par l'axe F1 est de 69,58 %, tandis que l'axe F2 en explique 21,83 %, soit un total de 91,42 % de la variance cumulée sur ces deux premiers axes.

Axe F1 : Il met en évidence une corrélation positive entre les crises d'asthme, les accidents vasculaires cérébraux (AVC), les irritations oculaires et les céphalées, en lien avec les temps venteux et nocturnes. En revanche, il définit négativement le paludisme, qui semble davantage

influencé par le temps pluvieux.

Axe F2 : Il établit une corrélation positive entre les infections respiratoires aiguës (IRA) et la fatigue générale, qui sont particulièrement accentuées pendant le temps sec.

Ces résultats montrent que les populations sont plus vulnérables aux crises d’asthme, aux AVC, aux céphalées et aux irritations oculaires lors des nuits venteuses, tandis que les IRA et la fatigue générale sont plus fréquentes en période de sécheresse. La corrélation entre le paludisme et la saison pluvieuse apparaît moins marquée.

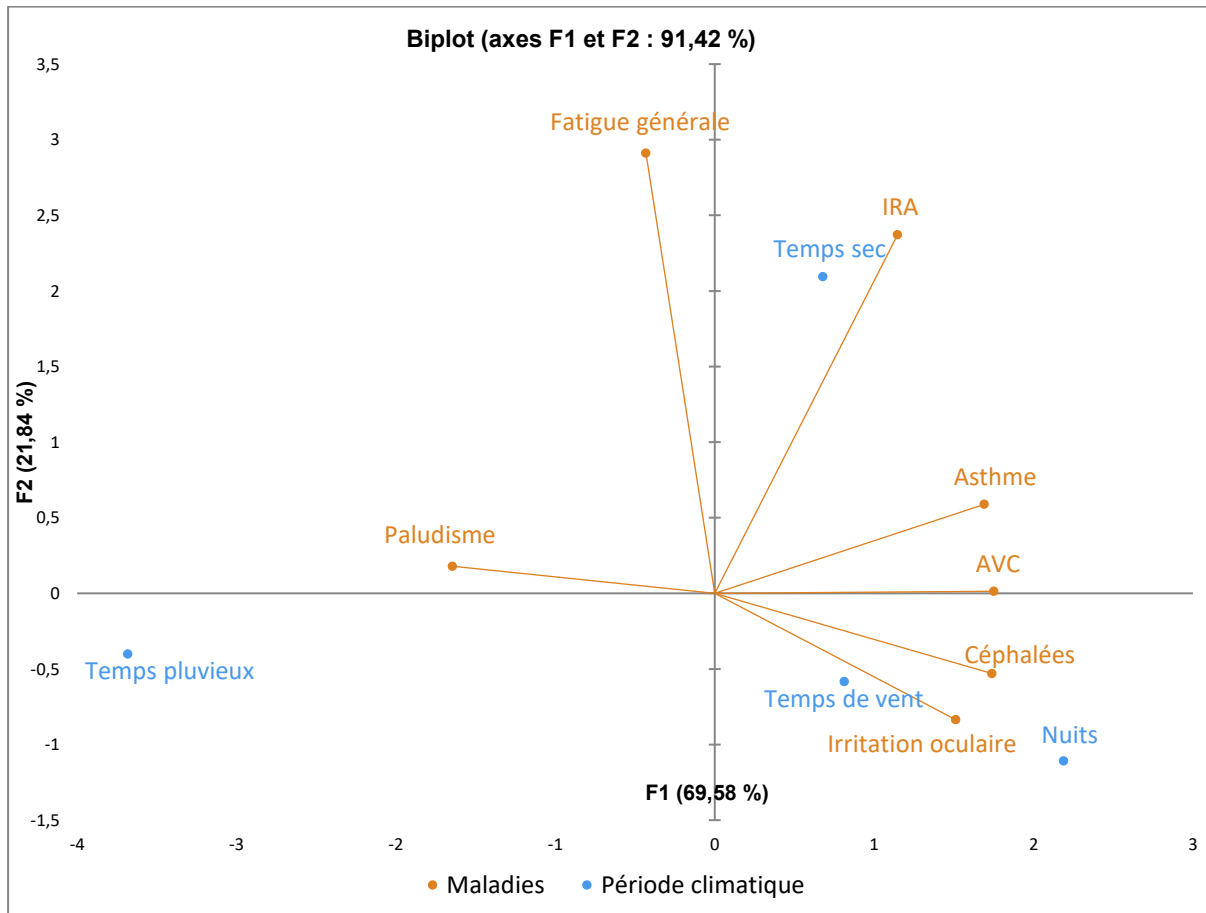


Figure 18 : Influence des épisodes climatiques sur la survenue des maladies chez la population

3.1.3.3.3. Influence des rejets atmosphériques de la charbonnière sur la survenue des maladies chez les charbonniers

La figure 18 illustre l’impact des rejets atmosphériques de la charbonnière sur l’apparition des maladies chez les charbonniers, selon les axes F1 et F2 d’une ACP normée.

La proportion de variance exprimée par l’axe F1 est de 79,87 %, tandis que l’axe F2 en exprime 14,14 %, soit un total de 94,02 % de la variance cumulée sur ces deux premiers axes.

Axe F1 : Il met en évidence une forte corrélation positive entre les infections respiratoires aiguës

(IRA), les accidents vasculaires cérébraux (AVC), l'asthme, la fatigue générale et les céphalées, en lien avec les émissions de poussière et de fumée.

Axe F2 : Il établit une corrélation positive entre le paludisme et la chaleur, bien que cette relation soit moins marquée.

Ces résultats montrent que la fumée émise par la charbonnière influence fortement la survenue des IRA et des irritations oculaires, tandis que les poussières jouent un rôle clé dans l'apparition de la fatigue générale, des céphalées, de l'asthme et des AVC. La persistance et l'aggravation de ces maladies sont directement liées à l'exposition prolongée aux rejets atmosphériques de la charbonnière.

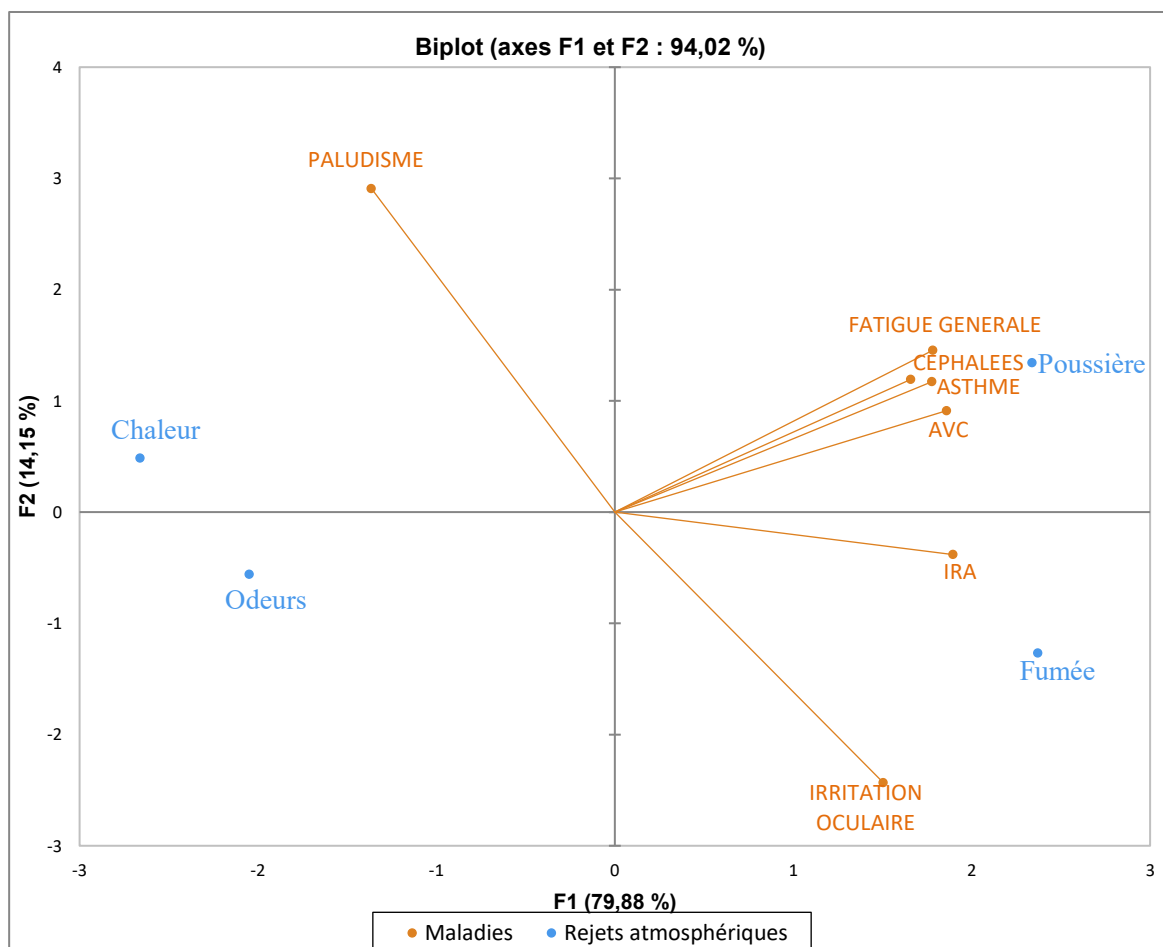


Figure 19 : Influence des rejets atmosphériques de la charbonnière sur les maladies observées chez les charbonniers

3.1.3.3.4. Influence du temps sur l'avènement des maladies chez les charbonniers

La figure 20 présente l'influence du temps sur l'avènement des maladies chez les charbonniers. La proportion de variance exprimée par l'axe F1 est de 82,84 %, tandis que l'axe F2 en exprime

14,44 %, soit un total de 97,29 % de la variance cumulée sur ces deux premiers axes.

Axe F1 : Il met en évidence une forte corrélation entre la fatigue générale, les accidents vasculaires cérébraux (AVC), les infections respiratoires aiguës (IRA), les céphalées, les irritations oculaires et l'asthme, en lien avec le temps sec.

Axe F2 : Il exprime une relation secondaire, bien que moins marquée, entre certaines maladies et les variations du temps.

Ces résultats montrent que le sec favorise l'augmentation du nombre de cas, la persistance des maladies et même la multiplication des cas graves. L'exposition prolongée à ces conditions semble jouer un rôle déterminant dans l'aggravation des affections observées chez les charbonniers.

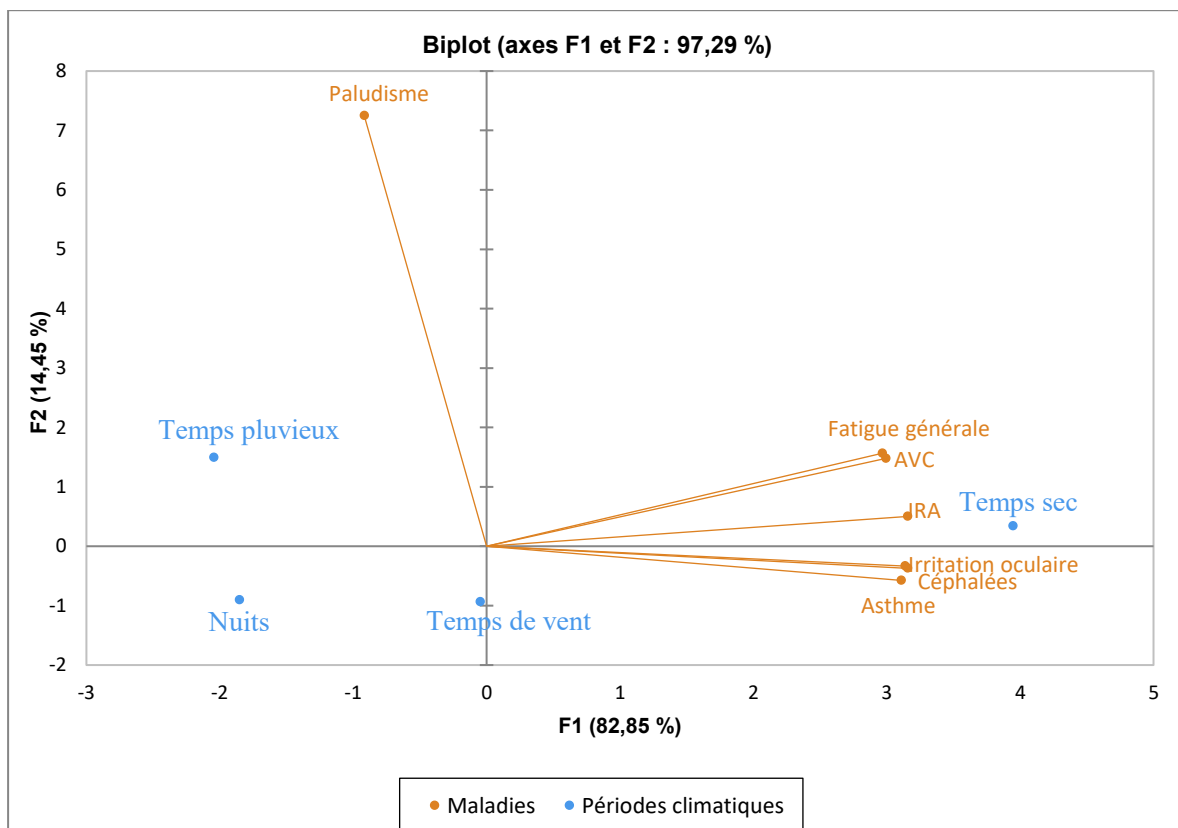


Figure 20 : Influence des facteurs périodes climatiques sur l'apparition des maladies chez les charbonniers

3.1.3.4. Incidence cumulée de quelques maladies observées à la charbonnière sur la ville Daloa

3.1.3.4.1. Incidence cumulée des infections respiratoires aiguës

La figure 21 décrit l'évolution de l'incidence des infections respiratoires aiguës dans la ville de Daloa. Dans l'ensemble, l'on observe une croissance de l'incidence de la pneumonie dans la

commune de Daloa. D'une incidence cumulée (Ic) de 50,88 pour 1000 en 2017, l'on est passé à une Ic de 84,46 pour 1000 en 2020. L'incidence cumulée des IRA sur les populations connaît donc une hausse régulière.

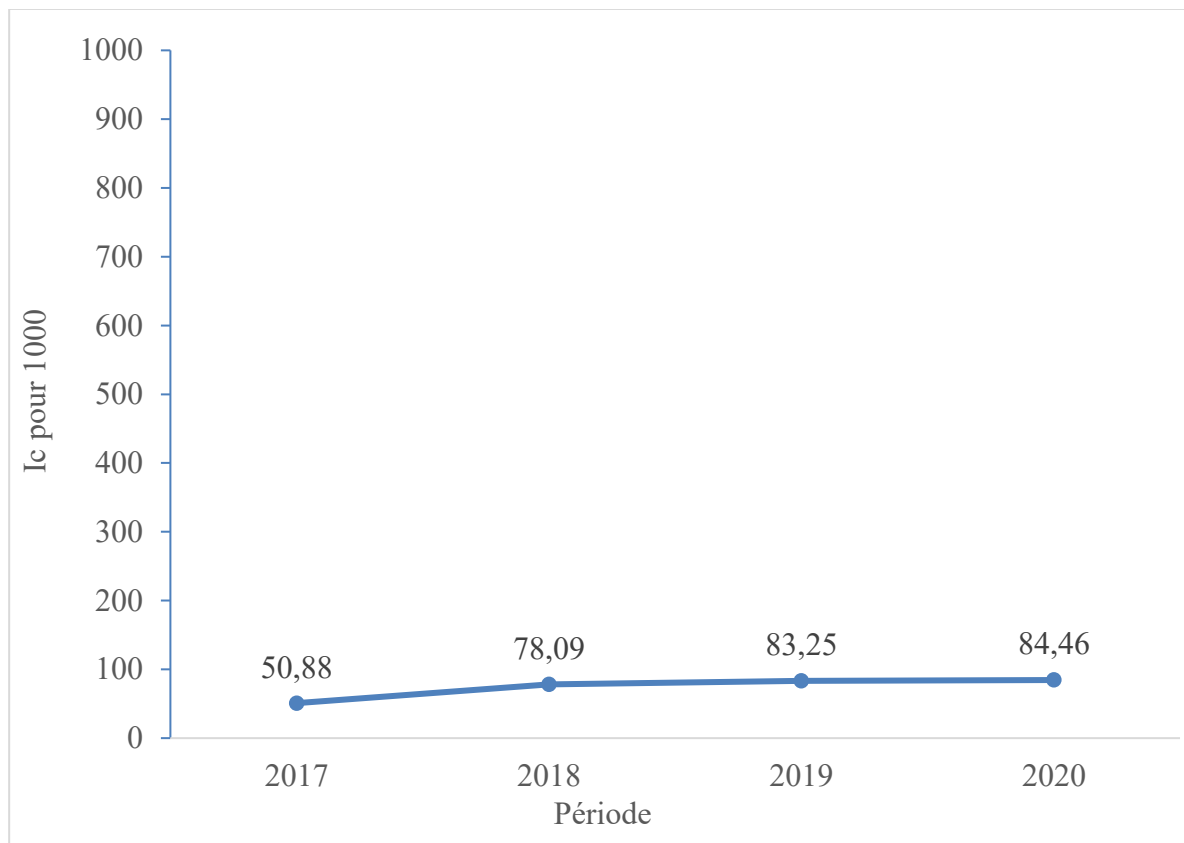


Figure 21 : Incidence cumulée des IRA dans la ville de Daloa de 2017 à 2020

3.1.3.4.2. Incidence cumulée du paludisme

La figure 22 met en évidence la progression de l'incidence du paludisme à Daloa sur la période 2017-2020.

Hausse entre 2017 et 2019 : L'incidence est passée de 18,33 pour 100 habitants en 2017 à 25,19 pour 100 en 2019, indiquant une augmentation significative.

Baisse en 2020 : Une diminution a été observée, avec une incidence réduite à 17,64 pour 100 habitants.

Cette évolution met en lumière une fluctuation de la prévalence du paludisme, suggérant des facteurs environnementaux ou sanitaires influençant sa propagation.



Figure 22 : Incidence cumulée du paludisme dans la ville de Daloa de 2017 à 2020

3.1.3.4.3. Incidence des AVC

La figure 23 met en évidence l'évolution de l'incidence des accidents vasculaires cérébraux (AVC) dans la commune de Daloa, qui suit une dynamique en deux phases.

Phase de hausse (2017-2019) : l'incidence des AVC a connu une augmentation significative, passant de 2,28 pour 10 000 habitants en 2017 à 18,34 pour 10 000 en 2019.

Phase de légère baisse (2020) : après cette progression, une diminution a été observée en 2020, avec une incidence de 15,85 pour 10 000 habitants.

Cette évolution met en lumière une tendance fluctuante, suggérant des facteurs sous-jacents influençant la prévalence des AVC dans la région.

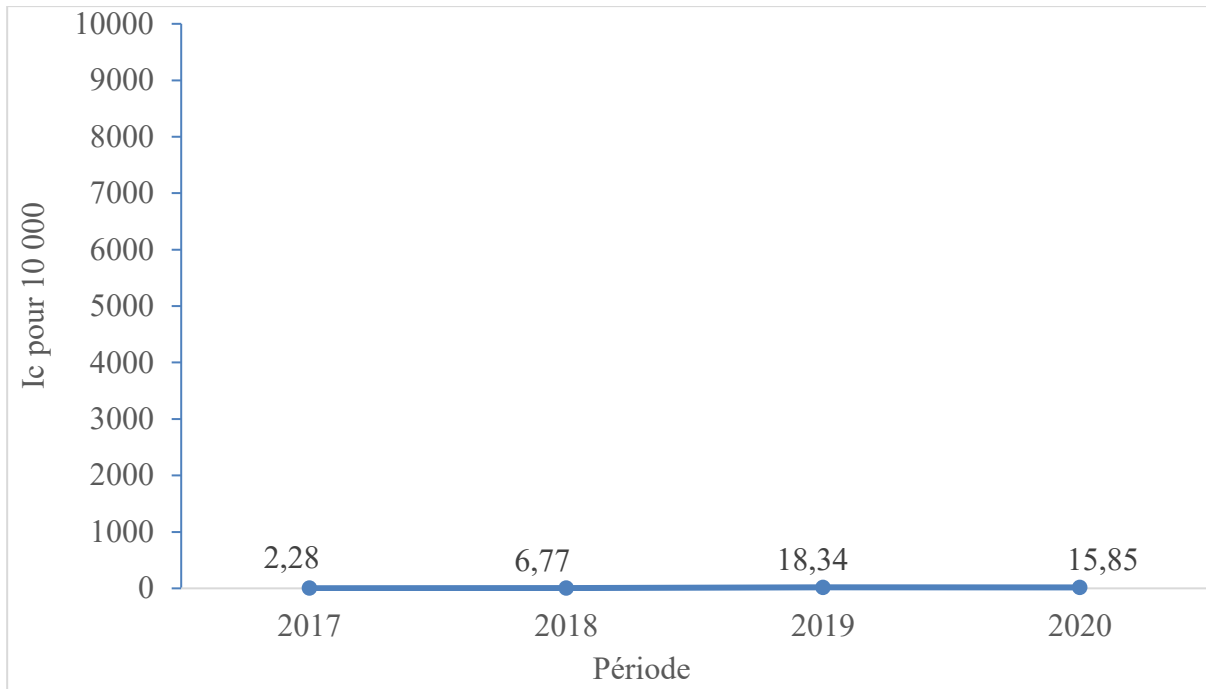


Figure 23 : Incidence cumulée de l'AVC à Daloa de 2017 à 2020.

3.1.3.4.4. Incidence de l'asthme

La figure 24 met en évidence la progression de l'incidence de l'asthme au sein de la population de Daloa. Après une légère baisse en 2018 (14,43 pour 10 000), une augmentation significative est observée en 2019 (30,36 pour 10 000) et 2020 (32,81 pour 10 000), confirmant une tendance à la hausse de cette affection respiratoire.

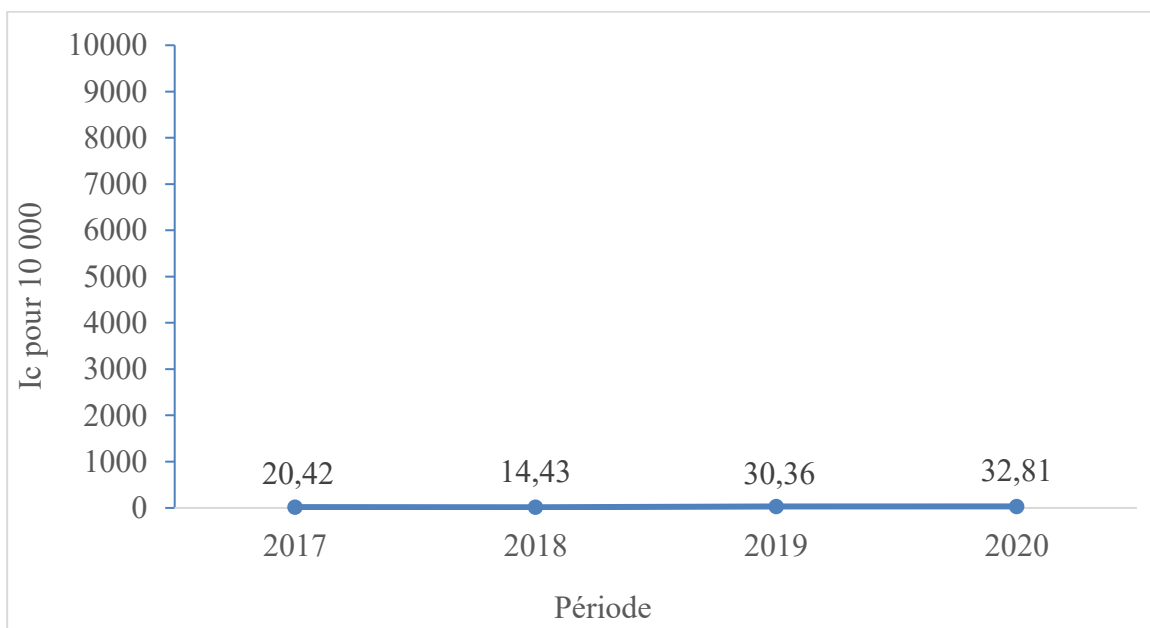


Figure 24 : Incidence cumulée de l'asthme de 2017 à 2020 dans la ville de Daloa

3.2. Discussion

Le charbon de bois demeure une source d'énergie essentielle, principalement utilisée pour la cuisson en Afrique et à des fins industrielles en Amérique latine (Chidumayo et Gumbo, 2013). En 2014, il représentait 70 % de l'énergie consommée en Afrique (Madon, 2017). À Daloa, cette tendance se confirme puisque 63 % de la population riveraine et 72 % des travailleuses de la charbonnière utilisent le charbon de bois comme principale source d'énergie pour la cuisson, contre 20,86 % et 10,55 % pour le gaz. Cette préférence pourrait s'expliquer en grande partie par les modestes revenus des ménages.

L'adoption du charbon de bois est particulièrement marquée chez les familles nombreuses, les restauratrices et les petits commerçants, car il s'adapte aux habitudes culinaires locales. Ce constat a également été fait par Ekoty (2010) au Burkina Faso. Son usage ne se limite pas aux classes à faibles revenus, mais traverse toutes les couches sociales, en raison de son accessibilité, de son faible coût et de son bon rendement énergétique. Il est vendu au détail à partir de 100 F CFA pour le gros calibre et 50 F CFA pour le petit calibre, avec des sacs disponibles à partir de 3000 F CFA, permettant à chacun de s'en procurer. Son aspect sécurisant et sa simplicité d'utilisation en font une solution de choix face aux alternatives comme le gaz ou l'électricité.

Que ce soit les producteurs, la population ou les institutions, tous reconnaissent que le charbon de bois est une source d'énergie incontournable à Daloa et qu'il conservera cette place dominante encore longtemps (Raoliarivelo *et al.*, 2010 ; PNUD, 2015). Kammen & Lew (2005) ont démontré que ses caractéristiques techniques, notamment sa faible production de fumée et sa simplicité d'utilisation, expliquent son adoption massive, un constat également partagé par Gardner *et al.* (2015). La demande urbaine en charbon de bois augmente avec la croissance démographique, ce qui explique la prolifération des producteurs illégaux, les arrestations et les saisies régulières effectuées par les brigades de contrôle des eaux et forêts.

Dans la charbonnière du quartier Kennedy, le charbon de bois représente bien plus qu'une simple ressource énergétique : il constitue une raison de vivre, une source de revenus et un facteur de dignité pour les producteurs et les travailleuses. Pour eux, cette activité est leur unique moyen de subsistance, leur permettant de couvrir leurs besoins quotidiens : nourriture, logement, santé, scolarisation et habillement. Akmel (2005) et Mabika (2021) ont également mis en évidence ces aspects économiques et culturels dans leurs études sur les risques sanitaires liés à la production du charbon de bois.

Toutefois, la production en milieu habité suscite des avis divergents. Pour les charbonniers, la présence de la charbonnière en ville est une opportunité pour la population, garantissant un

approvisionnement régulier et évitant les pénuries. Elle génère également de nombreux emplois directs et indirects depuis plusieurs décennies (Gonnet, 2003). Certains producteurs revendiquent la légalité de leur activité, arguant qu'ils possèdent des permis d'exploitation et qu'ils étaient présents sur le site avant la création du quartier.

Cependant, ces arguments ne sont pas partagés par la population et les acteurs institutionnels, qui dénoncent les désagréments quotidiens causés par la charbonnière : particules fines, fumées, odeurs et chaleur. Ces nuisances sont bien documentées par Naeher *et al.* (2007) et Estrellan & Iino (2010), qui ont démontré que l'exposition aux fumées et aux particules de biomasse entraîne de graves problèmes environnementaux et sanitaires.

Les poussières émises envahissent les habitations et lieux de travail, au point que certains ménages détournent leurs moustiquaires pour couvrir portes et fenêtres afin de limiter leur intrusion. Les rejets atmosphériques sont amplifiés par les conditions climatiques, notamment le vent et la sécheresse (Béral-Guyonnet, 1996). Pendant la saison sèche, les vents forts de l'harmattan favorisent la dispersion des poussières issues des monticules de sciure et de résidus de charbon.

Ces nuisances sont particulièrement perceptibles la nuit et par temps venteux, périodes où les émanations de poussières, fumées et odeurs perturbent la vie des habitants. Cette propagation s'explique par l'aérodynamisme de la sciure recouvrant les meules et par l'absence des femmes sur le site à ces moments, réduisant l'arrosage des meules. En effet, l'arrosage continu effectué par les femmes en journée permet de limiter la dispersion des poussières et fumées et de prévenir les incendies. Cette pratique explique pourquoi les incendies nocturnes nécessitent souvent l'intervention des pompiers, contrairement aux incendies diurnes, plus rares.

L'importance du charbon de bois est unanimement reconnue par les institutions, mais sa production en milieu urbain reste problématique. Les responsables de la police forestière, bien qu'ils reconnaissent son rôle fondamental comme source d'énergie, soulignent que cette activité génère des tensions avec les producteurs clandestins et mobilise une grande partie des ressources humaines et matérielles. Ces résultats corroborent ceux du PNUD (2015), qui mettent en évidence l'impact de l'expansion urbaine et de la croissance démographique sur la demande en charbon de bois.

L'augmentation de la demande attire de nombreux producteurs clandestins, dépassant les capacités de contrôle de la police forestière, qui peine à réguler la production à Daloa. Cette situation risque de persister, compte tenu du niveau de vie de la population et du manque d'éducation sur la gestion environnementale. Pour les ménages, le charbon de bois reste une alternative économique, et en l'absence de politiques énergétiques adaptées, il continuera d'occuper une place prépondérante parmi les énergies domestiques.

Malgré son importance, la production du charbon de bois en milieu habité est interdite par le Code de l'Environnement et le Code Forestier (Loi n° 96-766 du 3 octobre 1996). Les poussières, fumées et odeurs générées sont influencées par des facteurs météorologiques tels que le vent et l'hygrométrie, contribuant à la dispersion de la pollution dans toute la ville (Christelle, 2004). Ces rejets altèrent la qualité de l'air, augmentent les risques sanitaires et exposent la population à des conséquences économiques.

La charbonnière du quartier Kennedy a développé une chaîne de valeur impliquant plusieurs acteurs, avec des retombées sociales et économiques. En offrant des emplois, elle contribue depuis des décennies à la réduction du chômage dans une ville où les industries sont en déclin (Rasoazanamanana, 2009). Toutefois, la filière bois-énergie évolue principalement dans l'informel (PNUD, 2015), rendant difficile la quantification de la production et son impact réel sur l'emploi (Gonnet, 2003). La production du charbon de bois au quartier Kennedy permet à des centaines de personnes d'avoir un revenu stable et de subvenir aux besoins de leurs familles (Akmel, 2012). Elle contribue également à l'augmentation des recettes fiscales de la commune grâce aux différentes taxes payées par les charbonniers. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par Mabika (2021) et PNUD (2015).

300 à 350 personnes travaillent dans la chaîne de production du charbon de bois à Daloa en fonction de la disponibilité du bois.

L'approvisionnement en bois repose aujourd'hui, sur des particuliers. Cette évolution pourrait s'expliquer par la fermeture de plusieurs industries du bois (Issifou *et al.*, 2020 ; Yao, 2014). Une situation similaire a été observée au Burundi (Bangirinama *et al.*, 2016).

Les producteurs courtisent les paysans pour l'abattage des arbres sur leurs terres en échange d'une rémunération. Ces revenus permettent aux paysans de financer la main-d'œuvre agricole et d'acheter des intrants. Des pratiques similaires ont été documentées à Dabou (Akmel, 2012) et à Essassa (Mabika, 2021).

La construction des meules et leurs entretiens mobilisent plus de 200 personnes par jour. Ces travailleurs sont rémunérés à la journée ou à la fin de la carbonisation. La majorité des travailleuses perçoivent un revenu inférieur au SMIG (75 000FCFA), malgré des conditions de travail difficiles.

La précarité des emplois, les salaires jugés insuffisants et la dureté du travail expliquent les abandons fréquents de poste (Paugam, 2007). Ces départs contribuent à un turnover élevé, favorisant l'intégration de travailleuses de plus en plus jeunes.

Les réglementations récentes sur l'exploitation forestière et la production de charbon de bois ont été mises en place pour combler les lacunes des anciennes lois, qui souffraient d'un manque de

contrôle efficace en raison du déficit en ressources humaines et matérielles (Jean-Claude & Sournia, 1979). L'intensification des contrôles face à la dégradation des forêts a rendu l'accès au bois plus difficile (Sangne *et al.*, 2015), ce qui a prolongé les délais de production et réduit la taille des meules.

Les grandes meules étaient autrefois favorisées par les prélèvements illégaux, exacerbés par le conflit de 2002. Cependant, les réformes de 2012 visant à préserver les forêts ont marqué un tournant pour la production de charbon à Daloa, compliquant l'approvisionnement en bois. La fermeture de l'usine STBO en 2017 aurait aggravé la situation en privant le secteur d'un fournisseur clé de rebuts de bois. Par ailleurs, la disparition progressive des essences les plus prisées a conduit à l'utilisation de bois de moindre qualité (Kouami *et al.*, 2009 ; Vos & Vis, 2010 ; Gumbo *et al.*, 2013).

L'abattage non sélectif des arbres intensifie la dégradation environnementale et contribue à l'extinction des espèces végétales et médicinales, entraînant des perturbations dans l'écosystème. Cette situation affecte également la faune locale, provoquant la disparition de plusieurs espèces animales telles que les primates, phacochères, félins et herbivores (Zamblé, 2009 ; Koné, 2022). Sur le plan climatique, on observe une diminution des précipitations, passant de 1 231,7 mm en 2016 à 864,7 mm en 2017, ainsi qu'une hausse des températures d'environ 2 °C ces dernières années. La température moyenne annuelle est passée de 24,9 °C en 2016 à 26,9 °C en 2020 (SODEXAM, 2021). Ces changements climatiques menacent les saisons agricoles et pourraient aggraver l'insécurité alimentaire (Ministère du Plan et du Développement, 2015).

La production de charbon de bois au quartier Kennedy ne se limite pas à la raréfaction du bois : plus de 70 % des habitants et des acteurs institutionnels signalent une pollution visuelle causée par les fumées, poussières et paysages carbonisés. Ces émissions contiennent des gaz polluants tels que le CO₂, NO_x et SO₂, qui affectent l'environnement et la santé (Mathis, 2014).

Bien que les concentrations de ces gaz mesurées à la charbonnière restent en deçà des limites réglementaires du décret N° 2017-125 du 22 février 2017 et des recommandations de l'OMS (2005), elles sont nettement supérieures à celles du site de référence, ce qui confirme une pollution atmosphérique liée à cette activité. Même si elles respectent les seuils établis, une exposition prolongée pourrait nuire à la santé des travailleurs et des populations environnantes (Dominici *et al.*, 2005 ; Katsouyanni *et al.*, 1997).

En revanche, les niveaux de PM_{2,5} et PM₁₀ enregistrés à la charbonnière et dans les habitations avoisinantes dépassent à plusieurs endroits les normes du décret N° 2017-125 et de l'OMS (2005), ainsi que ceux du site témoin. Ces particules fines présentent des risques environnementaux et sanitaires significatifs (Pope & Dockery, 2006).

En plus des rejets gazeux et particulaires, les habitants vivant à moins de 200 mètres des meules signalent des odeurs nauséabondes, résultant de l'évaporation de l'eau contenue dans le bois, du suintement de la sève et de la combustion. Lorsque ces fluides entrent en contact avec l'oxygène de l'air, ils s'oxydent, produisant des effluves désagréables. Pour optimiser la combustion et limiter l'excès de fumée, le bois est préalablement séché au soleil pendant plusieurs semaines (Issifou *et al.*, 2020 ; Darboux *et al.*, 2013). En parallèle, 21,15 % des Pop A et 13,50 % des Pop R les plus proches du site constatent une augmentation de température dans leurs habitations, probablement due à la proximité des meules en combustion (Boczkowski & Lanone, 2019).

La production de charbon de bois exige une condition physique robuste, les producteurs passant leurs journées à chercher du bois et à surveiller les meules sous une chaleur intense, au milieu de fumées épaisses et de poussières. Ces expositions prolongées présentent des risques pour la santé des travailleurs et des populations voisines (Robert *et al.*, 2019 ; Shah, 2015 ; Liu *et al.*, 2015 ; Adetona *et al.*, 2016).

La production de charbon de bois au quartier Kennedy entraîne des risques sanitaires importants, avec des taux de morbidité élevés parmi les travailleurs. Les producteurs sont touchés à 56,41 %, les travailleuses à 83,75 %, et les ex-travailleuses à 89,47 %. Les affections les plus fréquentes incluent les infections respiratoires aiguës (IRA) (72,27 %), la fatigue générale (80,97 %), les irritations oculaires (50,95 %), les céphalées (69,05 %) et le paludisme (23,53 %) (Lockwood *et al.*, 2009 ; Epstein *et al.*, 2011).

La forte prévalence des maladies chez les travailleuses et ex-travailleuses pourrait s'expliquer par leurs conditions de travail. Contrairement aux producteurs, qui passent moins de temps près des meules et se concentrent sur l'approvisionnement en bois, les travailleuses restent exposées aux polluants atmosphériques pendant 10 à 12 heures par jour sous le soleil (U.S. EPA, 2019 ; OMS, 2016). Cette exposition prolongée accroît leur vulnérabilité aux maladies respiratoires et cardiovasculaires (Touloumi *et al.*, 1997 ; OMS, 2014).

Selon Kirk (2006), les polluants issus de la combustion du bois sont responsables de nombreuses affections respiratoires. L'inhalation fréquente de fumée et de poussière entraîne une forte prévalence des IRA (Chrétien, 1983 ; Akmel, 2012, 2017), contribuant à des millions de décès prématurés chaque année. La fatigue générale est également répandue, en raison du travail physique intense et de l'exposition prolongée aux fumées et poussières, qui affectent les systèmes cardiovasculaire et respiratoire (Hulin *et al.*, 2012 ; Annesi-Maesano *et al.*, 2012 ; Sigsgaard *et al.*, 2015).

La pollution atmosphérique n'est pas le seul facteur de morbidité : le paludisme est lié à l'insalubrité du cadre de vie et à la déforestation. Le quartier Kennedy, non viabilisé, est marqué par la proximité de rizières, eaux stagnantes, dépotoirs et végétation dense, favorisant la prolifération des moustiques vecteurs du paludisme (Olson *et al.*, 2010 ; Jonathan, 2020 ; Chaves *et al.*, 2020).

La destruction des forêts modifie l'écosystème, rapprochant les moustiques des populations et entraînant une augmentation de près de 50 % de l'incidence du paludisme dans les zones déforestées (Olson *et al.*, 2010 ; Jonathan, 2020).

L'incidence des IRA à Daloa est en constante hausse en raison de la dégradation de la qualité de l'air, largement influencée par des activités anthropiques telles que le transport routier, les industries du bois, les fours à bois, les incinérations et la charbonnière.

La pollution atmosphérique est un facteur majeur de l'augmentation de l'incidence de l'asthme. La persistance des particules fines dans l'air favorise des risques accrus d'AVC (Hans *et al.*, 2020). En effet, une exposition prolongée aux aérosols atmosphériques entraîne des effets prothrombotiques, augmentant les risques d'infarctus du myocarde et d'accidents vasculaires cérébraux (Hans *et al.*, 2020).

Pour atténuer les nuisances générées par la charbonnière, les travailleuses aspergent fréquemment les meules tout au long de la journée, réduisant ainsi la dispersion de fumée et de poussière dans l'environnement.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le charbon de bois représente la principale source d'énergie domestique à Daloa, largement utilisé par toutes les couches sociales dans les ménages, les commerces et certaines industries. Son utilisation massive résulte principalement de l'inadéquation des politiques énergétiques, qui n'offrent pas d'alternatives viables adaptées aux réalités économiques des populations. En conséquence, la dépendance au charbon ne cesse de croître, alimentée par une demande soutenue due à la croissance démographique rapide.

Cette situation entraîne une expansion du secteur informel de production de charbon, dépassant les capacités de production légale et encourageant l'essor de sites clandestins, difficiles à réguler. La filière repose sur une chaîne de valeur bien structurée, impliquant plusieurs acteurs dont les principaux sont :

- Les particuliers et les industriels du bois, qui fournissent la matière première ;
- Les transporteurs, qui assurent la distribution ;
- Les charbonniers, qui fabriquent et commercialisent le produit fini.

En 2020, la charbonnière du quartier Kennedy a déclaré une production de 1 300 sacs de charbon de grand calibre (130 à 180 kg) et 520 sacs de petit calibre (40 à 70 kg). Toutefois, cette production reste insuffisante face à la demande croissante, poussant certains producteurs à intensifier leur activité, souvent au détriment des normes environnementales.

La filière emploie plus de 350 personnes, réparties entre le transport, le chargement des camions, la construction des meules, la fabrication et l'entretien des meules. Les femmes occupent une place prépondérante, utilisant cette activité comme principale source de revenu pour subvenir aux besoins alimentaires, de logement, de santé et d'éducation de leurs familles. Sur le plan économique, la filière contribue significativement aux finances locales, par le paiement de millions de francs CFA en taxes annuelles à la commune.

Malgré son apport économique, la production de charbon est une source majeure de pollution et de dégradation écologique. La charbonnière fonctionne en contradiction avec les réglementations du Code de l'environnement et du Code forestier, pourtant des permis de production et de prélèvement du bois continuent d'être délivrés, renforçant l'ambiguïté institutionnelle et ralentissant la transition vers une gestion plus durable des ressources naturelles.

La charbonnière génère des émissions polluantes, avec des rejets de gaz et de particules fines qui affectent la qualité de l'air dans le quartier Kennedy. De plus, les eaux usées et résidus de charbon sont déversés dans la rivière sous-jacente, compromettant la biodiversité aquatique et la qualité des ressources hydriques.

Les poussières de charbon, les fumées et les odeurs se propagent dans les habitations, causant des nuisances aux populations environnantes, notamment en saison sèche et par temps venteux.

La production de charbon accélère la déforestation massive, entraînant une transformation écologique profonde dans la région. La région du Haut-Sassandra, autrefois caractérisée par des forêts denses, évolue progressivement vers un environnement savanicole. Cette modification du paysage impacte les cycles climatiques, entraînant une raréfaction des précipitations et un allongement de la saison sèche, perturbant les écosystèmes et fragilisant les moyens de subsistance des agriculteurs locaux.

L'inhalation répétée des polluants atmosphériques générés par la charbonnière représente une menace sérieuse pour la santé des travailleurs et des résidents du quartier Kennedy, ainsi que pour l'ensemble de la population de Daloa. Les évaluations environnementales mettent en évidence des niveaux préoccupants de contamination, illustrant l'ampleur des risques sanitaires associés à cette activité :

- Les taux de PM_{2,5} et PM₁₀ dépassent les seuils réglementaires du décret n° 2017-125 du 22 février 2017 et les normes de l'OMS (2005).
- Les particules totales restent inférieures aux seuils de 100 mg/m³, mais leur dispersion dans l'environnement présente un risque latent.
- Les concentrations de NH₃, NO₂, SO₂, CO, CO₂, H₂S et COV sont en dessous des seuils légaux, mais une exposition prolongée engendre des effets nocifs.

Ces polluants ont des répercussions directes sur la santé des travailleurs et des habitants du quartier Kennedy, engendrant une prévalence élevée de maladies, en particulier respiratoires. Parmi les affections les plus courantes observées chez les charbonniers et les riverains, on retrouve :

- 72,27 % des charbonniers et 80,83 % des habitants souffrent de troubles respiratoires. Infections respiratoires aiguës (IRA) dues à l'inhalation de particules fines.

- Céphalées (69,05 %) et irritations oculaires (50,95 %), provoquées par la proximité des

meules.

- Bronchites chroniques, risques de cancers et mortalité prématurée, liés à l'inhalation prolongée de gaz toxiques.

Les niveaux de CO, CO₂, NH₃ et COV mesurés sur le site sont de 6 à 300 fois supérieurs à ceux du site de référence, démontrant une pollution alarmante et un danger sanitaire préoccupant.

En somme, la charbonnière du quartier Kennedy est un acteur clé de l'approvisionnement énergétique et un moteur économique essentiel pour Daloa. Toutefois, son impact sur l'environnement et la santé publique est préoccupant : elle intensifie la déforestation, altère les écosystèmes, et expose les populations à des maladies respiratoires graves.

Une réforme institutionnelle, ainsi qu'une meilleure régulation de la filière, sont nécessaires pour concilier impératifs économiques et préservation de l'environnement.

Perspective et recommandations

Perspectives

Cette étude a été réalisée grâce aux enquêtes, entretiens semi-directifs et aux mesures des émissions gazeuses et particulaires de la charbonnière du quartier Kennedy. Pour les études avenir, il serait intéressant de déterminer l'action des particules et des gaz mesurés sur les tissus pulmonaires des charbonniers et des populations.

Recommandations

Au terme de cette étude, nos recommandations portent sur les points suivants :

- Sensibilisation et éducation :

Il est crucial de sensibiliser les producteurs et les consommateurs sur les alternatives au charbon de bois, telles que les énergies renouvelables ou les technologies de cuisson plus propres.

- Régulation et politiques :

-déplacer la charbonnière, sur un site éloigné des populations.

-Résoudre la problématique de l'occupation de la zone industrielle par les populations.

- Mesures sanitaires :

-Humidifier régulièrement le sol et les meules afin d'éviter l'épandage des poussières dans le quartier

- surveiller activement les meules afin d'éviter les départs de feu qui libèrent de grande quantité de gaz et de particules dans l'atmosphère.

-Promouvoir des programmes de santé pour surveiller et traiter les maladies liées à l'exposition aux polluants chez les travailleurs du charbon de bois et les résidents affectés.

- Alternatives durables :

- Opérer un changement de mode de production en privilégiant les techniques de production du charbon de bois à haut rendement et à faibles émissions qui utilisent les déchets ligneux et de la transformation du bois au détriment des coupes d'arbres en forêt.

-Encourager le reboisement et la gestion durable des forêts pour restaurer les services écosystémiques perdus et réduire la pression sur les ressources ligneuses.

- Former les producteurs de charbon de bois aux méthodes de production de charbon de bois qui minimisent les émissions et les impacts environnementaux.

**RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

- Achour S., Abourazzak S., Mokhtari A., Soulaymani A., Soulaymani R. & Hida M. (2011). Juniper tar (cade oil) poisoning in new born after a cutaneous application. Juniper tar (cade oil) poisoning in new born after a cutaneous application. *British Medical Journal*, Case Reports 2011.
- Adetona O., Reinhardt T., Domitrovich J., Broyles G., Adetona A., Kleinman M., Ottmar R. & Naeher L. (2016). Review of the health effects of wildland fire smoke on wildland firefighters and the public. *Inhalation toxicology*, 28(3): 95-139.
- Aka A., Gohourou F., Coulibaly S. & N'Guessan A. (2018). Analyse de la dynamique spatiale des ressources forestières et de ses causes dans la sous-préfecture de Zoukougbeu (Centre Ouest de la Côte d'Ivoire). *Revue Ivoirienne des Sciences Historiques*, 4 : 25-39.
- Akmel M. (2005). Impact sociosanitaire de l'exploitation du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) sur les populations paysannes en pays Odjukru dans la région de Dabou, Thèse de doctorat, UFR Communication, Milieu et Société, Université de Bouaké (Bouaké, Côte d'Ivoire), 199 p.
- Akmel M. (2012). Exploitation du charbon de bois et risques sanitaires en pays Odjukru. *European Scientific Journal*, 8 (30) : 25-38.
- Akmel M. (2017). Impact socio-économique et risques sanitaires liés au fumage du poisson à Bouaké (Côte d'Ivoire), *International Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 4 (9) : 105-112.
- Anderson H., Bremner S., Atkinson R., Harrison R. & Walters S. (1997). Particulate matter and daily mortality and hospital admissions in the west midlands conurbation of the United Kingdom: associations with fine and coarse particles, black smoke and sulphate. *Occupational. Environmental Medicine*, 54(12): 817-823.
- Annesi-Maesano I., Hulin M. & Lavaud F. (2012). Poor air quality in classrooms related to asthma and rhinitis in primary schoolchildren of the French 6 Cities Study. *Thorax*, 67: 682-688.

- Atakpama W., Asseki, E., Amana K., Koudegnan C., Batawila K. & Akpagana K. (2018). Importance socio-économique de la forêt communautaire d'Edouwossi-copé dans la préfecture d'Amou au Togo. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 6 (1) : 55-63.
- Atkinson R., Anderson H., Sunyer J., Ayres J., Baccini M., Vonk J. & Schwartz J. (2001). Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: results from APHEA 2 project. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2, 164(10): 1860-1866.
- Autret E. (2009). Les émissions atmosphériques issues de la combustion du bois : panorama des programmes de recherche et développement Atmospheric emissions. *Pollution atmosphérique*, 179 p.
- Bangirinama F., Nzitwanayo B. & Hakizimana P. (2016). Utilisation du charbon de bois comme principale source d'énergie de la population urbaine : un sérieux problème pour la conservation du couvert forestier au Burundi. *Bois et forêts des tropiques*, 328 (2) : 45-53.
- Banque mondiale (2014). Base de données des indicateurs du développement dans le monde. Rapport annuel, 67 p.
- Baudron F. & Liégeois F. (2020). Fixing our global agricultural system to prevent the next COVID-19. *Outlook on Agriculture*, 49(2) :111-118.
- Bell L., Peng D. & Dominici F. (2004). The modification of the short-term effect of ozone on mortality by temperature in 29 US cities. *American Journal of Epidemiology*, 160(3): 188-196.
- Bell S. (2006). Scale in Children's Experience with the Environment. In C. Spencer & M. Blades (Eds.), *Children and Their Environments: Learning, Using and Designing Spaces*, 13-25.
- Bensaida L., Sabur S., Baya S., Mazouz S., Gharib N. & Abbassi A. (2017). Aspects cliniques et thérapeutiques des brûlures par brasero traditionnel, *Annals of Burns and Fire Disasters*, 30 (4) : 264-267.

- Béral-Guyonnet I. (1996). Influence des facteurs météorologiques sur la pollution atmosphérique : le cas de l'agglomération lyonnaise/The influence of meteorological factors on atmospheric pollution : the case of the city of Lyon, *Revue de géographie de Lyon*, 71(1) :71-77.
- Bethel R., Sheppard D. & Geffroy B. (1985). Effect of 0.25 ppm sulfur dioxide on airway resistance in freely breathing, heavily exercising, asthmatic subjects, *American Review of Respiratory Disease*, 131(4): 659-661.
- Bisson M., Bureau J., Del Gratta F., Lefevre J. & Levilain A. (2011). Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, dioxyde de soufre (SO₂). INERIS, 2 : 54 p.
- Bliefert C. & Perraud R. (2007). Chimie de l'environnement : Air, eau, sols, déchets. 2^e Edition, De Boeck Supérieur, 478 p.
- Blu A. J. (1989). Environmental problems in Third World cities. *Earthscan Publications*, 11 : 341-361.
- Bureau National d'Études Techniques et de Développement (BNETD) & Tera R. (2016). Analyse qualitative des facteurs de déforestation et de dégradation des forêts en Côte d'Ivoire. Rapport, Programme ONU-REDD, Abidjan, 84 p.
- Boczkowski J. & Lanone S. (2019). Impacts de la pollution de l'air sur la santé humaine. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 4 (96) : 17-21.
- Bogno D. & Zouyane V. (2019). Impact socio-économique de la commercialisation du charbon de bois dans la périphérie ouest du Parc national de la Bénoué (Nord Cameroun), *Journal de la Gestion en Afrique*, 6(1) : 45–62.
- Borgie M. (2014). Étude des particules fines et ultrafines en suspension dans l'air au Liban : caractérisation physicochimique et évaluation des effets toxicologiques sur des cellules pulmonaires humaines BEAS-2B. Thèse de doctorat, Toxicologie. Université du Littoral Côte d'Opale, École Doctorale des Sciences et de Technologie (Beyrouth, Liban), 328 p.

- Boutaric F. & Lascoumes P. (2008). L'épidémiologie environnementale entre science et politique. Les enjeux de la pollution atmosphérique en France. *Sciences sociales et santé*, 26(4) : 5-38.
- Brauer M., Hoek G., Van Vliet P., Meliefste K., Fischer H., Wijga A. & Brunekreef B. (2002). Air pollution from traffic and the development of respiratory infections and asthmatic and allergic symptoms in children. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 166(8): 1092-1098.
- Brook R., Franklin B., Cascio W., Hong Y., Howard G. & Lipsett M. (2004). Air pollution and cardiovascular disease: A statement for healthcare professionals from the Expert Panel on *Population and Prevention Science of the American Heart Association*, 109(21): 2655-2671.
- Brunekreef B. & Holgate S. (2002). Air pollution and health. *Lancet*, 360: 1233–1242.
- Burri S., Alifriqui M., Bun S., Cenzon-Salvayre C. Ciğerci İ., Cloarec-Quillon A., Corbineau R., Delgado R., Alma A., Durand A., El Jemli M., Fernandez X., Genin D., Ghanmi M., Konuk M., Le Maguer-Gillon S., Liman R., Marmouzi I., Mazuy A., Ollivier D. & Yılancıoğlu K. (2018). Des ressources naturelles à la santé. Approche interdisciplinaire de la production des goudrons de conifères et de leur usage médicinal en Méditerranée sur la longue durée. *Les Nouvelles de l'Archéologie*, 152 : 62-69.
- Butler R. (2010). Indonesia's corruption legacy clouds a forest protection plan. *Yale Environment360*. <https://e360.yale.edu/>
- Canguilhem G. (2013). Le normal et le pathologique. *Presses Universitaires de France*, 12e édition, Paris (France), 300 p.
- Carazo F., Fernández R., González-Barcala F. & Rodríguez J. (2013). Indoor air contaminants and their impact on respiratory pathologies. *Archivos de Bronconeumología*, 49 : 22–27.
- Carré J., Hébert J. & Lacross L. (1984). Critical analysis of energy utilization of lignous materials by dry processes. Final report, European Commission, Directorate General VIII, Volume 1, 186 p.

- Casset A. & De Blay F. (2008). Effets sur la santé des composés organiques volatils de l'habitat. *Revue des maladies respiratoires*, 25 (4) : 475-485.
- Conseil Canadien des Ministres de l'Environnement (CCME). (2004). Effets des particules fines sur la santé humaine : mise à jour en appui aux standards pancanadiens relatifs aux particules et à l'ozone. Projet d'ouverture et d'exploitation d'une mine d'apatite à Sept-Îles, LCPE/CCN, 21 p.
- Chang K., Jeng F., Tsai Y. & Lin P. (2000). Modeling of long-range transport on Taiwan's acid deposition under different weather conditions. *Atmospheric Environment*, 34: 3281-3295.
- Chaves R., Silva M. & Pereira F. (2020). Forest loss and the epidemiology of vector-borne diseases: Examining the shift in human-mosquito interactions. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 5(3) :123–130.
- Chidumayo E.N. & Gumbo D.J. (2013). The environmental impacts of charcoal production in tropical ecosystems of the world: A synthesis. *Energy for Sustainable Development*, 17(2) : 86–94.
- Chrétien J. (1983). Abrégé de pneumologie. *Abrégés de médecine*, Masson, Paris (France), 336 p.
- Christelle P. (2004). Analyse de la pollution atmosphérique aux échelles locale et régionale. Modélisation spatiale et temporelle à l'aide d'une méthode de scénarii épisodiques. Thèse de doctorat, physique énergétique, institut national des sciences appliquées de Rouen (Rouen, France), 223 p.
- Clements A., Griswold W., Johnston J., Herting M., Thorson J. & Hannigan, M. (2017). Low-cost air quality monitoring tools: from research to practice (a workshop summary). *Management Association*, 50(8) : 1321-1334.
- Collet S. (2000). Facteurs d'émission. Émissions de dioxines, de furanes et d'autres polluants liés à la combustion du bois naturel et adjuvanté. *INERIS*, Rapport d'étude DRC n 00/60-MAPA-SCo-25420, 69 p.

- Combes M., Pirard R. & Combes J. (2009). A methodology to estimate impacts of domestic policies on deforestation: Compensated Successful Efforts for “avoided deforestation” (REDD). *Ecological Economics*, 68: 680-691.
- D’Almeida G., Koepke P. & Shettle E. (1991). Atmospheric Aerosols, Global Climatology and Radiative Characteristics. *Deepak Publishing* Hampton (USA), 561 p.
- Dan W. (2005). Partir ou rester dans les montagnes du Guizhou, province du sud-ouest de la Chine. Thèse de Doctorat de Géographie : Universités Paris X-Nanterre et Blaise Pascal – Clermont-Ferrand II (Paris, France), 2 tomes, 188 p et 462 p.
- Darboux A., Gbozo E., Akossou A. & Kokou K. (2013). Influence of wood humidity of three species (*Prosopis africana*, *Anogeissus leiocarpa* and *Tectona grandis*) on the production of charcoal by the traditional wheel. *Journal of Petroleum Technology and Alternative Fuels*, 4(4): 64-71.
- Diallo M. & Soro T. (2013). Rôle économique de la production artisanale de charbon en Afrique de l’Ouest. *Revue des Études Africaines*, 19(1) : 55–74.
- Dominici F., McDermott A., Daniels M., Zeger L. & Samet M. (2005). Revised analyses of the National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study: mortality among residents of 90 cities. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 68(13-14): 1071-1092.
- Dubreuil M., Laporte A. & Cheviot M. (2015). Évaluation d’impacts sur la santé de projets de transports en commun. *Inpes*, Saint-Denis (France), 12 p.
- Duong A., Steinmaus C., McHale C., Vaughan C. & Zhang L. (2011). Reproductive and developmental toxicity of formaldehyde: A systematic review. *Mutation Research*, 728 : 118–138.
- Durrieu De Madron L., Bauwens S., Giraud A., Hubert D. & Billand A. (2011). Estimation de l’impact de différents modes d’exploitation forestière sur les stocks de carbone en Afrique centrale. *Bois & forêts des tropiques*, 308 (308) : 75–86.

- Ekoty G. (2010). Analyse des impacts environnementaux et socio-économiques, dans l'utilisation du bois, en comparaison au gaz butane comme source de chauffage dans les quartiers périphériques de Ouagadougou. Mémoire de master d'ingénierie environnement, institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement (Ouagadougou, Burkina Faso), 74 p.
- Elichegaray C., Bouallala S., Maitre A. & Ba M. (2010). État et évolution de la pollution atmosphérique. *Revue française d'allergologie*, 50: 381–393.
- Emrich W. (1985). Commission of the European Communities, *Handbook of charcoal making: the traditional and industrial methods*, Energy from biomass, Volume 7, D. Reidel publishing company, 278 p.
- Enerdata (2024). Bilan énergétique mondial 2024. <https://www.enerdata.fr/publications/analyses-energetiques/bilan-mondial-energie.html>
- Environmental Protection Agency (EPA). (2014). Integrated Science Assessment for Particulate Matter (EPA/600/R-14/007). Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. *Unisylva*, 211 (53): 30-35.
- Environmental Protection Agency (EPA). (2019) Integrated Science Assessment (ISA) for Particulate Matter (Final Report, Dec 2019). In *Washington*, DC: EPA, 188 p.
- Epstein P., Howard Hu H., Landrigan P., Mc Cally M., Parker C., Jonathan Patz J. & Shea K. (2011). Full cost accounting for the life cycle of coal. *Ecological Economics Reviews*, 1219: 73–98.
- Estrellan C. & Iino F. (2010). Toxic emissions from open burning. *Chemosphere*, 80(3): 193-207.
- FAO (1983). Mechanical Wood Products Branch. Simple technologies for charcoal making Éditeur FAO, Rome, 41: 951-966.
- FAO (1985). Industrial Charcoal Making. In: Wood Carbonization and the Products It Yield, *FAO forestry paper*, Rome, 36: 1-20.

- FAO (2016). Les moteurs de la déforestation et de la dégradation des forêts en Côte d'Ivoire. *Le Comité des Forêts-FAO, UN-REDD Programme* (consulté le 21/02/2020). <https://www.fao.org/cote-divoire/actualites/detail-events/ar/c/449930/>
- FAO (2017). La transformation du secteur du charbon de bois : promouvoir une chaîne de valeur du charbon de bois plus verte pour atténuer les effets du changement climatique et renforcer les moyens d'existence des populations locales. Rapport, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 00153 Rome, Italie, 12 p. <https://www.fao.org/forestry/energy>
- Ferlay V. (1995). Approche toxicologique sur les feux de forêt. *CEREN, Centre d'Essais et de Recherche de l'Entente Sécurité Civile*, 13^e édition, Gardanne (France) 1 : 71 p.
- Fleury M. (2000). L'exploitation du bois et la déforestation : exemple du Brésil. *L'information géographique*, 64 (1) : 58-70.
- Fontan J. (2003). Les pollutions de l'air. Les connaître pour les combattre. *Vuibert*, Broché VIII, 208 p.
- Fortin M. (2010). Fondements et étapes du processus de recherche : méthodes quantitatives et qualitatives. *Chenelière éducation*, 2^e éd. Montréal (Québec): 632 p.
- Frenklach M. (2002). Reaction mechanism of soot formation in flames. *Proceedings of the Combustion Institute*, 29(1): 43–67.
- Gardner C. Gabriel F., St. John F.& Davies Z. (2015). Changing livelihoods and protected area management: a case study of charcoal production in south-west Madagascar, *Oryx*, 50(3): 495–505.
- Gbogou C. (2018). Conséquence de la déforestation en Côte d'Ivoire. <https://cyriacgbogou.ci/2018/10/les-consequences-de-la-deforestation-en-cote-d'ivoire>. (Consulté le 10/02/2020).
- Geist H. J. & Lambin E.F. (2001). What drives tropical deforestation. A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on subnational case study evidence. *LUCC Report*, 4 : 116.

- Girard G., Sircoulon J. & Touchebeuf P. (1971). Aperçu sur les régimes hydrologiques. Milieu naturel de la Côte d'Ivoire, *Mémoire ORSTOM*, 50 : 109-155.
- Girard P. (2002). Quel futur pour la production et l'utilisation du charbon de bois en Afrique ? *Unisylva*, 211(53): 30-35.
- GIZ (2014). Giz hera cooking Energy Compendium, Allemagne. <http://www.drtilud.com/2013/05/01/giz-heracooking-energy-compendium/>. (Consulté le 10/02/2020).
- Gnamien S. (2022). Caractérisation de la pollution particulaire (pm10 et pm2. 5) à Abidjan et Korhogo (Côte d'Ivoire) en lien avec la sante des populations. Doctoral dissertation, Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 293 p.
- Gonnet J. (2003). L'activité du charbon de bois, son lien avec la production de fer gueuse et ses conséquences géographiques sur la région d'Açailândia – Maranhão – Brésil. Mémoire de Maîtrise, Géographie, Université Jean Moulin – Lyon 3 (Lyon, France), 186 p.
- Grange D., Host S. & Gremy I. (2007). Les composés organiques volatils (COV). État des lieux : définitions, sources d'émission, exposition, effets sur la santé. Rapport ORS Ile-de-France, 127 p.
- Grimaldi M., Sarrazin M., Chauvel A., Luizao F., Neizia N., Maria de R., Lobato R., Amblard P. & Tessier D. (1993). Effets de la déforestation et des cultures sur la structure des sols argileux d'Amazonie brésilienne. *Cahiers Agricultures*, 2 : 36-47.
- Guichard C., Marguen G., Le brun M., Bailliencourt C., Dessagne J. & Petit M. (2008). Incendie et explosion dans l'industrie du bois, *INRS*, ED 6021, Lyon (France), 67 p.
- Gumbo J., Moombe K., Kandulu M., Kabwe G., Ojanen M., Ndhlovu E. & Sunderland H. (2013). Dynamics of the charcoal and indigenous timber trade in Zambia: A scoping study in Eastern, Northern and Northwestern provinces. *CIFOR Occasional Paper*, 86 : 93.
- Guyot J., Callède J., Ronchail J. & Oliveira E. (2008). Déboisement amazonien : son influence sur le débit de l'Amazone à Óbidos (Brésil). *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 21(1) : 59-72.

- Hans D., Müller F. & Keller S. (2020). Short-term air pollution exposure and prothrombotic changes: Implications for myocardial infarction and stroke in adults. *Journal of Environmental Cardiology*, 14(2) : 85-93.
- Havlicek E. & Frey B. (2016). Impact d'une intensification de l'exploitation forestière sur la biodiversité des sols et sur le fonctionnement des forêts. *WSL Berichte*, 32p.
- Haynes B. S. & Wagner H. G. (1981). Soot formation. *Progress in Energy and Combustion Science*, 7(4), 229–273.
- Health Effects Institute (2009). Traffic-related air pollution: A critical review of the literature on emissions, exposure, and health effects. Boston, MA : HEI ; <http://pubs.healtheffects.org/view.php?id=334>. (Consulté le 23/07/2021).
- Herndon C. & Butler R. (2010). Significance of biodiversity to health. *Biotropica* 42(5) : 558 – 560.
- Hosselet J. & Bignon J. (1994). Effets de l'ozone troposphérique sur l'appareil respiratoire chez l'homme. *Pollution atmosphérique*, 36 (142) : 60-65.
- Host N., Dupuis L. & Martin F. (2008). Impact de la pollution atmosphérique sur la santé publique en milieu urbain : état des lieux et perspectives d'intervention. *Revue Internationale de Santé Publique*, 12(2) : 123–138.
- Hounlonon M. (2011). Contribution à l'optimisation du rendement de la carbonisation du bois. Mémoire de fin de formation, Option Génie Mécanique Et Energétique, École Polytechnique D'Abomey - Calavi, Cotonou (Bénin), 128 p.
- Hulin M., Simoni M. & Viegi G. (2012). Respiratory health and indoor air pollutants based on measurement exposure assessments. *European Respiratory Journal*, 40(4) :1033-1045.
- Idowu O., De Azevedo L., Zohoori F., Kanmodi K. & Pak T. (2023). Health risks associated with the production and usage of charcoal: a systematic review. *British Medical Journal open*, 13(7).
- Issifou A., Tonouewa M., Biau S., Houehanou T. & Idrissou Y. (2020). Wood carbonization technique in northwestern Benin. *West Africa*, 16 : 49-58.

- Jean-Claude A. & Sournia G. (1979). Les forêts de Côte d'Ivoire : une richesse naturelle en voie de disparition. *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 32 (127) : 281-301.
- John G. (2009). Étude du mélange et de la combustion dans les flammes jets subsoniques à haute vitesse : influence des vitesses, des densités et de la composition du combustible, Thèse de doctorat, Energétique, Thermique, Combustion, École Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique -Poitiers, 219 p.
- Jolien S., Assembe S., Awono A., Ingram V., Lescuyer G., Sonwa D. & Olufunso J. (2010). État de l'art du bois énergie en RDC : Analyse institutionnelle et socio-économique de la filière bois énergie. *CIFOR*, Projet EuropeAid DCI-ENV/2008/151-384, 103 p.
- Jonathan M. (2020). Deforestation and its impact on mosquito ecology: A review. *Journal of Environmental Health*, 82(4): 56–65.
- Kafando B., Windinpsidi P., Sana A., Bagnoa V., Sanon S., Kouanda S. & Sondo B. (2019). Pollution intérieure par les PM_{2,5} issues des combustibles utilisés pour la cuisson des repas et risques sanitaires dans la ville de Ouagadougou. *Environnement, Risques & Santé*, 18(3): 245-253.
- Kammen D.M. & Lew D.J. (2005). Review of Technologies for the Production and Use of Charcoal. Renewable and appropriate energy laboratory report, 1. *Berkeley, University of California*, 19 p.
- Katsouyanni K., Touloumi G., Schwartz J., Spix C., Wojtyniak B., Vonk M., Tobias A., Pönkä A., Anderson R., Medina S., Bacharova L. & Niciu M. (1996). Short-term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: a pooled time-series analysis. *British Medical Journal*, 312(7030): 565-569.
- Katsouyanni K., Touloumi G., Spix C., Schwartz J., Balducci F., Medina S., Rossi G., Wojtyniak B., Sunyer J., Bacharova L., Schouten P., Ponka A. & Anderson R. (1997). Short-term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. *Air Pollution and Health: a European Approach. British Medical Journal*, 314(7095): 1658-1663.

- Kerns D., Pavkov L., Donofrio J., Gralla J. & Swenberg A. (1983). Carcinogenicity of formaldehyde in rats and mice after long-term inhalation exposure. *Cancer research*, 43(9) : 4382-4392.
- Kiboum K. (2011). Impact environnemental, indicateurs et durabilité écologique de la filière bois énergie dans la ville de Yaoundé et sa périphérie. *16e colloque international en évaluation environnementale*, Yaoundé, Cameroun, 33 p.
- Kirk R. (2006). Impacts sur la santé de l'utilisation domestique du bois de feu dans les pays en développement. *Unasylva* 224, 57 : 41-44.
- Koffie-Bikpo C. (2013). La région du Haut-Sassandra dans la distribution des produits vivriers agricoles en Côte d'Ivoire. *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, 2 : 95-103.
- Koné M. (2022). Problématique foncière et environnementale face à l'extension de la cacaoculture dans le Haut-Sassandra. Rapport final, FONSTI, 75 p.
- Kopeh J. L. (2021). Implications socio-économiques de la production du charbon de bois pour les ménages producteurs ruraux : cas de la sous-préfecture d'Adzopé. *Revue Académique Africaine*, 10(2) : 123–141.
- Koruk S., Ozyilkan E., Kaya P., Colak D., Donderici O. & Cesaretli Y. (2005). Juniper poisoning. *Clinical Toxicology*, 43 : 47-49.
- Kouakou A. T. (2019). Dynamiques spatio-temporelles du couvert végétal et diversité floristique de quelques parcs nationaux et forêts classées de Côte d'Ivoire dans un contexte de crises politico-militaires. Thèse de Doctorat, Ecologie végétale, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire), 352 p.
- Kouamé N. F. (1998). Influence de l'exploitation forestière sur la végétation et la flore de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat de troisième cycle en botanique option foresterie, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 241 p.

- Kouami K., Yaovi N. & Honan A. (2009). Impact of charcoal production on woody plant species in West Africa: A case study in Togo. *Scientific Research and Essay* 4 : 881- 893.
- Kouassi S., Billet S., Garçon G., Verdin A., Diouf A., Cazier F. & Shirali P. (2012). Effets cytotoxiques in vitro des PM_{2,5} de la ville d'Abidjan (Côte-d'Ivoire) sur des cellules pulmonaires humaines. *Pollution atmosphérique*, 54(213), 117.
- Koukougnon W.G. (2020). Résilience des établissements hôteliers de DALOA à l'inconstance de la desserte en eau potable (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Espace géographique et société marocaine*, 33-34 : 289-309.
- Kuassi N. A., Adigla A. W. & Nougbodé O. J. (2023). Impact de la production de charbon de bois sur les facteurs de changement climatique : synthèse de la littérature, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 17(3) : 1185-1198.
- Lavaine E. (2011). Pollution atmosphérique, disparités environnementales et mortalité : une approche spatiale. *Environnement, Risques & Santé*, 10 (3) : 222-224.
- Le Treut H. (2015). Changement climatique et gaz à effet de serre : Un problème ancien qui évolue de manière extrêmement rapide. *Cites* 3: 175-184.
- Linn S., Shamoo A., Peng C., Clark W., Avol L. & Hackney D. (1990). Responses to sulfur dioxide and exercise by medication-dependent asthmatics: Effect of varying medication levels. *Archives of Environmental Health*, 45: 24–30.
- Liu J.C., Pereira G., Uhl S.A., Bravo M.A. & Bell M.L. (2015). A systematic review of the physical health impacts from non-occupational exposure to wildfire smoke. *Environmental research*, 136: 120-132.
- Lockwood H., Welker-Hood K., Rauch M. & Gottlieb B. (2009). Coal's assault on Human Health. *Physicians for Social Responsibility Report*, Washington (USA), 16 p. <http://www.psr.org/assets/pdfs/psr-coal-fullreport.pdf>. (Consulté le 23/07/2021).
- Loi canadienne sur l'évaluation environnementale (LCEE) (2012). Lignes directrices relatives à l'étude d'impact environnemental. Projet de réaménagement de la mine de fer griffith, Société Northern Iron, Canada, 49 p.

- Loupe D. (2014). Carbonisation, fabrication du charbon de bois. *CIRAD UPR BSEF*, Campus international de Baillarguet, Montpellier (France), 43 p. <http://ur-bsef-cirad.fr>. (Consulté le 10/02/2020).
- Mabika J. (2021). La production de charbon de bois à Essassa en périphérie est de Libreville (Gabon) : entre génération des revenus et risques environnementaux et sanitaires. *Territoires, Sociétés et Santé*, 4 (7) : 113-126.
- Madon G. (2017). Le bois, énergie de première nécessité en Afrique. Une ressource trop souvent négligée. *Afrique contemporaine*, 262 : 201 - 222.
- Magdaleine C. (2020). La déforestation : définition, données, causes et conséquences notre - planète. *Conservation nature*. <https://www.conservation-nature.fr/ecologie/la-deforestation/> (Consulté le 10/02/2020).
- Marr L., Dzepina K., Jimenez J., Riesen F., Bethel H. & Arey J. (2006). Sources and transformations of particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons in Mexico City. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 6 : 1733-1745.
- Mathis P. (2014). Biomasse énergie, pollution atmosphérique et santé, *Énergie – Santé, Pollution atmosphérique - Numéro spécial* : 71-79.
- Matly M. (2000). La mort annoncée du bois-énergie à usage domestique. *Bois et Forêts des Tropiques*, 26 (4) : 43-55.
- McHarg I. L. (1969). Design with nature. *American Museum of Natural History, New York*: 7-17.
- Melicow M.M (1975). Percivall Pott (1713–1788) 200th anniversary of first report of occupation-induced cancer of scrotum in chimney sweepers (1775). *Urology*, 6(6) : 745-749.
- Meybeck A., Laval E., Lévesque R. & Parent G. (2018). Sécurité alimentaire et nutrition à l'heure des changements climatiques. *Actes du Colloque international organisé par le gouvernement du Québec en collaboration avec la FAO*. Québec, 24-27 septembre 2017. Rome, FAO 132 p.

- Mezerette C., Girard P. & Vergnet A. (1992). Aspects environnementaux liés à la pyrolyse de la biomasse. *Bois et Forêts des Tropiques*, 232 : 67-80.
- Michel C. (2004). Évaluation et gestion des risques liés aux polluants atmosphériques résultant des feux de forêt. Mémoire d'ingénierie du génie sanitaire, École nationale de la santé publique de Renne (Renne, France), 48 p.
- Michel G. (2011). La fabrication du charbon de bois par distillation du bois (pyrolyse), peut-être la clé du déboisement d'Haïti. *Journal of Haitian Studies*, 17 (1) : 274–276.
- Ministère de l'Agriculture (MINAGRI) (2010). Annuaire des statistiques agricoles, Abidjan, Direction des statistiques, de la documentation et de l'informatique, 73 p.
- Ministère de l'Agriculture (MINAGRI) (2010). Statistiques de production du cacao et du café en Côte d'Ivoire : Rapport 2010. Abidjan, Côte d'Ivoire, 70p.
- Ministère de l'Agriculture et des Ressources animales (2000). Étude de faisabilité technico-économique du projet d'aménagement de 1600 ha dans la région Centre-ouest, Rapport principal, Abidjan, 190 p.
- Ministère des Eaux et forêts (2012). Dossier pour l'obtention du permis d'exploitation de charbon de bois et de bois énergie à l'intérieur des périmètres d'exploitation forestière et des usines de transformation du bois 20 p.
- Ministère des Eaux et Forêts, (2019). Le code forestier, loi n° 2019-675 du 23 juillet 2019 portant Code forestier, Côte d'Ivoire, 20 p.
- Ministère du Plan et du Développement (2015). Plan national de développement PND 2016-2020, diagnostic stratégique de la Côte d'Ivoire sur la trajectoire de l'émergence, tome 1, 110 p.
- Monks P., Granier C., Fuzzi S., Stohl A., Williams M. & Akimoto H. (2009). Atmospheric composition change – global and regional air quality. *Atmospheric Environment*, 43: 5268–5350.

- Morawska L., Thomas S., Bofinger N., Wainwright D. & Neale D. (1998). Comprehensive characterisation of aerosols in a subtropical urban atmosphere: particle size distribution and correlation with gaseous pollutants. *Atmospheric Environment*, 32(15) : 2467-2478.
- Mundhenk P., Gomis O. & Sy M.C. (2010). Comparaison des rendements de production de charbon de bois entre la meule traditionnelle et la meule Casamance dans la forêt communautaire de Sambandé. *Peracod GTZ*. Dakar (Sénégal), 22 p.
- N'da P. (2006). Recherche et méthodologie en sciences sociales et humaines - réussir sa thèse, son mémoire de master ou professionnel, et son article. L'Harmattan, Paris (France), 275 p.
- Naeher P., Brauer M., Lipsett M., Zelikoff T., Simpson D., Koenig J. & Smith K. (2007). Wood smoke health effects: a review, *Inhalation Toxicology*, 19(1): 67-106.
- Nellemann C. 2012. Carbone vert, marché noir évaluation rapide des réponses à apporter exploitation illégale, fraude fiscale et blanchiment dans les forêts tropicales du monde. Une évaluation rapide des réponses à apporter. *Programme des Nations Unies pour l'environnement, GRID-Arendal*, 72 p.
- Nivet C., Bonhême I & Peyron J-L. (2012). Les indicateurs de biodiversité forestière. Synthèse des réflexions issues du programme de recherche « Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques ». GIP Ecofor-MEDDE Paris (France), 144 p.
- Nore K., Nyrud A. Q., Kraniotis D., Skulberg K., Englund F. & Aurlien T. (2017). Moisture buffering, energy potential, and volatile organic compound emissions of wood exposed to indoor environments. *Science and technology for the built environment*, 23(3) : 512-521.
- Observatoire Régional de Santé (ORS) (2007). Les composés organiques volatils (COV) : Etat des lieux : définition, sources d'émissions, exposition, effets sur la santé, rapport, 127 p.
- OCDE/CSAO (2002). L'économie locale du département de Daloa - Synthèse, Écoloc- Gérer l'économie localement en Afrique : Évaluation et prospective, Éditions OCDE,1 (2) : 1-148.

- Olson H., Gangnon R., Silveira G. & Patz J. (2010). Deforestation and malaria in Mâncio Lima County, Brazil. *Emerging Infectious Diseases*, 16(7) : 1175–1182.
- OMS (Organisation mondiale de la Santé) (2005). Lignes directrices mondiales relatives à monoxyde de carbone : résumé d'orientation. Genève, Suisse, 25 p.
- OMS (2012). Air quality and health: Review of evidence on the health impacts of exposure to outdoor air pollution. Genève, Suisse. www.who.int/air-pollution/evidence, 47 p.
- OMS (2014). Pollution de l'air intérieur : un problème majeur de santé publique, rapport. Genève, Suisse. *Organisation Mondiale de la Santé*, 2^e édition, Genève (Suisse), 121 p.
- OMS (2016). Burning opportunity: clean household energy for health, sustainable development, and wellbeing of women and children. *WHO Library Cataloguing-in-Publication Data*, Genève (Suisse), 130 p.
- OMS (2021). Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air Particules (PM_{2,5} et PM₁₀), ozone, dioxyde d'azote, dioxyde de soufre et monoxyde de carbone Résumé d'orientation, 16 p.
- Paugam S. (2007). Le salarié de la précarité. Les nouvelles formes de l'intégration professionnelle. Préface inédite de l'auteur. *Presses universitaires de France*, coll. « *Quadrige essais débats* », Paris (France), 437 p.
- Peretz H. (2002). Les méthodes en sociologie l'observation. Nouvelle édition, la découverte, 234 : 128 p.
- Petit J.-M. & Poyard J.-L. (2004). Les mélanges explosifs : gaz et vapeurs. *INRS*, Paris (France), 911 : 100 p.
- Pires A. (1997). Échantillonnage et recherche qualitative : essai théorique et méthodologique. *La recherche qualitative. Enjeux épistémologiques et méthodologiques*, 113-169.

- Pirard R., Cuny P., Plancheron F., Moynot G., Rageade M. & Leclercq E. (2021). Inventaire forestier & faunistique de la Côte d'Ivoire. Nogent-sur-Marne, France : *ONF International*. [https://www.onfinternational.org/wpcontent/uploads/2023/02/ONFI_IFFN_Côte d'Ivoire. pdf](https://www.onfinternational.org/wpcontent/uploads/2023/02/ONFI_IFFN_Côte_d'Ivoire.pdf). (En ligne).
- Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD). (2015). Étude nama sur le charbon de Bois durable en Côte d'Ivoire, 84 p.
- Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) 2017 : Rapport annuel du PNUD en Côte d'Ivoire 2017. Abidjan, Côte d'Ivoire 32 P.
- Pope A., Burnett T., Thun J., Calle E., Krewski D., Ito K. & Thurston D. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Jama*, 287(9): 1132-1141.
- Pope C. A. & Dockery D. W. (1999). Epidemiology of particle effects. In *Air pollution and health*, Academic Press: 673-705.
- Pope C. A. & Dockery D. W. (2006). Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 56(6): 709–742.
- Puett R. C., Hart J. E., Suh H., Mittleman M. & Laden F. (2011). Particulate matter exposures, mortality, and cardiovascular disease in the health professional's follow-up study. *Environmental health perspectives*, 119(8) : 1130-1135.
- Quivy R., Campenhoudt V. & Marquet J. (2011). Manuel de recherche en sciences sociales. 6e édition, Armand Colin, 352 p.
- Ramanathan V. & Feng Y. (2009). Air pollution, greenhouse gases and climate change : Global and regional perspectives. *Atmospheric environment*, 43(1): 37-50.
- Rao X., Montresor-Lopez J., Puett R., Rajagopalan S. & Brook R. (2015). Ambient air pollution: an emerging risk factor for diabetes mellitus. *Current diabetes reports*, 15(6) : 1-11.

- Raoliarivelo L., Rabeniala R., Masezamana H., Andrianarisoa J. & Randriamalala R. (2010). Impact de la fabrication de charbon de bois sur la production et la disponibilité fourragère de pâturage en zone subaride, cas de la commune de Soalara-Sud, Toliara ii. Rapport final, projet 909, 61 p.
- Rasoazanamanana T. (2009). Effets externes de la production de charbon de bois. Mémoire de 3e cycle D.E.A. Economie Publique et Environnement, Université d'Antananarivo (Antananarivo, Madagascar), 72 p.
- Ravindra K., Sokhi R. & Van Grieken R. (2008). Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Source attribution, emission factors and regulation. *Atmospheric Environment*, 42 : 2895–2921.
- Rea L.M. & Parker R.A. (1997). Calcul de la taille d'un échantillon pour une enquête. *Fiches techniques et méthodologiques*, 4 : 713-716.
- Recensement général de la Population et de l'Habitat (RGPH) 2021 ; résultats globaux ; secrétariat technique permanent du Comité technique du RGPH, Côte d'Ivoire ; 37 p.
- République de Côte d'Ivoire (2017). Décret n° 2017-125 du 22 février 2017 relatif à la qualité de l'air. Journal officiel de la Côte d'Ivoire.
- Risom L., Møller P. & Loft S. (2005). Oxidative stress-induced DNA damage by particulate air pollution. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 592(2): 119-137.
- Robert L., Turpin-Legendre E., Shettle J., Tissot C., Aubry C. & Siano B. (2019). Travailler dans une ambiance thermique chaude. Références en santé au travail, *Grand Angle*, 158 : 31-55.
- Samoli E., Stafoggia M., Rodopoulou S., Ostro B., Declercq C., Alessandrini E. & MED-PARTICLES Study group. (2013). Associations between fine and coarse particles and mortality in Mediterranean cities: results from the MED-PARTICLES project. *Environmental health perspectives*, 121(8), 932-938.

- Sangne C., Barima S., Bamba I. & N'Doumé A. (2015). Dynamique forestière post-conflits armés de la forêt Classée du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire), *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 15(3).
- Scandella M., Yoboué V., Becerra S., Liousse C., Carrère G. & Vanié R. (2023). Réduire la pollution de l'air à Abidjan : de l'ambition scientifique à la fabrique du terrain. *Global Africa*, 4: 212-226.
- Sepp S. (2008). Shaping charcoal policies: context, process and instruments as exemplified by country cases. *Charcoal Conference*, Germany, GTZ, 14 p.
- Shah S., Lee K., McAllister D., Hunter A., Nair H., Whiteley W., Langrish J., Newby D. & Mills N. (2015). Short-term exposure to air pollution and stroke: systematic review and meta-analysis. *British Medical Journal*, 350: 1756-1833.
- Sigsgaard T., Forsberg B. & Annesi-Maesano I. (2015). Health impacts of anthropogenic biomass burning in the developed world. *European Respiratory Journal*, 46(6): 1577-1588.
- Skalli S., Chebat A., Badrane N. & Soulaymani R. (2014). Side effects of cade oil in Morocco: an analysis of reports in the Moroccan herbal products database from 2004 to 2012, *Food and Chemical Toxicology*, 64: 81-85.
- Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM) (2021). Données pluviométrie et température de Daloa de 2016 à 2020, avril 2021.
- Soulama S., Kadeba A., Nacoulma I., Traoré S., Bachmann Y. & Thiombiano A. (2015). Impact des activités anthropiques sur la dynamique de la végétation de la réserve partielle de faune de Pama et de ses périphéries (sud-est du Burkina Faso) dans un contexte de variabilité climatique. *Journal of Applied Biosciences*, 87:8047-8064.
- Stiebs J., Martin P., Dupont F. & Leroy G. (2002). Impacts de la pollution atmosphérique sur la santé publique : Évaluation des risques et stratégies d'intervention. *Journal de Santé Environnementale*, 15(2) : 123–137.

- Strezov V., Patterson M., Zymła V., Fisher K., Tim J. & Peter F. (2007). Fundamental aspects of biomass carbonisation. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 79(1): 91-100.
- Sugumaran P. & Seshadri S. (2010). Biomass charcoal briquetting, technology for alternative energy-based income generation in rural areas. *Shri AMM Murugappa Chettiar Research Centre*, Chennai, New Delhi (Inde), 22 p.
- Survey-monkey (2014). Calcul du nombre de participants nécessaire. <https://help.surveymonkey.com/fr/surveymonkey/solutions/calculating-respondents/>
- Touloumi G., Katsouyanni K., Zmirou D., Schwartz J., Spix C., Ponce de Leon A., Tobias A., Quackenboss J., Anderson R., Le Moullec Y., Wojtyniak B., Vonk J. & Medina S. (1997). Short-term effects of ambient oxidant exposure on mortality: a combined analysis within the APHEA project. *American Journal of Epidemiology*, 146(2) : 177-185.
- Tousseyn P. (1996). Incendie et explosion de poussières dans l'industrie du bois. *Revue belge du feu*, 130 : 57-63.
- Traore K. (2024). Impact de la production du charbon de bois sur l'environnement et la santé du producteur dans le département de Korhogo (Côte d'Ivoire). *International Journal of Sociology and Anthropology Research*, 10 (1) :13-31.
- Tsai W. T., Chou C. C., Lee C. T. & Chang Y. M. (2013). Characteristics of particulate matter and gaseous pollutants emitted from residential biomass combustion in Taiwan. *Atmospheric Environment*, 70 : 403-411.
- Tubiana L. & Kieken H. (2007). L'urgence climatique : une occasion pour l'Europe ? *Etudes*, 406 (6) : 749-758.
- Vanara N. & Maire R. (2008). Déforestation et érosion des sols dans les montagnes karstiques du Guizhou, Chine, *Les Cahiers d'outre-mer*, 244 : 507-532.
- Venn A., Dupont B., Martin C. & Leroy D. (2003). Étude des impacts de la pollution sur la santé urbaine. *Journal de Santé Publique*, 12(3) : 245–260.

- Villenave E., Aymoz G., Beekmann M., Baeza-Squiban A. & Colosio J. (2012). *Pollution atmosphérique*. Numéro spécial: 10-16.
- Vos J. & Vis M. (2010). Making charcoal production in Sub Sahara Africa sustainable. Report prepared for the Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation, Government of the Netherlands, 59 p.
- Watson G., Chow C., Bowen L., Lowenthal H., Hering S., Ouchida P. & Oslund W. (2000). Air quality measurements from the Fresno Supersite. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 50(8): 1321-1334.
- Weber M. (1917). Science as a vocation. *Essays in Sociology*, New York, *Oxford University Press*: 11–39.
- Whitby K. (1977). Physical characterisation of aerosols. *Methods and standards for environmental measurement*, 464: 165-172.
- Williams M. (2000). Dark ages and dark areas: global deforestation in the deep past. *Journal of Historical Geography*, 26(1): 28-46.
- World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. Geneva: World Health Organization. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/204585/9789241565196_fre.pdf?sequence=1
- Yao K. (2014). L'impact des unités industrielles de transformation du bois sur le développement urbain à Daloa. Thèse unique de doctorat, géographie, urbanisation, Université Félix Houphouët Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 293 p.
- Young S., McCauley J., Galetti M. & Dirzo R. (2016). Patterns, causes, and consequences of Anthropocene defaunation. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 47(1) : 333-358.
- Zamblé F. (2009). Côte d'Ivoire, les bois et les chimpanzés sont aussi victimes de la crise politique. *IPS-IFEJ*, Abidjan. <https://ipsnews.net/francais/2009/06/29/cote-divoire-le-bois-et-les-chimpanzés-sont-aussi-des-victimes-de-la-crise-politique/> (Consulté le 23/03/2022).

- Zelikoff J., Chen C., Cohen M. & Schlesinger R. (2002). The toxicology of inhaled wood smoke, *Journal of Toxicology and Environmental Health. Part B, Critical Reviews*, 5: 269-282.
- Zhou Y. & Wang R. (2012). Volatile organic compounds in ambient air: sources, health effects, and control. *Environmental Science and Pollution Research*, 19(6): 2284–2296.
- Zobo J., Biwolé B., Fedoung E., Ekassi T., Hubert D., Ducenne H., Tamba G. & Mouangue R. (2020). Les techniques de carbonisation et les essences utilisées influencent les attributs de qualité des charbons de bois produits avec des déchets de scierie industrielle dans l'Est-Cameroun. *Bois & Forêts des Tropiques*, 345: 65–74.

ANNEXES

1- QUESTIONNAIRE ADRESSE AUX PRODUCTEURS DE CHARBON DE BOIS

FICHE ENQUETE PRODUCTEURS DE CHARBON

03/2020-04/2020 - UJLoG

Nous vous remercions d'avoir accepté de répondre à nos questions. Notre entretien va porter la productions de charbon de bois. Nous voulons comprendre l'impact de sa production sur l'environnement, l'économie et la santé des citoyens. Notre discussion portera sur plusieurs axes et nous serons heureux de bien comprendre votre point de vue. Vous pouvez parler librement, de la façon la plus simple.

IDENTIFICATION DE L'ENQUÊTE

1. Nom et prénoms

2. Sexe

1. Masculin 2. Féminin

3. Tranche d'âge

1. 10-20ans 2. 21-40ans 3. 41-60ans
 4. +60ans

4. Fonction de l'enquêté

1. Propriétaire de meule
 2. Responsable De Production
 3. Surveillant de meules
 4. Autre

5. Niveau d'instruction

1. Analphabète
 2. Primaire
 3. Secondaire
 4. Supérieur
 5. Ecole coranique ou confessionnelle

6. Depuis combien de temps vous faite ce travail ici?

7. Avec combien de personnes travaillez-vous ?

RECUEIL DES DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES

MODE D'APPROVISIONNEMENT

8. Avec quelle est la source d'énergie la cuisine est faite chez vous?

1. Gaz 2. Bois de chauffe 3. Charbon de bois 4. Electricité
-

9. Pourquoi préférez vous cette source d'énergie?

10. Comment se fait votre approvisionnement en bois ?

1. Achat auprès des industries du bois
 2. Achat auprès des particuliers
 3. Prélèvement direct en forêt
 4. Autres

11. Comment se fait le transport de votre matière première (bois)?

1. Charrettes 2. Camions
 3. Motos 3 roues 4. Autres (à préciser)

12. Pour vous quelle est la quantité minimale pour démarrer une production de charbon?

13. Combien dépensez-vous pour cette quantité de bois de la coupe jusqu'à la transformation en charbon de bois?

14. Quelles sont les essences les plus utilisées pour la fabrication du charbon avant 2012?

15. Quelles sont les essences les plus utilisées pour la fabrication du charbon avant 2020?

16. Combien de sacs de charbon obtenez vous d'une meule de 5 tonnes?

17. A combien vendez-vous un sac de charbon?

18. Quelle est la fréquence de production du charbon ?

1. 1semaine 2. 2semaines
 3. 4semaines 4. 6semaines
 5. 8semaines 6. 10semaines
 7. 12semaines 8. Autres (à préciser)

19. combien de personnes mobilisez-vous pour accomplir ces tâches?

20. combien sont-elles rémunérées?

21. Qui sont vos clients ?

1. Les détaillants 2. Les demi-grossistes
 3. Les grossistes 4. Autres (à préciser)

22. D'où viennent-ils ?

1. Daloa 2. Autres

23. Quel est l'état est la consommation actuelle du charbon par rapport aux années avant 2012?

1. Faible 2. Constante 3. En augmentation

24. Qu'est-ce qui explique cette situation?

25. Payez-vous des taxes?

1. Oui 2. Non

26. Si oui, lesquelles?

1. Impôts 2. Taxes communales
 3. Impôts et taxes communales 4. Autres à préciser

27. Avez-vous en moyenne combien de meules en production par mois ?

1. 1 2. 2 3. 3 4. 4 5. 5 6. 6
 7. 7 8. 8 9. 9 10. 10

28. Quelles sont les difficultés que vous rencontrez de l'achat du bois jusqu'à la fabrication du charbon

ENVIRONNEMENT ET SANTE

29. Quelle est votre fréquence d'approvisionnement actuelle?

1. 2 semaines 2. 1 mois
 3. 2 mois 4. 3 mois
 5. 4 mois 6. Autres (à préciser)

30. Quelle etais la fréquence avant 2012?

1. 1 semaine 2. 2 semaines
 3. 1 mois 4. 2 mois
 5. 3 mois 6. 4 mois
 7. Autres (à préciser)

31. Quelle est la raison de ce constat?

32. Quelles sont vos sources d'alimentation en eau?

1. Robinet 2. Puit 3. Cours d'eau
 4. Lac 5. Autre

33. Comment gerez-vous vos eaux usées?

1. Traitement 2. Rejet direct 3. Autres

34. Quels sont les avantages de produire le charbon près des populations?

35. Quels sont les inconvénients de la production du charbon au milieu de la population?

36. Avez-vous souvent des soucis de santé dans l'exercice de votre travail?

1. Oui 2. Non

37. De quoi souffriez-vous?

1. Fatigue générale 2. Anémie
 3. Paludisme 4. Irritations oculaires
 5. Maux de gorge 6. Toux
 7. Rhume 8. Sunisite
 9. Rhinite allergique 10. Pneumonie
 11. Bronchite 12. Autres

38. Avez-vous de membres de votre équipe de travail qui ont été malade ces 6 derniers mois?

1. Oui 2. Non

39. A quelle période ces maladies sont-elles plus fréquentes?

40. Quelle est la nature de la maladie dont ils souffraient?

1. Fatigue générale 2. Anémie
 3. Paludisme 4. Irritations oculaires
 5. Maux de gorge 6. Toux
 7. Rhume 8. Sunisite
 9. Rhinite allergique 10. Pneumonie
 11. Bronchite 12. Autres

41. Combien de temps a duré votre maladie?

1. 3 jours 2. 1 semaine 3. 2 semaines
 4. 3 semaines 5. 1 mois 6. 2 mois
 7. 3 mois 8. 4 mois 9. Autres

42. Combien de temps la maladie de vos collègues a duré?

1. 3 jours 2. 1 semaine
 3. 2 semaines 4. 3 semaines
 5. 1 mois 6. 2 mois
 7. 3 mois 8. 4 mois
 9. Autres (à préciser)

43. Combien de temps s'écoule entre les différentes maladies ?

- 1. 1semaine
- 2. 2semaines
- 3. 4semaines
- 4. 2 mois
- 5. 3 mois
- 6. 6 mois
- 7. 4 mois
- 8. 8 mois
- 9. 12 mois
- 10. Autres (à préciser)

44. Impact de ces maladies sur le rendement votre groupe?

45. Quels sont les dangers liés à l'exercice de ce métier ?

- 1. Brulures
- 2. Blessures
- 3. Suffocation
- 4. Autres(à préciser)

46. Comment vous vous soignez en cas de maladie?

- 1. Médecine traditionnelle
- 2. Médecine moderne
- 3. Automédication médecine moderne
- 4. Automédication médecine traditionnelle
- 5. Autres(à préciser)

47. Combien vous coûte en moyenne la maladie

48. Quels sont les centres de santé que vous fréquentez le plus souvent en cas de maladie?

- 1. Centres de santé communautaire
- 2. Hôpital général
- 3. Hôpital régional
- 4. CHU
- 5. Autres (à préciser)

2- QUESTIONNAIRE ADRESSE AUX TRAVAILLEUSES DE LA CHARBONNIERE

QUESTIONNAIRE DES TRAVAILLEUSES DE LA CHARBONNIERE

03/2020-04/2020 - UJLoG2020

Nous vous remercions d'avoir accepté de répondre à nos questions. Notre entretien va porter sur vos activités dans la charbonnière. Nous voulons comprendre votre rôle dans la production du charbon, les avantages et les inconvénients socio-économiques et sanitaires liés à votre travail. Vous pouvez parler de la façon la plus simple. Notre entretien sera retranscrit de façon anonyme.

IDENTIFICATION DE L'ENQUÊTE

1. Nom et prénoms

2. Dans quelle tranche d'âge vous situez-vous ?

1. Moins de 20 ans 2. De 21 à 40 ans
 3. De 41 à 60 ans 4. Plus de 60 ans

3. Quelle est votre fonction ?

1. Entretien de meule 2. Ramasseuse de charbon
 3. Vendeuse de charbon 4. Autres

4. Niveau d'instruction de la personne enquêtée

1. Analphabète
 2. Primaire
 3. Secondaire
 4. Supérieur
 5. Ecole coranique ou confessionnelle

5. Quelle est votre situation matrimoniale ?

1. Célibataire 2. Vivant maritalement 3. Marié(e)
 4. Séparé(e) 5. Divorcé(e) 6. Veuf(ve)

6. Nombre d'enfants

7. Combien êtes-vous dans votre équipe de travail ?

SOCIO-ECONOMIE

8. Pour votre cuisine quelle source d'énergie utilisez-vous ?

1. gaz, bois de chauffe, charbon de bois, électricité, autres

9. Que pensez-vous du charbon de bois ?

10. Quelle est votre fréquence d'utilisation du charbon ?

1. journalière, hebdomadaire, mensuelle, autres

11. achetez-vous au détail ou par sac ?

1. détail, sac

12. Combien dépensez-vous en charbon par jour ou par mois ?

13. Quels sont les avantages de l'utilisation du charbon de bois ?

14. Quels sont les inconvénients de l'utilisation du charbon de bois ?

15. Depuis combien de temps travaillez-vous à la charbonnière ?

1. 0-2 ans 2. 3-5 ans 3. 6-8 ans
 4. 9-10 ans 5. 10-15 ans 6. 16-20 ans
 7. +20ans

16. Combien de temps travaillez-vous par jour ?

1. 2-4H 2. 5-8H 3. 9-10H
 4. 11-12H 5. +12H

17. Combien de jours travaillez-vous par semaine ?

1. 1Jour 2. 2Jours 3. 3Jours 4. 4Jours
 5. 5Jours 6. 6Jours 7. 7Jours

18. Quels sont les avantages du travail à la charbonnière ?

19. Quelles sont les inconvénients du travail à la charbonnière ?

20. A quel moment ressentez-vous les rejets des meules ?

21. Ce travail vous rapporte combien par mois ?

22. Ferez-vous ce travail si vous aviez le choix ?

23. Quelles sont les difficultés liées à votre travail?

24. Comment trouvez-vous l'exercice de votre activité?

1. je n ai pas autre choix 2. ingrat
 3. fatiguant 4. je m en sors avec
 5. passionnant 6. autres

ENVIRONNEMENT ET SANTE

25. Avez-vous régulièrement du travail?

1. oui 2. non

26. Combien de meules entretenez-vous par mois?

1. 1 2. 2 3. 3 4. 4
 5. 5 6. 6 7. 7 8. 8
 9. 9 10. 10 11. autres

27. Avant 2015 combien de meules aviez-vous à votre charge par mois?

1. 1 2. 2 3. 3 4. 4 5. 5 6. 6

28. Pourquoi cette situation?

29. Êtes-vous souvent malade?

1. oui 2. non

30. De quoi souffrez-vous le plus souvent?

1. Fatigue 2. Anémie
 3. Irritations oculaires 4. Rhume
 5. Toux 6. Crise d'asthme
 7. Maux de gorge 8. Paludisme
 9. Bronchite 10. Pneumonie
 11. Sunisite 12. Ecoulement nasal
 13. Autres

31. Combien de temps avez-vous été malade?

1. 3 jours 2. 1 semaine 3. 2 semaines
 4. 3 semaines 5. 4 semaines 6. 6 semaines
 7. 8 semaines 8. 12 semaines 9. permanent
 10. autres

32. Avez-vous eu des membres de votre équipe malade ces 6 derniers mois?

1. oui 2. non

33. Si oui, combien ont été malade?

34. De quoi souffrent-ils?

1. Fatigue 2. Anémie
 3. Paludisme 4. Irritations oculaires
 5. Rhume 6. Toux
 7. Crise d'asthme 8. Maux de gorge
 9. Bronchite 10. Pneumonie
 11. Sunisite 12. Ecoulement nasal
 13. Autres

35. Avez-vous des cas d'abandon à cause de ces maladies?

1. oui 2. non

36. Combien de personnes ont perdu leur emploi pour cause de maladie?

37. Avez-vous des cas de décès dû à ces memes maladies?

1. oui 2. non

38. Cela concerne combien de personnes de votre équipe?

39. En cas de maladie comment faites-vous pour vous soignez?

1. Médecine traditionnelle
 2. Médecine moderne
 3. Automédication médecine moderne
 4. Automédication médecine traditionnelle
 5. Autres

40. Pourquoi optez-vous pour ce mode de traitement?

41. Combien coûte vos traitements en cas de maladie?

42. Combien de temps separe la survenue de ces maladies?

1. 1semaine 2. 2semaines 3. 4semaines
 4. 8semaines 5. 12semaines 6. autre

43. Hormis la maladie quels sont les dangers liés a votre travail?

1. Brulures 2. Blessures 3. Suffocation
 4. Coups de chaleur 5. Autres

3- QUESTIONNAIRE ADRESSE AUX EX-TRAVAILLEUSES DE LA CHARBONNIERE

QUESTIONNAIRE ADRESSE AUX EX-TRAVAILLEUSES DE LA CHARBONNIERE

03/2020-04/2020 - UJLoG2020

Nous vous remercions d'avoir accepté de répondre à nos questions. Notre entretien va porter sur vos activités dans la charbonnière. Nous voulons comprendre votre rôle dans la production du charbon, les avantages et les inconvénients socio-économiques et sanitaires liés à votre travail. Vous pouvez parler de la façon la plus simple. Notre entretien sera retranscrit de façon anonyme.

IDENTIFICATION DE L'ENQUÊTE

1. Nom et prénoms

2. Dans quelle tranche d'âge vous situez-vous ?

1. Moins de 20 ans 2. De 21 à 40 ans
 3. De 41 à 60 ans 4. Plus de 60 ans

3. Quelle était votre fonction à la charbonnière ?

1. Entretien de meule 2. Ramasseuse de charbon
 3. Vendeuse de charbon 4. Autres

4. Quel est votre niveau d'instruction ?

1. Analphabète
 2. Primaire
 3. Secondaire
 4. Supérieur
 5. Ecole coranique ou confessionnelle

5. Quelle est votre situation matrimoniale ?

1. Célibataire 2. Vivant maritalement 3. Marié(e)
 4. Séparé(e) 5. Divorcé(e) 6. Veuf(ve)

6. Nombre d'enfants

SOCIO-ECONOMIE

7. Quelle énergie utilisez-vous principalement votre cuisine ?

1. gaz, électricité, bois, charbon de bois

8. Pourquoi préférez-vous cette énergie ?

9. Combien de temps aviez-vous travaillé à la charbonnière ?

1. 0-2 ans 2. 3-5 ans 3. 6-8 ans
 4. 9-10 ans 5. 10-15 ans 6. 16-20 ans
 7. +20ans

10. Combien de jours travaillez-vous par semaine ?

1. 1Jour 2. 2Jours 3. 3Jours 4. 4Jours
 5. 5Jours 6. 6Jours 7. 7Jours

11. Combien d'heure travaillez-vous par jour ?

1. 4h 2. 5h 3. 6h 4. 7h 5. 8h
 6. 9h 7. 10h 8. 11h 9. 12h 10. 13h
 11. 14h 12. 15h

12. Où habitiez-vous à cette époque ?

1. Sur place
 2. quartier proche de la charbonnière
 3. quartier éloigné

13. Votre équipe était composée de combien de personnes ?

14. combien gagnez-vous chaque mois ?

15. Comment se faisait la répartition des gains ? et qui le faisait ?

ENVIRONNEMENT ET SANTE

16. Avez-vous régulièrement du travail ?

1. oui 2. non

17. Si non pourquoi ?

18. Combien de meules entreteniez-vous par mois à vos débuts ?

1. 1 2. 2 3. 3 4. 4
 5. 5 6. 6 7. 7 8. 8
 9. 9 10. 10 11. autres

19. Combien de meules entreteniez-vous par mois au moment où vous quittiez le travail?

- 1.1 2.2 3.3 4.4 5.5 6.6
 7.7 8.8 9.9 10.10

20. Avez-vous constaté une évolution de la taille des meules? si oui dans quel sens?

21. Quels sont les avantages de la production du charbon près de la population?

22. Quels sont les désagréments liés à la production du charbon dans le quartier?

23. A quel moment ces désagréments sont plus ressentis?

24. Pourquoi avez-vous quitté votre travail?

1. Cause de maladie 2. Nouvelle opportunité
 3. Perte du travail 4. Renvoi
 5. Travail irrégulier 6. autre

25. Étiez-vous souvent malade?

1. oui 2. non

26. A quelle fréquence tombiez-vous malade?

1. 1 semaine 2. 2 semaines 3. 4 semaines
 4. 6 semaines 5. 8 semaines 6. autres

27. De quoi souffrez-vous le plus souvent?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> 1. Fatigue | <input type="checkbox"/> 2. Anémie |
| <input type="checkbox"/> 3. Maux de tête | <input type="checkbox"/> 4. Irritations oculaires |
| <input type="checkbox"/> 5. Rhume | <input type="checkbox"/> 6. Toux |
| <input type="checkbox"/> 7. Crise d'asthme | <input type="checkbox"/> 8. Maux de gorge |
| <input type="checkbox"/> 9. Paludisme | <input type="checkbox"/> 10. Bronchite |
| <input type="checkbox"/> 11. Pneumonie | <input type="checkbox"/> 12. Sunsite |
| <input type="checkbox"/> 13. Écoulement nasal | <input type="checkbox"/> 14. Avc |
| <input type="checkbox"/> 15. Autres | |

28. Combien de temps restez-vous malade?

1. 3 jours 2. 1 semaine
 3. 2 semaines 4. 3 semaines
 5. 4 semaines 6. 6 semaines
 7. 2 mois 8. 3 mois
 9. 4 mois 10. 6 mois
 11. en permanence 12. autres

29. Avez-vous des cas d'abandon à cause de ces maladies?

1. oui 2. non

30. Combien de personnes que vous connaissez ont quitté leur emploi pour cause de maladie?

31. Avez-vous des cas de décès des travailleurs?

1. oui 2. non

32. La cause du décès était liée à son travail?

33. En cas de maladie comment faites-vous pour vous soigner?

1. Médecine traditionnelle
 2. Médecine moderne
 3. Automédication médecine moderne
 4. Automédication médecine traditionnelle
 5. Autres

34. Le quelle de ces traitements privilégiez-vous en cas de maladie

1. médecine moderne
 2. médecine traditionnelle
 3. automédication médecine moderne
 4. automédication médecine traditionnelle

35. Pourquoi choisissez-vous en premier ce mode de traitement?

36. Combien dépensez-vous en cas de maladie?

37. Combien de temps sépare la survenue de ces maladies?

1. 1 semaine 2. 2 semaines 3. 4 semaines
 4. 8 semaines 5. 12 semaines 6. autre

38. Où vous soignez-vous?

1. FSUCOM 2. CHR 3. Clinique privée
 4. CHU

39. Hormis la maladie quels sont les dangers liés à votre travail?

1. Brulures 2. Blessures 3. Suffocation
 4. Coups de chaleur 5. Autres

4- QUESTIONNAIRE ADRESSE AUX POPULATIONS EXERÇANT DES ACTIVITÉS PRES DE LA CHARBONNIERE

FICHE ENQUETE PRODUCTEURS DE CHARBON

03/2020-04/2020 - UJLoG

Nous vous remercions d'avoir accepté de répondre à nos questions. Notre entretien va porter sur de sites de productions de charbon de bois en ville. Nous voulons comprendre l'impact de cette production sur l'environnement, l'économie et la santé des citoyens que nous sommes. Notre discussion portera sur plusieurs axes et je serai heureux de bien comprendre votre point de vue. Vous pouvez parler librement et simplement. Notre entretien sera retranscrit de façon anonyme.

OBSERVATION DE L'ENQUÊTEUR

SITUATION DU SITE DE PRODUCTION

1. A quelle distance l'enquêté travail-t-il par rapport aux producteurs de charbon de bois ?

1. Moins de 100 m 2. -de 500 m 3. +de 500 m

2. Quel est l'état atmosphérique de la zone?

1. Présence continue de fumées
 2. Présence constante d'odeurs
 3. Présence incessante de particules atmosphériques
 4. Présence permanente de poussières
 5. Rien à signaler

3. L'enquêté utilise-t-il du matériel de protection pendant son travail ?

1. Oui 2. Non

4. Si oui lesquels?

1. Cache nez 2. Masque complet
 3. Ensemble embout buccale 4. Cagoule
 5. Casque 6. Tissu
 7. Autres

IDENTIFICATION DE L'ENQUÊTE

5. Nom et prénoms

6. SEXE

1. MASCULIN 2. FEMININ

7. Tranche d'âge

1. 10-20ans 2. 21-40ans 3. 41-60ans
 4. +60ans

8. Quelle est l'activité que vous exercez ?

9. NIVEAU D'INSTRUCTION

1. Analphabète
 2. Primaire
 3. Secondaire
 4. Supérieur
 5. Ecole coranique ou confessionnelle

10. Catégorie socio-professionnelle

1. Agriculteur
 2. Commerçant, artisan, chef Entreprise
 3. Cadre.Prof.Intellectuelle.Sup.
 4. Profession intermédiaire
 5. Employé
 6. Ouvrier
 7. Chomeur
 8. Elève, Etudiant
 9. Inactif
 10. Autre

11. Avec combien de personnes travaillez-vous ?

12. Lieu d'habitation

1. Sur place 2. -500m 3. +1000m
 4. Dans un quartier éloigné 5. Autres

RECUEIL DES DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES

MODE D'APPROVISIONNEMENT

13. Pour votre cuisine quelle source d'énergie utilisez-vous ?

- 1. Bois + électricité
- 2. Charbon de bois
- 3. Gaz
- 4. Électricité
- 5. Bois + gaz
- 6. Gaz + charbon
- 7. Charbon+bois
- 8. Bois+charbon+gaz
- 9. Autres
- 10. bois+charbon+gaz+électricité
- 11. gaz+électricité
- 12. charbon+électricité
- 13. bois

14. Quelle est votre source d'énergie préférée?

- 1. Charbon
- 2. Bois
- 3. Gaz
- 4. Electricité
- 5. Autre

15. (Si c'est le charbon) pourquoi préférez-vous le charbon de bois ?

- 1. Accès facile
- 2. Faible coût
- 3. Bon apport énergétique
- 4. Facile à utiliser
- 5. Autres

16. Comment se fait votre approvisionnement ?

- 1. Détail
- 2. Par sac
- 3. Autres

17. Quelle est votre fréquence d'approvisionnement ?

- 1. Par jour
- 2. Par semaine
- 3. Par mois
- 4. Autres

18. Combien dépensez vous en charbon par jour ou par mois?

ENVIRONNEMENT ET SANTE

19. Fumez-vous ?

- 1. Oui
- 2. Non

20. Depuis quand exercez-vous ce métier dans cette zone?

- 1. 1an
- 2. 2ans
- 3. 3ans
- 4. 5ans
- 5. 7ans
- 6. 10ans
- 7. +10ans
- 8. autres

21. Combien de temps dure votre journée de travail ?

- 1. 2H
- 2. 4H
- 3. 6H
- 4. 8H
- 5. 10H
- 6. +10H

22. Que pensez vous de votre proximité avec la charbonnière?

23. Quels avantages vous tirez de cette proximité?

24. Quels sont les inconvénients liés cette proximité?

25. Ces inconvénients sont permanents ou périodiques?

26. A quel moment les ressentez vous le plus?

27. Quelles sont selon vous les conséquence de votre proximité avec la charbonnière sur votre quotidien?

28. Avez-vous souvent les maladies des voies aériennes?

- 1. Oui
- 2. Non

29. Si oui de quoi souffriez-vous?

- 1. Rhume
- 2. Asthme
- 3. Rhinite allergique
- 4. Sinusite
- 5. Mal de gorge
- 6. Toux
- 7. Pneumonie
- 8. bronchite
- 9. Autres

30. Combien de temps a duré votre maladie?

- 1. 3jours
- 2. 1semaine
- 3. 2semaines
- 4. 4semaines
- 5. 6semaines
- 6. 8semaines
- 7. 10semaines
- 8. 12semaines
- 9. 6mois
- 10. autres

31. Quelle est la fréquence de réapparition de ces maladies?

- 1. 2 semaines
- 2. 1 mois
- 3. 2 mois
- 4. 3 mois
- 5. 6 mois
- 6. +6 mois

32. Avez-vous des collègues qui ont été malade ces 6 derniers mois?

- 1. Oui
- 2. Non

33. Combien de temps ont-ils été malade?

- 1. 1 semaine
- 2. 2semaines
- 3. 1mois
- 4. 2mois
- 5. 3mois
- 6. 6 mois
- 7. +6 mois

34. Comment vous vous soignez en cas de maladie?

- 1. Médecine traditionnelle
- 2. Médecine moderne
- 3. Automédication médecine moderne
- 4. Automédication médecine traditionnelle
- 5. Autres(à préciser)

35. Pourquoi vous choisissez en premier ce mode de traitement?

36. Combien vous coûte en moyenne la maladie

37. Quels sont les centres de santé que vous fréquentez le plus souvent en cas de maladie?

1. HG 2. CSU 3. CHR
 4. CHU 5. AUTRES
-

5- QUESTIONNAIRE ADRESSE AUX POPULATIONS RIVERAINES DE LA
CHARBONNIERE

QUESTIONNAIRE DES POPULATIONS RIVERAINES DE LA CHARBONNIERE

*Nous vous remercions de nous accorder de votre temps pour répondre à nos questions.
Les réponses seront analysées de façon anonyme.*

OBSERVATION DE L'ENQUETEUR/SITUATION DE L'HABITATION

1. Quel est le type d'habitation ?

- 1. Construction en ciment
- 2. Construction en bois
- 3. Construction en hutte
- 4. Construction en terre battue
- 5. Autre à Préciser

2. A quelle distance la maison est-elle par rapport à la charbonnière?

- 1. Moins de 100 m
- 2. - de 500 m
- 3. + de 500 m

3. Etat atmosphérique de la zone

- 1. Présence constante de fumées
- 2. Présence constante d'odeurs
- 3. Présence incessante de particules atmosphériques
- 4. Présence permanente de poussières
- 5. Rien à signaler

4. Quelles sont les activités qui se déroulent près de l'habitation?

- 1. Commerce
- 2. Artisanat
- 3. Elevage
- 4. Agriculture
- 5. Autres
- 6. Neant

IDENTIFICATION DE L'ENQUÊTE

5. Nom et prénom(s)

6. Sexe

- 1. masculin
- 2. Féminin

7. Tranche d'âge

- 1. 10-20ans
- 2. 21-40ans
- 3. 41-60ans
- 4. +60ans

8. Niveau d'instruction de la personne enquêtée

- 1. Analphabète
- 2. Primaire
- 3. Secondaire
- 4. Supérieur
- 5. Ecole coranique ou confessionnelle

9. Profession

10. Statut Matrimonial

- 1. Célibataire
- 2. Marié(e)
- 3. Divorcé(e)
- 4. Veuf(ve)
- 5. Autre

ENVIRONNEMENT ET ECONOMIE

11. Depuis quand habitez-vous cette maison ou ce quartier?

- 1. 0-5ans
- 2. 5-10ans
- 3. 10-15ans
- 4. 15-20ans
- 5. +20ans

12. Combien de personnes vivent dans votre maison ?

13. Pour votre cuisine, quelle est source d'énergie utilisez-vous ?

- 1. Bois
- 2. Charbon de bois
- 3. Gaz
- 4. Electricité

14. Que pensez-vous du charbon de bois?

- 1. Très bonne source d'énergie
- 2. Je l'utilise rarement
- 3. Je ne l'utilise pas

15. Quel avantage il y a à utiliser le charbon de bois ?

- 1. Niveau réduit de fumée
- 2. Facile à trouver
- 3. Faible coût
- 4. Manipulation facile
- 5. Combustion propre
- 6. Autres

16. Quels sont les inconvénients de l'usage du charbon de bois ?

- 1. Salissant
- 2. Brûlure
- 3. Temps long de cuisson
- 4. Produit de l'oxyde de carbone
- 5. Contribue au déboisement
- 6. Autres

17. Comment se fait votre ravitaillement en charbon de bois ?

- 1. Détail
- 2. Par sac
- 3. Autres

18. Quelle est la fréquence de votre ravitaillement ?

- 1. Par jour
- 2. Par semaine
- 3. Par mois
- 4. Autres

19. Combien vous coûte le charbon par mois ?

- 1. 1000f
- 2. 3000f
- 3. 6000f
- 4. 10000f
- 5. 15000f
- 6. +15000f

20. Saviez-vous qu'il existe une charbonnière dans votre quartier ?

- 1. Oui
- 2. Non

21. Pour vous quels sont les avantages de sa localisation dans votre quartier ?

22. Avez-vous des préoccupations particulières par rapport sa présence ?

- 1. Oui
- 2. Non

23. Si oui lesquelles ?

- 1. Emanations de fumée
- 2. Les poussières
- 3. Les odeurs
- 4. Autres

24. Ces préoccupations sont permanentes ?

- 1. oui,non

25. Si non, à quel moment elles sont plus ressenties ?

26. Que faites-vous face au rejets de la charbonnière ?

SANTE

27. Fumez-vous ?

- 1. Oui
- 2. Non

28. Avez-vous souvent les maladies des voies aeriennes ?

- 1. Oui
- 2. Non

29. Lesquelles ?

- 1. Rhume
- 2. Asthme
- 3. Rhinite allergique
- 4. Sinusite
- 5. Mal de gorge
- 6. Pneumonie
- 7. Toux
- 8. Bronchite
- 9. Autres

30. Quelle est la durée moyenne de la maladie ?

- 1. 3jours
- 2. 1Semaine
- 3. 2Semaines
- 4. 3Semaines
- 5. 1Mois
- 6. 2Mois
- 7. 3Mois
- 8. 4Autres

31. Combien de temps s'écoule entre 2 maladies du même genre ?

- 1. 1semaine
- 2. 2semaines
- 3. 3semaines
- 4. 1mois
- 5. 2mois
- 6. 3mois
- 7. 6mois
- 8. 12mois
- 9. autre

32. Avez-vous des personnes de votre maison qui contractent fréquemment ces maladies ?

- 1. oui
- 2. non

33. Lesquelles ?

- 1. Rhume
- 2. Asthme
- 3. Rhinite allergique
- 4. Sinusite
- 5. Mal de gorge
- 6. Pneumonie
- 7. Toux
- 8. Bronchite
- 9. Autres

34. Combien sont-elles ?

35. Quelle est la durée moyenne de la maladie ?

- 1. 3jours
- 2. 1Semaine
- 3. 2Semaines
- 4. 3Semaines
- 5. 1Mois
- 6. 2Mois
- 7. 3Mois
- 8. 4Autres

36. Combien de temps s'écoule entre 2 maladies du même genre ?

- 1. 1semaine
- 2. 2semaines
- 3. 3semaines
- 4. 1mois
- 5. 2mois
- 6. 3mois
- 7. 6mois
- 8. 12mois
- 9. autre

37. En cas de maladie quel mode de traitement privilégiez-vous ?

- 1. Médecine moderne
- 2. Médecine traditionnelle
- 3. Automédication médecine moderne
- 4. Automédication médecine traditionnelle
- 5. Autres (à préciser)

38. Quels sont les hôpitaux que vous fréquentez ?

1. CSC 2. Hôpitaux généraux
 3. Hôpitaux régionaux 4. CHU
 5. Autres
-

39. Combien vous coûte en moyenne le traitement de ces maladies?

6- GUIDE D'ENTRETIEN ADRESSE AUX RESPONSABLES DE LA CHARBONNIERE

Guide d'entretien des producteurs de charbon de bois

Je vous remercie d'avoir accepté de répondre à nos questions. Notre entretien va porter la production du charbon de bois. Nous voulons comprendre l'impact social, économique, environnemental et de santé et sanitaire de votre activité sur la vie à Daloa. Je serai heureux de bien comprendre votre point de vue à travers des échanges libres et simples. Notre entretien sera enregistré mais retranscrit de façon anonyme. Vos réponses ne serviront qu'à des fins d'analyse.

Heure de début :

heure de fin :

I- Présentation de l'enquêté

- 1- Nom et prénoms :
- 2- Statut :
- 3- Age :
- 4- Durée d'exercice du métier
- 5- Durée de la responsabilité

II- Société et économie

- 6- Pouvez-vous nous parler de la charbonnière depuis sa création jusqu'à ce jour ?
- 7- Pouvez-vous décrire la chaîne de production du charbon de bois ?
- 8- Quels sont les moyens humains mobilisés pour cette production ?
- 9- Quels sont les moyens financiers que cette production induit à chaque étape ?
- 10- Quel est le rendement d'une production ?
- 11- Arrivez-vous à subvenir convenablement aux besoins de votre famille ? justifiez
- 12- Quelle est la situation actuelle de votre approvisionnement en bois ? qu'est ce qui explique cette situation ?
- 13- Rencontrez-vous des difficultés ? lesquelles ?
- 14- Quels sont les avantages et inconvénients de votre activité ?
- 15- Comment êtes-vous perçu dans votre entourage par rapport à votre activité
- 16- Comment s'est fait l'installation de la charbonnière?

III- Environnement

- 17- Combien de personnes travaillaient sur ce site il y a 20 ans et combien êtes-vous actuellement ?
 - 18- Comment expliquez-vous ce changement ?
 - 19- Dans vos débuts combien de meules pouvez-vous produire par mois et combien de meules produisez-vous actuellement par mois ? pourquoi cette situation ?
 - 20- Quelles sont vos relations avec les eaux et forêts et la mairie ? Dans quelle période de l'année, ces maladies sont-elles fréquentes ? Comment se manifestent-elles ?
 - 21- Quel système de prise en charge avez-vous en cas de maladie ? et pour quel coût ?
 - 22- Selon vous, qui sont les populations les plus exposées à ces maladies et pourquoi ?
- Avez-vous des choses à ajouter, des choses dont nous n'avons pas fait cas ?

**7- GUIDE D'ENTRETIEN ADRESSE AUX RESPONSABLES COMMUNAUTAIRES DE LA
POPULATION RIVERAINE DE LA CHARBONNIERE**

GUIDE D'ENTRETIEN POPULATION RIVERAINE DE LA CHARBONNIERE

Nous vous remercions d'avoir accepté de répondre à nos questions. Notre entretien va porter sur de sites de productions de charbon de bois en ville. Nous voulons comprendre l'impact de cette production sur l'environnement, l'économie et la santé des citoyens que nous sommes. Notre discussion portera sur plusieurs axes et je serai heureux de bien comprendre votre point de vue. Vous pouvez parler librement, de la façon la plus simple. Je vous rappelle que notre entretien sera retranscrit de façon anonyme. Vos réponses ne serviront qu'à des fins d'analyse. Elles ne seront jamais reliées à vos nom et prénoms.

I- Présentation de l'enquêté

- Présentation de l'enquêté
- Age :
- Statut :
- Durée de vie dans le quartier

II- Environnement et économie

- Quelle est votre principale source d'énergie pour la cuisson des aliments ? avez-vous d'autres sources d'énergie ? lesquelles ?
- Comment vous vous en procurez ? (Où ? avec qui combien ?).
- Pourquoi avez-vous fait le choix de l'utilisation de cette source d'énergie ? (Les avantages et inconvénients).
- Que pensez vous des activités de la charbonnière dans votre quartier ?
- Quels changements (impacts) avez-vous observé (dans votre environnement) depuis que le charbon est produit ici ?
- Que faites-vous pour faire face à ces impacts dus à la charbonnière ? pensez-vous que la qualité de l'air soit affectée par les activités de la charbonnière ? expliquez.
- Selon vous quels sont les effets de l'usage massif du charbon de bois sur la nature ?

III- SANTE

- Quel est votre avis sur les conséquences de la charbonnière sur la santé des populations riveraines ?
- En cas de maladies avérées dues à la charbonnière, quel est l'itinéraire thérapeutique des malades ? pourquoi ces itinéraires ?
- Dans quelle période de l'année, ces maladies sont-elles fréquentes ? Comment se manifestent-elles ?
- Quels sont les difficultés auxquelles vous exposez les maladies ?
- Selon vous, qui sont les populations les plus exposées à ces maladies et pourquoi ?

Avez-vous des choses à ajouter, des choses dont nous n'avons pas fait cas ?
Nous vous remercions pour votre franche et précieuse collaboration.

PUBLICATION



www.jecet.org

Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology

Section A: Environmental Science

Health impact of urban charcoal production on women workers in the Daloa charcoal factory (Côte d'Ivoire)

**BASSA Koffi Jean-Claude, KOUAME
Kouamé Victor, YAPI Dopé Armel Cyrille,
TIDOU Abiba Sanogo**

Corresponding author: BASSA Koffi Jean-Claude,
Laboratory of Environmental Sciences and Techniques, UFR Environment,
University Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire, BP 150 Daloa. Email :
jcbassa7@gmail.com

Online date of publication: 26.03.2023

Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology



An International Peer Review E-3 Journal of Sciences and Technology

Available online at www.jecet.org

Section A: Environmental Science

Research Article

Health impact of urban charcoal production on women workers in the Daloa charcoal factory (Côte d'Ivoire)

BASSA Koffi Jean-Claude*, KOUAME Kouamé Victor, YAPI Dopé Armel Cyrille,
TIDOU Abiba Sanogo

Laboratory of Environmental Sciences and Techniques, department of Environmental sciences, Jean
Lorougnon Guédé University, Daloa, Côte d'Ivoire, BP 150 Daloa.

Received: 30 January 2023; **Revised:** 12 March 2023; **Accepted:** 24 March 2023

Abstract: The expansion of cities, population growth, and inadequate energy and forestry policies in Côte d'Ivoire have accentuated wood harvesting and increased the use of charcoal as a domestic energy source. In Haut-Sassandra, this energy need is met by charcoal makers who are established throughout the region and even in the town of Daloa. These charcoal makers operating in the town often use female labour to maintain the millstones. These women are therefore very useful human resources for the charcoal makers in the Kennedy district of Daloa. They work 10 to 12 hours a day in an environment dominated by dust, smoke, heat and odours. This study aims to assess the working conditions of these women in the coal mine and the health risks to which they are exposed. To achieve this, a camera, dictaphones and a GPS combined with documentary research, questionnaires and interviews were used as data collection tools. The results show that the women workers are essential to the smooth running of this coal mine. It is thanks to their hard work that the company is still going strong. But the long hours of unprotected work with rudimentary equipment in an environment polluted by the waste from the charcoal kiln affect their health. Bronchitis, pneumonia, headaches, burns and injuries are prevalent and recurrent among these workers.

Keywords: Charcoal production - Daloa - Haut-Sassandra - Health - Urban area - Women,

1. INTRODUCTION

More than 2.4 billion people in the world, about one third of the world's population, still rely on wood for cooking, and many small businesses use wood and charcoal as the main source of fuel to power their operations today ^[1]. Charcoal production has been increasing in sub-Saharan Africa over the past decades due to the huge demand from urban populations and businesses ^[2].

In Côte d'Ivoire, charcoal production began with European explorers in the 19th century ^[3]. From that time onwards, charcoal became a major part of Ivorian life, and it has grown over the years. Charcoal and firewood are the main uses of forest harvesting by rural populations ^[4]. The consumption of this biomass energy concerns 85% to 92% of the rural population ^[5].

The situation in Haut-Sassandra, in Daloa, is not very different from that observed at the national level. In Daloa, charcoal production is important and demand is increasing. In general, it takes place in villages and hamlets. But in the town of Daloa, in the Kennedy District, there is a charcoal factory that has been operating for decades. It employs hundreds of workers, more than half of whom are women. For more than 10 hours a day, these women work in an environment full of smoke, dust, heat and odours. While these emissions from the carbonisation of wood contain elements such as nitrogen oxides, carbon monoxide, volatile organic compounds, unburnt hydrocarbons, polycyclic aromatic hydrocarbons and particles (PM10; PM2.5...) etc. ^[6].

These elements are dangerous for human health. In view of the working conditions of these women, the present study aims to assess the health risks associated with the maintenance of grinding stones among the female workers of the Kennedy district of Daloa. To collect data, research and documentary analysis were coupled with surveys by questionnaires, semi-directive interviews and direct observations.

2. METHODOLOGY

2.1. Presentation of the study area: The study took place in Daloa, in the central west of Côte d'Ivoire, in the Haut-Sassandra region. The town of Daloa is located in an area covered largely by dense forest. The soil is of the ferrallitic type. The hydrographic network is dominated by the Sassandra River and its tributary the Lobo. The climate is subdivided into two main seasons: the long rainy season (April to mid-July) and the long dry season (December to March), interspersed with the short dry season (mid-July to mid-September) and the short rainy season (mid-September to November). Temperatures range from 21 °C to 36 °C. The city has 705,378 inhabitants ^[7]. In the western part of the city is located the Kennedy District, which houses the largest coal mine in the region (**Fig 1**).

2.2 Data collection tools: Data collection was possible thanks to a mixed approach (qualitative and quantitative). The data production techniques used were: desk research, direct observations, questionnaires and individual semi-structured interviews. To this end, questionnaires, an interview guide, an observation grid, a digital camera, a dictaphone and a GPS were used as data production tools.

2.3 Data collection: Documentary research was the first step in data collection. It consisted of consulting existing written documents in the various documentation departments of the following structures Regional Directorate of Environment and Sustainable Development (RDESD), the Regional Directorate of Water and Forests of Daloa (DRWF), the Technical Directorate of the Daloa Town Hall (TD) and the Daloa Health District (HD). The documentary research was also done on the internet. It allowed the collection of written documentation related to charcoal production and the problems created by this activity. Then, texts on charcoal production in Côte d'Ivoire were consulted. Data on the environmental and health risks associated with the activity was collected. Subsequently, a field survey of female charcoal workers was conducted. The aim was to collect quantitative data and semi-structured interviews to explore certain issues in greater depth.

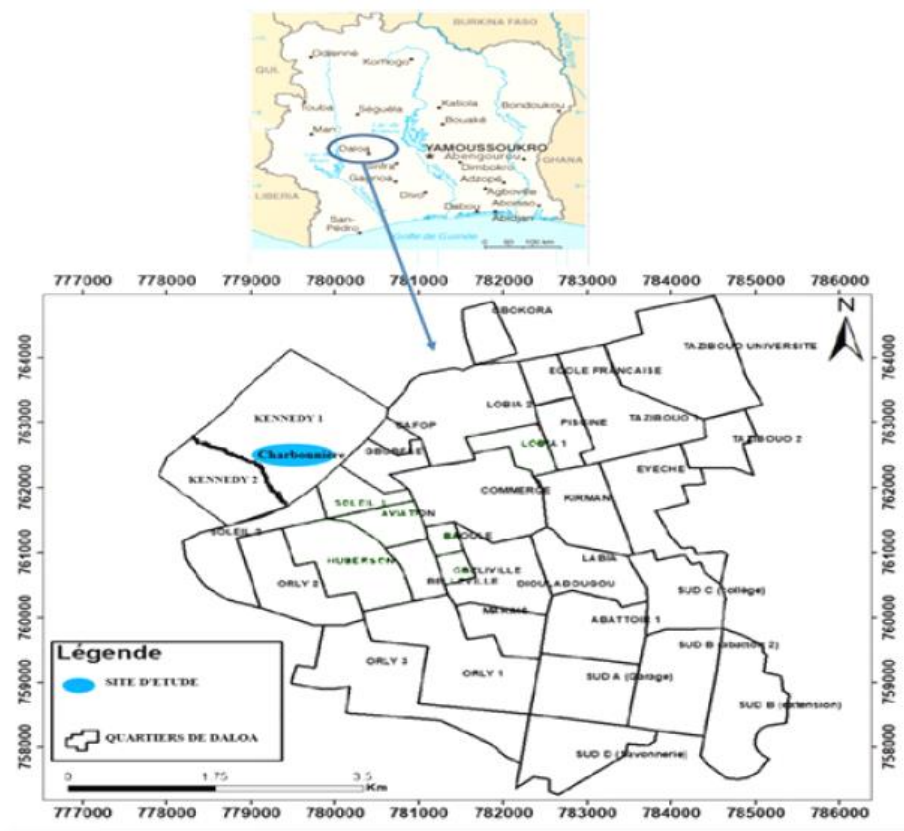


Fig 1: Map of the city of Daloa showing the location of the coal mine

2.4. Sampling methods: Sampling methods for the questionnaires

The sample size to be surveyed was determined according to the method [8]. The formula is:

$$n = t_p^2 * P (1-P) * N / t_p^2 * P (1-P) + (N-1) * y^2$$

n: sample size. *N*: population size 163 women; *P*: expected proportion of a response from the population. *P*= 0.5 by default; *t_p*: confidence interval here is 95%, which corresponds to *t_p* =1.96;

y: the margin of sampling error is 5%. The sample size is 115 workers

For the semi-structured interviews, the contrast sampling methodology according to A.Pires [9] was adopted. The application of this method led to interviews with the women's manager and the oldest worker still in service.

2.5. Data processing and analysis: The processing was done with the Sphinx plus2 v5 TuiTe software, then the results were transferred to Excel 2021 for statistical analysis with the Xlstat 2022.2 software. As for the data from the semi-structured interviews, the notes and recordings were transcribed manually. Subsequently, a simple descriptive statistical analysis was carried out by comparing the percentages. This analysis generated graphs that were used to study the profile of the workers and to determine the effects of coal mining on their health. The prevalence of diseases was determined according to the following formula :

$$prevalence = \frac{\text{number of cases observed at time } t}{\text{population at risk at time } t}$$

3.RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Socio-demographic characteristics of women in the coal mine: Women coal miners are poorly educated. The results revealed that 63.48% of the women workers were uneducated, and of those who were educated, 7.82% had attended Koranic school, compared to 22.61% who had primary school and 6.09% who had secondary school (**Table 1**). These workers are responsible for finishing and maintaining the grinding wheels. Their work begins after the wood has been placed in a pile to form a grinding wheel. They start by covering the pile of wood with grass and then with sawdust before firing the wheel. Once the fire has been lit, they regularly water grindstones to prevent the sawdust from being blown into the neighbourhood. The maintenance of the millstones lasts until the fire is extinguished. It is carried out in teams of an average of 7 persons.

Table 1: Educational level of the women coalminers

Level of education	Respondents	Proportion (%)
No education	73	63,48
Primary e	26	22,61
Secondary school	7	6,09
Koranic or religious school	9	7,82
Total	115	100

The women workers are aged between 12 and 62 years. 16.25% of them are aged between 12 and 17, 23.75% are aged between 18 and 25, 46.25% are aged between 26 and 40, while 11.25% are aged between 41 and 60 and 2.50% are over 60 (**Figure 2**).

In terms of the length of time they have been working on the millstones, 56.25% of the women have been working at the charcoal kiln in the Kennedy District for 1 year, 15% for 4 years and 3.75% for more than 10 years (**Figure 3, 4**). It is a manual activity practised by muscle power and therefore requires the intervention of people in perfect health. For this reason, the age range of 12 to 40 years is dominant. The strong presence of female workers with one year of service could explain the high rate of defections from the work groups. "It is a difficult job that requires a lot of strength and courage, not everyone can cope with it," said a group leader.

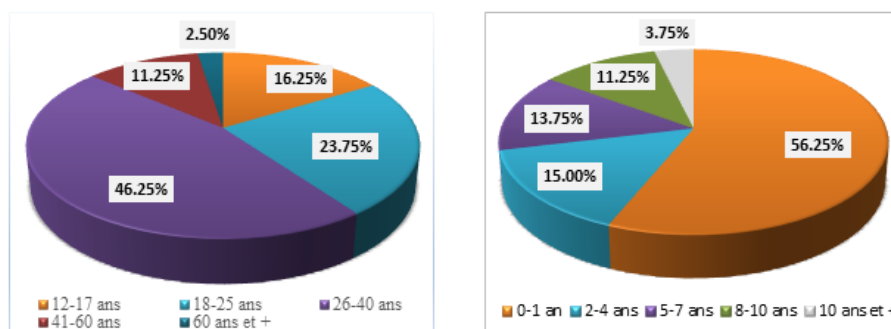


Fig 2: Distribution of female workers by age group **Fig 3:** Length of service in the coal mine



Fig 4: Female coal miners during their daily activities

3.2 Atmospheric condition of the working environment: The results show that the women's work at the Kennedy district charcoal kiln is carried out in an environment that is influenced by the emissions from the burning of wood. The emissions causing these disturbances are 48.70% smoke, 30.43% dust, 13.91% odours emanating from the piles of fresh wood and the wood during the carbonisation process and 6.96% heat (**Table 2**). These women work 6 days/week and at least 10 hours/day in this environment invaded by the carbonisation waste (**Figures 5 and 6**).

Table 2: Atmospheric emissions from the charcoal kiln leading to pollution of the women's working environment

Reported disturbances	Number of observations	Proportion (%)
Smoke	56	48,70
Odour	16	13,91
Dust	35	30,43
Heat	8	6,96
Total	115	100



Fig 5: View of the coal pit at 200 m



Fig 6: Smoke emission from a burning millstone

The daily presence of the workers in this environment, which is influenced by the carbonisation waste, has repercussions on their health. Indeed, the substances released during the carbonisation of wood are harmful to human health. Their continuous presence in the charcoal kiln, invaded by the products of wood combustion, leads inexorably to illness.

3.2.1. Diseases contracted by female workers at the Daloa charcoal factory: The most frequent illnesses among female workers are listed in **Table 3**.

Table 3: Prevalence of illnesses among female workers at the Daloa charcoal factory

Diseases	Number of cases	Proportion (%)
ARI Simple	84	73,04
Severe ARI	9	7,83
General fatigue	94	81,74
Eye irritation	56	48,69
Headaches	82	71,30
Injuries	20	17,39
Burns	37	32,17

The prevalence of general fatigue is 81.74%, the prevalence of acute respiratory infections (simple ARI) is 73.04%, 71.30% for headaches and 48.69% for eye irritations. Severe cases of acute respiratory infections (severe ARI) are also observed (7.83%) as well as injuries (17.39%) and burns (32.17%). *"It is the smoke that makes us very tired. Despite continuous spraying, it does not disappear. By stinging our eyes, they are always red and many start to have problems with diseases"*.

"During the dry season or when it's windy, we can't breathe here. We get cold all the time and we cough a lot".

"Recently I was injured here and the piece of wood broke off to stay in my foot, all my money ended up in the hospital. Otherwise, if it's a cold or eye irritation, we're used to it, we pay for medicine with the women who come to walk around here and it goes away. Here no one considers the common cold yet we are used to it".

These testimonies show the repercussions of millstone maintenance on the health of the workers and the resilience they develop in the face of certain airborne diseases.

3.2.2. Duration and recurrence of diseases: The onset of illness among coal workers generally lasts from 3 days to 12 weeks. Table 4 shows the duration of illnesses contracted by the workers and the time of recurrence of these illnesses.

Table 4: Duration and recurrence time of illnesses

	Duration of illnesses		Cases of recurrence	
	Number of people	Percentage (%)	Number of people	Percentage (%)
3 days - -	7	6,09	-	-
1 week	23	20,00	6	5,08
2 weeks	48	41,74	27	23,73
3 weeks -	16	13,91	-	-
4 weeks	12	10,43	39	33,90
6 weeks - -	9	7,83	-	-
8 weeks			29	25,42
12 weeks			10	8,47
24 weeks			4	3,40
Total	115	100	115	100

The illnesses lasted 3 days for 5.97%, two weeks for 41.79% and one month for 10.45%. But after recovery, cases of recurrence are observed. They occur after one week for 5.08%, two weeks for 23.73% and one month for 33.90% of workers. The duration of the illnesses depends on the type of illness, the severity of the treatment and the method of treatment. For financial reasons or to avoid losing their jobs, workers do everything they can to avoid being absent. The demand for jobs with coal producers is high. Therefore, an absence of more than 3 days can be considered by the producers as a sufficient argument to replace these workers.

DISCUSSION

The results showed that the female charcoal workers in the Kennedy District are mostly illiterate, none of them having higher education. This could be due to the lack of interest in charcoal production for female intellectuals. These results are similar to those of ^[10]. According to these authors, the lack of interest in charcoal production among educated people is due to the fact that this activity is considered tedious and less remunerative. This study also shed light on the rate of morbidity among female coal workers in the Kennedy district of Daloa. The declared morbidity concerns more than 85% of female workers. It is dominated by a high prevalence of general fatigue (81.74%), ARI (73.04%), headaches (71.30%), eye irritation (48.69%), and burns (32.17%). These results are in line with those of ^[11;12] who have shown that the coal industry entails environmental and health risks at every stage of its operation. The high morbidity rates among women workers are justified by their workloads and their prolonged presence near the burning millstones. Indeed, these women are involved in the maintenance of the millstones for 10 to 12 hours a day, 6 days a week. Continuous exposure to burning wood pollutants is therefore a factor that favours the occurrence of diseases in women workers. These results are consistent with those of ^[3] and ^[13], which showed that charcoal mining poses health risks to the operators. Outside of work, the workers' exposure to the waste from charcoal burning continues because they all live in the neighbourhood near the charcoal kiln. The neighbourhood is frequently covered by dust and smoke from the charcoal kiln, mainly at night. Studies conducted by ^[14;15] had pointed out that high exposure to air pollution would lead to the occurrence or aggravation of disease and could lead to premature death.

The high proportions of ARI are thought to be due to frequent inhalation of dust and smoke by female workers. This situation is similar to that observed by ^[3;16] with charcoal burners in Odjokuru country, and fish smokers in Bouaké, and ^[11] in his study of the health impacts of domestic fuelwood use in developing countries. These studies have shown that exposure to pollutants from wood burning in ambient and domestic air is the cause of increased morbidity and is responsible for millions of premature deaths each year.

The high prevalence of general fatigue and headaches is explained in part by the hard work performed daily by the workers ^[17].

At the coal mine, all the work is done by hand and by muscle power. The women carry basins of water, sawdust and grass all day long. This uninterrupted ballet from 10 to 12 hours always ends up blunting them. On the other hand, it would be due to the prolonged inhalation of fumes and dust. This has been demonstrated in studies by ^[18]. According to these studies, headaches and general fatigue occurred frequently in subjects who lived in environments where the air was polluted. The compounds released by wood burning such as carbon monoxide (CO) or low-level ozone frequently inhaled by these women would be the cause of headaches, throat irritation and congestion. Their prolonged exposure to CO, particulate matter, NO_x, SO₂ and VOCs is the basis for cardiovascular and respiratory diseases, headaches and fatigue.

The cases of eye irritation are due to the working environment of the coal mine. Indeed, the particles and smoke emitted by the mills have an irritating effect on the eyes of the workers and on their respiratory and cardiovascular systems. This situation leads to tears, eye burns and also coughing or breathing difficulties for people already suffering from cardiovascular pathologies ^[13-15].

As for the duration of the illnesses and the cases of recurrence observed, the way in which these illnesses are detected and treated could explain these situations. Indeed, women workers rarely go to the doctor. They diagnose their illnesses themselves and systematically resort to self-medication. Thus, as soon as the symptoms of the illness disappear, they declare themselves cured and automatically return to work. These precarious recoveries combined with the constant presence in the polluted area would be a factor that would explain the frequent resurgence of illnesses among the female coal workers in the Kennedy district of Daloa.

CONCLUSION

At the end of this study, it appears that charcoal production is a vital activity for the women workers of the Daloa charcoal kiln. It allows hundreds of women to have a job. But charcoal production also presents risks. It contributes to air pollution through greenhouse gas emissions and has adverse effects on human health. Indeed, during the charcoal production process, the large amount of smoke emissions containing harmful gases and particles are harmful to the health of the workers. On a daily basis, they inhale dust and smoke from burning wood, which exposes them to lung disease (ARI), eye irritation, fatigue and burns in the event of a collapsing millstone and the risk of lung cancer. In addition, the low income they earn and the precariousness of their employment mean that they all self-medicate until the cases get worse before going to hospital. This is also at the root of the numerous and frequent cases of the resurgence of the diseases observed.

REFERENCES

1. FAO, La transformation du secteur du charbon de bois : promouvoir une chaîne de valeur du charbon de bois plus verte pour atténuer les effets du changement climatique et renforcer les moyens d'existence des populations locales. Rapport, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 00153 Rome, Italie, 2017,12.. <https://www.fao.org/forestry/energy>.
2. P.Girard, Quel futur pour la production et l'utilisation du charbon de bois en Afrique? *Unisyva*,2002, 211 (53) : 30-35.
3. M.Akmel , Exploitation du charbon de bois et risques sanitaires en pays Odjukru. *European Scientific Journal, ESJ*, 2012,8 (30): 25-38.
4. PANER,Plan d'Actions nationales des Énergies Renouvelables CÔTE D'IVOIRE Période [2016-2020/2030] dans le cadre de la mise en œuvre de la Politique d'Énergies Renouvelables de la CEDEAO (PERC),2016,
5. PNUD , Étude Nama Sur Le Charbon De Bois Durable En Côte d'Ivoire. Georgina Wilde,2015, 110-185.
6. ADEME (Agence de la transition écologique) , Les composés organiques volatils (COV) : Définition, sources d'émission et impacts.2018.
7. RGPH, Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RPGH) 2021 ; résultats globaux ; Secrétariat Technique Permanent du Comité Technique du RGPH, Côte d'Ivoire ;2021, 37 p.

8. L.M.Rea et R.A.Parker , Calcul de la taille d'un échantillon pour une enquête. *Fiches techniques et méthodologiques*, 1997,4 : 713-716.
9. A.Pires, Échantillonnage et recherche qualitative : essai théorique et méthodologique. *La recherche qualitative. Enjeux épistémologiques et méthodologiques*, 1997,113-169.
10. B.Dro, S. Coulibaly, M. Moreto, T.A. Coulibaly, M. Salla & M.W.Kone, Diversité des espèces végétales utilisées pour la fabrication du charbon de bois dans le Département de Daloa (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*,2021, 33(1), 61-72
11. Kirk R. S. Impacts sur la santé de l'utilisation domestique du bois de feu dans les pays en développement. *Unasylva* 224, 2006, 57, 41-44.
12. Epstein P., Howard Hu H., Landrigan P., Mc Cally M., Parker C., Jonathan Patz J. & Shea K. Full cost accounting for the life cycle of coal. *Ecological Economics Reviews*, 2011, 1219 ; 73–98.
13. J. Mabika, La production de charbon de bois à Essassa en périphérie est de Libreville (Gabon) : entre génération des revenus et risques environnementaux et sanitaires. *Territoires, Sociétés et Santé*,2021, 4 (7) : 113-126.
14. OMS, Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease. Organisation Mondiale de la Santé, second edition, Genève (Suisse), 2016a, 121 p.
15. OMS, Burning opportunity: clean household energy for health, sustainable development, and wellbeing of women and children. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, Genève (Suisse),2016b, 130p.
16. M.Akmel, Impact socio-économique et risques sanitaires liés au fumage du poisson à Bouaké (Côte d'Ivoire), *International Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 2017,4 (9) : 105-112.
17. D. Louppe, Carbonisation, fabrication du charbon de bois. CIRAD UPR BSEF, Campus international de Baillarguet, Montpellier (France),2014, 43 p..
18. OMS, exposure to ambient air pollution from particulate matter in 2016. World Health Organization: 2018,6807-6815

*** Corresponding author: BASSA Koffi Jean-Claude,**

Laboratory of Environmental Sciences and Techniques. UFR Environment,
University Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire, BP 150 Daloa. Email:

jcbassa7@gmail.com

Online date of publication: 26.03.2023

Résumé

La consommation de charbon de bois constitue une source d'énergie domestique prépondérante en Côte d'Ivoire, avec une production qui s'étend sur l'ensemble du territoire national. La ville de Daloa, située dans la région du Haut-Sassandra, illustre parfaitement cette dynamique, où la demande croissante stimule une production intensive, même en milieu habité. Cette étude vise à analyser les impacts socio-économiques, environnementaux et sanitaires liés à l'exploitation du charbon de bois dans le quartier Kennedy de Daloa, en s'appuyant sur une approche écosystémique combinant analyses descriptives et corrélationnelles. Pour ce faire, diverses méthodes de collecte de données ont été mobilisées, incluant observations directes, enquêtes documentaires, questionnaires, interviews, ainsi que des mesures des rejets gazeux et particulaires. Les résultats révèlent que plus de 84 % des ménages du quartier utilisent des ressources ligneuses comme principale source énergétique, avec 70 % recourant spécifiquement au charbon de bois. L'activité générée dans le quartier a permis de mobiliser plus de 22 millions de FCFA en revenus et d'employer plus de 400 personnes, apportant une contribution substantielle aux recettes de l'État. Toutefois, cette exploitation, en raison de sa localisation au sein des zones résidentielles, contrevient aux législations environnementale et forestière en vigueur. Sur le plan écologique, la production de charbon entraîne une dégradation des forêts et des services écosystémiques qu'elles offrent. En outre, les rejets de gaz à effet de serre et les particules fines issus de la combustion plongent régulièrement le quartier sous un voile de fumée et de poussière, particulièrement en saison sèche et durant les heures nocturnes. Les analyses ont montré que, si les concentrations des gaz respectent les limites préconisées par la Côte d'Ivoire et l'OMS, celles des particules fines excèdent les normes, amplifiant les risques sanitaires. En termes de santé publique, l'exposition prolongée aux polluants atmosphériques génère un risque accru de maladies respiratoires aiguës, affectant tant les habitants que les travailleurs des charbonnières, notamment les femmes, qui sont particulièrement vulnérables. De plus, la pénibilité du travail expose les charbonniers à des accidents fréquents et des affections professionnelles. Ainsi, bien que l'activité du charbon de bois contribue positivement à l'économie locale, elle engendre des impacts considérables sur l'environnement et la santé des populations. Il apparaît impératif de mettre en place des mesures de régulation adaptées, afin de réduire les effets néfastes de cette exploitation sur la qualité de vie et la santé publique.

Mots-clés : Côte d'Ivoire, Production de Charbon de bois, milieu urbain, Socio-économie, Environnement, Santé.

Abstract

Charcoal consumption is a predominant source of domestic energy in Côte d'Ivoire, with production spreading throughout the country. The town of Daloa, in the Haut-Sassandra region, is a perfect illustration of this dynamic, where growing demand is stimulating intensive production, even in inhabited areas. The aim of this study is to analyse the socio-economic, environmental and health impacts of charcoal production in the Kennedy district of Daloa, using an ecosystem approach combining descriptive and correlational analyses. Various data collection methods were used, including direct observations, documentary surveys, questionnaires and interviews, as well as measurements of gaseous and particulate emissions. The results show that over 84% of households in the neighbourhood use wood resources as their main source of energy, with 70% relying specifically on charcoal. The activity generated in the neighbourhood has generated more than 22 million CFA francs in revenue and employed more than 400 people, making a substantial contribution to government revenue. However, due to its location in residential areas, this operation contravenes current environmental and forestry legislation. From an ecological point of view, coal production leads to the degradation of forests and the ecosystem services they provide. In addition, emissions of greenhouse gases and fine particles from combustion regularly plunge the neighbourhood under a veil of smoke and dust, particularly during the dry season and at night. Analyses have shown that, while gas concentrations are within the limits recommended by Côte d'Ivoire and the WHO, those of fine particles exceed the standards, amplifying the health risks. In terms of public health, prolonged exposure to atmospheric pollutants generates an increased risk of acute respiratory illness, affecting both residents and coal miners, especially women, who are particularly vulnerable. In addition, the arduous nature of the work exposes coal miners to frequent accidents and occupational illnesses.

So while charcoal-making makes a positive contribution to the local economy, it also has a considerable impact on the environment and people's health. Appropriate regulatory measures need to be put in place to reduce the harmful effects of charcoal mining on quality of life and public health.

Keywords : Côte d'Ivoire, Environment, Health, Charcoal production, Socio-economics, Urban environment.