

RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix - Travail – Patrie

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE
D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

DÉPARTEMENT D'INGÉNIERIE DU BOIS

BP. 886 ÉBOLOWA



REPUBLIC OF CAMEROON

Peace-Work-Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I

HIGHER TECHNICAL TEACHERS'
TRAINING COLLEGE

DEPARTEMENT OF WOOD ENGINEERING

P.O BOX: 886 EBOLOWA

OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE LA SCIÉRIE CUF D'ÉBOLOWA À TRAVERS L'ÉTUDE DU RENDEMENT MATIÈRE DE TROIS ESSENCES (PADOUK, OKAN, MOABI)

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Professeur d'Enseignement Technique et
Professionnel Deuxième Grade (DIPET II)

OPTION : MÉTIERS BOIS

Par :

NJAPNDOUNKE Sabiatou

Matricule : 19W1241

Sous la Direction de :

Pr NJANKOUO Jacques Michel

Ingénieur Polytechnicien, Maître de Conférences



Soutenu le 02/06/2021 devant le Jury constitué de :

Président du jury :	Pr ZINGUE Stéphane	Maitre de Conférences, Université Yaoundé I
Rapporteur :	Pr NJANKOUO Jacques Michel	Maître de Conférences, Université de Yaoundé I
Examineur :	Dr. ABOBDA Théodore	Assistant, Université de Yaoundé I

ANNÉE ACADÉMIQUE 2020-2021

FICHE DE CERTIFICATION DE L'ORIGINALITE DU TRAVAIL

Je soussignée, **NJAPNDOUNKE Sbiatou**, atteste que le contenu du présent mémoire de fin de formation à **l'école normale supérieure de l'enseignement technique d'ebolowa (ENSET d'Ebolowa)** de l'université de Yaoundé I, est le fruit de mes propres travaux effectués au sein de la scierie Cameroon United Forest CUF sur le thème « **Optimisation de la production de la scièrie CUF d'Ebolowa à travers l'étude du rendement matière de trois essences (Padouk, Okan, Moabi)**».

Ce travail a été effectué sous la supervision académique du **Pr NJANKOUO Jacques Michel**.

Ce mémoire est authentique et n'a antérieurement fait l'objet d'aucune soutenance en vue de l'obtention d'un quelconque grade universitaire.

Nom et visa de l'auteur

NJAPNDOUNKE Sbiatou

Date/...../.....



ATTESTATION DE CORRECTION DE MÉMOIRE (2021)

Département : INGÉNIERIE DU BOIS

Filière : MÉTIERS BOIS

Nom et Prénoms du Candidat :

NJAPNDOUNKE Sabiatou.....

.....Matricule : 19W1241

Titre du Mémoire : Optimisation de la production de la scierie CUF d'Ebolowa à travers l'étude du rendement matière de trois essence (padouk, okan, moabi)

Nous soussignés,

Dr ABOBDA Théodore Examineur du jury

Pr NJANKOUO Jacques Michel.....Rapporteur/Superviseur

Attestons que le mémoire suscité a subi toutes les corrections de formes et de fond exigées par le jury.

Fait à Ebolowa le...../...../.....

Examineur

Superviseur

.....

.....

RECEPISSE DE CORRECTION DE MEMOIRE

Le Directeur de l'Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technique (ENSET) de l'Université de Yaoundé 1 à Ebolowa atteste avoir reçu deux exemplaires et un CD contenant la version électronique corrigée du Mémoire en un seul fichier PDF.

Nom et Prénoms du Candidat : NAPNDOUNKE Sabiatou.....

.....**Filière :** Métiers bois

Fait à Ebolowa le...../...../.....

Le Directeur

DEDICACE
A ma famille

REMERCIEMENTS

Je rends tout d'abord gloire à l'éternel Dieu qui a créé le ciel et la terre et à qui je dois la vie et la santé. La rédaction de ce mémoire se fait avec la contribution de plusieurs personnes dont je ne s'aurai manqué d'adresser toute ma profonde gratitude et mes sincères remerciements. Il s'agit de

Mon superviseur, **Pr NJANKOUO Jacques Michel**, pour son encadrement, sa disponibilité, les aides et les encouragements qu'il m'a toujours accordé.

Monsieur **NWOKAM Boris Igor**, Directeur Adjoint de la scierie CUF à Ebolowa pour l'ensemble de ses actions, pour toutes les facilités qu'il a bien voulu m'accorder et pour la bonne organisation de mon travail.

Madame le directeur **Pr SALOME NDJAKOMO Essiane** pour des multiples efforts qu'elle fournit pour notre formation et à tous les responsables de l'ENSET d'Ebolowa.

Le Directeur Général de la CUF, pour m'avoir permis d'effectuer ce stage. A tout le personnel de la scierie CUF à Ebolowa.

Ma famille pour son amour, son soutien et pour tous leurs efforts fournis pour la réussite de ma formation.

Tous mes camarades, amis et les personnes qui m'ont aidé durant ma formation.

SOMMAIRE

FICHE DE CERTIFICATION DE L'ORIGINALITE DU TRAVAIL **Erreur ! Signet non défini.**

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES	viii
LISTE DES ANNEXES	ix
LISTE DES ABREVIATIONS	x
RESUME.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCTION GENERALE.....	
I.1 contexte.....	2
I.2 problématique	2
I.3 Hypothèses de recherche	3
I.4 Objectifs de l'étude.....	4
I.5 Importance de l'étude	4
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE.....	
I.1 Définition des concepts	6
I.2. Spécificité d'une scierie.....	6
I.2.1 Origine du bois transformé en scierie : la forêt.....	6
I.2.2 Les paramètres influençant le rendement matière.....	7
I.2.3. Les étapes de la première transformation du bois	14
I.2.4 Outils de coupe dans une UTB.....	16
I.3 Généralité sur quelques essences exploitées au Cameroun	17
I.3.1 Moabi	17
I.3.2 Padouk.....	18
I-3.3 Okan.....	19
CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES	
II.1 Présentation de la structure d'accueil.....	22
II.1.2 Historique.....	22
II.1.2. Présentation de la scierie.....	22
II.1.3 Présentation du fonctionnement de la scierie.....	24
III.1.4 Organigramme de la scierie CUF d'Ebolowa.....	24
II.2 Méthodologie	25
II.2.1 Evaluation du rendement des essences choisies	25
III.2.2 Identification des paramètres favorisant les pertes de matière	26

III.2.3 Comparaison des dimensions des pièces sortant de la scie de tête et celle de la commande.....	27
III.2.4 Analyse des différences significatives entre les fréquences d'apparition des défauts pour des intervalles de diamètre différents des échantillons.	27
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS	
III.1. Rendement matière des essences choisies	30
III.2 Paramètres favorisant les pertes de matière	30
III.2.1 Paramètres identifiés par le diagramme d'Ishikawa.....	30
III.2.2 Analyses des paramètres par le diagramme de Pareto.....	34
III.3 comparaison des dimensions des pièces sortant de la scie de tête et celle de la commande	37
III.4 Analyse des différences entre les fréquences d'apparition des défauts pour des intervalles de diamètre différents des échantillons	38
III.4.1 Cas du Moabi.....	38
III.4.2 Cas d'Okan	40
III.4.3 Cas du Padouk	42
III.5 proposition des solutions de réduction des pertes de matière	44
III.5. 1 Récupération des pièces de 0,55 mètre de long.....	44
III.5.2 Introduction d'un circuit de fabrication des frises.....	45
III.5.3 changement des équipements existants	46
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	
IV.1 Conclusion	48
IV.2. Recommandations.....	48
BIBLIOGRAPHIE	49
ANNEXES	51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Rendement matière des essences.....	30
Tableau 2: Classement de causes de pertes de matière suivant leur importance	35
Tableau 3: Classification des causes de pertes par catégorie.....	35
Tableau 4: Epaisseurs des pièces	37
Tableau 5: Nombre de défauts par classe de diamètre	39
Tableau 6: Moyennes des défauts par classes de diamètre chez le Moabi.....	39
Tableau 7: Nombre de défauts par classe de diamètre	41
Tableau 8: Des moyennes et des erreurs d'okan	41
Tableau 9: Nombre de défauts par classe de diamètre	43
Tableau 10: Des moyennes et des erreurs du padouk	43
Tableau 11: Equipements à changer.....	46

LISTE DES FIGURES

figure 1: Les formes d'eau dans le bois à différentes humidités.....	8
figure 2: Les qualificatifs des états d'humidité du bois	8
figure 3:présentations des nœuds dans les débités de bois.....	9
figure 4: Bille de Moabi présentant les cannelures	9
figure 5: Bille de padouk présentant les fentes	10
figure 6: présence de roulures sur une bille de bois	10
figure 7: Bille de Moabi présentant les cadranures	11
figure 8: cœur excentré.....	12
figure 9: Entre-écorce.....	12
figure 10: gélivures.....	13
figure 11: Bille de Moabi présentant une fracture d'abattage.....	13
figure 12: une bille présentant un cœur évidé	14
figure 13: Courbures de fût	14
figure 14: Aspects morphologiques de <i>Baillonella toxisperma</i>	18
figure 15: Aspects morphologiques de <i>Pterocarpus soyauxii</i>	19
figure 16: Aspects morphologiques de <i>Cylicodiscus gabunensis</i>	20
figure 17: plan d'installation de la scierie CUF d'Ebolowa plan d'installation de la scierie CUF d'Ebolowa	23
figure 18: Organigramme de la Structure.....	25
figure 19: diagramme d'Ishikawa ou causes – effets	27
figure 20: Diagramme Ishikawa des causes de pertes de matière	33
figure 21: Diagramme Pareto des causes de perte.....	36
figure 22: Différence d'épaisseurs entre les pièces sortant de la scie de tête et celles de la commande	38
figure 23: Variation de la quantité de défauts en fonction des classes de diamètre chez Moabi	40
figure 24: Variation des quantités de défauts en fonction des classes de diamètre.....	42
figure 25: variation des défauts en fonction des classes de diamètre.....	44
figure 26: proposition d'une chaîne de fabrication des frises à la CUF	46

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: fiches de calcul du rendement des essences choisies (Moabi, Okan et Padouk)	51
Annexe 2: fiche de collecte des données sur l'apparition des défauts en fonction de l'accroissement en diamètre	53
Annexe 3: fiche de relevée des épaisseurs des pièces successives de la commande	54

LISTE DES ABREVIATIONS

AIC	Accord In Choice
APV	Accord de Partenariat Volontaire
ATIBT	Association Technique Internationale des Bois Tropicaux
CIRAD	Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CUF	Cameroon United Forest
FAO	Food and Agricultural Organization
FAS	First And Second
FLEGT	Forest Law Enforcement Government and Trade
FSC	Forest Stewardship Council
MINFOF	Ministère des Forêts et de la Faune
OIBT	Organisation Internationale des Bois Tropicaux
OLB	Origine et Légalité du Bois
PSF	Point de Saturation des Fibres
UFA	Unité Forestière d'Aménagement
UTB	Unité de Transformation du Bois

RESUME

La transformation du bois est un secteur d'activité générant d'énormes quantités de déchets tout au long de la production. Cette production de déchets a pour effet la baisse des rendements. Ainsi les industries de transformation du bois ont du mal à obtenir un rendement important. C'est dans ce cadre qu'une étude s'est déroulée au sein de la *Cameroon United Forest* (CUF) dans le but de contribuer à l'amélioration de la production du bois dans les unités de première transformation.

Pour y parvenir, il était question : (1) d'évaluer le rendement matière des essences choisies, (2) d'identifier les paramètres à l'origine de perte de matière, (3) de comparer les épaisseurs des pièces sortant de la scie de tête et celle de la commande et d'analyser les fréquences d'apparition des défauts pour des intervalles de diamètre différents des échantillons. Les données nécessaires à l'étude ont été collectées à travers la lecture des documents et des publications relatives à la transformation du bois. Ensuite, des interviews et des observations directes ont été conduites pour identifier les différents paramètres qui sont à l'origine de la perte de matière. Le diagramme des causes à effets 5M-d'Ishikawa a permis de présenter par famille, toutes les causes possibles de pertes de matière observées ; le diagramme de Pareto a permis de classer les causes de pertes par ordre d'importance. Les analyses qualitatives et quantitatives ont été faites à l'aide du logiciel Excel 2010 et du logiciel statistique Graph-Pad.

Il ressort de cette étude que les défauts et l'imprécision de la scie de tête sont des principales causes à l'origine des pertes de matière en scierie. Quoique la différence entre les épaisseurs des pièces de bois sortant de la scie de tête et celle de la commande ne soit pas significative, elle peut entraîner des pertes importantes pour des volumes de débités élevés. Les fréquences d'apparition des défauts différents significativement entre elles avec l'accroissement en diamètre des billes du Moabi et du Padouk, Contrairement à l'Okan. Les recommandations relatives aux prises de décisions raisonnables ont été formulées dans le but de réduire les pertes de matière.

Mots clés : industries de bois, production, rendement, défauts, optimisation, Cameroon United Forest.

ABSTRACT

Wood processing is an industry that generates huge amounts of waste throughout the production process. This waste production results in lower yields. Thus, the wood processing industries have difficulty in obtaining a significant yield. It is within this framework that a study was conducted within the Cameroon United Forest (CUF) with the aim of contributing to the improvement of wood production in the primary processing units.

To achieve this, the study aimed to: (1) evaluate the material yield of the selected species, (2) identify the parameters that cause material loss, (3) compare the thickness of the pieces coming out of the head saw and that of the control, and analyze the frequencies of appearance of defects for different diameter intervals of the samples. The data necessary for the study were collected through reading documents and publications related to wood processing. Then, interviews and direct observations were conducted to identify the different parameters that cause the material loss. The Ishikawa 5M cause and effect diagram was used to present, by family, all the possible causes of material loss observed; the Pareto diagram was used to classify the causes of loss in order of importance. The qualitative and quantitative analyses were made using Excel 2010 and the statistical software Graph-Pad.

The study showed that defects and inaccuracy of the head saw are the main causes of material losses in sawmills. Although the difference between the thicknesses of the pieces of wood leaving the head saw and those of the order is not significant, it can lead to important losses for high volumes of cuttings. The frequency of defect occurrence differs significantly with increasing log diameter in Moabi and Padouk, as opposed to Okan. Recommendations for reasonable decision making were formulated to reduce material losses.

Keywords: timber industries, production, yield, defects, optimization, Cameroon United Forest.



INTRODUCTION GENERALE

I.1 contexte

Le bassin du Congo constitue le deuxième plus grand massif forestier au monde après celui de l'Amazonie. Il est le berceau de la plus grande partie de la diversité biologique d'Afrique et sur une estimation de 8000 espèces de plantes découvertes dans cette région, 80 % y sont endémiques. En outre, les forêts qui s'y trouvent constituent le cadre de vie de bon nombre de personnes auxquelles elles fournissent des services considérables voir vitaux et ceci tant sur les plans écologique, économique, social que culturel.

Dans ce vaste bassin du Congo, les forêts Camerounaises s'étendent à une superficie d'environ 19,6 millions d'hectares de forêt qui représentent presque la moitié de son territoire national dont 17,5 millions sont exploitables. Le massif forestier camerounais est constitué des forêts permanentes (14 millions d'hectares) et des forêts non permanentes (5,6 millions d'hectares) (APV/Flegt 2010). Le secteur forestier est un domaine très important pour l'économie nationale car il contribue à hauteur de 6 % au PIB avec des recettes annuelles totalisant 41 milliards de Francs CFA soit 62,5 millions d'euros. La production annuelle de bois est d'environ 2 millions de m³. De même, il contribue à la réduction du taux de chômage avec 16800 emplois dans les secteurs formel et informel (Cerutti et al, 2008). Ces mêmes auteurs pensent que les mesures politiques prises au Cameroun, durant la dernière décennie ont permis l'essor de l'exploitation du bois et de l'industrie de transformation orientée vers l'exportation.

S'agissant des industries de transformation, ce sous-secteur reste très majoritairement composé de scieries et fait état de catégorisation de 108 UTB (MAHONGHOL *et al*, 2016). Au regard de l'évolution et de la capacité de production de ces industries, elles font face aux problèmes de la perte de matière. En effet ; cette perte se caractérise par la production d'énorme quantité de déchet au cours de la transformation de bois. Ceci révèle une certaine fragilité de ce secteur porteur.

La résolution de ces problèmes demeure par conséquent une étape essentielle dans le processus de première transformation de bois si ces industries désirent améliorer leur rendement matière, leurs gains en productivité et en valeur ajoutée.

I.2 problématique

Suite à La réforme du secteur forêt-bois lancée au Cameroun, dans les années 1990, ayant pour objectifs de mettre en place la gestion durable des forêts et développer un secteur industriel performant ; deux mesures fondamentales ont été adoptées : l'obligation, dès 1997, de créer une industrie du bois pour chaque unité forestière d'aménagement (UFA) exploitée et

l'interdiction, depuis juin 1999, d'exporter en grumes la plupart des essences traditionnelles. L'évolution de la structure du secteur industriel montre un impact fort de ces mesures sur le nombre d'usines et la capacité de transformation installée au Cameroun (108 usines) (MAHONGHOL *et al*, 2016). Ces industries du bois et en particulier celles du sciage génèrent tout au long de la chaîne de production une quantité importante de déchets.

Dans les unités industrielles de transformation de bois, les activités de première transformation de la grume aux produits dérivés du bois telles que : les sciages, les placages déroulés et les placages tranchés, se font généralement avec un rendement compris entre 30% et 40%. De plus, si l'on considère l'ensemble de la filière depuis l'arbre abattu jusqu'au produit élaboré et commercialisé, le rendement matière n'excède pas 15 à 20% (CIRAD, 2010). Ceci montre que ces industries ont encore du chemin à faire afin de limiter les pertes de matière, et donc d'optimiser leur rendement. De même, il illustre également l'importance de l'utilisation efficace de la matière première bois et la capacité de production des scieries de manière à extraire de chaque bille la valeur optimale en sciages.

L'étape ultime dans cette étude consiste à identifier et à maîtriser les facteurs favorisant la production des déchets afin de résoudre le problème de perte de matière et donc d'optimiser la production. Sur ce, la question de recherche suivante mérite par conséquent d'être posée : « Comment faire pour optimiser la production de la scierie CUF »? De cette question centrale, découleraient les questions secondaires suivantes :

- Quel est le rendement matière actuel des essences choisies ?
- Quels sont les paramètres favorisant les pertes de matière ?
- Existe-t-il une différence entre les dimensions des pièces sortant de la scie de tête et celles de la commande ?
- Y'a-t-il des différences significatives entre les fréquences d'apparition des défauts pour des intervalles de diamètre différents des échantillons ?

I.3 Hypothèses de recherche

Notre étude est basée sur les hypothèses suivantes :

- Les rendements matière de certaines essences exploitées à la CUF sont faibles ;
- Il y'a une différence entre les dimensions des pièces sortant de la scie de tête et celles de la commande ;
- Il n'existe pas une différence significative entre les fréquences d'apparition des défauts pour des intervalles de diamètre différents des échantillons.

I.4 Objectifs de l'étude

Cette étude s'inscrit dans le processus de l'amélioration de la production de bois dans les industries de la première transformation au Cameroun, elle contribue globalement à la réduction de perte de matière dans la transformation de bois.

Plus spécifiquement, il s'agira de :

- Evaluer le rendement des essences choisies ;
- Identifier les paramètres favorisant les pertes de matière ;
- Comparer les dimensions des pièces sortant de la scie de tête à celles de la commande ;
- Analyser les fréquences d'apparition des défauts pour des intervalles de diamètre différents des échantillons.

I.5 Importance de l'étude

Cette étude vise à réduire les pertes de matière dans la transformation de bois et améliorer la production. Les données collectées constitueront une importante base pour optimiser le rendement matière des unités de transformation de bois.



CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE

I.1 Définition des concepts

Optimisation : est un procédé qui consiste à détecter et à analyser les caractéristiques d'une pièce de bois en vue d'exécuter le programme de coupe qui produira des débits de valeur maximale, selon les critères de choix retenus.

Industrie de Première transformation de bois : c'est l'ensemble des industries qui apportent une première transformation aux produits issus de la forêt afin de produire des matériaux directement utilisables ou destinés aux entreprises de la seconde transformation.

Scierie : structure dans laquelle sont disposés tous les outils de débitage et dans laquelle celle-ci a lieu.

Production : est le processus conduisant à la création de produits par l'utilisation et la transformation de ressources.

Système de production : Un système est un ensemble d'éléments interdépendants orientés vers la réalisation d'une fonction. Il peut être divisé en sous-systèmes, en composants et en éléments. Produire, c'est transformer. Le lieu et les moyens de ces transformations, c'est le système de production.

Déchets : comme tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance ou tout matériau produit ou, plus généralement, tout bien meuble ou immeuble abandonné ou destiné à l'abandon.

Déchets de bois : Encore appelé sous-produits de bois, c'est tout résidu issu des activités d'exploitation forestière (sciures, houpplier, souche, écorce) et de transformation du bois (rebuts, délignures, sciure, dosses...) ainsi que les emballages tels que les palettes abandonnées ou destinées à l'abandon.

Rendement Matière (RM) : C'est le rapport entre le Volume d'avivé (Vav) produit dans le processus de transformation et le Volume de rondins (Vbr) utilisé exprimé en pourcentage.

$$RM = V_{av} \times 100 / V_{br}$$

I.2. Spécificité d'une scierie

I.2.1 Origine du bois transformé en scierie : la forêt

D'un point de vue botanique, une forêt est une formation végétale, caractérisée par l'importance de la strate arborée, mais qui comporte aussi des arbustes, des plantes basses, des grimpantes et des épiphytes. Plusieurs arbres forestiers vivent en symbiose avec des

champignons et d'autres micro-organismes, et beaucoup dépendent d'animaux pour le transport de leur pollen ou de leurs graines (Simonin, 2010).

Du point de vue de l'écologie, la forêt est un écosystème complexe et riche, offrant de nombreux habitats à de nombreuses espèces et populations animales, végétales, fongiques et microbiennes entretenant entre elles, pour la plupart, des relations d'interdépendance.

Les activités d'approvisionnement se font par des exploitants forestiers et les arbres abattus et ébranchés deviennent des grumes qui, une fois tronçonnées en des longueurs standards deviennent des billes. Les grumes, ou les billes selon le cas, sont ensuite transportées dans une usine de première transformation.

I.2.2 Les paramètres influençant le rendement matière

Le bois est un matériau à l'origine du développement de l'humanité. Il constitua la matière de base des premiers outils ainsi que des premières armes (avec la pierre). Ce fut aussi le premier combustible, associé à la découverte du feu.

Le bois est surtout un matériau naturel, utilisable sans transformation complexe pour être mis en œuvre. Encore aujourd'hui, la construction d'une maison en bois par exemple demande 6 fois moins d'énergie que son équivalente en béton (Simonin, 2010).

I.2.2.1 humidité

Le bois est un matériau fibreux qui réagit géométriquement à la présence d'humidité dans son environnement. Suivant les conditions climatiques de son environnement (température, humidité de l'air), le bois se stabilise à une certaine humidité. Selon la norme, le calcul de l'humidité du bois s'opère de la façon suivante :

$$H(\%) = \frac{\text{Masse humide} - \text{de Masse anhydre}}{\text{Masse anhydre}} \cdot 100$$

Au moment de l'abattage, le bois peut contenir plus d'eau que de matière ligneuse parfois quatre fois plus dans certains peupliers. L'humidité est alors supérieure à 100 %. Les vides cellulaires d'un bois vert sont remplis d'eau libre, en phase liquide, et les fibres saturées d'eau liée. Cette eau est emprisonnée dans les pores par des liaisons hydrogène, elle n'est ni liquide, ni gazeuse. L'eau libre s'évacuera progressivement par évaporation, sans que le bois ne subisse de retrait ou de déformation. Lorsque l'eau libre a entièrement disparu, il ne reste que l'eau liée

saturée dans les fibres et l'eau vapeur remplissant les pores du bois. Au cours du séchage, le départ de l'eau liée entraîne les variations dimensionnelles du bois (Simonin, 2010).

La Figure 1 illustre les différentes phases de l'évolution de l'humidité dans le bois. Le point de saturation des fibres (PSF), définit la limite d'humidité du bois pour laquelle les pores du bois sont vides d'eau libre mais les fibres saturées d'eau liée.

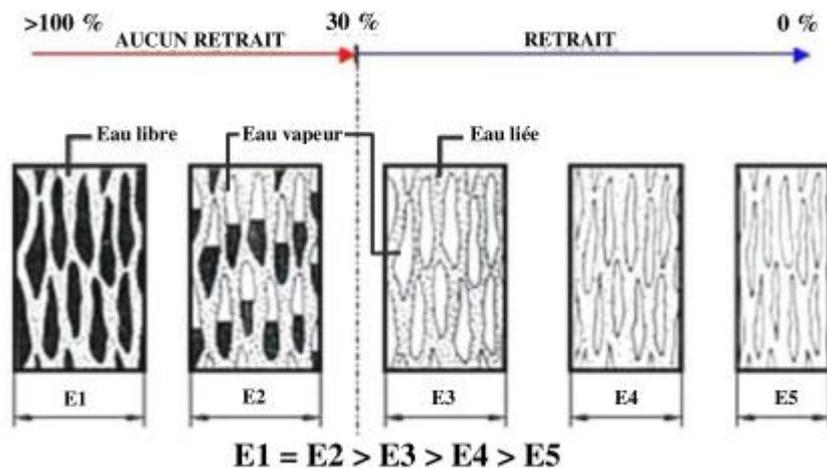


Figure 1: Les formes d'eau dans le bois à différentes humidités (Simonin, 2010)

Même s'il est variable de quelques pour-cent entre essences ou entre peuplements forestiers, le point de saturation des fibres est communément considéré égal à 30%. La Figure ci-dessous détaille la qualification des bois en fonction du taux d'humidité.

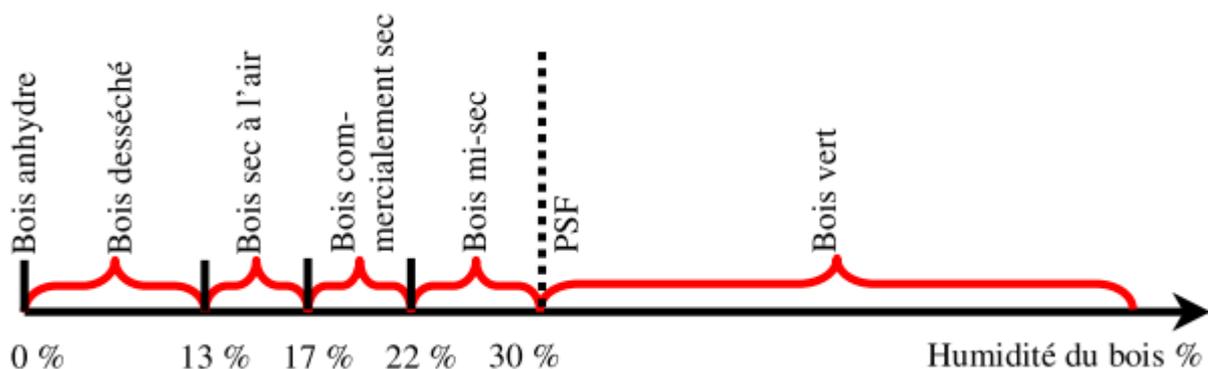


Figure 2: Les qualificatifs des états d'humidité du bois (Simonin, 2010)

I.2.2.2 Nœuds

On ne peut parler des nœuds sans évoquer le développement des branches dans les arbres. En effet, la taille et la quantité des nœuds trouvés dépendent de la croissance des branches. En réalité, le diamètre, la fréquence et la distribution des nœuds sont liés à l'essence et la densité de peuplement. Le nœud est la partie d'une branche englobée dans le bois au cours

de sa croissance (Jozsa *et al* 1997). Avec le temps, les branches peuvent croître jusqu'à devenir très grosses ou tout simplement mourir. Lorsque les branches meurent et tombent (élagage naturel), le tronc continue sa croissance en diamètre et les branches sont recouvertes par la croissance de la tige. Dans ces cas, lorsque nous effectuerons le débitage, la partie où la branche était encore vivante produira des nœuds sains ou adhérents. Par contre, les sciages provenant de la partie de la branche morte qui aura été recouverte par le bois produira des nœuds lâches ou non-adhérents.

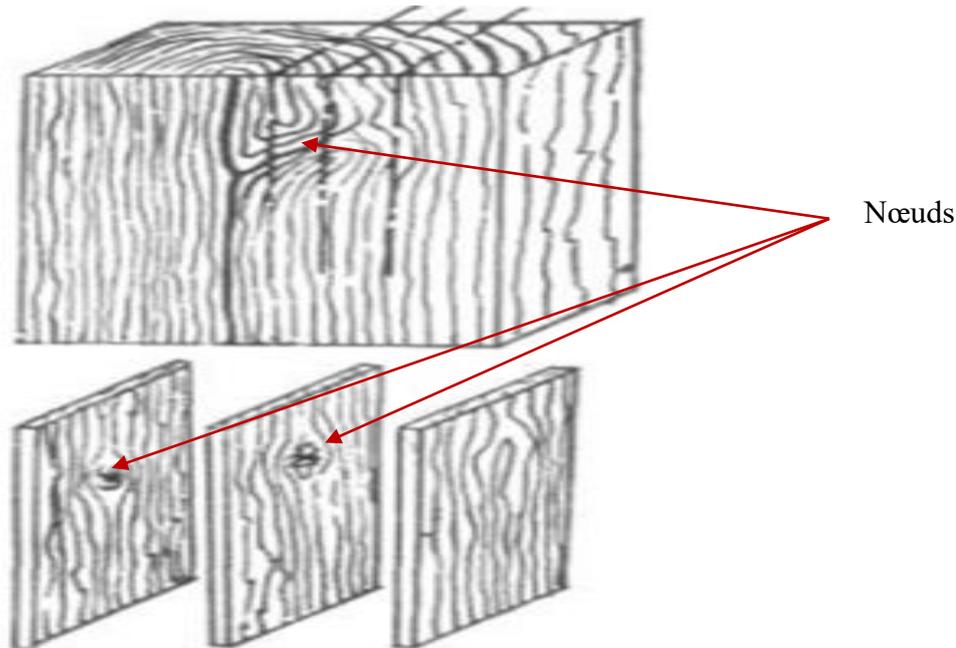


Figure 3: présentations des nœuds dans les débités de bois (Rombauts, 2008)

I.2.2.3 Cannelures

C'est un caractère spécifique pour le charme. Elle donne un bois d'effet très décoratif lorsqu'il est débité sur fausse dosse et fournit au contraire des veinages tourmentés utilisables en décoration (Rombauts, 2008).

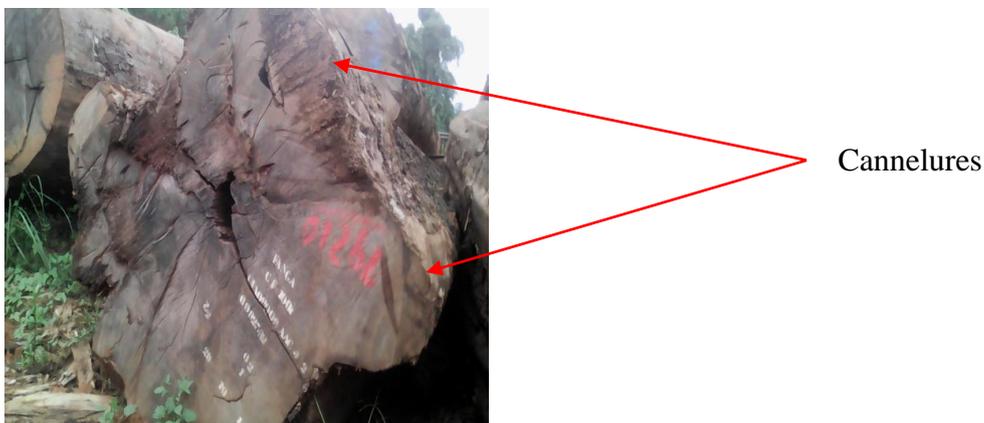


Figure 4: Bille de Moabi présentant les cannelures

I.2.2.4 Fentes

Séparation des fibres suivant l'axe des rayons médullaires souvent important vers l'aubier (Rombauts, 2008).

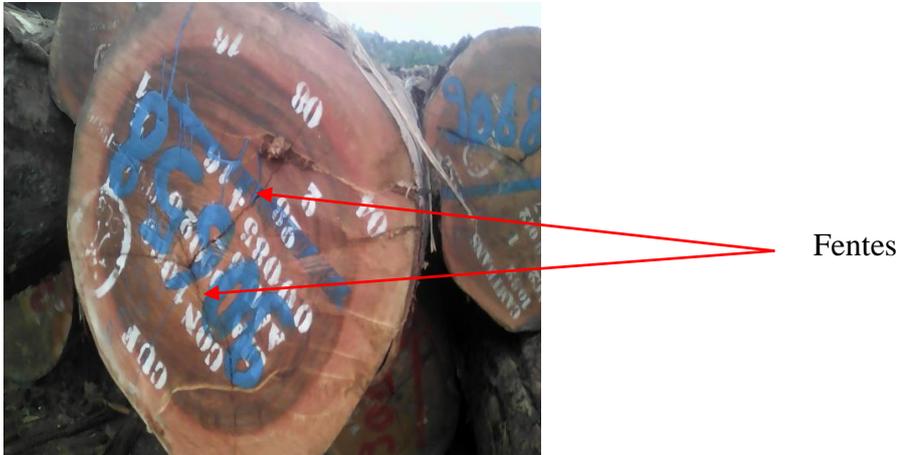


Figure 5: Bille de padouk présentant les fentes

I.2.2.5 Roulures

C'est une séparation de deux couches consécutives annuelles qui ne sont plus adhérentes. Elle peut être partielle ou totale. La roulure est souvent provoquée par un hiver très rigoureux. Le cambium est désorganisé et ne produit qu'un tissu sans solidité. Lorsqu'il aura repris sa vigueur ou qu'il se sera reformé, la formation de l'aubier redeviendra normale, mais ce nouveau bois sera séparé du bois antérieurement formé auquel il ne se soudera pas (Rombauts, 2008).

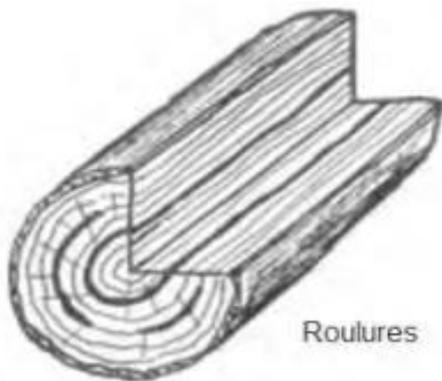


Figure 6: présence de roulures sur une bille de bois (Rombauts, 2008)

I.2.2.6 Cadranures

On l'appelle aussi « cœur étoilé ». Ce sont des fentes radiales partant du cœur. L'arbre cadrané est très déprécié voire même sans valeur comme bois d'œuvre si les cadranures sont importantes. Quand l'arbre est jeune et vigoureux toutes les couches annuelles sont vivantes et humectées de sucs de la plante. Quand il vieillit, le cœur se dessèche et ses couches éprouvent un retrait produisant des fentes en étoile cœur étoilé, au premier stade de la dessiccation, qui vont en s'accroissant au centre, et s'amincissent vers la périphérie (Rombauts, 2008).

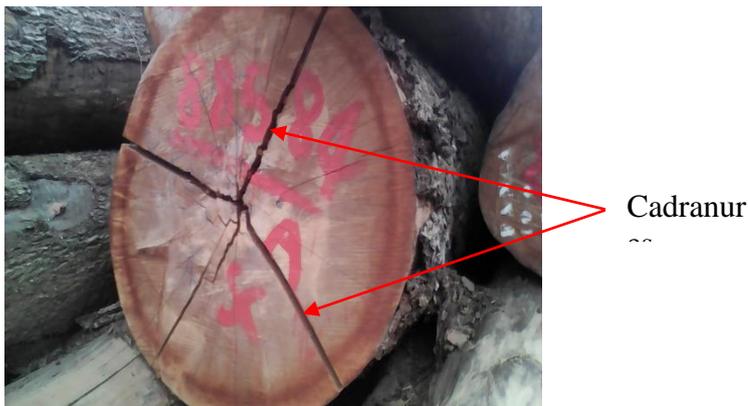


Figure 7: Bille de Moabi présentant les cadranures

I.2.2.7 Méplats

Arbre dont la section transversale présente deux diamètres de dimensions très différentes, c'est une Dissymétrie de l'appareil racinaire ou de la cime. La principale conséquence est la difficulté au sciage. Elle est parfois accompagnée d'excentricité du cœur (Eddy, 2006).

I.2.2.8 Mulots

Ce sont des petites galeries remplies de sciure causées par la présence des chenilles dans le bois (Eddy, 2006).

I.2.2.9 Cœur excentré

On constate ce défaut chez les arbres qui poussent sur des terrains pentus ou lorsque le tronc s'est penché sous l'action du vent ou du poids des branches. En somme, ce défaut apparaît lorsque les racines ou la cime ont des raisons de se développer plus d'un côté que de l'autre (Rombauts, 2008).

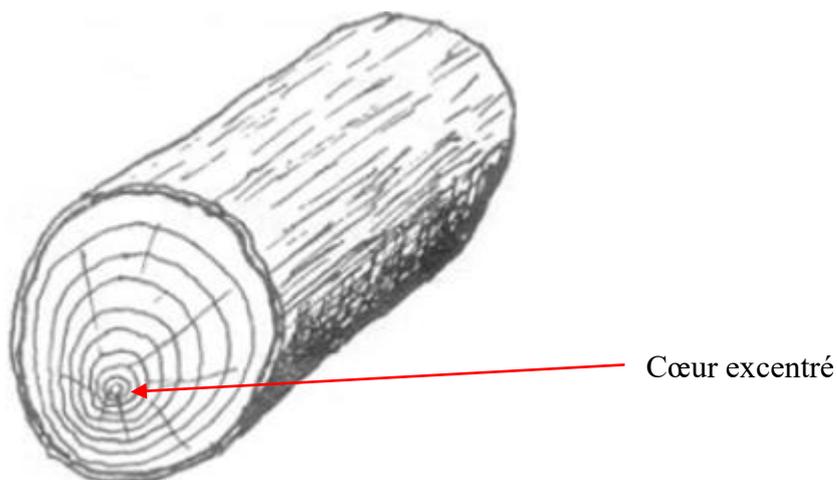


Figure 8: cœur excentré (Rombauts, 2008)

I.2.2.10 Entre-écorce

En grandissant l'écorce qui se trouve entre les deux branches est englobée dans le tissu de l'arbre. C'est une Soudure de tiges ou de branches, pattes, cannelures ou bourrelets de recouvrement de plaies. Il réduit la dimension des pièces débitées et amène un déchet considérable au sciage. Cette partie est à éliminer au débit (Rombauts, 2008).

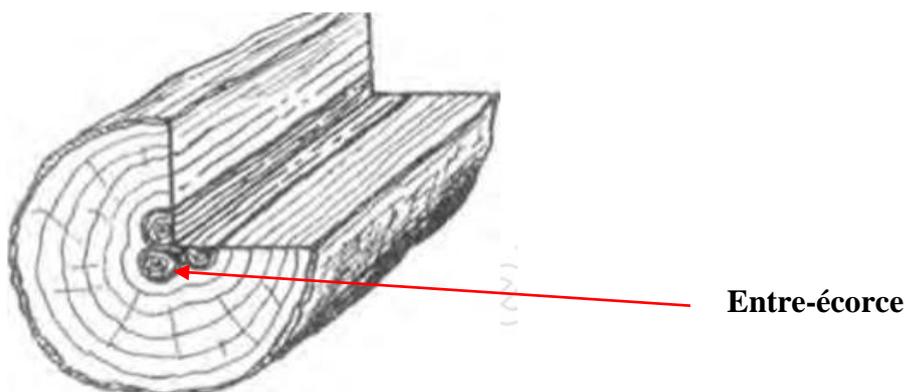


Figure 9: Entre-écorce (Rombauts, 2008)

I.2.2.11 Gélivure

Fente radiale partant de l'écorce jusqu'à la moelle, la gélivure se produit principalement lorsque le froid survient très brutalement après une période relativement douce. Ainsi un froid très brutal s'établissant après une période douce au mois de février risque de provoquer plus de gélivures qu'un froid intense établi progressivement à saison normale. L'éclatement se fait

suivant un rayon médullaire, après un gonflement dû au gel de la sève dans tout le tronc (Rombouts, 2008)

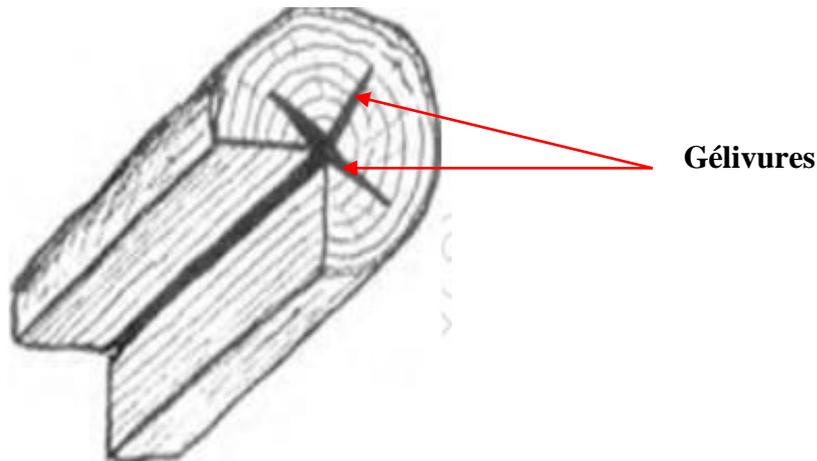


Figure 10: gélivures (Rombouts, 2008)

I.2.2.12 Les fractures d'abattage

Il s'agit de fissures transversales. Elles proviennent de la rupture par choc des éléments du bois, sur un des côtés du tronc au moment de la chute de l'arbre. Elles réduisent beaucoup la résistance du matériau.



Figure 11: Bille de Moabi présentant une fracture d'abattage

I.2.2.13 Cœur évidé

Vide trouvé au centre d'une bille de bois pouvant atteindre l'aubier selon l'importance (Eddy, 2006).



Figure 12: une bille présentant un cœur évidé

I.2.2.14 Courbures de fût

Certaines courbures ont une origine héréditaire mais le plus souvent la courbure d'un tronc à une cause accidentelle notamment : vent dominant, voisinage d'un mur élevé. Les arbres ayant une courbe accentuée sont dépréciés (Rombouts, 2008).



Figure 13: Courbures de fût (Rombouts, 2008)

I.2.3. Les étapes de la première transformation du bois

Dans la première transformation du bois, on peut distinguer deux types de Procédés utilisant comme matière première des grumes. Il y a tout d'abord l'industrie du tranchage, déroulage, visant à la fabrication de contreplaqués et celle du sciage. C'est cette partie de la première transformation du bois à laquelle nous allons nous intéresser.

Les industries de la première transformation du bois (Les scieries) peuvent être de taille très variable. Les plus petites sont des postes fixes ou mobiles comprenant une scie circulaire de tête, un seul chariot de châssis simple et une déligneuse double actionnés par un moteur diesel ou à essence et commandés par un ou deux travailleurs. Les plus grandes sont des structures permanentes dotées d'un équipement beaucoup plus élaboré et spécialisé, qui peuvent employer plus de 1 000 personnes. Selon la taille de l'établissement et le climat de la région, le sciage peut être effectué en plein air ou dans un lieu fermé. C'est le type de grumes et leur dimension qui déterminent principalement le genre d'équipement utilisé, mais celui-ci peut

également varier considérablement d'une scierie à l'autre, en particulier selon son âge et sa taille ou selon le type et la qualité des planches produites.

Après le transport à la scierie, les grumes sont stockées à même le sol, dans des parcs réservés à cet effet. Elles sont triées selon la qualité, l'essence ou d'autres critères. Des fongicides et des insecticides sont parfois appliqués dans les aires d'entreposage à sec si les grumes doivent y séjourner longtemps avant d'être transformées. On utilise une tronçonneuse pour égaliser les extrémités des grumes avant ou après l'écorçage et préalablement à leur passage en scierie (Bouchard. 2005).

I.2.3.1 Sciage premier débit

La première phase du sciage, parfois appelée débitage primaire, est effectuée par la scie de tête. La scie de tête est une grande scie circulaire ou à ruban fixe qui sert à couper la grume dans le sens de la longueur. La grume est soumise à un mouvement de va-et-vient grâce à un chariot qui peut la faire pivoter pour obtenir le résultat optimal. La scie de tête produit un équarri (le centre équarri de la grume), une série de dosses (bords extérieurs arrondis de la grume) et, dans certains cas, de grosses planches.

I.2.3.2 Sciage second débit

Au cours du débitage secondaire, l'équarri et les grosses planches ou les dosses sont transformés en bois d'œuvre de dimensions pratiques. On se sert généralement à ce stade de scies à lames multiples parallèles, par exemple des batteries de quatre scies circulaires ou des scies à lames multiples qui peuvent être à châssis ou circulaires. Les planches sont coupées à la largeur et à la longueur voulues au moyen de déligneuses équipées d'au moins deux lames parallèles et de scies à ébouter. Le délignage et l'éboutage sont généralement effectués au moyen de scies circulaires, bien que les déligneuses soient parfois des scies à ruban. On recourt aussi à des tronçonneuses manuelles pour libérer les débités coincés dans la machine.

I.2.3.3 Classement et triage

Après leur passage en scierie, les planches sont classées, triées selon leurs dimensions et leur qualité, puis empilées manuellement ou mécaniquement. Lorsque le bois d'œuvre est manipulé à la main, l'endroit réservé à cette opération s'appelle « chaîne de tri ». Des stations de tri automatiques ont été installées dans la plupart des scieries modernes pour remplacer le tri manuel qui nécessite beaucoup de main-d'œuvre (Bouchard. 2005).

I.2.3.4 Séchage

Le bois de catégorie « construction » peut être séché à l'air libre ou dans des séchoirs, selon les conditions atmosphériques locales et le degré d'humidité du bois vert; par contre, le bois de catégorie « finition » est généralement séché au séchoir. Il existe de nombreux modèles de séchoirs. Les séchoirs à compartiments et les séchoirs à haute température sont des séchoirs en série. Dans les séchoirs continus, les bois empilés peuvent traverser celui-ci en position perpendiculaire ou parallèle et le mouvement de l'air peut, lui aussi, être dirigé perpendiculairement ou parallèlement aux planches. Pour accroître la circulation de l'air et faciliter ainsi le séchage, de petites pièces de bois sont parfois placées entre les planches à l'empilage (Bouchard. 2005).

I.2.3.5 Traitement et stockage

Avant le stockage du bois vert, surtout dans les lieux humides, on applique parfois des fongicides pour empêcher la croissance de champignons qui provoquent un bleuissement ou un noircissement du bois (coloration de l'aubier). Des fongicides peuvent aussi être appliqués lors du passage à la chaîne de production (généralement par pulvérisation) ou après le bottelage du bois (le plus souvent dans des cuves d'immersion) (Bouchard. 2005).

I.2.4 Outils de coupe dans une UTB

Les machines fonctionnent dans les scieries pendant de longues périodes (Simonin, 2010). Dans certaines, elles tournent 24/24h. Il est capital d'optimiser ce temps de fonctionnement, par des réglages bien faits et un suivi méticuleux des paramètres de production. Il existe trois types de machines dans une scierie, qui sont :

I.2.4.1 Les scies à chaîne

Ce sont des machines légères, le plus souvent portatives dont l'outil de coupe se présente sous forme d'une chaîne sans fin, celle-ci circulant sur un guide chaîne ou barre guide qui lui donne sa rigidité. Les modèles les plus répandus sont les tronçonneuses portatives. Elles sont le plus utilisées sur parc à grumes pour des opérations de billonnage (Simonin, 2010).

I.2.4.2 La scie à ruban

La scie à ruban transforme un mouvement de rotation issu du moteur en un mouvement de translation de la lame au niveau du bois. Les lames sont des rubans où les dents sont taillées sur un chant (monocoupe) ou sur les deux chants (bicoupe). Les lames sont liées au bâti via deux volants : l'un est libre et l'autre est entraîné par le moteur. Les bâtis sont généralement en fonte, mais certains sont aussi assemblés en acier mécano-soudé. La fonte a pour avantage d'assurer une absorption des vibrations, une stabilité, une longévité, c'est-à-dire une qualité exceptionnelle à ce type de matériel. Les bâtis en acier mécano-soudé présentent l'avantage d'être moins coûteux car plus faciles à réaliser que ceux en fonte, mais sont souvent d'une précision moindre et surtout, ne présentent pas de qualités antivibratoires (Simonin, 2010).

I.2.4.3 La scie circulaire

La lame de scie circulaire se présente sous la forme d'un disque denté auquel on impulse un mouvement de rotation continu. La transmission de l'énergie à la lame se fait par l'intermédiaire d'un arbre, soit en prise directe avec le moteur, soit relié à celui-ci par un dispositif poulies-courroies lorsque l'on désire obtenir un rapport de vitesse entre les deux organes.

I.3 Généralité sur quelques essences exploitées au Cameroun

I.3.1 Moabi

Le Moabi est un arbre remarquable qui possède un fût parfaitement droit et cylindrique. Il peut atteindre plus de 30 mètres de hauteur et plus de 2 mètres de diamètre. Il a l'avantage de présenter que peu de contreforts et les premières branches sont souvent à plus de 25 mètres de hauteur. L'écorce est très épaisse, brun rougeâtre, elle est profondément crevassée et émet un latex blanchâtre en cas de blessure. Les feuilles sont entières, en touffe et lancéolées. Le Moabi produit des fruits comestibles de couleur verdâtre renfermant une à plusieurs graines.

De son nom scientifique *Baillonella Toxisperma*, le Moabi est une essence très durable et a une densité de 0,87 à 12% d'humidité. C'est une essence de la famille des Sapotacées. Sa mise en œuvre est aisée mais nécessite de la puissance et des outils spéciaux. Son séchage est long mais sans problème apparent. Elle est peu stable et a une mauvaise imprégnabilité. Ce bois résiste aux termites (Pallisco, 2007).

Brun rosé à brun rouge, le Moabi est un bois à aubier différencié. Autant son duramen est durable, autant son aubier reste fragile. C'est un bois dur et lourd à grain fin pouvant présenter un léger contre-fil.

Le Moabi peut être utilisé en menuiserie intérieure, menuiserie extérieure, ameublement, parquet, charpente et traverse chemin de fer etc.

- **Rendement matière Moabi**

Moabi a un rendement matière qui varie entre 30% et 45% (CUF 2020).

- **Aspects morphologiques**



Figure 14: Aspects morphologiques de *Baillonella toxisperma*, a : fût; b : section; c : feuille (Pallisco, 2007)

I.3.2 Padouk

Le Padouk dispose de minces contreforts pouvant s'élever suffisamment haut. Son fût est le plus souvent droit et cylindrique. Il est recouvert d'une écorce grise fine de 1 cm d'épaisseur et s'écaillant en longues lamelles longitudinales. Les feuilles caduques sont alternes, composées pennées de 11 à 17 folioles se terminant en pointe. Le Padouk produit des fruits qui sont des gousses à aile membraneuse circulaire renfermant une graine au centre.

Le padouk a pour nom scientifique *Pterocarpus soyauxii* (Padouk rouge) et appartient à la famille des fabaceae. Cette essence a une densité de 0,77 à 12% d'humidité et a une très bonne durabilité. Elle est moyennement stable et moyennement impregnable. Son sciage et son usinage nécessite de la puissance à cause de la présence des contrefils. Son séchage est très lent sans risque d'altération. C'est un bois qui résiste aux termites, possède beaucoup d'aubier et les défauts (Pallisco, 2007).

Le Padouk est un bois rouge corail/rouge brique avec un aubier bien différencié blanchâtre et périssable. Il est veiné de brun et présente un grain grossier. C'est un bois qui peut présenter des roulures, du cœur mou ou encore des cadranures.

Le Padouk est un bois utilisé en menuiserie intérieure, menuiserie extérieure, ameublement, parquet et Contreplaqués etc.

- **Rendement matière Padouk**

Padouk a un rendement matière qui varie entre 15% et 30% (CUF 2020).

- **Aspects morphologiques**



Figure 15: Aspects morphologiques de *Pterocarpus soyauxii*, a: fût, b: section, c: feuille
(Pallisco, 2007)

I-3.3 Okan

Pouvant posséder un léger empatement à la base, l'Okan est un arbre remarquable qui peut atteindre 35 mètres de haut pour 2,5 mètre de diamètre. Son fût est généralement droit et cylindrique. Il est recouvert d'une écorce brun rougeâtre se soulevant légèrement en petite plaques rectangulaires. Le houppier est composé de branches imposantes s'élevant vers la cime. Les feuilles sont alternes composées bipennées, une seule paire de penne pour 5 à 10 paires de folioles. L'Okan produit de très grandes gousses pendantes, plates et étroites qui se fendent en un seul côté libérant de nombreuses graines.

L'Okan est une essence de la famille des Mimosaceae ayant pour nom scientifique *Cylicodiscus gabunensis*. C'est un bois très lourd et a une bonne durabilité mais très instable. Sa densité est de 0,91 à 12% d'humidité. Sa mise en œuvre nécessite de la puissance avec possibilité de contrefil prononcé important. Son séchage est lent avec risque élevé de déformations et de fentes. Elle est non imprégnable et a une bonne résistance aux tarets (Pallisco, 2007).

Brun jaune à brun doré avec des reflets verdâtres, le duramen devient brun rouge au contact de l'air. L'aubier est bien différencié de couleur très claire et d'environ 5 cm. Le grain vari de moyen à grossier et le contrefil n'est pas rare. Le bois dégage une odeur désagréable à l'état frais.

Ce bois est utilisé pour la fabrication des parquets, charpentes, des travaux hydrauliques, construction navale, ponts et traverse chemin de fer.

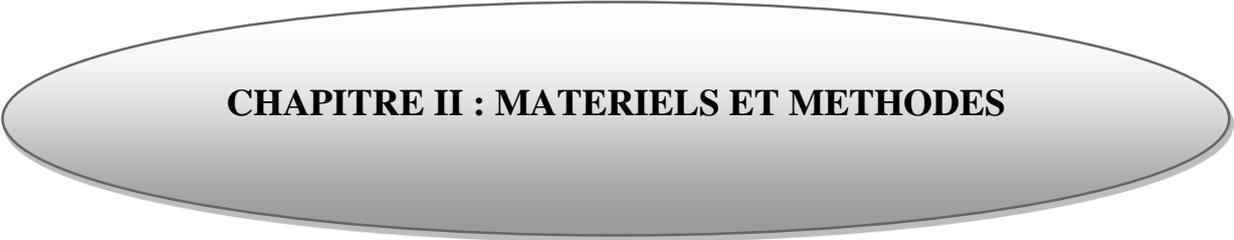
- **Rendement matière Okan**

Okan a un rendement matière qui varie entre 18% et 35% (CUF 2020).

- **Aspects morphologiques**



Figure 16: Aspects morphologiques de *Cylicodiscus gabunensis*, a : fût, b : section, c : feuille
(Pallisco, 2007)



CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

II.1 Présentation de la structure d'accueil

II.1.2 Historique

La Cameroon United Forests (CUF) est une société d'exploitation forestière créée en 1991 et exerçant ses activités dans la Région du Sud notamment dans les zones d'Ambam, Kribi, Djoum et Ebolowa. Elle applique une gestion durable et rationnelle des ressources naturelles et forestières dans les concessions qui lui sont attribuées.

Elle s'est engagée volontairement vers le processus de certification afin d'œuvrer pour la gestion durable de la forêt et de garder l'accès aux marchés « vert », très sensibles aux problèmes de l'environnement. Elle contribue aussi à l'amélioration des conditions de travail des ouvriers et au niveau de vie des populations. Son engagement dans la gestion durable lui a valu l'obtention d'un certificat OLB (OLB-CERT-050703) en 2005.

La société CUF avait pour activités jusqu'en novembre 2009, le négoce des grumes, l'aménagement et l'exploitation forestière.

La politique forestière du Cameroun d'une manière générale, restreint l'exportation du bois sous forme de grume en imposant aux propriétaires de forêt de production l'installation d'unités de transformation ou du moins la signature d'un contrat avec une (des) sociétés titulaires d'unités de transformation de bois.

C'est ainsi qu'en Décembre 2009, la société CUF a acquis une scierie (unité de transformation) située dans la région du SUD Cameroun, Département de la Mvila et plus précisément dans la ville d'Ebolowa. S'étant engagée dans le processus de gestion durable, la société CUF a tenu à fournir à ses clients la preuve que les avivés en provenance de la scierie sont d'origine légale. Elle souhaite compléter sa chaîne de contrôle par des produits transformés. C'est pourquoi elle a entamé une démarche OLB et FSC pour la scierie d'Ebolowa. Ainsi l'audit initial s'est tenu en avril en 2010 et s'est soldé par l'obtention des certificats FSC100%(BV-COC001145) et OLB (OLB-CERT/COC-100702).

Toujours en 2010, suite à l'audit de surveillance qui s'est déroulé dans les UFA de la CUF notamment les UFA 09019, 09020, 09023 et 09026/09027 par Bureau Veritas certification (BVC), le certificat OLB a été renouvelé et est désormais OLB-CERT/FC-100703 valide jusqu'au 21 juillet 2011.

II.1.2. Présentation de la scierie

La scierie est structurée comme indique le plan d'installation ci-après (figure 13).

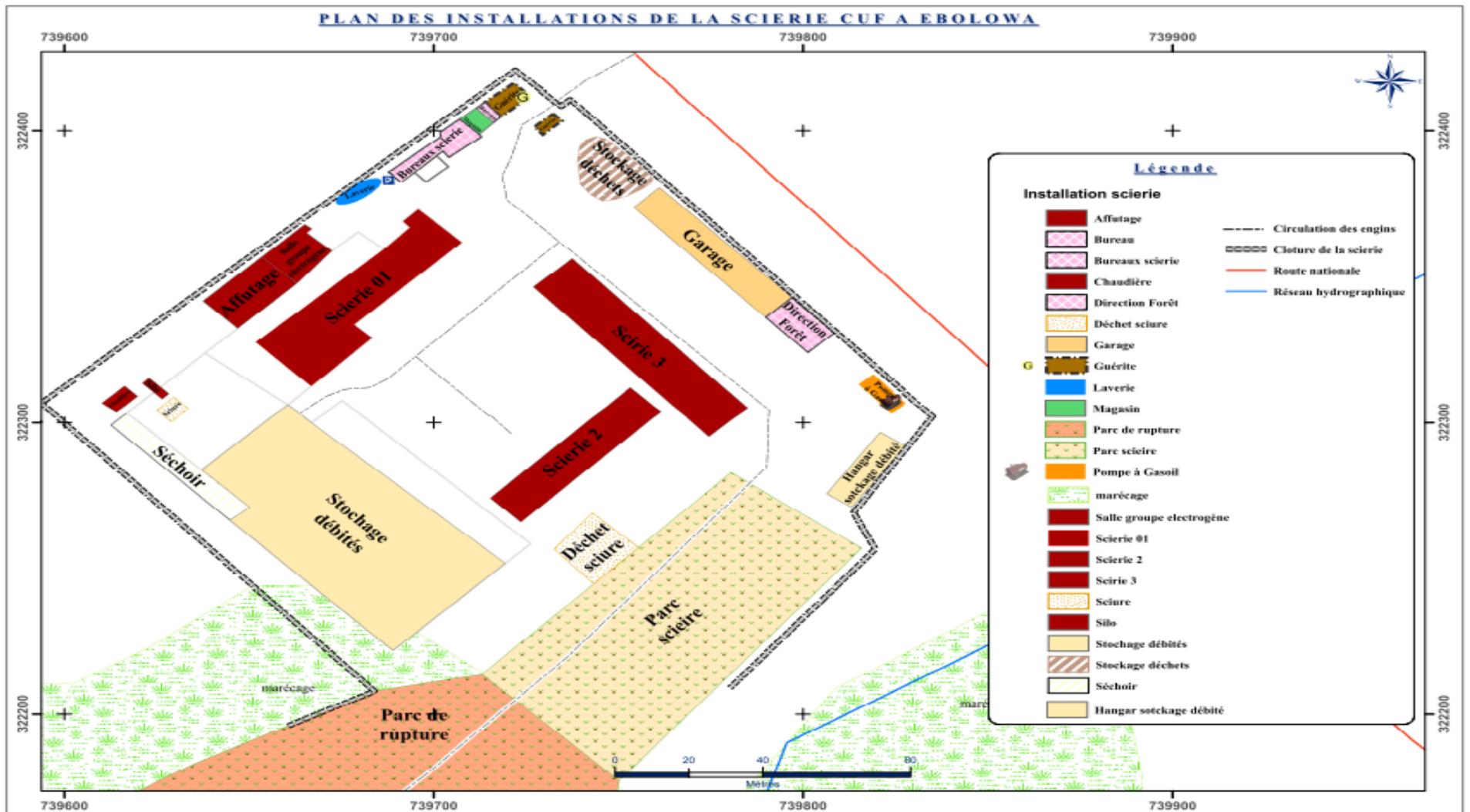


Figure 17: plan d'installation de la scierie CUF d'Ebolowa

II.1.3 Présentation du fonctionnement de la scierie

La scierie CUF d'Ebolowa fonctionne sur contrat. En effet le démarrage d'une session de transformation des grumes certifiées en débités certifiés FSC 100%, OLB ou non certifiés, nécessite la mise en place d'un contrat entre le transformateur et le client. Le contrat de sciage est un document écrit qui informe le transformateur sur les exigences du client lors de la transformation (volume, section, essence, type de certification). Il peut arriver que l'entreprise transforme un lot pour le stockage ou pour la vente locale. Dans ce cas le directeur de site décide des particularités techniques du lot (section, essence, certification) à obtenir. Les informations contenues dans un contrat de sciage sont :

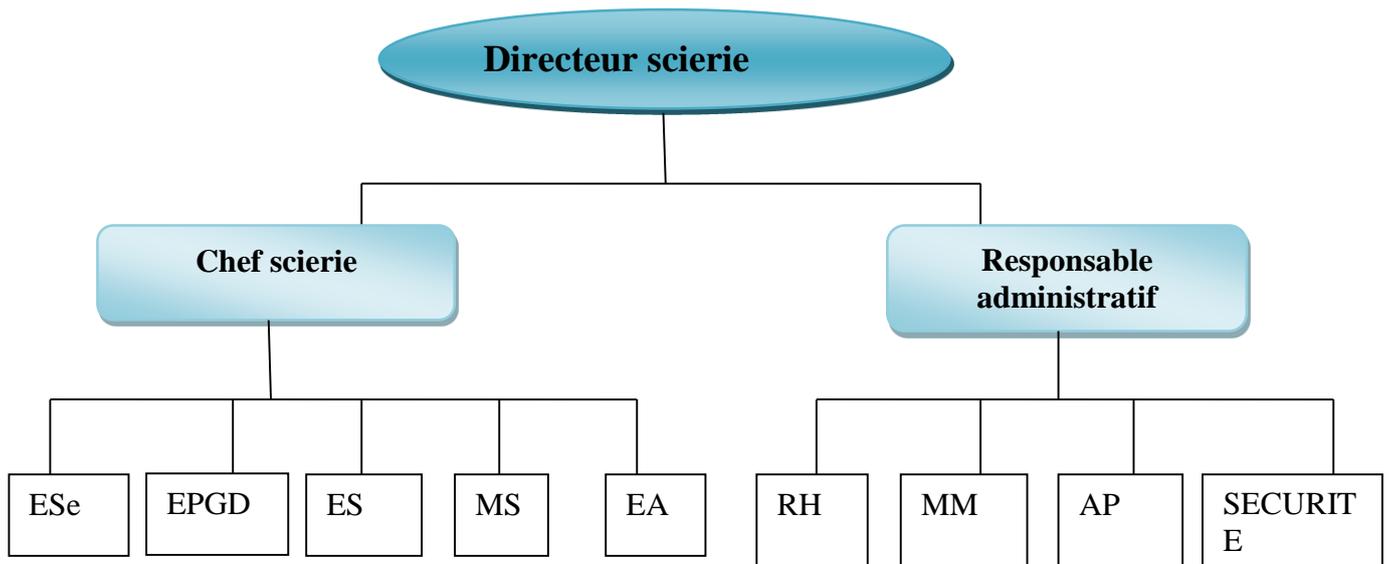
- Le numéro de contrat et l'essence à utiliser
- Les sections à respecter
- Les quantités et éventuellement les tolérances
- Les délais de livraison
- La destination
- Le marquage et le mode d'embarquement
- Le prix et le type de certification souhaité (OLB ou FSC100%)

Pendant notre stage nous avons travaillé quelques types de contrats notamment :

- **Le contrat FAS:** c'est le meilleur des contrats, il ne concerne que les pièces suffisamment contrôlées, ne contenant aucun défaut et pas de parties avec aubier.
- **Le contrat AIC:** c'est le second choix. Ce type de contrat admet quelques légères parties possédant encore l'aubier et de petits défauts pas trop visibles.
- **Le contrat AIC+** généralement appelé « Dakar » : ce type de contrat était le moins bon. Il concernait les pièces qui étaient transportées pour le Sénégal. Ici les pièces de bois sont de toute sorte c'est-à-dire comporte des pièces ne respectant pas les dimensions et comportant certains défauts. Lorsqu'une pièce ne respectait aucun des critères des contrats suscités on la rangeait dans les lots de la qualité déclassée et était généralement destinée au marché local

III.1.4 Organigramme de la scierie CUF d'Ebolowa

Avec l'acquisition de l'unité de transformation en 2009, la société CUF est encore en restructuration vu qu'elle a embauché progressivement de 45 à 220 employés. La figure 18 présente l'organigramme fonctionnel de la scierie CUF d'Ebolowa.



ESe: Equipe de Sciage

EPGD: Equipe de Parc Grume Débités

ES: Equipe de séchage

MS: Maintenance scierie

EA: Equipe d’Affutage

RH: Ressources Humaines

MM: Maintenance Matériel

AP: Approvisionnement

Figure 18: Organigramme de la Structure

II.2 Méthodologie

II.2.1 Evaluation du rendement des essences choisies

Trois essences dont le Padouk, l’Okan et le Moabi ont été choisies. L’évaluation du rendement matière de ces essences a été faite à partir des estimations de cubage initial de grumes et des volumes de débités. Les dimensions des grumes et des débités ont été mesurées à l’aide du mètre et du décimètre. Les formules suivantes ont été utilisées pour calculer les volumes et le rendement.

➤ Volume grume

$$V = \pi/4 \cdot D_m^2 \cdot L$$

avec $D_m = (D_g + D_f) / 2$

V= volume

D_m= diamètre moyen

D_g= diamètre au gros bout

Df= diamètre au petit bout

L= longueur de la grume

➤ **Volume des débités**

$$V = L \times l \times e \times \text{nombre de pièces}$$

L= longueur des pièces

l= largeur des pièces

e= épaisseur des pièces

➤ **Rendement matière**

$$RM = Vd \times 100 / Vg$$

Vg= Volume de grumes

Vd= Volume des débités

III.2.2 Identification des paramètres favorisant les pertes de matière

Les observations ont permis d'identifier et de collecter les données liées aux pertes de matière. De même, les interviews ont été menées auprès du personnel de la scierie pour compléter les données ainsi que l'utilisation de la méthode d'Ishikawa et le diagramme de Pareto pour mieux identifier les causes.

➤ **Le diagramme d'Ishikawa**

Il a permis d'identifier les grandes catégories de causes provoquant un effet particulier. Ce diagramme classe les différentes causes d'un problème en 5 grandes familles : les 5M (Matière, Milieu, Méthodes, Matériel, et Main d'œuvre). La méthode est la suivante :

- Énoncer le problème, effet (variable de réponse).
- Faire la liste des causes associées à cet effet dans une session de brainstorming.
- Penser aux grandes catégories : matériaux, machines, méthodes, procédures, main-d'œuvre, environnement, système de mesures.
- Tracer le diagramme.

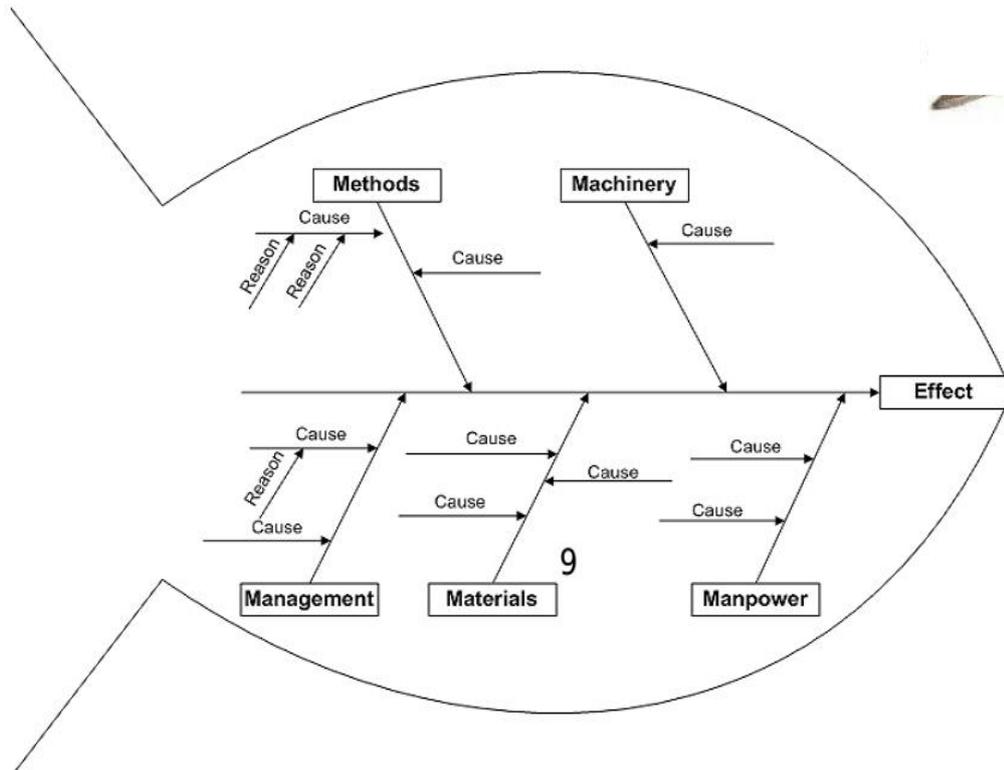


Figure 19: diagramme d'Ishikawa ou causes – effets (Courtois A et al)

➤ Le diagramme de Pareto

Le diagramme de Pareto a permis de classer les causes par ordre d'importance sur le nombre total d'effet. La méthode de vote a permis de déterminer l'ordre de gravité des causes de perte de matière et de noter ces causes de 1 à 20 points selon l'importance.

III.2.3 Comparaison des dimensions des pièces sortant de la scie de tête et celle de la commande

Il s'agit de mesurer les épaisseurs des pièces des essences choisies au sortie de la scie de tête à l'aide du mètre et de les comparer avec celles de la commande. Une fiche a été élaborée pour noter les différentes épaisseurs des pièces successives. Les données collectées ont été compilées dans le tableur Excel et analysées à l'aide du logiciel statistique Graph-Pad. La comparaison de ces données a permis de déterminer la significativité de sa différence par le test de Student.

III.2.4 Analyse des différences significatives entre les fréquences d'apparition des défauts pour des intervalles de diamètre différents des échantillons.

Sur trente échantillons de grumes par essence choisis au parc, les défauts par classe de diamètre ont été prélevés. Il a été question de :

- Déterminer la classe de diamètre des grumes des essences choisies, en mesurant à l'aide d'un mètre son diamètre gros et petit bout, faire la moyenne de ces deux diamètres pour obtenir le diamètre moyen ;
- Identifier les différents défauts par classe de diamètres pour chaque essence. Les données collectées ont été notées sur une fiche ;
- Dans le tableur Excel, les données collectées ont été compilées et calculées. Ensuite, elles ont été exportées vers le logiciel Graph-Pad. Ceci a permis de comparer les moyennes des défauts dans un intervalle de confiance défini par le test de Student.



CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

III.1. Rendement matière des essences choisies

Les rendements matière des trois essences étudiées (Moabi, Okan, Padouk) sont présentés dans le tableau 1 :

Tableau 1 : Rendement matière des essences

Essences	Moabi	Okan	Padouk
Rendements	41,40%	23,04%	25,14%

De ce tableau, on a un rendement moyen de 41,40% pour le Moabi, de 23,04% pour l'Okan et de 25,14% pour le Padouk. Ces rendements sont beaucoup plus influencés par les défauts et la spécificité du contrat. Les rendements du Padouk et de l'Okan sont faibles contrairement à celui du Moabi, ce qui confirme l'hypothèse de départ. Par ailleurs, ces rendements sont inférieurs à celui proposé par le CIRAD en 2010 (30% à 40 %), même si celui du Moabi est légèrement supérieur. De plus, ces rendements correspondent aux intervalles proposés par la CUF.

III.2 Paramètres favorisant les pertes de matière

Les paramètres favorisant les pertes de matière ont été identifiés à partir du diagramme d'Ishikawa et classés par ordre d'importance grâce au diagramme de Pareto.

III.2.1 Paramètres identifiés par le diagramme d'Ishikawa

Pour réaliser le diagramme Ishikawa, les causes ont été classées suivant les 5M (Matériels, Milieu, Matière, Méthodes, Main d'œuvre).

III.2.1.1 Sources de perte matière liées aux matériels

Les sources de perte matière liées aux matériels utilisés dans l'usinage sont : l'imprécision de la scie de tête, le mouvement non synchrone de la dédoubleuse, la mauvaise division des épaisseurs de pièces de bois et la forte soudure des lames de scie.

➤ L'imprécision de la scie de tête

Cette imprécision produit une quantité élevée de pertes pour les commandes importantes. Ceci est dû au mauvais tensionnage de la lame de scie et le mouvement irrégulier des griffes. Des calculs ont montré que, avec les erreurs de précision, si l'on considère une

commande de 4000 pièces de dimension (5 x 0,35 x 0,05) le volume normal de débité sera de 350 m³ mais, si l'on a 1 mm de plus d'épaisseur par pièce de bois, le volume devient 357 m³ soit une perte de l'ordre de 7 m³ ce qui est considéré comme énorme pour l'entreprise.

➤ **Mouvement non synchrone des rouleaux de la dédoubleuse**

Ce mouvement non synchrone entraîne une grande perte car, ce paramètre favorise la production des pièces de bois de différentes épaisseurs.

➤ **Mauvaise division des épaisseurs des pièces de bois**

Cette mauvaise division est causée par le fonctionnement inadéquat du diviseur de la machine. Par exemple sur une commande de 6000 pièces de dimension (4,45x0,105 x 0,038) ayant un volume total 106,53m³, les pertes de matière liées à ce paramètre s'élèvent à un volume de 2,73 m³ de bois.

➤ **Lames de scie trop soudées**

Elles sont l'une des causes de déviation des lames au cours du sciage. Ces lames trop soudées perdent leur rigidité.

III.2.1.2 Sources de perte matière liées au milieu

La seule source identifiée dans ce cas est le caractère vaseux du site de l'usine. Les boues accumulées sont la cause des attaques des grumes stockées au parc par les agents biologiques. Ces derniers sont à l'origine des piqûres et du bleuissement des grumes. C'est la raison pour laquelle certaines pièces de bois ayant ces défauts sont déclassées après le sciage.

III.2.1.3 Sources de perte liées au type de matière

Les sources de perte liées au type de matière utilisé dans l'usinage sont : les défauts, la présence de sève et le taux d'humidité.

➤ **Les défauts**

C'est le paramètre qui influence le plus sur le rendement matière. Les défauts tels que les cadranures, les roulures partielles et totales et les cœurs évidés sont à l'origine des pertes énormes.

➤ **Présence de sève**

Les bois riches en sève sont difficiles à scier car la présence de la sève ralentie la circulation de la lame dans le bois et provoque aussi les déviations de la lame.

➤ **Taux d'humidité**

Le taux d'humidité du bois est un paramètre qui influence lors du sciage et est à l'origine des déviations de la lame de scie au cours du sciage. En effet, les bois secs sont très difficiles à scier car ils exercent des tensions lors du sciage.

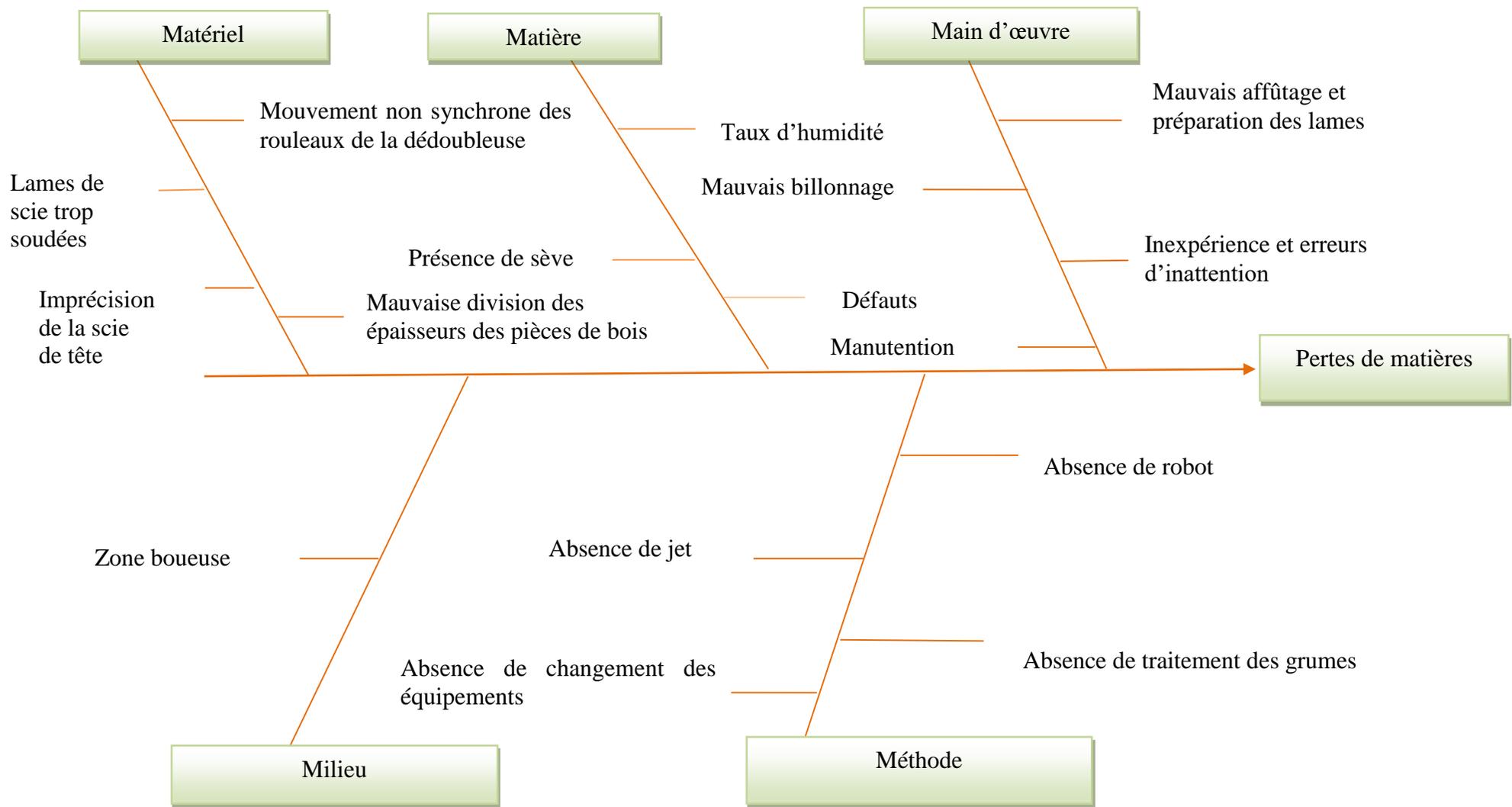


Figure 20: Diagramme Ishikawa des causes de pertes de matière

III.2.1.4 Sources de perte liées à la méthode

Les sources de perte matière liées à la méthode utilisée dans l'usinage sont : absence de traitement de traitement des grumes, absence de robots, absence de jet et absence de changement des équipements.

➤ **Absence de traitement des grumes**

Les grumes stockées au parc ne sont pas traitées. Ceci favorise l'attaque de certaines grumes par les termites lignivores et les champignons. Les débités qui dérivent de ces grumes sont déclassées à cause de la spécificité du contrat.

➤ **Absence de robots**

Certains postes de travail dans les chaînes de production de la scierie fonctionnent sans robots. Ces robots permettent de retourner les billons et les plateaux afin de mieux choisir le sens de sciage et de mieux voir les défauts (cadratures, pourriture cœur, roulure totale et partielle) lors du sciage. Ceci est à l'origine d'énorme perte lors de l'élimination de ces défauts au niveau de la déligneuse. Étant donné que s'est un poste qui produit une quantité importante de déchets dans une scierie.

➤ **Absence de jet**

Le jet permet le nettoyage à eau des billons avant le sciage car ils ont souvent des cailloux, du sable et la boue dans l'écorce. Ces derniers favorisent l'émoussage de la lame de scie ainsi que les déviations lors du sciage.

➤ **Absence de changement des équipements**

La plupart des machines utilisées à la CUF sont des vieilles machines. On a notamment le chariot de la scie de tête (brenta 2) dont ses griffes ont un mauvais fonctionnement et certains volants des scies de tête qui n'adhèrent plus bien avec le corps de la lame de scie. Ces dysfonctionnements sont à l'origine de plusieurs déviations au cours du sciage. Par ailleurs, on a les lames de scie qui sont utilisées pendant une durée indéterminée même si elles présentent une déviation importante au cours du sciage.

III.2.1.5 Sources de perte liées à la main-d'œuvre

Les sources de perte matière liées à la main d'œuvre utilisée dans l'usinage sont : le mauvais billonnage, la mauvaise manutention, le mauvais affûtage et préparation des lames.

➤ **Mauvais billonnage**

Le billonnage est une opération qui consiste à tronçonner les grumes. Il est très important et se fait en amont du sciage et tient compte des dimensions (longueurs) de la

commande. Ici, la forme de la bille ainsi que les défauts (pourritures, nœuds, cadranures, courbures) ne sont pas trop pris en compte lors de la mesure de la longueur des billons à tronçonner. Ceci favorise les pertes de matière lors du sciage.

➤ **La mauvaise manutention**

Elle est à l'origine de certaines fentes de bout et cadranures qui atteignent parfois des profondeurs considérables à l'intérieur de certaines billes.

➤ **Le mauvais affûtage et préparation des lames**

C'est la cause directe de la variation des épaisseurs des pièces et de la présence des rayures sur la face des pièces sciées. De même, il est à l'origine de la faible résistance de la lame lors du sciage raison pour laquelle cette dernière n'est pas apte à supporter les tensions de bois. Ceci provoque des déviations lors du sciage.

➤ **Inexpérience et erreurs d'inattention**

La non qualification des ouvriers a été constatée au niveau du classement des débités, de la scie de tête et de la déligneuse. En effet, la scie de tête permet la mise en épaisseur des pièces. Certaines variations des épaisseurs des pièces sont dues à un manque de compétence du scieur notamment : le mauvais griffage des grumes, la non maîtrise de la vitesse du sciage, le mauvais dégagement du billon lors du sciage, l'absence de constat des déviations des pièces au cours du sciage et le mauvais sciage des doses.

En ce qui concerne la déligneuse, une quantité importante de déchets est produite à ce niveau. Ceci est dû à la mauvaise élimination des défauts lors du sciage, à la non maîtrise de l'identification des défauts sur les pièces de bois et la mauvaise séparation de l'aubier du duramen.

Pour ce qui est du classement des débités, les empileurs maîtrisent peu cette notion étant donné qu'ils déclassent certaines pièces du troisième choix selon les règles de l'ATIBT.

III.2.2 Analyses des paramètres par le diagramme de Pareto

La méthode de vote a permis de classer les causes de perte par ordre d'importance. Les points ont été attribués à chaque cause suivant cet ordre (Tableau 2).

Tableau 2: Classement de causes de pertes de matière suivant leur importance

N°	Causes de pertes	5M	Points
1	Les défauts	Matière	20
2	Imprécision de la scie de tête	Matériel	12
3	Inexpérience et erreurs d'inattention	Main d'œuvre	10
4	Lames de scie trop soudées	Matériel	9
5	Mauvais affûtage et préparation des lames	Main d'œuvre	8
6	Absence de changement des équipements	Méthode	7
7	Mouvement non synchrone des rouleaux de la dédoubleuse	Matériel	5
8	Mauvaise division des épaisseurs des pièces de bois	Matériel	5
9	Absence de robot	Méthode	4
10	Absence de traitement des grumes	Méthode	3
11	Zone boueuse	Milieu	3
12	Mauvais billonnage	Main d'œuvre	2
13	Taux d'humidité	Matière	2
14	Absence de jet	Méthode	2
15	Présence de sève	Matière	2
16	Manutention	Main d'œuvre	1
Total			95

Les données du tableau 2 ont permis d'élaborer une classification des causes des pertes par catégorie (tableau 3).

Tableau 3: Classification des causes de pertes par catégorie

N°	Causes de pertes	Points	% du point	% cumulé
1	défauts	20	21,05	21,05
2	Imprécision de la scie de tête	12	12,63	33,68
3	Inexpérience et erreurs d'inattention	10	10,53	44,21
4	Lames de scie trop soudées	9	9,47	53,68
5	Mauvais affûtage et préparation des lames	8	8,42	62,11
6	Absence de changement des équipements	7	7,37	69,47
7	Mouvement non synchrone des rouleaux de la dédoubleuse et mauvais division des épaisseurs des pièces	10	10,53	80
8	Absence de robot	4	4,21	84,21
9	Taux d'humidité et présence de sève	4	4,21	88,42
10	Absence de traitement des grumes	3	3,16	91,58
11	Zone boueuse	3	3,16	94,74
12	Mauvais billonnage	2	2,11	96,84
13	Absence de jet	2	2,11	98,95
14	Manutention	1	1,05	100
Total		95	100	100

Les données du tableau 3 ont permis de réaliser le diagramme de Pareto (figure 21).

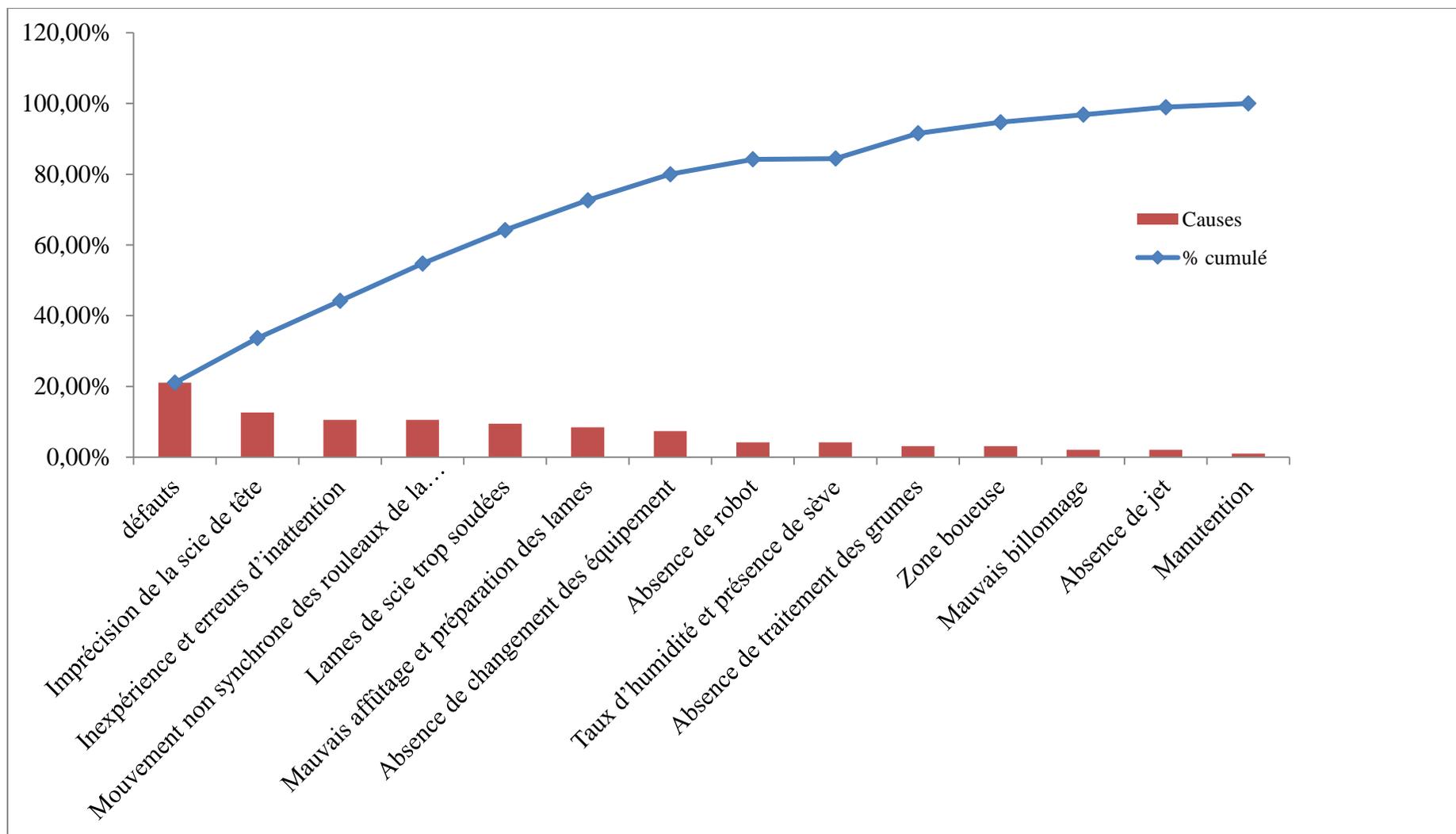


Figure 21: Diagramme Pareto des causes de perte

D'après ce diagramme, les défauts et l'imprécision de la scie de tête sont des principales causes à l'origine des pertes de matière.

III.3 comparaison des dimensions des pièces sortant de la scie de tête et celle de la commande

La mesure des épaisseurs a été faite sur trente (30) pièces d'Okan sortant de la scie de tête afin de les comparer à l'épaisseur de la commande. Ces résultats sont contenus dans le tableau 4.

Tableau 4: Épaisseurs des pièces

N° de pièces	Épaisseurs scie de tête en mm	Épaisseurs commande en mm	Surcote en mm
1	53	53	3
2	53	53	3
3	50	53	3
4	53	53	3
5	52	53	3
6	53	53	3
7	50	53	3
8	53	53	3
9	53	53	3
10	53	53	3
11	53	53	3
12	53	53	3
13	53	53	3
14	53	53	3
15	50	53	3
16	53	53	3
17	51	53	3
18	53	53	3
19	50	53	3
20	50	53	3
21	54	53	3
22	52	53	3
23	53	53	3
24	51	53	3
25	53	53	3
26	53	53	3
27	51	53	3
28	53	53	3
29	56	53	3
30	53	53	3
Moyenne	52,5±0.20	53±0	3±0

Le tableau 4 montre une différence des moyennes des épaisseurs entre les pièces sortant de la scie de tête et celles de la commande. Ce tableau a permis de réaliser le diagramme ci-après.

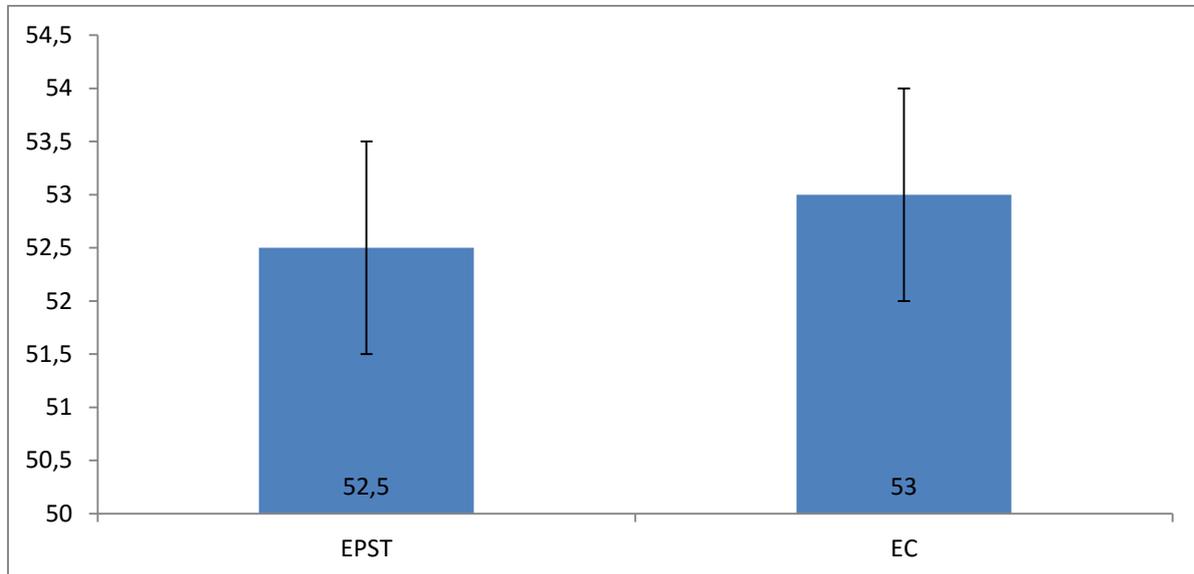


Figure 22: Différence d'épaisseurs entre les pièces sortant de la scie de tête et celles de la commande

Il ressort de cette figure qu'il existe une différence de 0,5 mm entre les deux moyennes. Cette différence entraînera des impacts négatifs sur le rendement matière selon le volume des bois à scier. Le test T de Student ($P=0,02$) montre que cette différence est hautement significative, confirmant l'hypothèse selon laquelle il existe une différence entre les pièces sortant de la scie de tête et celles de la commande.

III.4 Analyse des différences entre les fréquences d'apparition des défauts pour des intervalles de diamètre différents des échantillons

III.4.1 Cas du Moabi

Une analyse de la fréquence d'apparition des défauts sur 30 billes par classe de diamètre a permis de recenser 12 types de défauts. Les résultats sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5: Nombre de défauts par classe de diamètre

Défauts/Classes	[60-70]	[70-80]	[80-90]	[90-100]	[100-110]	[110-120]	[120-130]	[130 et plus]
Fentes	2	3	4	6	6	7	9	11
Bosses	1	3	3	2	2	1	1	1
Cœur excentré	1	3	6	4	3	3	4	3
Cœur évidé	0	1	1	2	3	4	5	5
Roulure totale	1	1	3	4	6	8	10	10
Roulure partielle	2	2	2	5	5	6	6	7
Méplats	0	0	1	1	2	3	5	5
Mulots	0	0	0	0	0	0	0	0
Chamelures	0	0	0	0	0	0	0	0
Cadranures	1	1	3	4	7	13	14	15
Nœud	0	0	1	1	2	4	5	4
Décoloration	0	0	0	0	0	0	0	0
Cannelures	0	0	0	1	1	2	3	3
Entre-écorce	0	0	0	0	0	0	0	0
Courbures	1	1	2	2	2	2	1	2
Total	9	15	26	32	39	53	63	66

Il ressort du tableau 5 que les défauts croissent au fur et à mesure que le diamètre des billes augmente. Ainsi, le tableau 5 a permis de calculer les moyennes des défauts (tableau 6).

Tableau 6: Moyennes des défauts par classes de diamètre chez le Moabi

Classes	[60-70]	[70-80]	[80-90]	[90-100]	[100-110]	[110-120]	[120-130]	[130 et plus]
Moyenne ESM	0,8± 0,26	1±0,30	1,73± 0,46	2,13±0,5 1	2,6±0,61	3,53±0,95	4,2±1,09	4,4± 1,18
Intervalle de confiance à 95%	0,23 à 1,36	0,33 à 1,66	0,74 à 2, 72	1,02 à 3,23	1,27 à 3,92	1,49 à 5,57	1,85 à 6,54	1,86 à 6,93

Ce tableau permet de dire que, si on choisit une bille de Moabi au hasard dans une classe de diamètre par exemple, on est sûr à 95% de trouver en moyenne les défauts énumérés plus haut. Ce tableau a permis d'élaborer la figure 23.

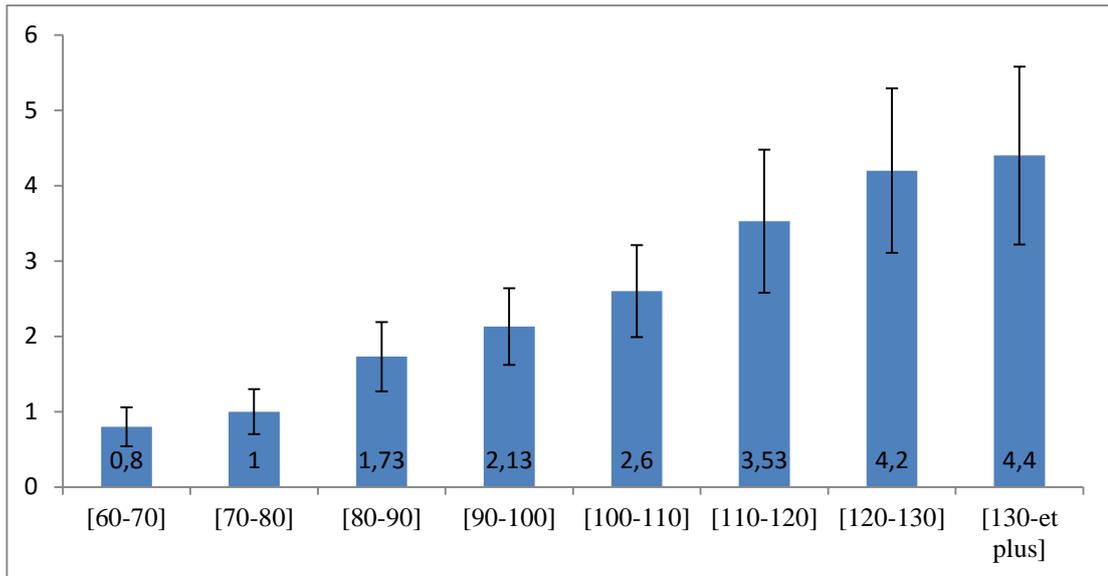


Figure 23: Variation de la quantité de défauts en fonction des classes de diamètre chez le Moabi

De ce diagramme, on constate que les classes [110-120] à [130 et plus] ont plus de défauts. Le taux de probabilité pour tous les tests est égal à $0,0025 < 0,05$ ce qui veut dire qu'il existe une différence significative entre la fréquence d'apparition des défauts dans des intervalles de diamètre différents. Ceci implique que, la quantité et la qualité des défauts varient significativement lorsque le diamètre augmente. Donc, l'hypothèse de départ selon laquelle il n'existe pas de différence significative entre les fréquences d'apparition des défauts et l'accroissement en diamètre n'est pas confirmée.

III.4.2 Cas d'Okan

L'analyse fait sur la fréquence d'apparition des défauts sur 30 billes par classe de diamètre a permis de recenser 8 types de défauts. Les résultats sont présentés dans le tableau 7.

Tableau 7: Nombre de défauts par classe de diamètre

Défauts/Classes	[60-70]	[70-80]	[80-90]	[90-100]	[100-110]	[110-120]	[120-130]	[130 et plus]
Fentes	2	2	2	2	3	3	1	2
Bosses	2	2	3	1	3	1	2	1
Cœur excentré	2	3	2	3	2	2	1	2
Cœur évidé	0	1	2	3	4	4	3	3
Roulure totale	1	1	1	3	3	7	4	2
Roulure partielle	1	2	2	3	3	5	4	3
Méplats	0	0	0	0	0	0	0	0
Mulots	0	0	0	0	0	0	0	0
Chamelures	0	0	0	0	0	0	0	0
Cadranures	1	2	3	3	7	9	6	4
Nœud	0	0	0	0	0	0	0	0
Décoloration	0	0	0	0	0	0	0	0
Cannelures	0	0	0	0	0	0	0	0
Entre-écorce	0	0	0	0	0	0	0	0
Courbures	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	9	12	14	16	23	27	18	15

Il ressort de ce tableau que les classes de diamètre comprises entre 100 et 120 sont celles dans lesquelles on rencontre le plus de défauts. Ce tableau a permis de faire le tableau 8 des moyennes et des erreurs.

Tableau 8: Des moyennes et des erreurs d'okan

Classes	[60-70]	[70-80]	[80-90]	[90-100]	[100-110]	[110-120]	[120-130]	[130 et plus]
Moyenne ESM	0,66± 0,21	0,93± 0,26	1,06± 0,30	1,26± 0,35	1,73±0, 53	2,13± 0,73	1,46± 0,49	1,2± 0,35
Intervalle de confiance à 95%	0,21 à 1,11	0,36 à 1,50	0,42 à 1,71	0,49 à 2,03	0,57à 2,88	0,52 à 3,73	0,40 à 2,53	0,43à 1,96

En tenant compte de ces résultats, on est sûr à 95% de trouver les mêmes défauts si on choisit une bille appartenant à ces classes de diamètre. De ce tableau, la figure 24 a été élaborée.

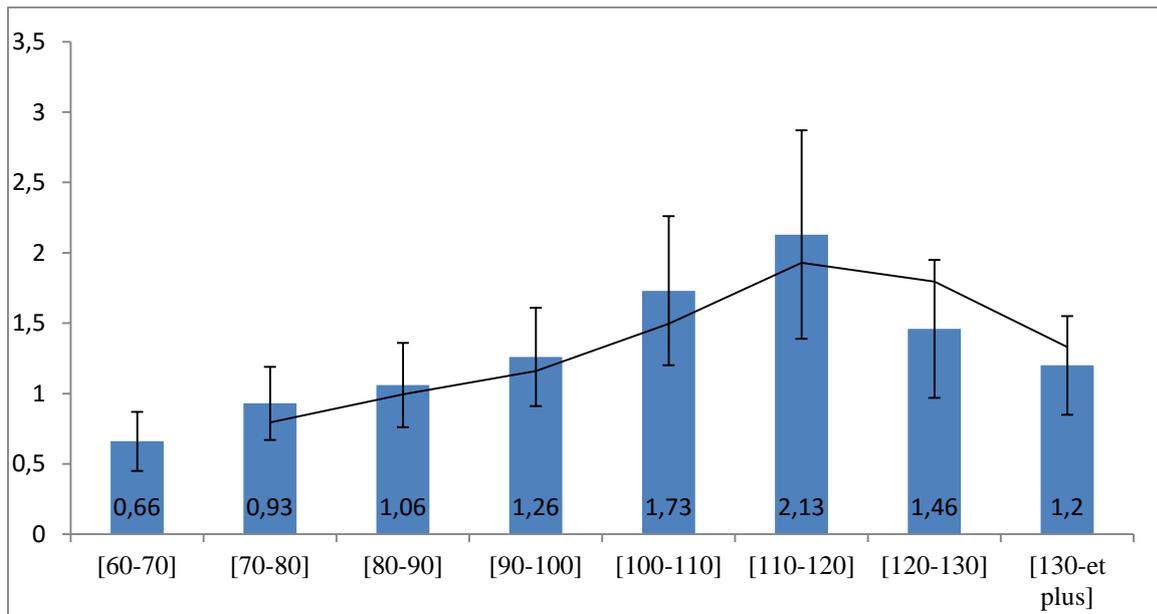


Figure 24: Variation des quantités de défauts en fonction des classes de diamètre

De cette figure, on observe que dans [60-70] à [110-120] la quantité des défauts augmente avec l'accroissement en diamètre. Mais celle-ci baisse dans [120-130] à [130-plus].

Pour un taux de probabilité $P=0,36 > 0,05$, ceci implique que la qualité et la quantité de défauts ne varient pas significativement lorsque le diamètre augmente. Donc, l'hypothèse de départ selon laquelle il n'existe pas de différence significative entre les fréquences d'apparition des défauts et l'accroissement en diamètre est confirmée.

III.4.3 Cas du Padouk

L'analyse fait sur la fréquence d'apparition des défauts sur 30 billes par classe de diamètre a permis de recenser 13 types de défauts. Les résultats sont présentés dans le tableau 9.

Tableau 9: nombre de défauts par classe de diamètre

Défauts/Classe	[60-70]	[70-80]	[80-90]	[90-100]	[100-110]	[110-120]	[120-130]	[130 plus]
Fentes	2	3	4	6	8	10	15	15
Bosses	1	2	2	3	4	6	6	8
Cœur excentré	2	3	4	2	4	3	5	3
Cœur évidé	0	1	2	3	3	4	6	8
Roulure totale	1	2	3	3	4	5	6	8
Roulure partielle	2	2	3	4	3	4	5	3
Méplats	0	0		0	0	1	2	3
Mulots	0	0	0	0	0	0	0	0
Chamelures	2	4	3	3	3	3	2	2
Cadranures	1	2	3	3	4	5	8	9
Nœud	1	1	1	1	2	2	2	2
Décoloration	1	1	1	2	2	2	3	3
Cannelures	0	0	0	1	1	2	2	3
Entre-écorce	0	0		0	0	0	0	0
Courbures	1	2	2	3	4	7	7	8
Total	14	23	28	34	42	54	69	75

Ce tableau indique que les défauts croissent au fur et à mesure que le diamètre des billes augmentent. Une analyse des données du tableau 9 a permis d'élaborer le tableau 10 des moyennes et des erreurs.

Tableau 10: Des moyennes et des erreurs du padouk

Classes	[60-70]	[70-80]	[80-90]	[90-100]	[100-110]	[110-120]	[120-130]	[130 plus]
Moyenne ESM	0,93± 0,2	1,53± 0,32	2,15± 0,37	2,26± 0,43	2,8± 0,54	3,6± 0,7	4,6± 0,98	5± 1,06
Intervalle de confiance à 95%	0,49 à 1,37	0,84 à 2,22	1,34 à 2,96	1,34 à 3,19	1,63 à 3,96	2,09 à 5,10	2,48 à 6,71	2,7 à 7,29

De ce résultat, on est sûr à 95% de trouver les mêmes défauts si on choisit une bille appartenant à une des classes de ces diamètres. Ce tableau a permis d'élaborer la figure 25.

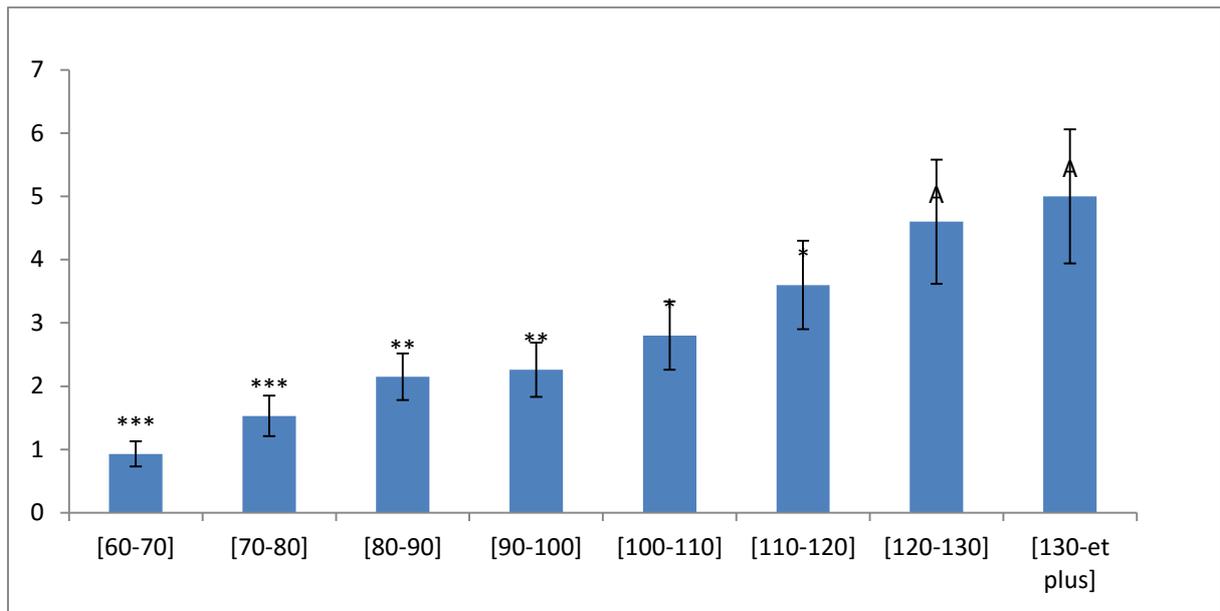


Figure 25: variation des défauts en fonction des classes de diamètre. A: il n'y a pas de différence significative, *: il y'a une différence significative, **: il y'a une grande différence significative, ***: il y'a une très grande différence significative.

La figure 25 montre l'évolution de la quantité de défauts en fonction des classes de diamètre chez le Padouk. Il ressort de cette figure que :

- Il existe une très grande différence significative entre l'apparition des défauts des billes des [60-70] et [70-80] par rapport aux classes de diamètre [120-130] et [130 et plus].
- Il existe une grande différence significative entre l'apparition des défauts des billes des [80-90] et [90-100] par rapport aux classes de diamètre [120-130] et [130 et plus].
- Il existe une différence significative entre l'apparition des défauts des billes des [100-110] et [110-120] par rapport aux classes de diamètre [120-130] et [130 et plus].

Pour un taux de probabilité $P=0,01$, on est sûr à 95% de trouver cette différenciation d'apparition de défauts en fonction des classes de diamètre choisies. Donc, l'hypothèse de départ selon laquelle il n'existe pas de différence significative entre les fréquences d'apparition des défauts et l'accroissement en diamètre n'est pas confirmée.

III.5 proposition des solutions de réduction des pertes de matière

III.5. 1 Récupération des pièces de 0,55 mètre de long

La récupération des pièces de bois à la CUF se fait jusqu'à 1,05m de long. Cette récupération des pièces de bois notamment le bois d'œuvre peut se faire à 0,55m afin de réduire certaines pertes. Ceci contribuera à agrandir la demande au niveau local pour la fabrication des meubles.

III.5.2 Introduction d'un circuit de fabrication des frises

La CUF peut instaurer dans sa chaîne de production un circuit de fabrication de frises qui contribuera à accroître son rendement matière et économique. Le circuit de production ci-après propose une chaîne de fabrication des frises.

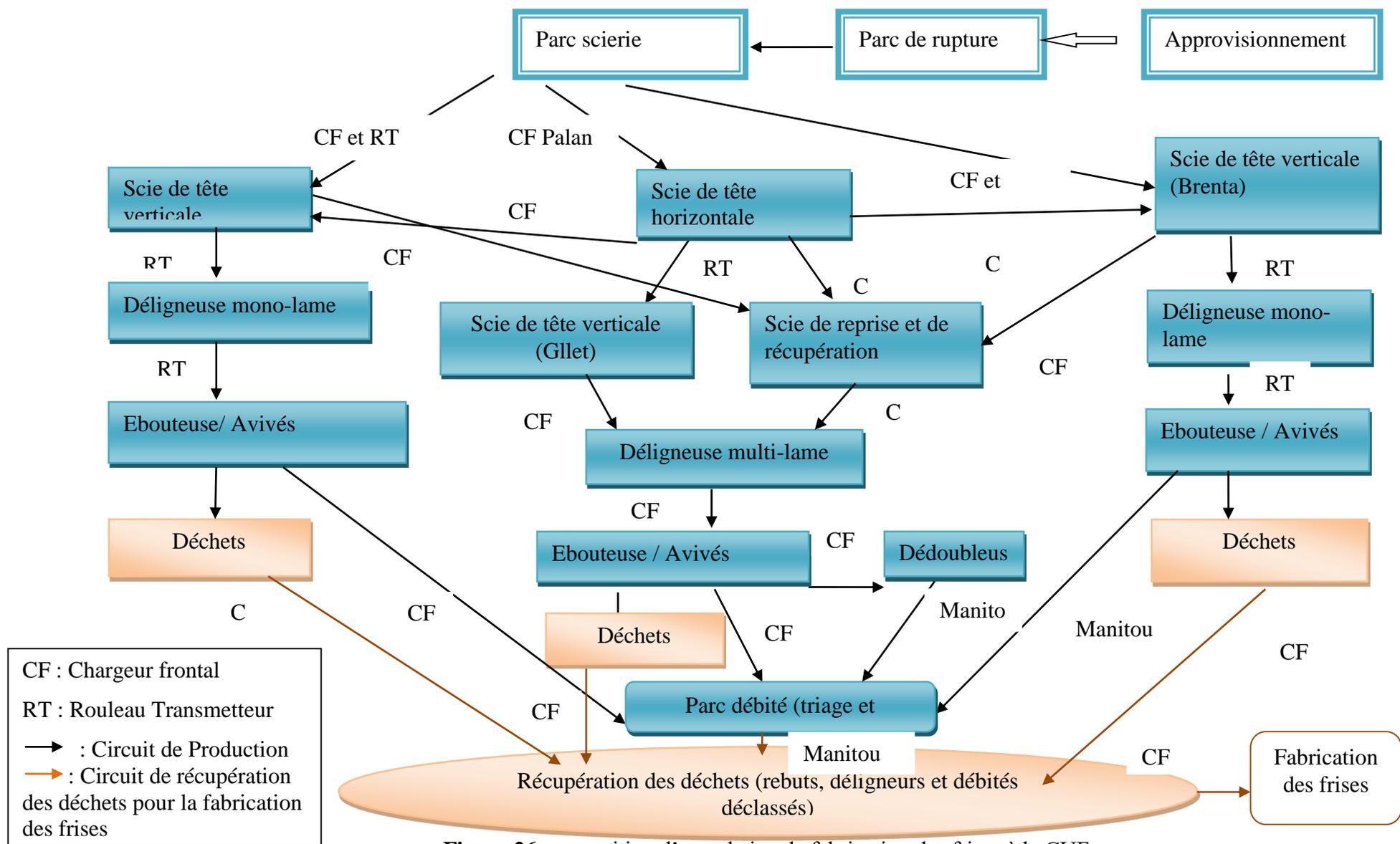


Figure 26: proposition d'une chaîne de fabrication des frises à la CUF

III.5.3 changement des équipements existants

Afin de réduire les pertes de matière provoquées par les machines, l'entreprise devra changer les équipements ci-après.

Tableau 11: Equipements à changer

équipements	Travail à effectuer
Scie de tête (brenta)	changer les griffes
	Changer le diviseur
dédoubluse	Changer les rouleaux
Scie de tête (primultini)	Installation d'un robot
Déligneuses 2 ^é et 3 ^é chaines	Installation des robots
Lames de scie	limiter la soudure des lames de scie
	Déclasser les lames à temps
Volants de scie de tête	Changer les volants



CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

IV.1 Conclusion

Le présent travail avait pour objectif l'amélioration de la production des industries de la première transformation de bois notamment celle de la CUF.

Il ressort de cette étude que plusieurs paramètres sont à l'origine des pertes de matière au cours de la transformation du bois. On peut noter : la main d'œuvre, les matériels, la matière, la méthode et le milieu.

La différence entre les épaisseurs des pièces sortant de la scie de tête et celles de la commande est de 0,5 mm. Cette différence est insignifiante mais aurait une influence sur le rendement matière pour les volumes importants.

Les fréquences d'apparition des défauts différents significativement entre elles avec l'accroissement en diamètre des billes du Moabi et du Padouk, Contrairement à l'Okan.

Enfin, il a été proposé à la CUF, la récupération des pièces de bois jusqu'à 0,55 m, l'installation d'un circuit de fabrication des frises afin de valoriser les délignures, les rebuts et les pièces de bois déclassées et le changement de certains équipements pour minimiser les pertes dues aux matériels.

IV.2. Recommandations

Dans le but de réduire les pertes de matière dans les UTB en général et à la CUF en particulier. On recommande :

- Le renforcement des capacités de la main d'œuvre existante ;
- L'utilisation d'un dispositif infrarouge au cours de l'inventaire d'exploitation pour observer les défauts avant la sélection définitive des arbres à exploiter ;
- Recyclage de l'équipe d'affutage afin qu'ils puissent acquérir des nouvelles techniques sur les opérations fondamentales ;
- La mise à la disposition des scieurs des jets au niveau de chaque scie de tête afin de minimiser les déviations dues aux sables et cailloux ;
- La Limitation de la soudure des lames de scie et le déclasserment des lames à temps.

BIBLIOGRAPHIE

Abdallah, R. (2010) Détermination des facteurs influençant la coupe et la qualité des plaquettes issues du déchiquetage du bois par des machines forestières. Thèse de fin d'étude d'école Doctorale Sciences et Ingénierie Ressources Produits Procédés Environnement, L'université Henri Poincaré–Nancy I, 223 p.

Bois magazine-affûtage. Entretenir les outils de coupe pour scier vite et bien, n°123-février 2013-bois ^{mag}, 3p. <http://www.fcba.fc/article-boismag-affûtage>.

Bouchard, M. (2005) Équipements d'optimisation du sciage de feuillus durs. <http://www.ic.Gc.Ca/epic/side/fi-if.nsf/fr/fbo1405f.html>.

Brunner, J. Ekoko, F. (1999) La Réforme de la Politique Forestière au Cameroun: Enjeux, Bilan, Perspectives, 25 p.

Cerutti, P. O., Ingram, V. et Sonwa, D. (2008) Les forêts du Cameroun. 15 P. [http://www.Cifor.org/library/2921/les forêts du Cameroun en 2008](http://www.Cifor.org/library/2921/les%20for%C3%AAts%20du%20Cameroun%20en%202008)

CIRAD. (2010) Les forêts du bassin du Congo : Etats des forêts, 274 p. [http://www.cirad.fr/actualités/bassin-du-congo-etats-des forêts-2010](http://www.cirad.fr/actualités/bassin-du-congo-etats-des%20for%C3%AAts-2010)

Courtois, A. Pillet, M. et Bonnefous, M. C. (2007) Gestion de production. Editions d'organisation, 4^{ème} édition, Paris.

CUF. (2020) rendement des essences.

Dalois, C. (1990) Manuel de sciage et d'affûtage. Centre technique forestier tropical, 2^e édition 1990, 24 p.

Eddy, F. (2006) Classification de défauts observés dans le bois par caméra, 15p.

FAO/CIFOR, 2016. État du secteur forêts-bois du Cameroun (2015) – Rapport, par Cerutti P.O, Mbongo M et Vandenhoute M.

FAO. (2003) Code régional d'exploitation forestière à faible impact dans les forêts tropicales humides d'Afrique centrale et de l'ouest, 131 p.

Hammouda, N. (2011) « Amélioration continue de la productivité d'une entreprise tunisienne », Mémoire de Mastère professionnel en Optimisation et Modernisation des Entreprises MOME de l'université virtuelle de Tunis.

Jozsa, L.A. et Middleton, G.R. (1997) Les caractéristiques déterminant la qualité du bois: nature et conséquences pratiques. Forintek Canada Corp. Pub. Spéciale SP-34F. 42 p.

MAHONGHOL, D et al. (2016) les flux et les circuits de commercialisation du bois : le cas du Cameroun. 21p.

MINFOF. (2010) Comprendre l'accord de partenariat volontaire du processus FLEGT. Document APV/Flegt de Coopération Cameroun / Union Européenne, 22P.

Pallisco. (2007) Description des essences et photos, 15p.

Rombauts, R. (2008) Vice et défauts de bois. Hébergé par www.lescopeaux.asso.fr, 7p.

Sales, C. Cirad-Forêt (2003) Innovation technologique et valorisation des sous-produits des filières bois. Bois et forêts des tropiques, dossier n°277 (3).

Simonin, G. (2010) Amélioration des performances d'outils de coupe pour la première transformation du bois. Mémoire de fin d'étude d'école doctorale : Ressources Produits Procédés Environnement. L'université Henri Poincaré–nancy I, 245 p.

ANNEXES

Annexe 1: fiches de calcul du rendement des essences choisies (Moabi, Okan et Padouk)

Moabi

Nombre de jours	Volume grume (m ³)	Volume débités (m ³)	rendement(%)
1	61,760	23,808	38,55%
2	66,531	26,931	40,48%
3	59,701	24,602	41,21%
4	63265	26,653	42,13%
5	60225	25,517	42,37%
6	62,851	26,692	42,47%
7	64,663	27,552	42,61%
Total	438,996	181,759	41,40%

Okan

Nombre de jours	Volume grume (m ³)	Volume débités (m ³)	rendement(%)
1	75,113	16,3370775	21,75%
2	74,761	17,1127929	22,89%
3	75,913	16,1922429	21,33%
4	74,561	17,7827985	23,85%
5	75,55	17,489825	23,15%
6	76,112	18,0157104	23,67%
7	73,851	18,2338119	24,69%
Total	525,861	121,164259	23,04%

Padouk

Nombre de jours	Volume grume (m³)	Volume débités (m³)	rendement(%)
1	86,715	19,545561	22,54%
2	88,537	20,2572656	22,88%
3	89,851	20,8634022	23,22%
4	84,243	21,2208117	25,19%
5	85,771	22,5320417	26,27%
6	88,123	24,6480031	27,97%
7	88,862	24,8013842	27,91%
Total	612,102	153,86847	25,14%

Annexe 2: fiche de collecte des données sur l'apparition des défauts en fonction de l'accroissement en diamètre

Défauts /diamètres	[60-70]	[70-80]	[80-90]	[90-100]	[100-110]	[110-120]	[120-130]	[130-plus]
Mulots								
Courbures								
Cadranures								
Fentes								
Roulure partiel								
roulure totale								
Nœuds pourris								
Aubier								
Cannelure								
Cœur évidé								
Pourriture cœur								
Bosses								
Piqures								
Fil tors								
Etranglement								
Total								

