

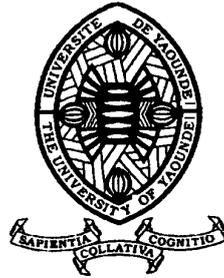
RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN  
*Paix - Travail – Patrie*

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

## CONCEPTION DU DIAGRAMME DE DÉBITAGE POUR OPTIMISER LE RENDEMENT AU SCIAGE DES BILLES COURBES

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

**OPTION : INDUSTRIE DU BOIS**

Par :

**ESSOMBA Honorine Caroline**

Matricule : 19W1235

Sous la Direction de :

**Pr NJANKOUO Jacques Michel**

*Ingénieur Polytechnicien, Maître de Conférences*



Soutenu le 01/06/2021 devant le Jury constitué de :

Président du jury :	Pr NZESSÉ Ladislas	Professeur, Université de Yaoundé I
Rapporteur :	Pr NJANKOUO Jacques Michel	Maître de Conférences, Université de Yaoundé I
Examineur :	Dr. NGUEMA Paul Fabrice	Chargé de Cours, Université de Dschang

ANNÉE ACADÉMIQUE 2020-2021

## **ATTESTATION DE L'ORIGINALITÉ DU MEMOIRE**

Je soussigné, **ESSOMBA Honorine Caroline**, étudiante à l'Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technique (ENSET) de l'Université de Yaoundé 1 à Ebolowa, matricule 19W1235, atteste que le contenu du présent mémoire de fin de formation est le fruit de mes propres travaux effectués au sein de la **Société Industrielle de Bois MISSOKO et frères (SIBM)** à Sangmélima dans la région du sud Cameroun sur le thème : « **CONCEPTION DU DIAGRAMME DE DEBITAGE POUR OPTIMISER LE RENDEMENT AU SCIAGE DES BILLES COURBES** ». Ce travail a été effectué sous la supervision du **Pr NJANKOUO Jacques Michel** *Ingénieur Polytechnicien, Maître de conférences*.

Ce mémoire est authentique et n'a pas été l'objet d'aucune présentation antérieure pour l'acquisition de quelque grade universitaire que ce soit.

**Nom et signature de l'auteur**

ESSOMBA Honorine Caroline

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

RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN

*Paix - Travail - Patrie*

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE D'ENSEIGNEMENT  
TECHNIQUE

DÉPARTEMENT D'INGÉNIERIE DU BOIS

BP. 886 EBOLOWA



REPUBLIC OF CAMEROON

*Peace-Work-Fatherland*

UNIVERSITY OF YAOUNDE I

HIGHER TECHNICAL TEACHERS' TRAINING  
COLLEGE

DEPARTEMENT OF WOOD ENGINEERING

P.O BOX: 886 EBOLOWA

## ATTESTATION DE CORRECTION DE MÉMOIRE

**Département :** INGÉNIERIE DU BOIS

**Filière :** INDUSTRIE DU BOIS

**Nom et Prénoms du Candidat :** ESSOMBA Honorine Caroline

**Matricule :** 19W1235

**Titre du Mémoire :** CONCEPTION DU DIAGRAMME DE DEBITAGE POUR OPTIMISER  
LE RENDEMENT AU SCIAGE DES BILLES COURBES

Nous soussignés,

Dr. NGUEMA Fabrice .....**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   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   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 :** ESSOMBA Honorine Caroline Filière : Industrie du Bois

Fait   Ebolowa le.../.../...

**Le Directeur**

# **DEDICACE**

A ma mère NGONO BIBIANE

## REMERCIEMENTS

Tout travail ne pouvant être possible sans un quelconque apport extérieur nous ne saurons commencer la rédaction de ce mémoire sans toutefois remercier toutes les personnes qui ont rendu sa réalisation possible. Nos remerciements vont à l'endroit de :

**Pr NJANKOUO Jacques Michel**, chef de département pour son encadrement, sa disponibilité à l'égard de mes préoccupations et ses conseils ;

**M. ZE Tobie**, pour son encadrement et son soutien technique ;

**Pr NJAKOMO Salomé**, directeur de l'ENSET d'Ebolowa pour le travail qu'elle ne cesse d'abattre pour le bon déroulement de notre formation et sa bienveillance quant à l'écoute de nos préoccupations ;

**Aux membres de mon jury, Pr NZESSE Ladislas** qui a présidé mon jury de mémoire, **Pr NJANKOUO Jacques Michel** qui a accepté de rapporter sur mes travaux, **Dr. NGUEMA Fabrice** qui a accepté d'examiner ce travail afin d'y apporter des éléments d'améliorations ;

**M. MISSOKO Jean Pierre**, Président Directeur Général de la société SIBM qui m'a permis d'effectuer mon stage dans la structure dont il a la charge ;

**M. KOMLA Nestor**, pour ses conseils techniques et son apport dans la rédaction de ce mémoire ;

**A mes parents, mes frères et sœur** pour leur soutien et les multiples encouragements portés sans cesse à mon égard ;

**M. MBANTONGA Marc le regretté mémoire**, pour son orientation dans cette filière bois et son appui dans cette formation ;

**Au personnel enseignant et non enseignant** de l'ENSET d'Ebolowa pour l'encadrement académique qu'ils m'ont apporté tout au long de ma formation

**A tous les membres de l'unité de transformation de la société SIBM** pour leur accueil ;

**A mes amis et collègues** pour leur solidarité et leur esprit de partage.

# TABLE DES MATIÈRES

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS .....	ii
TABLE DES MATIÈRES .....	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	v
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES ANNEXES .....	vii
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS .....	viii
RESUME.....	ix
ABSTRACT .....	x
INTRODUCTION.....	1
Contexte et justification de l'étude.....	1
Problématique.....	1
Objectif de l'étude .....	2
Objectif général .....	2
Objectifs spécifiques : .....	2
Hypothèses de recherche .....	2
Intérêt de l'étude.....	3
Plan du mémoire.....	3
CHAPITRE I : REVUE DE LITTÉRATURE .....	4
I.1. Définition de quelques concepts .....	4
I.2. Description du Bilinga .....	4
I.3. Billes courbes.....	5
I.4. Généralité sur le débitage.....	6
I.4.1. Les étapes du sciage.....	6
I.4.2. Les modes de débit.....	7
I.5. Généralité sur les diagrammes de débitage.....	9
I.5.1. Les étapes d'exécution du diagramme de débitage.....	10
I.5.2. Technique de réalisation du diagramme de débitage .....	11
I.5.3. Détermination de la précision au sciage .....	11
I.5.4. Calcul de la dimension cible .....	12
I.5.5. Le premier trait de scie.....	14
I.6. Cubage des bois et rendement matière.....	14

I.6.1. Cubage des bois abattus (grumes).....	14
I.6.2. Cubage des bois débités .....	14
I.6.3. Rendement matière .....	15
I.7. Optimisation du sciage.....	15
I.7.1. Organisation de la production dans une scierie .....	15
I.7.2. Les simulateurs du sciage .....	16
I.7.3 Gain du sciage des billes courbes .....	17
CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES .....	18
II.1. Présentation de la zone d'étude .....	18
II.1.1. Localisation de la zone d'étude .....	18
II.1.2. Activités de la structure .....	18
II.2. Méthodologie.....	20
II.2.1. Collecte des données .....	21
II.2.2. Traitement des données .....	24
II.3. Logiciel de traitement des données .....	34
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSION .....	35
III.1. Appréciation du défaut de courbure des billes .....	35
III.1.1. Evaluation de la flèche, diamètre de la section la plus haute et sa distance au fin bout.....	35
III. 1.2. Détermination des dimensions cibles.....	36
III .2. Réalisation du diagramme de débitage.....	36
III.2.1. Cas des billes entières .....	36
II.2.2. Cas des billons obtenus après tronçonnage .....	44
III.3. Evaluation de l'impact de l'utilisation du diagramme de débitage dans le rendement matière.....	46
III.3.1. Volume brut des billes.....	46
III.3.2. Volume théorique et réel des débités .....	46
III.3.3. Rendement matière volumique.....	47
CONCLUSION .....	49
RECOMMANDATION .....	50
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	51
ANNEXES .....	53

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Nombre de pièces sous dimensionnées en fonction de la valeur de sous dimensionnement.....	13
Tableau 2 : Les données secondaires collectées par objectifs spécifiques.....	21
Tableau 3 : Extrait du tableau des pénalisations pour anomalies du classement intégral ATIBT .....	25
Tableau 4 : Extrait du tableau de classement par choix des rondins de bois tropicaux des essences de bonne conformation générale.....	26
Tableau 5 : Flèches, diamètres et longueurs des billes .....	35
Tableau 6 : La qualité des billes en fonction de la courbure.....	36
Tableau 7 : Dimension cible à 12% d'humidité des avivés .....	36
Tableau 8 : Données sur le positionnement du plateau central des billes entières.....	39
Tableau 9 : Nombre de pièce en épaisseur et en largeur sur le plateau central.....	39
Tableau 10 : Nombre de pièces sur le plateau central selon la section .....	40
Tableau 11 : Longueurs et hauteurs des dosses des billes entières. ....	41
Tableau 12 : Nombre de pièces extraites par dosse en fonction de la section sciée pour les billes entières .....	41
Tableau 13 : Données sur la simulation des billons issus du tronçonnage .....	44
Tableau 14 : Nombre de débités obtenus sur le plateau central après tronçonnage des billes .	45
Tableau 15 : Volume brut des quatre billes.....	46
Tableau 16 : Volume des débités enregistrés dans l'entreprise pour ces billes .....	46
Tableau 17: Volume du diagramme de débitage : cas des billes tronçonnées .....	47
Tableau 18 : Volume du diagramme de débitage : cas des billes en entier.....	47
Tableau 19: Le rendement matière théorique et réel des billes.....	47

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Fût, houppier, section du Bilinga (source : CIRAD, 2011) .....	5
Figure 2 : Principales étapes du débitage (source : adapté de H. Deschene, 1986) .....	7
Figure 3 : Les différents modes de débits (adapté de Deschenes, 1986).....	9
Figure 4 : Les trois sections de la bille courbe (source : bouzinekis et al, 1986).....	11
Figure 5 : Aspect des pièces sciées courbe (Simonin, 2010) .....	17
Figure 6 : Carte de localisation de la scierie SIBM dans la ville de Sangméliima.....	18
Figure 7 : Scie de tête .....	19
Figure 8 : Déligneuses .....	20
Figure 9 : Conditionnement des colis.....	20
Figure 10 : Prise de paramètre de simulation sur la bille .....	23
Figure 11 : Prise des paramètres dendrométriques.....	23
Figure 12: Positionnement de la bille sur le chariot de la scie de tête .....	29
Figure 13 : Position du premier trait de scie .....	30
Figure 14 : Simulation au sciage du plateau central.....	31
Figure 15 : Equarrissage des billes entières et dimension du plateau central .....	38
Figure 16 : Diagramme de débitage des quatre billes pour la section 65*200mm .....	43
Figure 17: Diagramme du débitage après tronçonnage de la bille 0005483_08/2 section 65*200mm.....	45

## **LISTE DES ANNEXES**

Annexe 1 : Fiche de collecte des données sur les paramètres d'appréciation du défaut de courbure

Annexe 2 : Fiche de cubage des débités au sein de l'usine

Annexe 3 : Exemple de calcul de rendement des billes après simulation du sciage : cas de la bille numéro 0000352\_22/1

Annexe 4 : Diagramme de débitage des billes après tronçonnage

## **LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS**

**ATIBT** : Association Technique Internationale des Bois Tropicaux

**ENSET** : Ecole Normale d'Enseignement Technique

**CIFORD** : Center for International Forestry Research

**CIRAD** : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

**CIRIS** : Centre International pour la Recherche et l'innovation Scientifique

**CTFC** : Centre Technique de la Forêt Communale

**ISO** : Organisation Internationale de Normalisation

**SIBM** : Société Industrielle des Bois Missoko et frères

**PIB** : Produit Intérieur Brut

## RESUME

Le diagnostic des unités de sciages au Cameroun, posé lors de l'élaboration du plan d'industrialisation en 2012 a fait état d'un certain nombre de faiblesses dans la chaîne de transformation du bois en scierie : un faible rendement matière qui se situe autour de 30%. La minimisation des pertes de matière dans le processus de sciage est un excellent palier dans la problématique d'instauration d'une transformation plus poussée. Cela relève d'un problème d'optimisation du sciage. Pourtant, les stratégies basées sur la planification du sciage à travers l'usage des patrons de débits sont expérimentées dans d'autres pays et procurent des résultats intéressants. Afin d'apporter une piste de solution à ce problème, la présente étude portant sur « la conception de diagrammes de débitage pour optimiser le rendement au sciage des billes courbes », a été menée au sein de la scierie SIBM située à Sangmélina, dans la région du sud Cameroun. L'objectif principal était de réaliser les diagrammes de débitage dans le but d'optimiser le rendement au sciage des billes présentant un défaut de courbure. Il s'agissait plus précisément de prendre les paramètres de simulation des billes courbes, de simuler le sciage théorique de ces billes à partir de la conception des patrons de débitage et de montrer l'utilité de l'usage de ces diagrammes pour la planification du sciage. En s'inspirant sur la méthodologie de Bouzinekis et Martin, sur les paramètres nécessaires pour simuler une bille courbe, un échantillon de 04 billes de Bilinga (*Nauclea diderrichii*) a servi pour planifier le sciage de trois sections de pièces. Les résultats obtenus à la suite de l'analyse des diagrammes de débitage ont permis d'émettre les conclusions suivantes : le rendement moyen des billes entières est de **30,32%** alors que celui des billes après tronçonnage est de **44,52%** d'où le façonnage est capitale pour l'optimisation du rendement des billes courbes. Il est donc important de scier la bille au niveau de la flèche afin de la rendre le plus cylindrique que possible; Il faut choisir les sections adaptées au diamètre de la bille en fonction du mode de débitage, de telles sortes que la largeur du plateau central soit un multiple très proche de la section de la pièce à scier ; la planification du sciage à travers la réalisation de patrons de débit entraîne une augmentation du rendement au sciage des billes courbes avec une moyenne de 20%.

**Mots clés** : bille courbe, diagramme de débitage, rendement matière, optimisation du sciage.

## ABSTRACT

The diagnosis of sawnwood units in Cameroon, made during the development of the industrialization plan in 2012, revealed a certain number of weaknesses in the chain of transformation of wood in sawmill: a low material yield which is around by 30%. The minimization of material losses in the sawing process is an excellent step in the problem of establishing a further transformation. This is a problem of optimizing sawing. However, strategies based on planning sawing through the use of cutting patterns are being tested in other countries and are providing interesting results. In order to provide a possible solution to this problem, the present study relating to "the design of debitage diagrams to optimize the sawing yield of curved logs", was carried out within the SIBM sawmill located in Sangmélina, in the southern Cameroon region. The main objective was to produce the debitage diagrams in order to optimize the sawing performance of logs with defective curvature. More precisely, it was a question of taking the simulation parameters of the curved logs, of simulating the theoretical sawing of these logs from the design of the debitage patterns and of showing the usefulness of the use of these diagrams for the planning of the sawmill. Drawing on the methodology of Bouzinekis and Martin, on the parameters necessary to simulate a curved log, a sample of 04 Bilinga logs (*Nauclea diderrichii*) was used to plan the sawing of three sections of pieces. The results obtained following the analysis of the debitage diagrams made it possible to draw the following conclusions: the average yield of whole logs is 30.32% while that of logs after cutting is 44.52% of where shaping is essential for optimizing the yield of curved logs. It is therefore important to saw the log at the level of the arrow in order to make it as cylindrical as possible; It is necessary to choose the sections adapted to the diameter of the log according to the debitage mode, such that the width of the central plate is a multiple very close to the section of the piece to be sawed; the planning of sawing through the realization of flow patterns leads to an increase in the sawing yield of curved logs with an average of 20%.

Keywords: curved log, debitage diagram, material yield, sawing optimization.

# **INTRODUCTION**

## **Contexte et justification de l'étude**

Au Cameroun, selon le livre blanc (2013) « vers une stratégie de développement de l'industrie de transformation du bois dans le bassin du Congo », près de 75% de la production forestière sont transformés localement. Ce taux de transformation relativement élevé résulte d'une politique volontariste qui se manifeste dans la loi forestière de 1994. Et dans la modalité d'application de son article 71 (1) mise en place en 1999 par le gouvernement Camerounais stipulant l'interdiction partielle d'exportation de bois en grume. En effet, pour palier à ces mesures contraignantes, les détenteurs de bois en grumes ont opté pour une transformation sur place du bois avant son exportation. Ce phénomène a engendré dès cet instant une industrialisation croissante de la filière bois au Cameroun avec pour conséquence une baisse significative des exportations en grume. En revanche, le volume du bois transformé a augmenté. De 2008 à 2011 le sous-secteur bois industriel a créé une valeur ajoutée moyenne de 168,75 milliards de F CFA par an, soit une contribution au PIB de 1,5 % (CIFORD, 2013). Aux vues de l'importance autour de la transformation du bois au Cameroun, la matière première bois devrait donc être utilisée efficacement de manière à extraire de chaque bille la valeur optimale des produits de transformation.

Une publication du CIRIS, centre de recherche pour l'industrie du bois, a démontré que le rendement matière était de loin l'élément de rentabilité le plus important pour une scierie (Simonin, 2010). Or au Cameroun, le rendement matière de l'industrie de première transformation du bois reste faible. C'est dans ce sens que cette étude a été menée pour aider les scieries à optimiser leur sciage à travers l'usage des diagrammes de débitage.

## **Problématique**

La perte de matières premières dans les industries de sciage atteint des proportions élevées. En effet le diagnostic dans le maillon du sciage au Cameroun posé lors de l'élaboration de son plan d'industrialisation en 2012 a fait état d'un certain nombre de contraintes et de faiblesses relevées le long de la chaîne de valeur de l'industrialisation : Insuffisance de personnel qualifié (façonnage des grumes) et un faible rendement matière qui se situe autour de 30% Centre Technique de la Forêt Communale (CTFC, 2013).

La méthode de sciage sans définition d'un nombre apparent du volume des débités sur la bille à scier régulièrement utilisée dans nos scieries date des années 1970. Cela conduit à une mauvaise valorisation de la matière ligneuse et à une augmentation des pertes de bois. Car, on réalise une navigation à vue du sciage sans aucune précision.

Or, l'une des stratégies basée sur l'usage des patrons de débitage dans une scierie est d'un apport énorme pour augmenter le rendement matière (Danwe et al, 2009). De plus, les logiciels d'optimisation du sciage comme optitek générant des patrons de débit à partir des informations reçues des capteurs sur la forme de la bille font des preuves dans les scieries Canadiennes.

Ainsi, il se trouve que l'une des solutions pour augmenter le rendement matière soit l'usage de la simulation du sciage avant son exécution. Afin de trouver un cadre qui scié avec le contexte Camerounais, cette étude a donc été réalisée pour aider les industriels à mieux planifier le sciage des billes courbes par l'usage des patrons de débits.

## **Objectif de l'étude**

### **Objectif général**

Cette étude a pour but d'optimiser le rendement au sciage des billes présentant un défaut de courbure par la conception des diagrammes de débitage.

### **Objectifs spécifiques :**

Pour atteindre l'objectif principal il sera plus précisément de :

- Apprécier le défaut de courbure de la bille à simuler ;
- Réaliser le diagramme de débitage des billes courbes,
- Evaluer l'impact de l'usage du diagramme de débitage sur le rendement matière

### **Hypothèses de recherche**

- L'absence de planification du sciage à travers les diagrammes de débitage est l'une des causes majeures du faible rendement matière observé dans nos scieries ;
- L'optimisation du sciage des billes courbes à travers les patrons de débitage permet d'augmenter le rendement matière.

## **Intérêt de l'étude**

Son intérêt a été évalué à trois niveaux :

- Sur le plan professionnel : elle aidera aux scieries à augmenter le rendement matière à travers une stratégie bien élaborée sur la planification des activités du sciage.
- Sur le plan scientifique : elle contribuera à la création des modèles numériques de patrons de sciage.
- Sur le plan pédagogique : elle permettra aux enseignants de faire assoir les enseignements sur le contrôle de la production dans une scierie.

## **Plan du mémoire**

- Une introduction présentant le contexte dans lequel s'est réalisé l'étude, la problématique qu'elle soulève, les objectifs poursuivis et l'intérêt de l'étude ;
- Le chapitre I : renseignant sur la revue de littérature en rapport avec la thématique de la présente étude ;
- Chapitre II : présentant le matériel et la méthode utilisée pour mener l'étude ;
- Chapitre III : dédié à la présentation des résultats obtenus et leur discussion ;
- Une conclusion : qui récapitule l'ensemble du travail ainsi que les suggestions formulées à la fin de l'étude.

# CHAPITRE I : REVUE DE LITTÉRATURE

Deux thèmes de la littérature suscitent l'intérêt dans cette étude : l'optimisation du sciage et la simulation du sciage des billes courbes. Des recherches documentaires ont été effectuées afin de trouver des documents traitant du sciage de bois.

## I.1. Définition de quelques concepts

**Bille courbe** : est une bille qui présente un défaut de courbure. Ce dernier est la déviation de l'axe longitudinal d'un bois rond par rapport à la ligne droite (ISO 24294, 2013).

**Classement du bois** : est l'ensemble des opérations permettant de soumettre une bille de bois à des critères de qualités en vue de lui attribuer un choix ( ATIBT,1982).

**Cubage** : opération qui permet d'évaluer le volume d'une grume ou d'une pièce de bois, grâce à différents paramètres mesurés sur celles-ci (Massenet, 2006).

**Diagramme de débitage** : est une simulation modifiant certains paramètres ayant un impact sur la valeur de la production, la distribution et le volume des différents produits générés, de même que le facteur de récupération en sciage et ce, sans avoir effectivement à débiter les billes en usine (Nelson Coté, 2013).

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

**Rendement matière** : correspond au ratio entre la quantité du bois sortant et la quantité entrante, exprimé en pourcentage (Gatchell, 1985)

**Scierie** : installations nécessaires pour transformer les billes de bois en sciages (Joël Laprise, 2010).

**Trait de scie** : Sillon formé dans le bois par le passage des arrêtes tranchantes des dents de scie (Dalois, 1990).

## I.2. Description du Bilinga

De son nom scientifique *Nauclea diderrichii*, le Bilinga est une essence tropicale originaire d'Afrique de l'Ouest et centrale de la famille des rubiaceae dont l'arbre peut atteindre une hauteur de 30 à 40m et 1,20m de diamètre. Son fût est le plus souvent élancé,

dénué de branches et cylindrique. Il comporte peu ou pas de contreforts. Son écorce de couleur brun grisâtre est souvent crevassée et écailleuse pouvant parfois virer à l'orange. Le Bilinga comporte un houppier composé d'un feuillage foncé avec des feuilles entières et opposées. Il produit des fruits de 3 ou 4 centimètres de diamètre à la surface rugueuse est criblée de fossettes dont la pulpe fibreuse et odorante renferme une multitude de petites graines. Son bois est jaune doré à jaune orangé, naturellement très durable. L'aubier est différencié (blanc à jaune pâle). Fraîchement scié, le bois prend un aspect jaune vif. C'est un bois très homogène à grain moyen dont la maille est très peu visible. Le bois peut avoir un aspect rubané voir moiré dû au contrefil ou à l'ondulation des fibres. Le Bilinga est donc particulièrement adapté à des usages nécessitant des matériaux solides et résistants face aux agressions extérieures, comme la construction navale ou les travaux hydrauliques en milieu maritime. L'essence exotique de Bilinga couvre en effet naturellement la classe 5 : elle peut être employée en milieu marin et en eau saumâtre. Le Bilinga est un bois à usinage difficile due au contrefil provoquant un effet de désaffûtage normal. Son séchage est lent avec un faible risque de déformation. Mais un risque élevé de fente. Son point de saturation des fibres est à 25%. Ce bois a un coefficient de retrait volumique estimé à 0,55% donc le retrait total dans le sens tangentiel et dans le sens radial est respectivement de 7,5% et à 4,5%. C'est un bois moyennement imprégnable. (CIRAD, 2011).



Fût



Houppier



Section

**Figure 1 : Fût, houppier, section du Bilinga (source : CIRAD, 2011)**

### **I.3. Billes courbes**

Lors de sa croissance, l'arbre produit le bois avec une légère contrainte de tension périphérique. En tirant plus ou moins d'un côté, l'arbre ajuste sa forme et garde sa verticalité. Lorsque l'arbre subit un déséquilibre important il crée un bois avec une précontrainte très différent du bois opposé pour générer un moment de flexion équilibrant les efforts. Il produit un bois de nature différente du bois dit « normal » on parle de bois de réaction (ATIBT, 2014).

Le tronc courbé d'un arbre est tout simplement l'expression morphologique du bois de réaction. (Mattheck, 1993). Dans le bois de feuillu, la flexion s'obtient en tirant plus fort sur la face supérieure de l'axe incliné que sur la face opposée. Le bois ainsi en très forte flexion est appelé « bois de tension ». Par contre chez les résineux, la flexion est générée en poussant sur la face intérieure en générant du bois en précontrainte de compression appelé « bois de compression » (Stefani, 2004). La plupart des courbures ont une cause accidentelle issue du poids de la neige, un vent dominant, un éclaircissement intense. On en trouve aussi des courbures ayant une origine héréditaire. Ceci étant, une bille courbe est donc obtenue à la suite de l'abatage du tronc courbé d'un arbre.

La courbure est dite simple quand elle est caractérisée par une flèche ; multiple dans le cas de deux déviations ou plus dans un même ou plusieurs plans ; localisée quand elle est provoquée par la cassure de la cime de l'arbre règle ISO (2013).

La courbure d'une bille se mesure au point le plus en retrait par rapport à un axe droit reliant les deux extrémités de la bille. Le degré de courbure d'une bille va influencer les produits qui peuvent en être tirés. C'est pourquoi en règle générale, les billes doivent être relativement droites afin d'en tirer un maximum de revenus. Au façonnage, certaines courbes peuvent être atténuées en réduisant la longueur des billons (Syndicat des producteurs de bois de la région de Montréal, 2003).

Les règles de classement ATIBT prévoient deux types de classements. Tous les deux traitent de la pénalisation du défaut de courbure. Le classement simplifié prévoit une pénalisation de celui-ci en fonction du pourcentage de la partie courbe. Dans le classement intégral, en plus de ce paramètre la répartition de la courbure sur la longueur totale de la bille est aussi prise en compte (ATIBT, 1982).

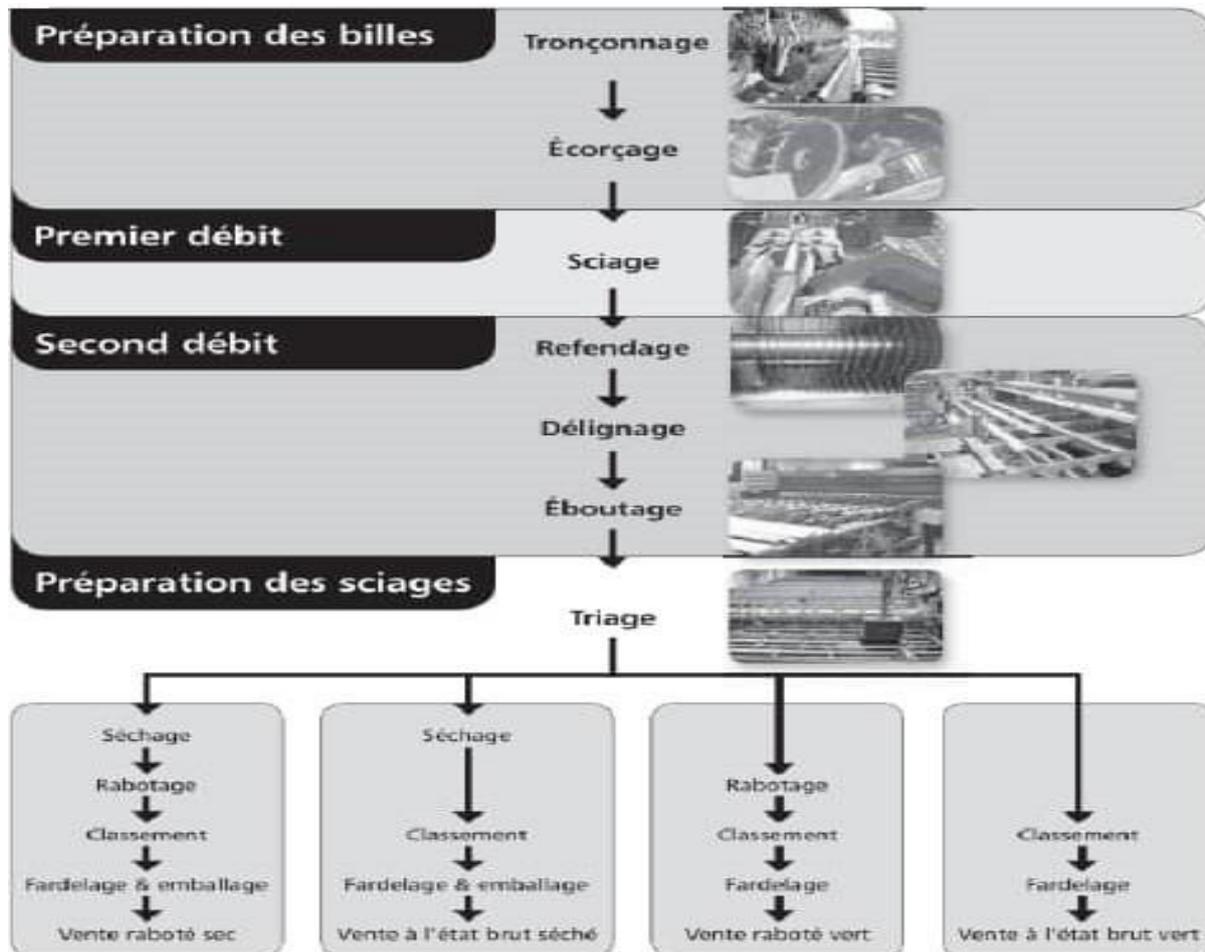
## **I.4. Généralité sur le débitage**

De tous les bois transformés, le bois scié est le plus simple, le plus facile à produire et celui dont l'utilisation remonte le plus loin dans l'histoire. Il représente environ les deux tiers du total mondial de bois ronds transformés (Dalois, 1990).

### **I.4.1. Les étapes du sciage**

Le sciage s'effectue en une série d'étapes successives que l'on peut regrouper en quatre (figure 2) : La préparation des billes, le premier débit, le second débit et la préparation des

sciages. Ces quatre étapes permettent de produire des bois sciés qui sont vendus sous différentes formes.



**Figure 2 : Principales étapes du débitage (source : adapté de H. Deschene, 1986)**

### **I.4.2. Les modes de débit**

Selon la méthode de débitage utilisée, on obtient les débits suivants : le débit en plot, le débit en plot modifié, le débit sur dosse ou le débit sur maille (figure 3).

#### **I.4.2.1. Le débit en plot**

Le sciage en plot consiste à débiter une bille en plateaux par une série de traits parallèles sans lui enlever de dosses. Le débitage est très facile et très rapide, car on n'a pas à retourner les billes à chaque trait de scie. On griffe la bille sur le chariot de la scie, le petit bout est mis en avant afin que la lame attaque la bille sur sa plus petite hauteur ; on place la bille sur le chariot de tel sorte que le côté convexe soit au-dessus et l'axe de la bille dans l'axe de la scie (Keller, & Heurtematte, 1967). Après le sciage, on peut reconstituer la bille pour obtenir un « plot ». Ce mode de sciage pourrait permettre de simplifier le processus de sciage courant en

limitant le délignage et l'éboutage des sciages à l'état vert à la scierie, ainsi qu'en optimisant l'opération de débitage secondaire de chaque pièce après séchage lorsque les pièces ont atteint leur dimension finale. Cette méthode permettrait aussi de livrer aux utilisateurs des produits prédimensionnés.

Un des inconvénients du débit en plot est qu'il donne, quand on s'éloigne du plateau de cœur, des planches qui deviennent concaves lors du séchage. Ce défaut peut cependant être atténué si les plateaux très larges sont refendus d'un trait de scie ou si le programme de séchage utilisé tient compte de ce risque (Bernier et al, 2009).

Le sciage en plot convient très bien aux essences de bois feuillus destinées à l'ébénisterie, quand la proportion d'aubier est très importante.

#### I.4.2.2. Le débit en plot modifié

Le débit en plot modifié consiste à enlever deux dosses sur deux côtés opposés de la bille. Par la suite, on enlève un certain nombre de sciage parallèlement aux plateaux créés par l'enlèvement des dosses. Le plateau central est finalement débité par une série de traits perpendiculaires aux surfaces déjà créées. C'est une méthode de sciage rapide qui permet une certaine séparation des bois de cœur et d'aubier.

Cette méthode est fréquemment utilisée lors du débitage de billes de bois résineux de moyen et petits diamètres sur des chaînes de production entièrement automatisées. Elle est aussi recommandée pour le sciage de bois feuillus de qualité inférieure. Ce débit exige par contre un positionnement parfait de la bille lors de la première coupe, sans quoi le rendement en sciage peut être fortement diminué (Bernier et al, 2009).

#### I.4.2.3. Débit sur dosse ou débit par retournement

Le débit sur dosse commence par l'enlèvement de dosses sur quatre faces de la bille afin de créer un équerri. Les quatre dosses enlevées, le débitage se poursuit par le prélèvement d'un sciage sur chaque plat déjà créé, la bille pivotant de 90° à chaque coupe. Lorsque tout le bois d'aubier a été enlevé, la partie centrale est débitée par une série de traits parallèles (Bernier et al, 2009).

Cette méthode permet la meilleure séparation du bois d'aubier du bois de cœur, maximisant ainsi le rendement en bois clair. Le débitage est toutefois plus long puisqu'il faut repositionner la bille après chacun des traits de scie. Le sciage sur dosse convient très bien aux essences de bois feuillus et résineux destinés à la production de bois d'ébénisterie. Le

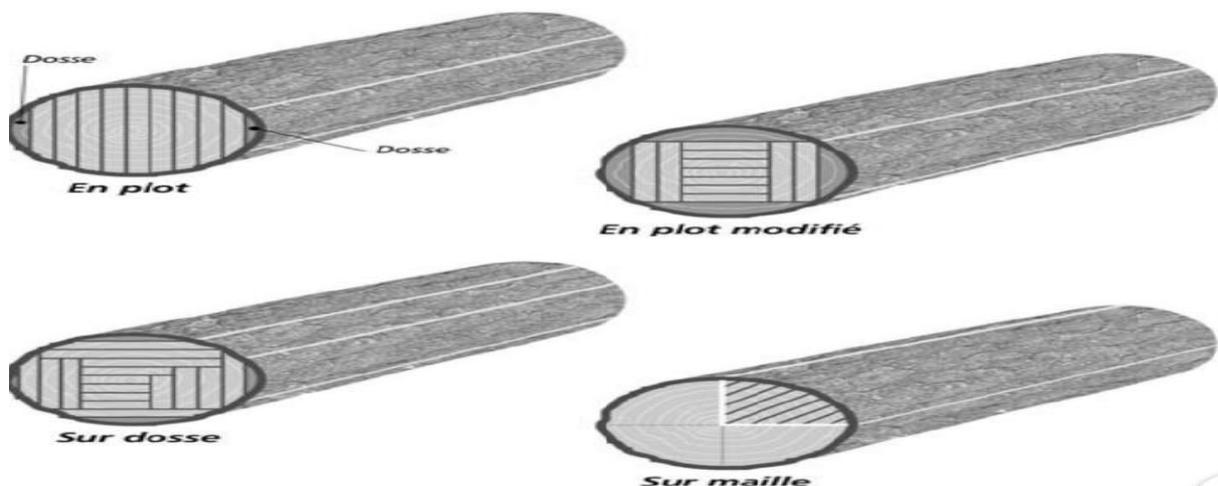
rendement en bois d'ébénisterie de qualité supérieure est maximisé puisque le bois d'aubier est séparé du bois de cœur. Ce mode peut aussi convenir au débitage de bois résineux de fort diamètre destinés à la construction.

#### I.4.2.4. Débit sur maille

Le débit sur maille consiste à scier le bois en tranches radiales c'est à dire selon un plan parallèle aux rayons ligneux. Ce mode de débitage est utilisé seulement quand on souhaite donner à certains bois un aspect exceptionnel. On y a recours en particulier dans la préparation des bois destinés à la fabrication d'instruments de musique. L'avantage de cette méthode est que les débits se déforment beaucoup moins au cours du séchage. Le débitage fait apparaître sur les surfaces sciées de certains bois des parties brillantes appelées mailles.

Le débitage est cependant laborieux et exige de la part du scieur une attention constante ainsi qu'une très grande connaissance du bois et de ses caractéristiques.

Ce débitage ne convient qu'à certaines essences de qualité supérieure et occasionne beaucoup de perte de matière lors du débitage (H. Deschenes, 1986).



**Figure 3 : Les différents modes de débits (adapté de Deschenes, 1986)**

### **I.5. Généralité sur les diagrammes de débitage**

Le diagramme de débitage est un sciage théorique de la bille. Son but est d'obtenir le meilleur rendement sur la grume utilisée. Afin que les solutions de débitage optimal soient obtenues, la simulation de débitage doit tenir compte de la forme géométrique de la bille, des

dimensions des produits principaux et des caractéristiques des scies FPIinnovations (Jacques Lajoie, 2015).

### **I.5.1. Les étapes d'exécution du diagramme de débitage**

L'exécution du diagramme de débitage obéit à plusieurs étapes :

- Evaluer la forme de la bille ;
- Prendre les paramètres de la bille ;
- Représenter schématiquement les sections de la bille sous forme de cercle concentrique. La petite section étant inscrite dans la grande ;
- Matérialiser le passage du premier trait de scie suivant la largeur cible des sciages à effectuer ;
- Matérialiser ensuite le passage des autres traits de scie parallèlement au premier en fonction de l'épaisseur des débits ;
- Subdiviser les plateaux schématisés en fonction des largeurs des débits.

A partir de cette simulation schématique du sciage, on peut prévoir : le volume approximatif des débits escomptés, le volume approximatif des déchets (dosse et sciure) et le rendement matière du débitage (Deschenes, 1986).

L'étude menée par Bouzinekis et Martin dans l'optimisation du sciage maritime de pin en 1986 permettent d'en déduire une troisième section dans la réalisation du diagramme de débitage des billes courbes. Cette section est due à la présence de la flèche. Elle représente la section la plus haute sur le banc de scie. La grume courbe vue de bout, présente donc trois sections représentatives (figure 4) : fin bout, plus haute section et gros bout. Les produits de plus grande longueur qu'on pourra tirer, doivent donc appartenir à l'intersection de ces trois cercles. La combinaison qui donne le plus de produits de longueur maximum constitue le point de départ pour l'optimisation des dosses.

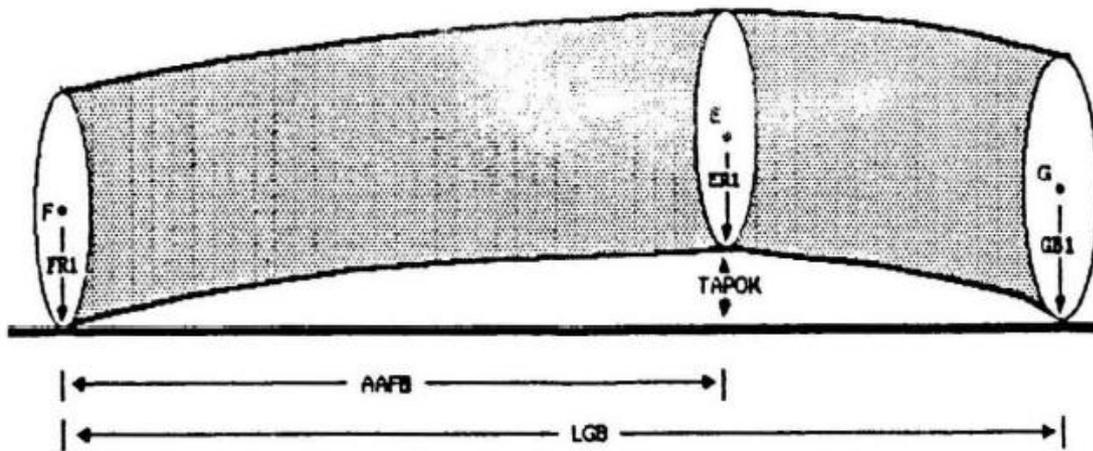


Figure 4 : Les trois sections de la bille courbe (source : bouzinekis et al, 1986)

### I.5.2. Technique de réalisation du diagramme de débitage

Il existe deux grandes techniques utilisées en usine pour découper une bille à l'aide d'un patron de coupe. La première méthode est de regrouper d'abord les billes de dimensions semblables puis d'établir un patron de coupe pour le lot entier. Le choix du patron est évidemment fonction du type de pièces que l'on veut fabriquer. La deuxième méthode, appelée Uscm and setn, prend une lecture des dimensions de chaque bille qui entre dans l'usine et place les scies de manière à donner une coupe optimale (en volume ou en valeur) sur chaque bille. Cette méthode assigne un patron de coupe spécifique à chaque bille, à partir d'un ensemble de patrons prédéterminés. Les résultats obtenus pour un certain positionnement des scies (patron de coupe) à partir d'un lot de billes d'une certaine dimension, Il est donc possible, connaissant bien la matière première, de simuler les pièces qui seront produites à la sortie (Verret, 1997).

### I.5.3. Détermination de la précision au sciage

L'étude de la variation au sciage permet de diagnostiquer les défaillances du système de production et est essentiel pour maximiser la récupération de matière au cours du sciage (Brown, 1986). Les informations obtenues à partir d'un contrôle de dimension sont un puissant outil de gestion et de contrôle de la production. Un enregistrement des performances au sciage du poste de travail doit être conservé lorsque les informations sont utilisées pour ajuster les dimensions cibles. À mesure que les dimensions cibles sont réduites, il devient de plus en plus important d'assurer la précision du sciage.

Le matériel utilisé pour effectuer la précision au sciage est le pied à coulisse permettant de prendre les dimensions au millimètre près.

#### I.5.3.1. Prise de mesure

La prise de mesure sur la pièce en un point a été développée par certains programmes de contrôle de la qualité. Mais, cette technique procure des informations limitées. En effet elle permet d'avoir la plage de l'épaisseur sur l'échantillon.

La prise de mesure en plusieurs points sur une pièce fournit plusieurs informations. Ces informations permettent de poser un diagnostic approfondi sans avoir à recourir à une analyse statistique. Chaque planche est mesurée à plus d'un endroit le long de sa longueur. De préférence à trois ou quatre points le long d'un bord. La variation de dimensions à l'intérieur des pièces notée ( $S_w$ ) est généralement un excellent indicateur de la qualité de coupe de la scie, et la variation entre les pièces ( $S_b$ ), est en règle générale un excellent indicateur de la performance du circuit matière, peuvent alors être déterminés (Brown, 1986). La mesure en plusieurs points est le seul moyen d'évaluer ces deux sources de variation.

#### I.5.3.2. Estimation de la variation au sciage

L'évaluation de la quantité de variation au cours du processus de sciage est importante pour déterminer la dimension cible brute mais également pour évaluer les performances du poste de travail.  $S_w$  et  $S_b$  constituent la variation totale du processus ou variation combinée ( $S_T$ ).

En règle générale :  $S_T \leq 1,20$  mm ;  $S_w \leq 0,8$  mm et  $s_b \leq 0,9$  mm. Les trois paramètres permettent de qualifier la Précision au sciage :

### **I.5.4. Calcul de la dimension cible**

La dimension d'une pièce à la tombée de la scie qui prévoit le retrait au séchage pour l'obtention d'une dimension nominale (20% d'humidité) est appelée dimension cible. L'épaisseur ou la largeur brute du bois est réglée à partir de la dimension finale souhaitée, la profondeur de rabotage (le cas échéant), retrait (si le bois doit être séché), et la variation au sciage. Toute épaisseur ou une largeur supérieure à la dimension cible brute (rugueuse) du bois est « surdimensionnée » (Brown, 1986).

### ➤ **La dimension nominale**

C'est la dimension en-dessous de laquelle à 20% d'humidité le bois est mal scié. Elle est la base pour régler les autres composantes et correspond à la dimension du bois sec à l'air (Keller & Heurtematte, 1967).

### ➤ **Dimension cible critique (DS)**

La dimension à laquelle tout le bois provenant de l'usine est scié sans variation d'épaisseur ou de largeur sur toute la longueur d'une planche, ou sans variation d'une planche à l'autre. Elle correspond à la valeur critique en deçà de laquelle la pièce est sousdimensionnée

### ➤ **Le retrait**

Après séchage, le bois doit en avoir suffisamment d'épaisseur ou de largeur pour pouvoir être raboté jusqu'à la dimension finale sans se dégrader en raison du saut de rabot ou du sous dimensionnement. Une quantité d'épaisseur égale à la quantité perdue au séchage doit être ajoutée à la somme des dimensions finales et la profondeur de rabotage.

### ➤ **Rabotage**

A part la petite quantité de bois qui est « à la scie », presque tout le bois d'œuvre est refait avant d'être vendu. Ainsi, lors de l'établissement d'une dimension verte approximative, suffisamment de bois doit être ajouté pour permettre le surfaçage (rabotage).

### ➤ **Facteur de sous-dimensionnement**

Le facteur de sous-dimensionnement (E), utilisé dans l'équation pour calculer la dimension cible, est une valeur statistique qui renseigne sur le nombre de planches surfacées qui, par endroits, seront plus petites que la dimension finale souhaitée.

**Tableau 1 : Nombre de pièces sous dimensionnées en fonction de la valeur de sous dimensionnement**

<b>Pièces sous dimensionnée (%)</b>	<b>Facteur de sous dimensionnement (E)</b>
0	3,09
1	2,337
2	2,07
3	1,88
4	1,75
5	1,65
10	1,28
15	1,04

Source : Deschenes, 1986

### **I.5.5. Le premier trait de scie**

L'expérience des scieurs et les études sur l'optimisation montrent que le premier trait de scie réalisant le premier découvert a une importance primordiale et conditionne le rendement matière. Le calcul du placement de ce premier trait étant réalisé, on simule ensuite le débit des plateaux que l'on peut placer dans le noyau en utilisant successivement les différentes largeurs et en tenant compte de ce que l'on peut tirer des dosses. Pour les débits en plots symétriques, le premier découvert dépend directement du diamètre de la grume. Par contre, lorsque le débit en plot n'est pas symétrique, ou pour le débit sur noyau (termes équivalents : débit sur quartelot, débit charpente), la place du premier découvert entraîne des rendements très variables entre le meilleur et le plus mauvais (P.Martin, 1993).

## **I.6. Cubage des bois et rendement matière**

### **I.6.1. Cubage des bois abattus (grumes)**

Une grume, entière ou en partie, peut être assimilée approximativement aux formes géométriques et ces formes donnent les modèles théoriques telles que : cylindre, parabolôïde, tronc de cône et néloïde.

Dans la pratique de cubage commercial des grumes, le cubage des arbres en grumes consiste en l'estimation du volume sur ou sous écorce, après ébranchage et recoupe de la flèche. Au Cameroun, la formule de cubage commercial utilisé est celle de Huber. L'utilisation de cette formule empirique se base sur l'hypothèse que la tige peut être assimilée à un cylindre dont la base et la hauteur correspondent respectivement à la section médiane et à la longueur de ce tronc (Massinet, 2006).

### **I.6.2. Cubage des bois débités**

Les pièces de bois sont des avivés qui sont des bois alignés parallèlement ou délinés présentant de vives arrêtes. Le volume d'une pièce débitée est donné par la formule :

$$v = L \times l \times e \quad (\text{éq. 1})$$

$v$  = volume en  $m^3$ ,  $L$ = longueur en m,  $l$  = largeur en m et  $e$  = épaisseur en m.

### **I.6.3. Rendement matière**

Pour être en mesure d'évaluer la production d'une usine de sciage, il faut tenir compte de plusieurs facteurs dont certains sont fonction de la demande. Il est d'abord important de connaître le rendement du sciage, c'est-à-dire le rapport entre la quantité de bois produite et la quantité de bois utilisée. Ce rapport ne doit pas nécessairement être le plus élevé possible, dans le sens où l'on peut optimiser la production en volume ou en valeur (Verret, 1997).

- Le rendement- volume consiste à optimiser la production en fonction du volume, c'est aller chercher le plus grand volume de sciage possible dans chaque bille qui entre dans l'usine (pas nécessairement le plus grand nombre de planches).
- Le rendement-financier : L'optimisation par rapport à la valeur dépend des prix auxquels sont vendues les pièces et des types de pièces en demande. Pour optimiser en valeur la coupe d'une bille, on doit produire des pièces payantes qui ne resteront pas dans la cour (Verret, 1997). Il faut noter aussi que certaines pièces fabriquées en usine sont destinées à des marchés bien spécifiques. Et donc le client est prêt à payer cher pour des pièces de bois de très bonne qualité. Ces dernières sont obtenues en diminuant les vitesses d'alimentation des scies. Donc, produire des pièces de haute qualité est plus long et on en produit moins.

## **I.7. Optimisation du sciage**

### **I.7.1. Organisation de la production dans une scierie**

Le cheminement du bois dans la scierie est un long processus. Les opérations qui en résultent doivent prendre en compte des facteurs variables et indépendants. Cela engendre une amélioration continue dans le processus de production car, l'idée de concevoir une scierie parfaite est presque impossible.

Dans le processus de production de la scierie, certaines prescriptions sont à respecter pour améliorer la productivité.

Le parc à grume scierie destiné à recevoir, compiler, entreposer, classer et acheminer les grumes sur le pont à grumes. Un inventaire adéquat de la matière première disponible dans la cour doit être fait afin de d'éviter les interruptions du processus par rupture de stock.

Pour la préparation des billes au parc, l'opérateur doit veiller à la correction de certains défauts de la bille (courbure, contrefort, conicité...). Le sciage étant exécuté en fonction des commandes, il doit choisir le type et les dimensions d'essences disponibles en fonction des prescriptions du client. Prévoir le matériel et les accessoires de manutention au parc.

Le choix d'une scie de tête dans une scierie est primordial. Le choix de la scie de tête repose sur le diamètre de la bille à scier et du rendement que l'on veut obtenir.

Au niveau de la scie de tête quatre exigences premières sont à prendre en compte pour produire un sciage avec les produits de valeurs maximales (Dalois, 1990) :

- Connaitre la géométrie et la qualité de la bille en détail : le diamètre, la longueur, défilement, l'excentricité et la courbure. La qualité inclue donc la localisation des défauts et des portions de la bille sans défaut ;
- Être à mesure de calculer la position adéquate de la bille en fonction du système de débitage ;
- Une fois la voie ou l'épaisseur du trait de scie fixée, on doit pouvoir la conduire sur une ligne droite à travers le système de débitage ;
- Le système de débitage doit être capable de générer des coupes minces, droites et d'opérer à une vitesse acceptable pour désigner les deux poulies.

### **I.7.2. Les simulateurs du sciage**

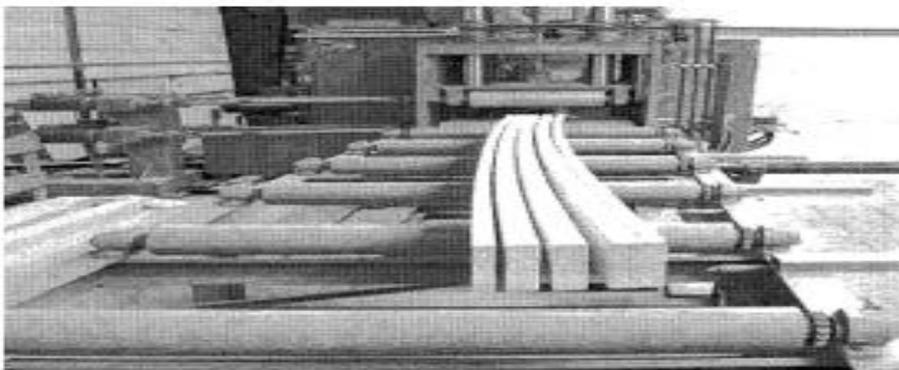
L'utilisation de simulateurs de sciage vise principalement à reproduire les opérations de tronçonnage des tiges et de débitage des billes.

La plupart des logiciels disponibles sur le marché tiennent davantage compte des formes géométriques des billes et des sciages, incluant la présence de flache. La performance d'un logiciel est principalement liée à sa capacité de reproduire le plus fidèlement possible les caractéristiques géométriques de la matière première (diamètres, longueurs, courbures, défilement). Il existe différents modèles reproduisant les opérations de coupe du matériel en scierie, dont les principaux ont été utilisés comme outil de simulation dans le cadre de différents travaux de recherche. L'exemple de Best Opening Face (BOF) qui est un logiciel qui a connu un véritable succès permettant aux scieries américaines de bois d'œuvre résineux une augmentation du rendement en sciages de l'ordre de 1 milliard de pmp annuellement. Ce logiciel permet de reproduire les formes de billes en tronc de cône. Le premier trait de scie est l'élément essentiel pour optimiser le sciage. L'optimisation pouvant se faire en valeur ou en

volume. Le modèle n'a pas été conçu pour procéder au tronçonnage des tiges. Il manque également de précision quant à la reproduction des formes réelles des billes et des flashes.

### **I.7.3 Gain du sciage des billes courbes**

Le sciage suivant la courbe est un concept qui a vu le jour dans les années 1980. Les billons qui alimentent la scierie ne sont pas des cylindres parfaits, ni même des troncs de cônes, ils divergent des modèles à travers leur courbure, ovalité et conicité. Le sciage suivant la courbe permet une augmentation du rendement matière par rapport au sciage droit, mais aussi d'augmenter la résistance mécanique des sciages et de limiter les déformations de séchage, par un débit concordant avec le plan ligneux du bois. Pour scier suivant la courbe, les machines sont équipées de systèmes d'alimentation et d'extraction pouvant se déplacer dans une direction normale à l'avance du bois, qui se positionnent suivant les consignes de l'ordinateur de commande, suite à des mesures tridimensionnelles. Le sciage suivant la courbe permet de relâcher les contraintes internes des billons, ainsi que de suivre au mieux le fil du bois. Les produits réalisés sont plus résistants mécaniquement et seront plus droits après séchage. La libération des contraintes peut aussi avoir l'effet « d'amplifier » la courbure des produits obtenus, qui paraît plus importante que celle donnée en consigne (Simonin, 2010).



**Figure 5 : Aspect des pièces sciées courbe (Simonin, 2010)**

# CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

## II.1. Présentation de la zone d'étude

### II.1.1. Localisation de la zone d'étude

Notre étude s'est tenue du 1<sup>er</sup> avril au 30 avril 2021 dans la scierie de la société SIBM. Cette scierie est située dans l'arrondissement de Sangmélima, département du Dja et Lobo, région du sud Cameroun. Elle se trouve sur la route principale N9 reliant Mbalmayo-Sangmélima.

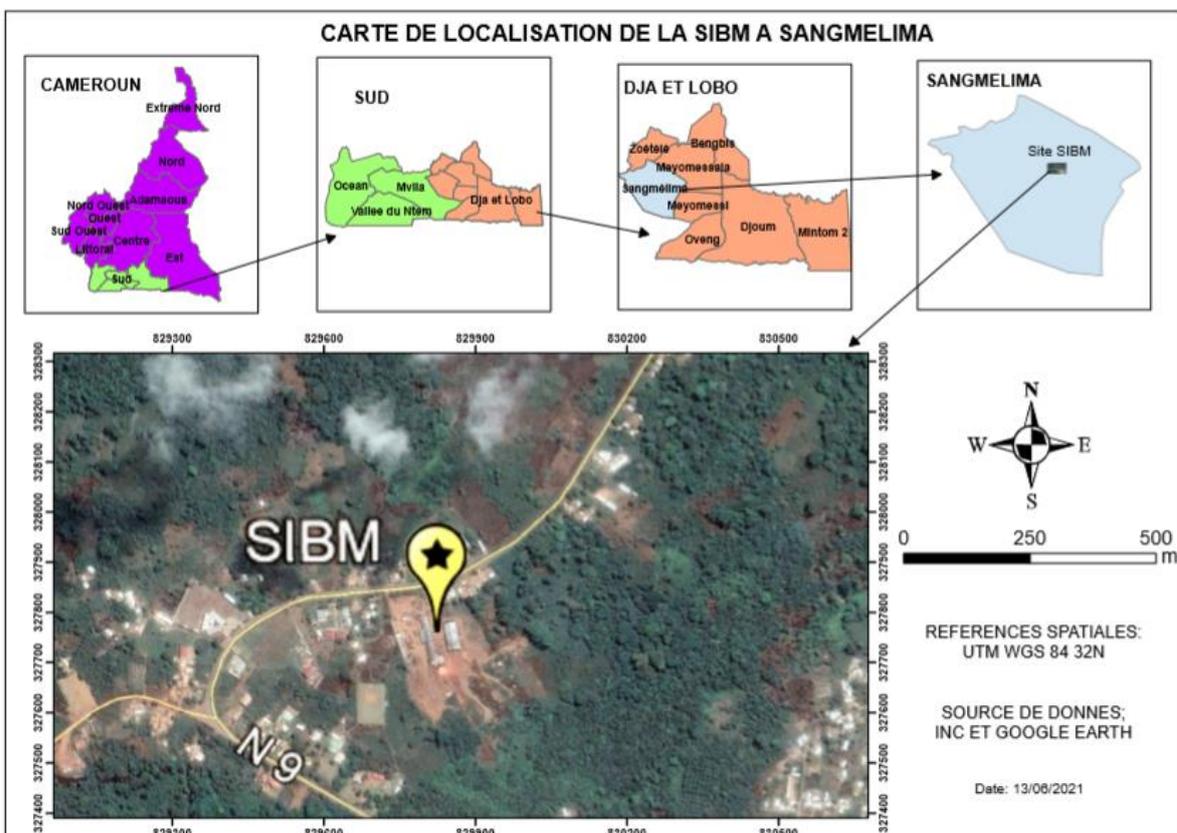


Figure 6 : Carte de localisation de la scierie SIBM dans la ville de Sangmélima

### II.1.2. Activités de la structure

La scierie SIBM transforme les grumes en débités à travers un schéma type qui débute au parc à grumes ensuite à l'atelier de débitage et enfin au parc à débit.

#### II.1.2.1. Le parc à grumes

Le parc à grume de la SIBM est aménagé pour la réception des grumes et la préparation des billons qui seront débités plus tard dans l'atelier de débitage. Les activités qui concourent

à la réception des grumes sont : la vérification de la lettre de voiture grumes ; contre cubage ; tri et stockage des grumes par essence au parc. En fonction des commandes, les grumes stockées seront sélectionnées pour débiter leur transformation en subissant les opérations de préparation des billons pour l'atelier de débitage. Une fois la grume sélectionnée, elle est marquée à l'aide de la craie industrielle pour signifier l'endroit où le trait de scie sera effectué. Ensuite, elle est tronçonnée à la scie à chaîne. Les billons issus de ce tronçonnage sont cubés et empilés à l'entrée de l'atelier de débitage. La manutention au parc à grumes de la SIBM est assurée par le tracteur à fourche.

#### II.1.2.2. L'atelier de débitage

La SIBM a aménagé deux espaces sous abris servant d'ateliers de débitage et comportant les machines adéquates pour la réalisation de ses activités de sciage. Ce qui sous-entend que la scierie en question dispose de deux lignes de transformation. Malheureusement une seule est en activité. La description sur la suite sera faite uniquement pour celle-là. Car, c'est à partir de cette ligne que l'étude a été menée.

Au niveau de l'atelier de débitage, le sciage premier débit des billons empilés est effectué par la CD150 (fig. 7). Cette dernière effectue la mise en épaisseur de pièces grâce au débit en plot amélioré en fonctions des spécifications du contrat. La machine en question est munie d'une scie à ruban et d'un dispositif comportant quatre scies circulaires. A la sortie de cette machine les pièces cheminent vers les scies de reprise grâce aux rouleaux. La manutention est assurée par un palan frontal.



**Figure 7 : Scie de tête**

A la sortie de la CD10, les pièces au cours de leur trajet, sont séparées en fonction de leurs dimensions en vue de procéder au sciage de second débit. Les pièces ayant une largeur assez élevée pouvant dépasser 30cm emprunteront la déligneuse (fig. 8) muni d'une scie circulaire mobile réalisant la mise en largeur. Les pièces qui doivent encore subir une mise en

épaisseur et donc la largeur est à moins de 30cm sont travaillées au niveau de la CD 110 (fig.8) dont l'outil de coupe est une scie à ruban vertical. La manutention est assurée par les rouleaux mais le tri se fait manuellement et à l'œil nu.



**Figure 8 : Dégénération**

Un fois le dégnage terminé, les pièces sont dirigées à l'ébouteuse grâce aux rouleaux pour la mise en longueur et l'élimination des défauts de bout.

#### II.1.2.3. Parc à débit

À la sortie de l'ébouteuse les pièces sont déposées au parc à débit pour le conditionnement grâce au palan frontal. Dès cet instant, les pièces sont triées, classées, colisées et cerclées (fig.9) en fonction des commandes puis stockées pour l'expédition. La manutention au parc débit est assurée par le palan frontal et le chariot élévateur.



**Figure 9 : Conditionnement des colis**

## II.2. Méthodologie

La productivité d'une scierie est influencée par un très grand nombre de paramètres. Parmi ceux-ci, il y a le design de la scierie, les caractéristiques de la matière première qui y est débitée, les méthodes de production, les types de produits fabriqués et l'efficacité des

équipements. Tous ces paramètres varient d'une scierie à l'autre (Pierre Goulet, 2007). Dans cette étude seule la courbure de la bille et les stratégies de débitage sont prises en compte.

La démarche entreprise dans le cadre de cette étude s'articule autour de trois phases successives : la prise de paramètres sur les billes courbes pour la simulation au sciage, la conception de diagrammes de débitage et le calcul du rendement matière dans le but d'évaluer l'impact de l'utilisation du diagramme de débitage ou patron de débitage sur le volume des sciages obtenus.

### **II.2.1. Collecte des données**

#### **II.2.1.1. Les données secondaires**

Elles sont constituées des ouvrages, des articles, des rapports de mémoires et documents électroniques à caractère scientifiques relatifs aux études antérieures sur la même thématique. Le tableau 2 présente leur répartition par objectifs spécifiques visés.

**Tableau 2 : Les données secondaires collectées par objectifs spécifiques.**

<b>Objectifs spécifiques</b>	<b>Données secondaires</b>
Appréciation du défaut de courbure des billes à simuler	Informations trouvées dans les documents scientifiques relatifs au classement des grumes et de la simulation du sciage des billes courbes
Réalisation du diagramme de débitage	Informations tirées des documents scientifiques relatifs à la simulation et optimisations du sciage.
Evaluation de l'impact de l'utilisation du diagramme de débitage sur le rendement volume	Informations tirées des documents scientifiques relatifs à l'estimation du rendement matière en scierie

#### **II.2.1.2. Les données primaires**

##### **a. Appréciation du défaut de courbure des billes**

La collecte des données repose principalement sur la taille de l'échantillon, la prise des paramètres d'appréciation de la courbure et aussi des paramètres dendrométriques de la bille à des fins de simulation.

##### **➤ La taille de l'échantillon**

L'échantillon de cette étude est composé de quatre billes courbes avec différentes longueurs. Ces billes ont été débitées pendant la période d'étude.

##### **➤ Prise de paramètre d'appréciation de la courbure**

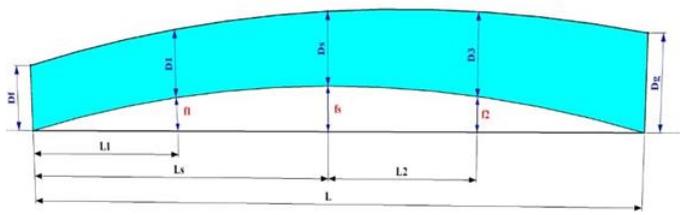
Chaque bille a été numérotée, puis le diamètre et la longueur de 3 sections fictives ont été pris sur chacune d'elles. De telles manières que, le fin bout de la bille soit considéré comme la base de l'ensemble des sections et le gros bout comme le sommet. A partir de cette base, les sections sont réalisées suivant la distance séparant le fin bout de la flèche principale ( $f_s$ ). Ceci dans le but d'obtenir les sections transversales superposées représentant la bille en fonction des flèches ( $f_s, f_1, f_3$ ). De plus les distances séparant les sections des flèches du fin bout ont été mesurées (figure, 10).

Pour chaque bille, la prise des données sur les sections en fonction de la longueur se faisait de telle sorte que, pour une longueur considérée de la section de la bille au niveau de la flèche, cette section serait située à la même longueur par rapport au fin bout.

- La base étant la section au fin bout. Considérée comme la surface de référence, elle est matérialisée par une longueur égale à 0m ;
- Ensuite la longueur de la section la plus haute sur le chariot pour les billes entières a été mesurée. Cette longueur correspond à la distance qui sépare la flèche principale du fin bout.
- Après section fictive, de la bille au niveau de sa flèche principale, les tronçons obtenus ont permis de chercher d'une nouvelle flèche pour chaque billon. Le billon rattaché au fin bout appelé sur bille et l'autre appelé la bille sur pied.

La valeur approximative de la flèche de chaque bille, a été obtenue en mesurant la hauteur maximale de la courbure par rapport à l'horizontal obtenue en reliant les deux extrémités de la bille. Le point de contact de la flèche avec la grume a servi à la détermination de la distance qui sépare celui-ci de la section au fin bout de la bille. En mesurant l'écart entre les deux. Le mesurage des diamètres sur le roulant s'est faite grâce à l'horizontal obtenue en encadrant verticalement la bille au niveau des sections.

Le matériel de collecte de données utilisé ici était constitué : d'une fiche de collecte de données, d'un stylo à bille, d'un fil à plomb, d'une équerre, d'un décimètre et d'un ruban métrique.



**Figure 10 : Prise de paramètre de simulation sur la bille**

➤ **La prise des paramètres dendrométriques de la bille**

❖ **Mesurage de la longueur**

À l'aide d'un double décimètre, nous avons effectué la mesure de la longueur des billes (plus petite distance qui sépare les sections extrêmes de celle-ci) composant notre échantillon. Les valeurs obtenues étaient consignées dans une fiche de cubage. L'unité utilisée ici est le mètre sur décimètres couverts.

❖ **Mesurage des diamètres**

Les diamètres ont été mesurés en croix à chaque bout de telle sorte que les traits se rejoignent au centre de la section du bout mesuré en étant le plus perpendiculaire possible (fig. 11). Le diamètre considéré à chaque bout est obtenu par la moyenne des deux diamètres en croix. La prise de diamètre s'est faite sous aubier à l'aide d'un ruban métrique et enregistrer en centimètre couvert dans la fiche de cubage.



**Figure 11 : Prise des paramètres dendrométriques**

**b. Réalisation du diagramme de débitage**

Les données utilisées ici proviennent des informations fournies par la prise des paramètres d'appréciation de la courbure de chaque bille obtenues sur le terrain (flèches,

diamètres de la plus haute section et positions par rapport au fin bout) et du mesurage des dimensions des débités. Le matériel utilisé ici est un ordinateur muni du logiciel de modélisation 3D SKETCHUP PRO 2015.

Pour le mesurage des dimensions des débités, les deux dimensions de chaque pièce de bois sciée (largeur et épaisseur) ont été prises. Afin d'évaluer la précision au sciage par l'étude des variations dimensionnelles, le mesurage est tel que :

- Trois épaisseurs sont mesurées à égale distance sur chaque rive de la pièce dans le sens longitudinal ;
- Trois largeurs sont mesurées à égale distance sur la face de la pièce et dans le sens longitudinal.

La mesure est effectuée à l'aide d'un ruban métrique pour les largeurs, et d'un pied à coulisse à vernier pour l'épaisseur.

### **c. Evaluation de l'impact de l'utilisation du diagramme de débitage sur le rendement matière**

Les données utilisées sont des informations fournies par la conception du diagramme de débitage (nombre de pièces), le bon de commande et les paramètres précédemment collecter sur les avivés pour l'étude de la précision au sciage (largeur et épaisseur). Le matériel est constitué d'un ordinateur muni du logiciel Microsoft EXCEL 2016, une fiche de cubage, un mètre à ruban métallique, un pied à coulisse.

## **II.2.2. Traitement des données**

### **II.2.2.1. Appréciation du défaut de courbure des billes**

#### **a. Paramètre de classement des billes en fonction de la courbure**

Dans le cadre de cette étude, seul le défaut de courbure a été pénalisé. La qualité des grumes est déterminée par le classement intégral ATIBT. Son utilisation ici est dû au fait qu'il constitue l'outil de référence en termes de classement des rondins de bois tropicaux (ATIBT, 1982). Les billes étant totalement courbes, ce critère et celui du pourcentage de la flèche par rapport à la partie courbe ont permis d'attribuer le choix aux billes en utilisant les abaques de classement ATIBT intégral du bois en grumes tropicaux. Le pourcentage de la flèche par rapport à la partie courbe est déterminé par la formule :

$$\% \text{ flèche} = \frac{f_s}{L} \times 100 \text{ (éq. 2)}$$

Avec  $L$ = longueur de la bille, et  $f_s$ = la flèche principale. L'unité étant le centimètre.

Les choix des billes ont été définis comme suit :

- Détermination du pourcentage de la flèche de la bille ;
- A l'aide de ce pourcentage, retrouver les points de pénalisation de la courbure de la bille par l'analyse du tableau 3 ;
- Connaissant le nombre de point de pénalisation de la bille, une correspondance sur le défaut de courbure a été établie entre ce nombre et le choix à l'aide de la lecture du tableau 4 ;
- Le choix correspondant à la suite de cette lecture a été attribué à la bille.

Les extraits des abaques des règles de classement intégral ATIBT régissant le défaut de courbure suivants ont été utilisés :

**Tableau 3 : Extrait du tableau des pénalisations pour anomalies du classement intégral ATIBT**

1) DEFAUTS DE CONFORMATION	Points de pénalisation
<u>Courbure</u>	
<b>Pour les rondins jusqu'à 8m de longueur :</b>	
Flèche par rapport à la longueur de la partie courbe : entre 2 et 5%	
Partie courbe par rapport à la longueur totale	
$\geq L/2$	2
$< L/2$	1
Flèche par rapport à la longueur de la partie courbe : entre 5 et 8%	
Partie courbe par rapport à la longueur totale	
$\geq L/2$	3
$< L/2$	2
Flèche par rapport à la longueur de la partie courbe : plus de 8%	Non admis
En cas de courbures multiples, ne devant pas dépasser 3, chaque courbure sera pénalisée séparément et les points de pénalisation seront additionnés.	
<b>Pour les rondins de longueur supérieure à 8m, le classeur aura la faculté d'estimer la courbure en tenant compte de la possibilité de transformer le rondin en deux parties, la partie la plus courte devant présenter au moins la longueur minimale contractuelle.</b>	

**Tableau 4 : Extrait du tableau de classement par choix des rondins de bois tropicaux des essences de bonne conformation générale**

	Pénalités maximales admises pour chaque type de défaut					
	CLASSES					
	I	I/II	II	II/III	III	IV
<b>I : CONFORMATION</b>						
- Conicité.....						
- Courbure .....	0	1	2	2	2	2
- Méplat.....	1	1	2	2	3	3
- Contreforts.....	0	0	1	2	2	2
- Contreforts.....	0	1	2	4	5	6
- Chamelures.....	0	0	2	4	5	6
<b>MAXIMUM DES PENALISATIONS TOTALES ADMISES</b>						
- Pour les grumes d'une longueur inférieure ou égale à 6m.....	4	6	8	10	12	16
- Pour chaque 3m de longueur supplémentaire pour les billes de plus de 6m.....	2	2	3	3	4	6

#### **b) Paramètres pour la simulation**

La simulation au sciage d'une bille courbe passe par la détermination au préalable de quelques paramètres (Bouzinakis et al, 1986) :

- La flèche ;
- Le diamètre de la section la plus haute de la bille sur le banc de sciage ;
- La distance séparant la section la plus haute du fin bout ;
- La dimension cible ;

Les trois premiers paramètres ont été déterminés manuellement et enregistrés. Le diamètre mesuré au niveau du point de contact de la flèche avec la bille est considéré comme diamètre de la section la plus haute de la bille sur le banc de sciage. La distance séparant ce point de contact avec le fin bout est considéré comme distance séparant la section de diamètre la plus haute de la bille sur le banc de sciage du fin bout. Il sera donc question dans cette partie de présenter la méthode de détermination de la dimension cible.

La détermination de la dimension cible brute passe par le calcul des variations au cours du processus de sciage.

Lorsque les conditions ci-dessus sont vérifiées alors le sciage est de bonne qualité

- Pour  $S_T \leq 0,5$  mm, on parle d'un sciage parfait ;
- Pour  $S_T > 1,20$  mm on parle d'une mauvaise qualité de sciage : l'analyse de  $S_w$  et  $S_b$  viendra situer l'origine des défaillances ;
- Pour  $S_w \geq 0,8$  mm, la défaillance est due à l'outil de coupe, il faut penser à la vérification des angles caractéristiques de l'outil de coupe, la stabilité et la rigidité de l'outil, la vitesse de coupe et la vitesse d'aménage de la machine ;
- Pour  $S_b \geq 0,9$  mm, le problème se trouve au niveau de l'ajustement de la machine, positionnement de pièces, au niveau du système d'aménage, du système de guidage.

Variation à l'intérieur d'une pièce ou écart-type intra pièce ( $S_w$ ) : elle représente La variation d'épaisseur ou de largeur le long d'une même pièce de bois. Elle se calcul par la formule suivante (Brown, 1986) :

$$S_w = \sqrt{\overline{S^2}} \quad (\text{éq. 3})$$

$$\text{avec} \quad \overline{S^2} = \frac{1}{m} \sum S^2$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \overline{X})^2}$$

$$\overline{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$\overline{S^2}$  = la moyenne des écarts-types au carré de l'épaisseur ou de la largeur,  $S$  = écart-type de l'épaisseur ou de la largeur par pièce de bois,  $n$  = nombre de mesure de l'épaisseur ou de la largeur effectuée par pièce de bois,  $m$  = le nombre de pièce de bois mesurées,  $x_i$  = épaisseur ou largeur mesurée,  $\overline{X}$  = épaisseur ou largeur moyenne par pièce de bois.

La variation entre les pièces ou écart type inter-pièce ( $S_b$ ) : elle représente la variation d'épaisseur ou de largeur d'une pièce de bois à la suivante. Elle se calcule par la formule suivante (Brown, 1986) :

$$S_b = \sqrt{S_{\overline{X}}^2 \frac{S_w^2}{n}} \quad (\text{éq. 4}) ;$$

$$S_{\overline{X}} = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\overline{X}_i - \overline{\overline{X}})^2} ; \quad \overline{\overline{X}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \overline{X}_i$$

$S_{\overline{X}}$  = écart-type des épaisseurs ou des largeurs moyennes des pièces de bois mesurées,

$\bar{X}$  = épaisseur ou largeur moyenne globale des pièces de bois mesurées

La variation totale ou combinée ( $S_T$ ). Elle se calcule par la formule (Brown, 1986) :

$$S_T = \sqrt{S_w^2 + S_b^2} \quad (\text{éq. 5})$$

$S_T, S_w, S_b$  donnée en mm.

Après la détermination de la variation du processus total dont dépend la dimension cible brute ( $T$ ), celle-ci est calculée grâce à la formule suivante (Brown, 1986) :

$$T = \frac{F + P}{1 - \frac{R_H}{100}} + (E + S_T) \quad (\text{éq. 6})$$

$$\text{avec } R_H = \frac{PSF - H}{PSF} \times \frac{R_t}{100}$$

$T$  = dimension cible verte de la pièce en mm,  $F$  = dimension nominale de la pièce en mm,  $Z$  = facteur de sous dimensionnement,  $P$  = profondeur de rabotage,  $R_H$  = retrait de l'essence dans le sens scié jusqu'à l'humidité  $h$ ,  $S_T$  = variation combinée,  $R_t$  = retrait total de l'essence dans le sens scié,  $PSF$  = point de saturation des fibres.

Une fois la valeur de la dimension cible verte de la pièce obtenue, il est nécessaire de déterminer la valeur minimale critique de celle-ci. Elle est donnée par la relation (Brown, 1986).

$$CS = \frac{F + P}{1 - \frac{R_H}{100}} \quad (\text{éq. 7})$$

Avec  $CS$  = dimension cible critique.

Dans le cadre de cette étude les bastings furent choisis comme types d'avivés à obtenir car ils représentent la majorité des sciages produits au sein de cette scierie. Pour le calcul des dimensions cible nous avons pris la valeur  $Z = 1,65$  pour un seuil de précision de 95%. Un seuil d'humidité de 12% est utilisé comme référence internationale des bois sec. Il fut considéré pour les dimensions nominales de cette étude.

#### II.2.2.2. Réalisation du diagramme de débitage

Elle commence par une représentation en projection orthogonale des diamètres des trois sections composant la bille (section gros bout, fin bout et la plus haute), dans le souci de

déterminer la partie centrale contenant les produits de plus grande longueur qu'on pourra tirer. Cette partie représente la zone d'intersection des cercles.

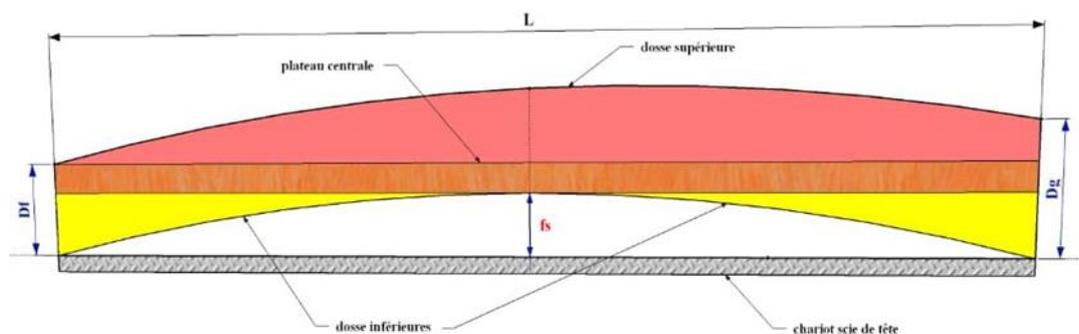
Une fois cette partie identifiée, la simulation du débitage s'effectue en trois étapes successives à savoir :

- Equarrissage de la bille : ici il faut déterminer la position du premier trait de scie nécessaire pour obtenir un équarris ;
- La valorisation de l'équarris : elle consiste à déterminer le nombre de pièce qu'on peut extraire de celui-ci ;
- La valorisation des dosses : elle passe par le calcul du défilement linéaire ou conicité de la bille et la longueur de la flache (dosse).

Mais, avant toute exécution du sciage, il est indispensable de connaître la position que doit prendre la bille sur le plateau du chariot de la scie de tête et de déterminer le premier trait de scie.

#### a) Positionnement de la bille sur le plateau du chariot de la scie de tête

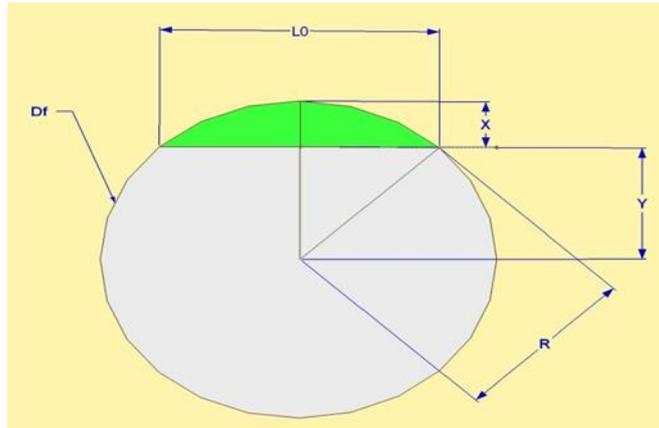
Les billes sont placées telles que le plan contenant les horizontales de mesures précédemment soit parallèle au plan de coupe (Keller & Heurtematte, 1967).



**Figure 12: Positionnement de la bille sur le chariot de la scie de tête**

#### b) Détermination du premier trait de scie

En effet, l'expérience des scieurs et les études sur l'optimisation montrent que le premier trait de scie qui réalise le premier découvert a une importance primordiale et conditionne le rendement matière (Bouzinekis & Martin, 1986). Le calcul de la position (x) de ce premier trait s'effectue par la méthode de Pythagore (figure 13).



**Figure 13 : Position du premier trait de scie**

On a :  $R = X + Y$  avec  $R = \frac{D_f}{2}$  ;

Or d'après Pythagore :  $Y = \sqrt{\frac{D_f^2}{4} - \frac{l_o^2}{4}}$

En remplaçant  $Y$  dans l'équation précédente on trouve que

$$X = \frac{D_f}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{D_f^2 - l_o^2} \text{ (Éq.8).}$$

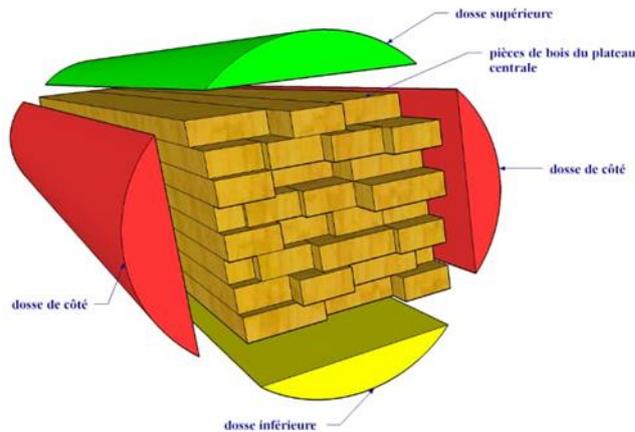
Le mode de débitage par plots modifiés nécessitant un équarrissage des billes, la formule pour l'obtention du premier trait de scie devient :

On a d'après Pythagore :  $l_o^2 = 2R^2 \Rightarrow l_o = \frac{D_f}{2} \sqrt{2}$ .

En remplaçant cette dernière expression de  $l_o$  dans l'équation (éq.8) obtient :  $X = \frac{(2-\sqrt{2})D_f}{4}$  (éq.9).

Avec  $X$ = position du trait de scie,  $l_o$ = largeur cible,  $D_f$ = diamètre fin bout,  $R$  = rayon fin bout. L'unité utilisée en le centimètre.

### c) Détermination du nombre de pièce



**Figure 14 : Simulation au sciage du plateau central**

Une fois le débit fixé et la position du trait de scie déterminée, on simule le débit des plateaux que l'on peut placer dans l'équarris en utilisant successivement les différentes largeurs et en tenant compte de ce que l'on peut récupérer des dosses (figure 14). Le nombre de pièces à obtenir sur une bille est fonction des dimensions de ces pièces. Cherchant à extraire de chaque bille le maximum de débités de la section, on a à résoudre le problème suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Maximiser } S_{Total} = \sum_{i=1}^N n_i S_i \quad (\text{Danwe et al , 2009}) \\ \text{Sous la contrainte de} \\ \sum_{i=1}^N n_i S_i - S_{Total} \leq 0 \text{ avec } S_{Total} = \text{section droite de la bille} \\ S_i = \text{section droite de l'avivé } i \text{ tel que} \\ S_i = l_o \times e_c \text{ avec } l_o \text{ et } e_c \text{ les dimension cibles des avivés} \end{array} \right.$$

Ainsi deux possibilités se présentent :

- 1ere possibilité : obtention des billes de longueur maximale ;
- 2eme possibilité : tronçonnage de la bille pour l'obtention des produits de longueur inferieures.

Le nombre de pièces à extraire sur le plateau est déduit par la formule suivante :

$$n = \frac{l_p}{e_T + l_o} \quad (\text{éq. 10})$$

Dans le cas où le plateau possède une forte section, on calcul également le nombre de pièces sur l'autre dimension du plateau :

$$n = \frac{e_p}{e_T + e_c} \quad (\text{éq. 11})$$

$n$  = nombre de pièce ;

$l_p$  = largeur cible,

$e_p$  = épaisseur du plateau,

$e_T$  = Épaisseur du trait de scie.

#### d) Valorisation des dosses

L'objectif ici consiste à récupérer les pièces qui peuvent être extraites dans les dosses en fonction de la commande. Cette valorisation des dosses passe par la détermination de paramètres tels que les hauteurs des dosses, la longueur exacte de la partie flacheuse à certaines pièces de bois (longueur de la demi-dosse) et la longueur maximale des sciages issus de la dosse (position du trait de travers). L'obtention de ces paramètres se fait comme suit :

- ❖ Pour les hauteurs des dosses supérieures :

$$h = X \text{ pour le fin bout (éq. 12)}$$

$$h = D_g - D_f + X \text{ pour la hauteur au gros bout (éq. 13)}$$

$$h = D_s + fleche + X - D_f \text{ au dela de la plus haute section}$$

- ❖ Pour la hauteur de la dosse inférieure :

$$h = D_f - (X + l_p) \text{ (éq. 14)}$$

- ❖ Longueur de la flache pour les demi-dosses inférieure et supérieure :

$$L_f = L_s \text{ (coté fin bout) (éq. 15)}$$

$$L_f = L - L_s \text{ (coté gros bout) (éq. 16)}$$

- ❖ Calcul de la longueur maximale ( $L_m$ ) de la pièce pouvant être extraite de la dosse

$$\tan\alpha = \frac{h}{L_f} = \frac{e_c + e_T}{Y} \text{ et } L_m = L_f - Y$$

$$\Rightarrow L_m = L_f \times \left(1 - \frac{e_T + e_c}{h}\right)$$

Sachant que la hauteur de la dosse diminue de ( $e_c + e_T$ ) à chaque fois que l'on réitère l'opération, on obtient par récurrence la relation suivante :

$$L_{m_i} = (L_{f_{i-1}}) \times \left(1 - \frac{e_T + e_c}{h - (i-1)(e_T + e_c)}\right) - ie_T \text{ avec } i \geq 1 \text{ et } L_{m_i} > 0 \text{ (éq.17).}$$

Où  $L_{m_i}$  = longueur maximale au rang  $i$  de la pièce enlevée, et  $L_{f_{i-1}}$  = longueur de la flache à l'ordre  $i - 1$ ,  $e_c$  = épaisseur cible,  $e_T$  = épaisseur du trait de scie. L'unité de mesure est le centimètre

### II.2.2.3. Evaluation de l'impact de l'utilisation du diagramme de débitage dans le rendement

Le rendement à prendre en compte ici est le rendement matière. L'impact sera évalué en comparant le rendement obtenu théoriquement par la conception du diagramme de débitage et celui produit au sein de l'entreprise pour les billes étudiées. Ces rendements sont calculés en se basant sur le volume brut des billes étudiées et le volume des aivées obtenus.

#### a) Calcul du rendement matière théorique et réelle des billes

La formule utilisée est la suivante :

$$r = \frac{V_p}{V_b} \times 100 \quad (\text{éq. 18})$$

$r$  = rendement matière en %,  $V_p$  = volume des sciages en  $m^3$ ,  $V_b$  = volume brut de la bille en  $m^3$ .

#### b) Cubage des billes

En ce qui concerne le calcul des volumes, la formule qui a été utilisée dans le cadre de cette étude fut celle du Cameroun assimilant l'arbre à un cylindre de diamètre moyen encore appelé formule du diamètre moyen ou formule du cubage commercial des grumes.

Le volume de la bille est donc calculé par :

$$V = \frac{\pi}{4} \times D_m^2 \times L \quad (\text{éq. 19})$$

$$\text{avec } D_m^2 = \frac{D_g + D_f}{2}$$

$V$  = volume en  $m^3$ ,  $D_m$  = diamètre moyen en cm,  $L$  = longueur de la bille en m,  $D_g$  = diamètre au gros bout en cm,  $D_f$  = diamètre fin bout en cm.

#### c) Cubage des colis de débité

Deux formules de cubage ont été utilisées ici selon la largeur des pièces qui compose le colis :

➤ Pour les pièces contenant les largeurs fixes

$$V_c = n \times v \quad (\text{éq. 20})$$

$$v = L \times l \times e \quad (\text{éq. 21})$$

$V_c$  = volume du colis en  $m^3$ ,  $v$  = volume d'une pièce en  $m^3$ ,  $L$  = longueur de la pièce en m,  $l$  = largeur de la pièce en cm,  $e$  = épaisseur de la pièce en mm,  $n$  = nombre de pièce du colis.

- Pour les colis contenant les pièces variables

$$V_c = L \times e \sum_{i=1}^n l_i \quad (\text{éq. 22})$$

### II.3. Logiciel de traitement des données

Le traitement des données pour l'obtention des résultats a été effectif grâce aux logiciels :

- SKETCHUP PRO 2015 : Pour la réalisation des diagrammes de débitage ;
- MICROSOFT EXCEL 2016 : pour le calcul du volume et de la précision au sciage.

## CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSION

Après la collecte et l'analyse des données recueillies sur le terrain, le logiciel Excel a permis de compiler ces données afin d'obtenir les différents résultats qui seront présentés dans ce chapitre.

### III.1. Appréciation du défaut de courbure des billes

#### III.1.1. Evaluation de la flèche, diamètre de la section la plus haute et sa distance au fin bout

Les données relevées sur les billes au parc scierie de la société SIBM ont été compilée dans le tableau 5 qui représente les données d'appréciation de la courbure des billes. Les flèches des différentes billes y sont mentionnées. De même que les diamètres des sections hautes et les différentes longueurs qui les séparent du fin bout.

**Tableau 5 : Flèches, diamètres et longueurs des billes**

Paramètres sur les billes		Numéro de la bille			
		1	2	3	4
DF10		0000352_22/1	00132543_08/1	0005483_08/1	0005483_08/2
Diamètres (cm)	$D_g$	77	83	80	71
	$D_f$	59	63	71	60
	$D_s$	63	65	73	65
	$D_1$	63	64	73	65
	$D_2$	76	77	78	70
Longueur (m)	$L$	12	12	11	5,5
	$L_s$	6	2,7	5	2,5
	$L_1$	3	2,3	6	1,5
	$L_2$	3	4,8	4,5	2,2
Flèches (cm)	$f_s$	10	23	15	25
	$f_1$	1,2	2,8	4	3,3
	$f_2$	2,7	6,1	1,5	6,7

Les longueurs des trois premières billes sont le double de la longueur de la dernière. Celle-ci a une flèche proche de celle de la bille numéro 2. Ces billes sont dans la classe de gros ou très gros diamètres car leurs diamètres sont compris entre 50-80. Le numéro DF10 montre que ces billes proviennent d'une exploitation forestière légale.

Les données obtenues dans le tableau précédent ont permis d'émettre les hypothèses sur la qualité de ces billes en fonction du défaut de courbure que chacune d'elles présente. Grâce à l'équation (2) et au tableau de classement intégral ATIBT les choix des billes ont été obtenus.

**Tableau 6 : La qualité des billes en fonction de la courbure**

Numéro bille	Flèche (cm)	Longueur de la bille (m)	Pourcentage de la flèche	Point de pénalisation	Choix
1	10	12	0,83%	0	I
2	23	12	2%	1	I/II
3	15	11	1,36%	0	I
4	25	5,5	4,54%	2	II

Le choix de la première bille (I) est meilleur que celui de la deuxième (I/II). Ces deux billes ont la même longueur mais de flèches différentes. De plus les billes 2 et 4 se rapprochent en termes de flèche et s'éloignent en termes de longueur. La bille 4 ayant la moitié de la longueur des autres billes. Celle-ci présente le plus mauvais choix (II) suivi de la bille numéro 2. Il en ressort que la longueur de la bille améliore la qualité de celle-ci dans le classement ATIBT.

### III. 1.2. Détermination des dimensions cibles

Suite au traitement des données sur les dimensions des pièces à scier à partir des équation 3, 4,5,6 et 7, les résultats obtenus ont été regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau 7 : Dimension cible à 12% d'humidité des avivés**

Dimension de la pièce	Dimension nominale (mm)	Dimension cible verte (mm)	Dimension critique (mm)	Retrait à un taux d'humidité 12%	Variation combinée	Facteur de sous dimensionnement
Largeur	200	220	219	7,5	1,2	1,65
	180	200	197	7,5	1,2	1,65
	150	170	164	7,5	1,2	1,65
Epaisseur	65	72	70,91	4,4	1,2	1,65

La valeur de la variation combinée montre que le sciage est parfaitement exécuté au niveau des machines.

### III .2. Réalisation du diagramme de débitage

La simulation du sciage de chaque bille sera exécutée en deux cas particuliers. Cela est utile pour déterminer la condition nécessitant le tronçonnage d'une bille.

#### III.2.1. Cas des billes entières

Ici le sciage de la bille se fait en fonction de ses dimensions initiales au parc.

### III.2.1.1. Equarrissage

Cette opération nécessite la détermination au préalable de la hauteur du premier trait de scie. Pour chaque bille, la disposition du premier trait de scie est réalisée en utilisant l'équation 9. La largeur et l'épaisseur de l'équarris sont obtenues à partir de l'intersection des trois sections comme le montre la figure 15.

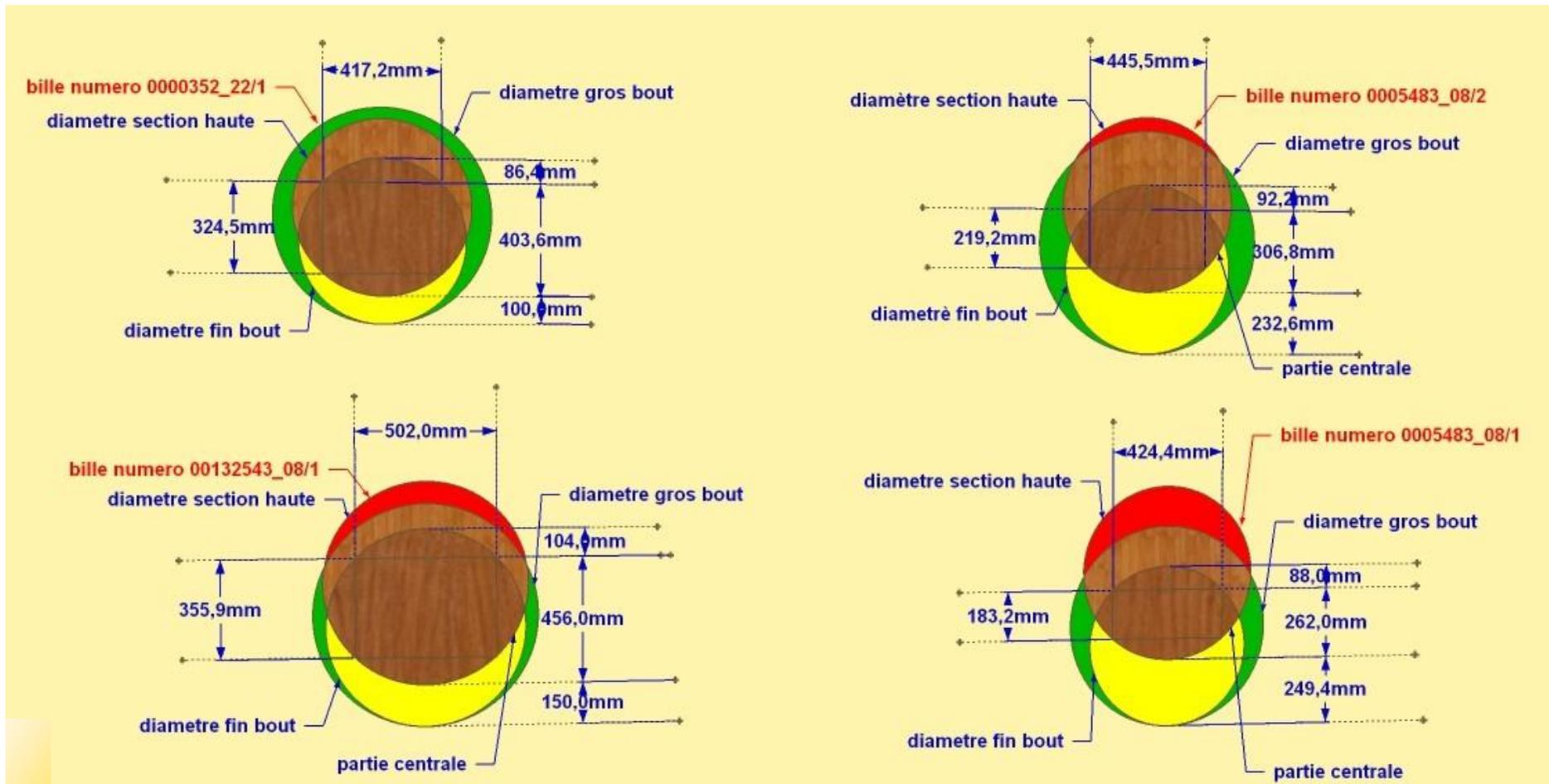


Figure 15 : Equarrissage des billes entières et dimension du plateau central

Dans la figure 15, la disposition des différentes sections des billes entières est matérialisée par des cercles de trois couleurs : jaune pour la section au fin bout, verte pour la section au gros bout et rouge pour la section la plus haute sur le banc de sciage. La zone d'intersection (partie centrale) permettant d'obtenir la plus grande longueur possible est de couleur marron.

**Tableau 8 : Données sur le positionnement du plateau central des billes entières**

Numéro DF10	$D_f$ (cm)	Hauteur du premier trait de scie (cm)	Largeur du plateau central (cm)	Epaisseur du plateau central (cm)	Longueur du plateau central (cm)
0000352_22/1	59	8,64	41,72	32,45	1200
00132543_08/1	63	92,2	44,55	21,92	1200
0005483_08/1	71	104	50,2	35,59	1100
0005483_08/2	60	88	42,44	18,32	550

A la lecture de ce tableau, on constate que la largeur du plateau de la bille numéro 0005483\_08/ est plus grande par rapport aux largeurs des autres plateaux. Il en est de même pour son épaisseur. Le résultat obtenu au niveau des largeurs des plateaux converge avec le diamètre de la section au fin bout. En effet, plus le diamètre au fin bout est grand, plus grand sera la largeur de son plateau.

### III.2.1.2. Détermination du nombre de pièce

La simulation au sciage du plateau central est exécutée après l'équarrissage. Le nombre de pièce obtenue sur celui-ci est calculé à partir des équations 10 et 11. Les résultats obtenus en calculant le nombre de pièces obtenues sur le plateau central de chaque bille en fonction des commandes sont consignés dans le tableau 9 suivant.

**Tableau 9 : Nombre de pièce en épaisseur et en largeur sur le plateau central**

Numéro de la bille	$D_f$	Flèche ( $f_s$ )	$n_l = 200mm$	$n_l = 180mm$	$n_l = 150mm$	$n_e = 65mm$
0000352_22/1	59	10	1	2	2	4
00132543_08/1	63	23	2	2	2	3
0005483_08/1	71	15	2	2	2	5
0005483_08/2	60	25	1	2	2	2

A travers le tableau 9, On constate que le nombre de pièces sur la largeur du plateau de la commande 200mm varie au sein des quatre billes. Alors que ce nombre est constant pour les commandes de largeur : 180mm et 150mm. De ce fait, le nombre de pièce qu'on peut extraire sur la largeur du plateau varie en fonction de la section de la pièce à scier. Par contre le nombre de pièce sortie dans le sens de l'épaisseur du plateau varie en sens opposé avec la flèche. En

effet, la bille numéro 0000352\_22/1 et celle du 0005483\_08/2 ont les mêmes diamètres mais de flèche très éloignée. Le nombre de pièces sur ces deux billes dans le sens de la largeur est identique. Mais, celui obtenu dans le sens de l'épaisseur est plus élevé pour la bille numéro 0000352\_22/1 présentant une flèche moins importante que celle de la bille 0005483\_08/.

Pour chaque bille, selon la commande, le nombre de pièce de longueur maximale sur le plateau est calculé. Il s'obtient en multipliant le nombre de pièces obtenu dans le sens de la largeur du plateau à celui obtenu dans le sens de l'épaisseur.

**Tableau 10 : Nombre de pièces sur le plateau central selon la section**

Numéro de la bille	$D_f$	Nombre de débités		
		65 × 200mm	65 × 180mm	65 × 150mm
0000352_22/1	59	4	8	8
00132543_08/1	63	6	6	6
0005483_08/1	71	10	10	10
0005483_08/2	60	2	4	4

Dans le tableau 10 ci-dessus, on constate que le nombre de pièces obtenu dans les plateaux des billes 0000352\_22/1 et 0005483\_08/2 pour la section 65\*200mm n'est pas le même que celui des deux autres sections. Pourtant ce nombre est resté constant dans les deux autres billes. Ainsi, dans les conditions d'optimisation du rendement matière, les plateaux centraux des billes numéro 0000352\_22/1 et 0005483\_08/2 sont valorisés en section 65\*180mm par rapport à la section 65\*150mm. En revanche les plateaux centraux des billes numéro 0005483\_08/1 et 00132543\_08/1 seront plus valorisés en section de 65\*200mm. Ce qui revient à dire que la section à laquelle on doit scier la bille joue sur son rendement matière.

### III.2.1.3. Valorisation des dosses

Les dosses extraites de l'équarrissage sont valorisées en fonction de leur hauteur et de la longueur maximale des pièces qu'on peut obtenir sur chacune d'elles.

**Tableau 11 : Longueurs et hauteurs des dosses des billes entières.**

Type de dosses		Numéro de la bille			
		0000352_22/1	00132543_08/1	0005483_08/1	0005483_08/2
Dosse supérieure	Hauteur au gros bout (Cm)	26,64	29,22	19,4	19,8
	Hauteur à la section Haute (cm)	22,65	34,22	27,4	38,8
	Hauteur au fin bout (cm)	8,64	9,22	10,4	8,8
	Longueur maximale au gros bout (cm)	600	930	600	400
	Longueur maximale au fin bout (en cm)	1200	1200	1100	550
Dosse inférieure	Hauteur au fin bout	92,7	88,4	96	88
	Longueur maximale gros bout	300	270	500	150
	Longueur maximale fin bout	600	9,30	600	400

Le nombre de pièce obtenue au niveau de chaque dosse a été calculé par les équations 12, 13, 14, 15, 16 et 17. Les résultats de ces calculs sont compilés dans le tableau 12.

**Tableau 12 : Nombre de pièces extraites par dosse en fonction de la section sciée pour les billes entières**

Section	Type de dosse	Nombre de dosses par bille			
		0000352_22/1	00132543_08/1	0005483_08/1	0005483_08/2
65* 200mm	Dosse supérieure	03	06	02	03
	Dosse inférieure	0	0	01	0
	Dosse de coté	02	0	02	0
65*180mm	Dosse supérieure	04	07	03	05
	Dosse inférieure	0	01	01	0
	Dosse de coté	02	0	02	0
65*150mm	Dosse supérieure	04	08	04	05
	Dosse inférieure	0	01	01	0
	Dosse de coté	0	0	02	0

Le tableau 12 montre que les dosses supérieures sont les plus productives. On constate aussi que malgré le fort diamètre au fin bout de la bille numéro 0005483\_08/1, la quantité des pièces extraites au niveau des dosses supérieures de celle-ci est moindre par rapport aux dosses supérieures des autres billes. En revanche les billes 00132543\_08/1 et numéro 0005483\_08/2 présentant une forte flèche, ont un nombre de pièces extraites des dosses supérieures élevé. Les dosses inférieures de ces deux billes ont quasiment une production non considérable devant celles supérieures. Ce caractère relève de la courbure prononcée qu'on observe au sein de ces billes. Ces résultats concordent avec ceux trouvés par (Takoudjou, 2020) malgré la différence des sections sciées.

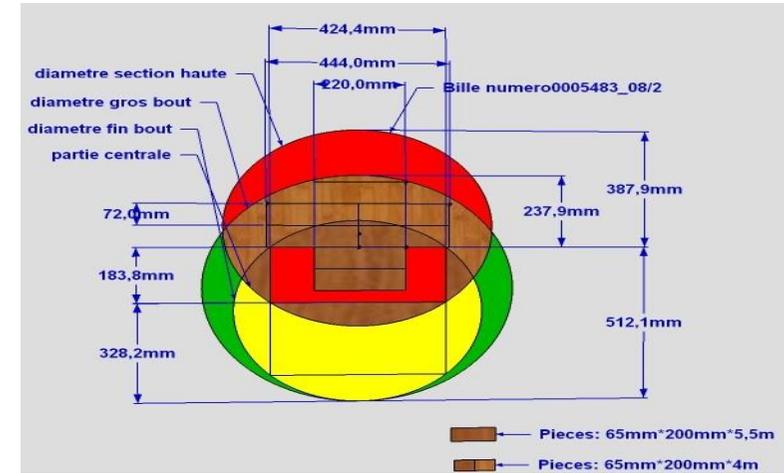
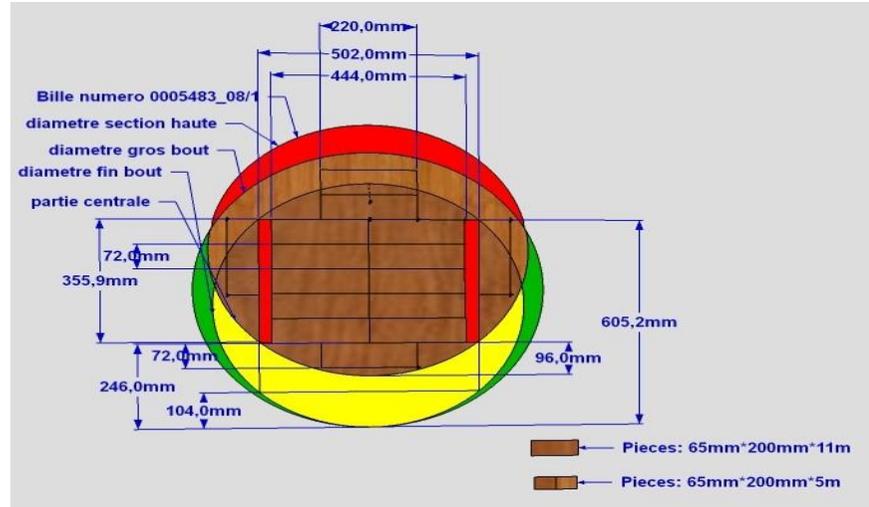
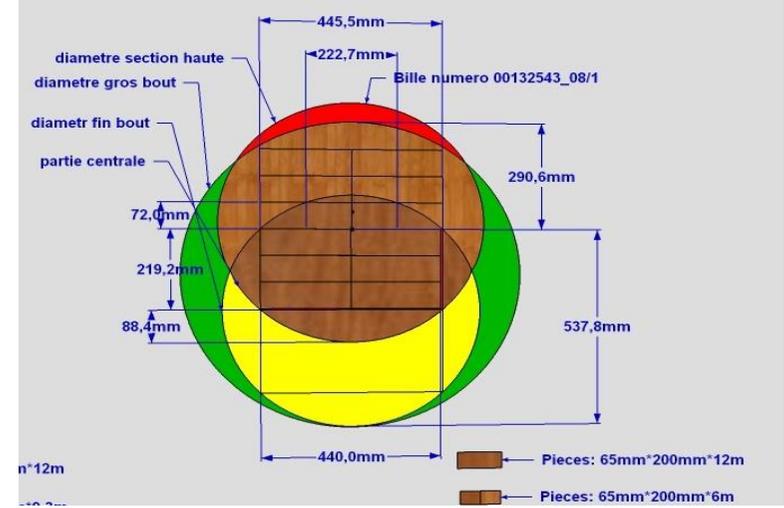
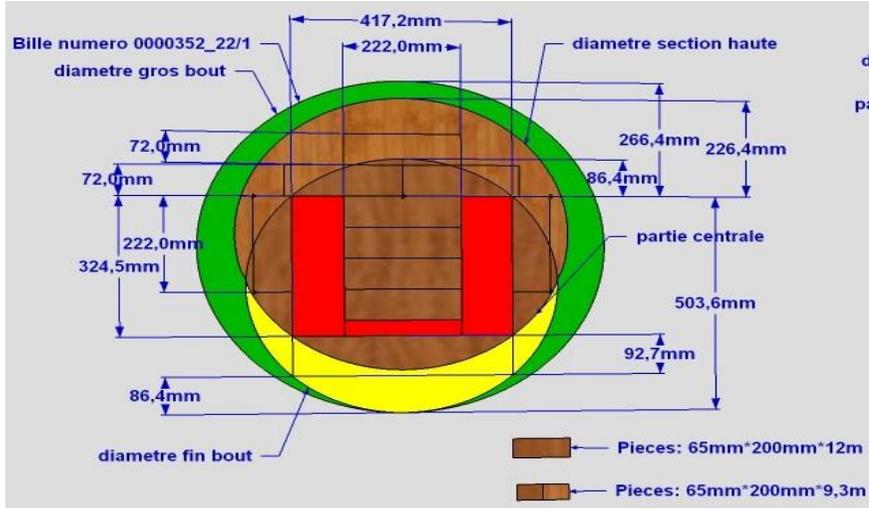


Figure 16 : Diagramme de débitage des quatre billes pour la section 65\*200mm

La figure 16 montre le modèle de diagrammes de débitage de chaque bille. Ces diagrammes sont obtenus à la suite de la simulation des pièces de section 65\*200mm. La portion de couleur rouge observée sur le plateau central représente la perte de matière enregistrée au sein de celui-ci. Cette perte de matière est considérable dans le plateau des billes 0000352\_22/1 et 0005483\_08/2 et est sensiblement nulle dans les deux autres plateaux. Cela est dû aux dimensions de la section à scier. En effet, la section 65\*200 ne permet pas une plus grande récupération de matière à cause de la largeur du plateau central. Cette dernière étant fortement liée à son diamètre fin bout, une bille sera autant productive que son diamètre fin bout se rapprochera du multiple de la largeur de la section à scier.

### II.2.2. Cas des billons obtenus après tronçonnage

Les billons ici sont obtenus après tronçonnage au niveau de la section haute des billes précédentes. La simulation du sciage de chaque billon a été exécutée de la même façon que celle décrite au niveau du cas des billes en entier. Les paramètres de simulation des billons sont ceux du tableau 13. Le billon proche du gros bout de la bille principale est nommé bille sur pied et l'autre est la sur bille.

**Tableau 13 : Données sur la simulation des billons issus du tronçonnage**

Paramètres de simulation	Numéro de la bille							
	0000352_22/1		00132543_08/1		0005483_08/1		0005483_08/2	
	Bille sur pied	Sur bille	Bille sur pied	Sur bille	Bille sur pied	Sur bille	Bille sur pied	Sur bille
Diamètre fin bout (cm)	63	59	65	63	76	71	68	60
Diamètre gros bout (cm)	77	63	83	65	80	76	75	68
Diamètre haute section (cm)	67	62	77	64	78	73	70	65
Flèche (cm)	2,7	1,2	6,1	2,8	4	1,5	6,7	3,3
Longueur (Cm)	600	600	930	270	600	500	400	150
Distance haute section par rapport au fin bout (cm)	300	300	480	230	320	440	220	90
Premier trait de scie (cm)	9,22	86,4	95,1	92,2	11,1	10,39	9,95	8,78
Largeur du plateau central (cm)	41,72	53,74	45,99	44,54	53,74	50,20	48,0	41,98
Épaisseur du plateau central (cm)	41,72	50,12	43,2	44,32	501,2	49,09	43,20	36,00

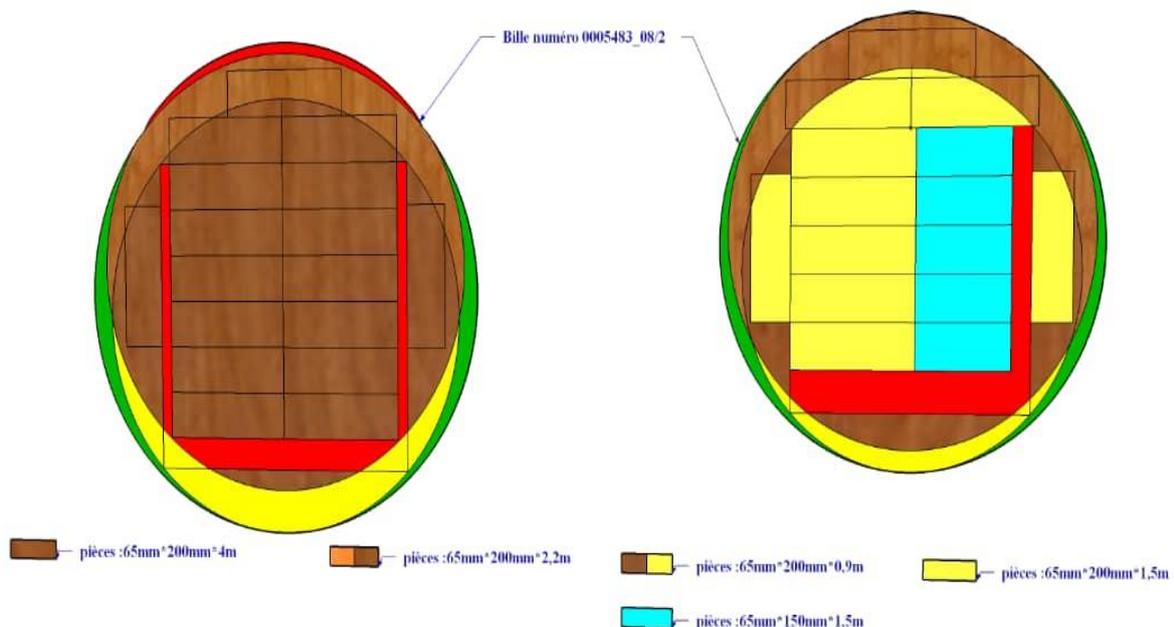
D'après le tableau précédent, les épaisseurs du plateau central des billons ont augmenté par rapport à ceux des billes entières. Cette augmentation provient de la régression de la courbure. La flèche des billons a diminué par rapport à celle des billes entières. La surbille de la dernière bille est déclassée pour la suite car sa longueur est de 150m qui est inférieure à la longueur minimale demandée c'est-à-dire 200cm.

Après simulation du sciage des billons, le nombre de pièces extraites pour chaque billon est regroupé dans le tableau suivant

**Tableau 14 : Nombre de débités obtenus sur le plateau central après tronçonnage des billes**

Section de la pièce	Nombre de débité par billon							
	0000352_22/1		00132543_08/1		0005483_08/1		0005483_08/2	
	Bille sur pied	Sur bille	Bille sur pied	Sur bille	Bille sur pied	Sur bille	Bille sur pied	Sur bille
65*200mm	10	10	12	12	14	12	12	10
65*180mm	10	12	12	12	12	12	12	10
65*150mm	10	21	12	12	18	12	12	10

Au regard du tableau 14, le nombre de pièce du plateau central des billes a presque triplé après tronçonnage. Ces résultats sont semblables à ceux obtenus par Bouzinekis et Martin, (1986), et décrit que, plus la flèche est réduite mieux les pièces sont réparties sur le plateau central.



**Figure 17: Diagramme du débitage après tronçonnage de la bille 0005483\_08/2 section 65\*200mm**

### III.3. Evaluation de l'impact de l'utilisation du diagramme de débitage dans le rendement matière

Après la réalisation des diagrammes de débitage des billes étudiées, il est question d'examiner son utilité au sein de l'usine. Les billes ont été éboutées en longueur de 2m, 3m, 4m au sein de celle-ci. Ce paramètre sera pris en compte lors du cubage des avivés.

#### III.3.1. Volume brut des billes

Le volume des billes a été obtenu à partir de l'équation 19.

**Tableau 15 : Volume brut des quatre billes**

N° bille	DF10	D <sub>m</sub> (cm)	Longueur (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
1	0000352_22/1	68	12	4,356
2	00132543_08/1	73	12	5,020
3	00132543_08/1	75,5	11	4,922
4	0005483_08/2	65,5	5,5	1,850
Total				<b>16,150</b>

Le tableau 15 montre que le cubage total de ces billes est **16,150m<sup>3</sup>**.

#### III.3.2. Volume théorique et réel des débités

Le calcul des différents volumes des débités s'est fait par l'équation 20,21 et 22.

##### ➤ Volume réel

**Tableau 16 : Volume des débités enregistrés dans l'entreprise pour ces billes**

Numéro bille	Volume réel (m <sup>3</sup> )		
	65*200	65*180	65*150
0000352_22/1	/	/	0,966
00132543_08/1	/	1,372	/
00132543_08/1	/	/	1,595
0005483_08/2	0,26	/	/

L'entreprise a produit pour les quatre billes un volume total de **4,193m<sup>3</sup>**. Sur les quatre billes deux ont été sciées en section de 65\*150. On remarque que d'après ce qui précède le choix des sections n'a pas été optimal. En réalité dans les objectifs d'optimisation du sciage la section 65\*200mm devrait être la plus prise.

##### ➤ Volume théorique des diagrammes

**Tableau 17: Volume du diagramme de débitage : cas des billes tronçonnées**

Numéro Bille	Volume théorique des débités selon la section (m <sup>3</sup> ) : cas du tronçonnage			Volume moyen (m <sup>3</sup> )
	65*200	65*180	65*150	
0000352_22/1	1,893	1,81	1,595	1,766
00132543_08/1	2,375	2,175	1,961	2,170
00132543_08/1	2,652	2,57	2,205	2,476
0005483_08/2	0,754	0,749	0,603	0,702
<b>Total</b>	<b>7,674</b>	<b>7,304</b>	<b>6,364</b>	<b>7,114</b>

Le tableau 17 montre que le volume moyen des débités issus diagramme de débitage après tronçonnage est de **7,114m<sup>3</sup>**. On constate que la section 65\*200mm est plus productive que les deux autres sections.

**Tableau 18 : Volume du diagramme de débitage : cas des billes en entier**

Numéro bille	Volume théorique des débités selon la section (m <sup>3</sup> ) : cas des billes entières			Volume moyen (m <sup>3</sup> )
	65*200	65*180	65*150	
0000352_22/1	1,170	1,689	1,286	1,382
00132543_08/1	1,336	1,542	1,545	1,474
00132543_08/1	1,885	1,698	1,554	1,712
0005483_08/2	0,445	0,525	0,444	0,471
<b>Total</b>	<b>4,836</b>	<b>5,454</b>	<b>4,829</b>	<b>5,039</b>

Dans le tableau ci-dessus, le volume moyen des débités issus du diagramme de débitage dans le cas des billes non tronçonnées est de **5,039m<sup>3</sup>**.

### III.3.3. Rendement matière volumique

Les résultats du rendement matière sont obtenus par suite du calcul en utilisant l'équation 18. L'annexe 3 montre une feuille de de calcul détaillée du rendement après simulation de la bille **0000352\_22/1**. Ce modèle a été adopté pour le calcul du rendement matière de chaque bille.

**Tableau 19: Le rendement matière théorique et réel des billes**

Numéro bille	Rendement réel (%)	Rendement théorique moyen : cas des billes entières (%)	Rendement théorique moyen : cas des billes tronçonnées (%)
0000352_22/1	22,17	31,72	40,54
00132543_08/1	27,35	29,36	49,32
00132543_08/1	32,4	34,78	50,30
0005483_08/2	14,00	25,45	37,94
<b>TOTAL</b>	<b>23,98</b>	<b>30,32</b>	<b>44,52</b>

En comparant le rendement volumique des billes avant et après tronçonnage, on se rend compte que le rendement volumique des billes après tronçonnage est supérieur à celui des billes entières. Cette caractéristique montre que la flèche influence sur le rendement matière. Il est nécessaire de redresser une bille courbe au tronçonnage. Cela se fait au niveau de la flèche. Par conséquent, suite aux activités de façonnage au parc, les patrons qui vont poursuivre la chaîne de transformation sont ceux obtenus dans le cas des billes non tronçonnées.

En faisant une analyse comparative entre le rendement matière théorique des billes tronçonnées et celui obtenu au sein de l'usine, il en ressort que le patron de débitage optimal est celui des billes ayant subi le tronçonnage. Les rendements issus de ce débitage concordent avec ceux de Bouzinekis et Martin (1986) indiquant que, la simulation du sciage à travers les patrons de débitage augmente le rendement. En le situant entre 43,25% et 57,89%. Cette augmentation étant en moyenne estimée à 20%.

## CONCLUSION

La conception de diagramme de débitage pour la planification du sciage qui a été présentée dans cette étude a été réalisée au sein de la scierie SIBM. Son objectif était d'optimiser le rendement au sciage des billes courbes.

Parvenu au terme de cette étude, suite à la collecte des données sur un échantillon de quatre billes courbe de Bilinga, de longueur distincte, l'analyse des résultats sur le défaut de courbure des billes montre que, lorsqu'on considère uniquement ce défaut, la qualité de la bille va dépendre du pourcentage de sa flèche. Mais cette qualité sera améliorée suivant la longueur de la bille. Plus la longueur de la bille est grande meilleure sera sa qualité.

L'analyse des résultats issus de la conception des diagrammes de débitage a montré que, les pertes de matières au sciage sont dues en grande partie par le choix de la section des pièces à extraire de la bille. La planification du sciage est donc nécessaire afin de choisir la bille dont la largeur du plateau central est un multiple proche de la largeur des pièces à scier. Pour cela, plusieurs diagrammes de débitage de la bille sont conçus pour choisir celui qui procure le meilleur rendement en volume ou en valeur par bille.

En comparant le rendement matière moyen obtenu après la réalisation des diagrammes de débitage des billes dans le cas de leur tronçonnage au niveau de la flèche et celui obtenu au sein de l'entreprise, il en ressort que, la planification du sciage à travers la réalisation de patrons de débit entraîne une augmentation du rendement matière des billes courbes avec une moyenne de **20%**. De plus, le tronçonnage des billes courbes se fait au niveau de la flèche. Dans le but de les rendre le plus cylindrique que possible.

## RECOMMANDATION

Aux vues des résultats obtenus, suite à la réalisation de cette étude dans une unité de transformation du bois, nos recommandations sont les suivantes :

Au niveau des entreprises

- Réduire les pertes de matière liées au billonnage en exécutant le tronçonnage des billes courbes au niveau de la flèche ;
- Organiser le sciage en fonction du patron de débit qui maximise le rendement matière ;
- S'imprégner des nouvelles technologies d'optimisation du rendement matière dans les lignes de production du sciage.

Au gouvernement :

- Encourager les études permettant le développement des logiciels de simulation du sciage ;
- Créer les partenariats avec les pays étrangers afin de favoriser le transfert de compétence dans le domaine de l'industrie du bois.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ATIBT.** (1982). Les règles ATIBT de classement des rondins tropicaux ;
- ATIBT, FAO, OIMT.** (2013). *Vers une stratégie de développement de l'industrie de transformation du bois dans les pays du bassin de Congo* : livre blanc ;
- Bindzi, I., Samson, M., Kamoso, L.** (1956). *Modélisation géométrique d'une bille de bois. Annales des sciences forestières*, INRA/EDP Sciences,
- Bouzinakis, A., & Martin, P.** (1986). *Optimisation du sciage du pin maritime : Annales des sciences forestières*, 43 (3), 365-382.
- Brown, T.D.** (1986). *Lumber size control*. College of Forestry, Oregon State University ;
- CIFORD,** (2013). *Étude de l'importance économique et sociale du secteur forestier et faunique au Cameroun* : Rapport final. MINFOF Cameroun ;
- CIRAD,** (2011). *Fiches essences tropicales*. TROPIX 7 ;
- Coté, N.** (2013). *Potentiel de récupération de composantes de fermes de toit dans les sciages flacheux produits en scierie : étude de cas* (Thèse en science du bois). Université Laval ;
- Dalois, C.** (1990). *Manuel de sciage et d'affûtage*. Avenue de la belle Gabrielle, France : Centre Technique Forestier Tropical
- Danwe, R., Bindzi, I., Meva'a, L., & Mbagnia, B.** (2009). *Modélisation géométrique et optimisation de la production dans les industries de premières transformations du bois* : 19ème Congrès Français de Mécanique
- Deschênes, H.** (1986). *Utilisation et transformation du bois*. Mont-Royal, Québec : Modulo éditeur ;
- Gatchell, C.J.** (1985). *Impact of rough-mill practices on yields*. In *Eastern Hardwood : the source, the industry, and the market*. Harrisburg, PA. : White, J.C.
- Keller, R., & Heurtematte, J.** (1967). *Sciage du bois*. Paris, France : Delagrave ;
- Lajoie, J.** (2015). *Nouvelles technologies de transformation pour les billes de bois franc de qualité inférieure*. Technologie de fabrication du bois de sciage. Retrieved from

<https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/entreprises/nouvelles-technologiestransformation-billes-qualite-inferieure.pdf>

- Laprise, J.** (2010). *Détermination de l'approvisionnement en sciage dans la fabrication de panneaux lamellés-collés* (Mémoire maîtrise en sciences appliquées). Université de Montréal ;
- Massenet, J.Y.** (2006). *Estimation du volume*. Lycée forestier, Château de Mesnières ;
- Simonin, G.** (2010). *Amélioration des performances d'outils de coupe pour la première transformation du bois* (Doctoral dissertation). Université Henri Poincaré, Nancy I ;
- Pinta, F., & Fomete, T.** (2004). *Filière bois au Cameroun : vers une gestion durable des forêts et une transformation industrielle performante ?* Université de Dschang ;
- Takoudjou, R.** (2020). *Modélisation, simulation et optimisation du rendement au sciage des billes courbes* (Mémoire DPETP II). Université Yaoundé I, Ebolowa
- Verret, Daniel.** (1997). *Modélisation du flux des bois dans les usines de sciages* : 395, rue Wellington Ottawa ON K1A ON4

## **ANNEXES**

**Annexe 1 : Fiche de collecte des données sur les paramètres d'appréciation du défaut de courbure**

Paramètres de la bille		Numéro bille			
		01	02	03	04
Numéro DF10					
Longueur (cm)	$L$				
	$L_s$				
	$L_1$				
	$L_2$				
Diamètre (cm)	$D_g$				
	$D_f$				
	$D_s$				
	$D_1$				
	$D_2$				
Flèches (cm)	$f_s$				
	$f_1$				
	$f_2$				

**Annexe 2 : Fiche de cubage des débités au sein de l'usine**

Numéro DF10 bille	Epaisseur (cm)	Largeur (cm)	Longueur (cm)	Nombre	Volume (m <sup>3</sup> )	Observations

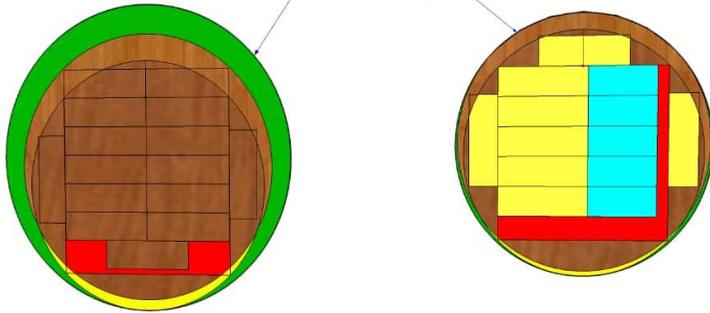
**Annexe 3 : Exemple de calcul de rendement des billes après simulation du sciage  
: cas de la bille numéro 0000352\_22/1**

		<b>1</b>		<b>Débitage de la bille 0000352_22/1 Pour la commande de la largeur 200</b>		
				Nombre de pièces obtenues		
				Bille entière	Tronçonnage	
					Bille sur pied	Sur bille
Nombre de pièces obtenues	Epaisseur (mm)	65	25	26	23	
	Largeur (mm)	150		/	10	
		180		/	/	
		200	25	26	13	
	Longueur (m)	2		/	/	
		3	10	26	23	
		4	15	/	/	
Volume (m <sup>3</sup> )		1,170	1,014	0,797		
Rendement		<b>26,86%</b>	<b>41,57%</b>			
		<b>1</b>		<b>Débitage de la bille 0000352_22/1 Pour la commande de la largeur 180</b>		
				Nombre de pièces obtenues		
				Bille entière	Tronçonnage	
					Bille sur pied	Sur bille
Nombre de pièces obtenues	Epaisseur (mm)	65	39	29	24	
	Largeur (mm)	150		01	2	
		180	39	16	20	

		200		12	2
	Longueur (m)	2			
		3	12	29	24
		4	27		
		Volume (m <sup>3</sup> )	1,689	1,057	0,836
		Rendement	<b>38,77%</b>	<b>43,46%</b>	
	<b>1</b>		<b>Débitage de la bille 0000352_22/1 Pour la commande de la largeur 150</b>		
			Bille entière	Tronçonnage	
				Bille sur pied	Sur bille
Nombre de pièces obtenues	Epaisseur (mm)	65	34	37	18
	Largeur (mm)	150	34	37	18
		180			
		200			
	Longueur (m)	2			
		3	04	37	18
		4	30		
		Volume	1,286	1,073	0,522
		Rendement	<b>29,52%</b>	<b>36,61%</b>	

## Annexe 4 : Diagramme de débitage des billes après tronçonnage

Bille numéro 0000352\_22/1



pièces :65mm\*200mm\*6m  
 pièces :65mm\*200mm\*3m  
 pièces :65mm\*200mm\*3m  
 pièces :65mm\*150mm\*6m  
 pièces :65mm\*200mm\*6m

Bille numéro 0005483\_08/1



pièces :65mm\*200mm\*5m  
 pièces :65mm\*200mm\*3,2m  
 pièces :65mm\*200mm\*6m

Bille numéro 00132543\_08/1



pièces :65mm\*200mm\*9,3m  
 pièces :65mm\*200mm\*4,8m  
 pièces :65mm\*200mm\*2,3m  
 pièces :65mm\*200mm\*2,7m

Bille numéro 00132543\_08/1



pièces :65mm\*150mm\*9,3m  
 pièces :65mm\*150mm\*4,8m  
 pièces :65mm\*150mm\*2,7m

