



**HAL**  
open science

# Prise en compte des aspects technico-économiques dans la simulation : outil d'aide à la décision dans les scieries

Norberto Hochheim

## ► To cite this version:

Norberto Hochheim. Prise en compte des aspects technico-économiques dans la simulation : outil d'aide à la décision dans les scieries. Sciences de l'ingénieur [physics]. Université Henri Poincaré - Nancy 1, 1991. Français. NNT : 1991NAN10197 . tel-01747096

**HAL Id: tel-01747096**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01747096>**

Submitted on 29 Mar 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

UNIVERSITE DE NANCY I  
CENTRE DE RECHERCHE EN AUTOMATIQUE DE NANCY  
ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DES  
INDUSTRIES DU BOIS

---

**T H E S E**  
(nouveau régime)

présentée à l'UNIVERSITE DE NANCY I  
pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE NANCY I  
en  
SCIENCES DU BOIS  
par

**Norberto HOCHHEIM**

Professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal  
de Santa Catarina (Brasil)

---

**PRISE EN COMPTE DES ASPECTS TECHNICO-ECONOMIQUES  
DANS LA SIMULATION: OUTIL D'AIDE A LA DECISION  
DANS LES SCIERIES**

---

Soutenue publiquement le 27 septembre 1991,  
devant la commission d'examen:

Président : Prof. M. VERON  
Rapporteur : Prof. A. COURTOIS  
Rapporteur : Prof. A. ZOULALIAN  
Directeur de Thèse : Prof. P. MARTIN  
Examineurs MM : E. CHALOPPET  
J-L FLORIOT  
J. MILITON  
C. SALES

***A mes parents***

**Arthur et  
Irmgard**

***A mon épouse***

**Meyke Roseane**

***A notre enfant***

**Bruno Arthur**

---

## **TABLE DE MATIERES**

	Page
<b>INTRODUCTION</b>	1
<b>Chapitre I</b>	
<b>1. LE CONTEXTE</b>	
1.1. Introduction	5
1.2. Le matériau bois	11
1.3. Les opérations techniques en scierie	15
1.4. L'automatisation des scieries	19
1.5. La gestion de production	22
1.6. Les coûts en scieries	23
<b>Chapitre II</b>	
<b>2. LA GESTION DE PRODUCTION EN SCIERIES</b>	
2.1. Introduction	25
2.2. Prévisions et estimations	27
2.3. Plan de production	29
2.4. Gestion des stocks	31
2.5. Ordonnancement	35
2.6. Gestion de la qualité	39
2.7. Contrôle	41
2.8. L'aspect humain	41

---

	Page
2.9. Commentaires	42
 <b>Chapitre III</b>	
<b>3. SIMULATION</b>	
3.1. Introduction	45
3.2. Objectifs de la simulation des scieries	47
3.3. Les logiciels de simulation	50
3.4. Modélisation et simulation des scieries	54
 <b>Chapitre IV</b>	
<b>4. LES COÛTS EN SCIERIES</b>	
4.1. Introduction	61
4.2. Objectifs de la comptabilité analytique	62
4.3. Classification des charges	63
4.4. Affectation et imputation des coûts en scieries	63
4.4.1. Matière première	63
4.4.2. Main d'œuvre	67
4.4.3. Frais généraux	68
4.5. Coût complet, coût partiel	72
4.6. Les coûts et les sous-produits	75
4.6.1. La méthode de la réduction des coûts	75
4.6.2. La méthode du chiffre d'affaires additionnel	75
4.7. Les coûts et la prise de décisions	76
4.7.1. Les coûts et le risque	76
4.7.2. Les coûts et les prix de vente	77
4.7.3. Les coûts et la valorisation de la matière première	78

---

4.8. Les coûts des dysfonctionnements	82
4.9. Les coûts et l'inflation	83
4.10. Les coûts et la simulation	84

## **Chapitre V**

### **5. APPLICATIONS**

5.1. Introduction	88
5.2. L'entreprise "A"	
5.2.1. Présentation	89
5.2.2. Objectifs de la simulation	90
5.2.3. Modélisation	90
5.2.4. Validation du modèle	92
5.2.5. Analyse des résultats	
a) Les coûts des produits	93
b) Influence du diamètre des billons sur les coûts des produits	96
c) Influence de la politique d'approvisionnement sur le processus de fabrication, les coûts et la rentabilité	98
5.3. L'entreprise "B"	
5.3.1. Présentation	103
5.3.2. Objectifs de la simulation	104
5.3.3. Modélisation des scieries	
a) La scierie "Canela"	104
b) Les scieries "Essence Tendre", "Essence Dure" et "Faible Diamètre"	106
c) La scierie "Billons Courts"	108

---

5.3.4. Modélisation des découpes	
a) Généralités	109
b) La découpe des billons dans les scieries "Canela", "Essence Tendre", Essence Dure" et "Faible Diamètre"	111
c) La découpe de billons dans la scierie "Billons Courts"	111
d) Le délignage et le tronçonnage	112
e) Les produits finis	115
5.3.5. Les données économiques	116
5.3.6. Validation des modèles	123
5.3.7. Résultats	
a) Flux matière et économique	126
b) Les performances des scieries	144
c) Influence du niveau de production des scieries sur les coûts	145
d) Impact de l'inflation sur les coûts	151
5.4. L'entreprise "C"	
5.4.1. Présentation	154
5.4.2. Objectifs de la simulation	156
5.4.3. Modélisation	156
5.4.4. Le coût de fonctionnement du classeur	158
5.4.5. Validation du modèle	159
5.4.6. Résultats	
a) Influence sur le coût de fonctionnement du classeur de la taille du lot et du mélange de longueurs des billons lancés dans une campagne	160

---



b) Influence sur le coût de fonctionnement du classeur des temps d'arrêt entre campagnes	169
c) Commentaires	173
<b>Chapitre VI</b>	
<b>6. CONCLUSIONS</b>	175
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	179
<b>ANNEXE</b>	
<b>A1. PRESENTATION DE LA MODELISATION DES       DECOUPES UTILISEES DANS LES SIMULATIONS       DES SCIERIES DE L'ENTREPRISE "B"</b>	
A1.1. Introduction	189
A1.2. Les programmes des scieries "CANELA", "ESSENCE TENDRE", "ESSENCE DURE" et "FAIBLE DIAMETRE"	189
A1.3. Le programme de la scierie "BILLONS COURTS"	198

---

# **AVANT- PROPOS**

---

## **AVANT-PROPOS**

Le travail présenté dans ce mémoire de thèse a été réalisé au Centre de Recherche en Automatique de Nancy (C.R.A.N. - U.A. 821 du C.N.R.S), dans le cadre de l'équipe Productique Bois (Ecole Supérieure des Sciences et Technologies des Industries du Bois - E.S.S.T.I.B.).

A son terme, je remercie vivement le chaleureux accueil et la confiance qui m'a toujours été accordée par le professeur M. VERON, directeur du C.R.A.N. et du L.A.C.N., et qui a accepté d'assurer la présidence du jury.

Je remercie particulièrement le professeur P. MARTIN pour m'avoir accueilli au sein de son équipe et pour la direction très attentionnée de mes travaux. Je lui exprime ici ma profonde gratitude pour les conseils et la confiance totale qu'il a eu dans le déroulement de ce travail.

J'exprime également mes sincères remerciements aux personnes qui me font l'honneur de composer ce jury:

- Prof. A. COURTOIS, professeur au Département Organisation et Gestion de la Production de l'Institut Universitaire de Technologie d'Annecy, pour ses conseils constructifs et pour avoir accepté de devenir un des rapporteurs de cette thèse;

- Prof. A. ZOULALIAN, professeur à l'Ecole Supérieure des Sciences et Technologies des Industries du Bois (E.S.S.T.I.B.), responsable du Groupe de Formation Doctorale en Sciences du Bois, pour avoir expertisé cette thèse et établi un rapport;

- M. E. CHALOPPET, ingénieur spécialisé en gestion de production dans les industries du bois, compétence qu'il a développée dans le cadre de l'Union Nationale des Industries Françaises d'Ameublement (U.N.I.F.A.) et du groupe Jaakko Poÿry, pour avoir accepté de participer au jury et d'apporter le point de vue de l'industrie;

---

- M. J-L. FLORIOT, directeur de l'Institut de Gestion Internationale Agro-Alimentaire (I.G.I.A.), pour sa participation au jury et pour son activité dans la coopération franco-brésilienne;

- M. J. MILITON, directeur du Centre de Nancy de l'Ecole Nationale de Génie Rural, des Eaux et des Forêts (E.N.G.R.E.F.), pour l'intérêt porté à mon travail, pour l'examen minutieux de ce mémoire et pour ses conseils pertinents;

- M. C. SALES, conseiller de recherche et technologie du Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (C.T.B.A.), pour avoir pris connaissance de mon travail et pour les remarques apportées;

J'adresse encore mes vifs remerciements à M. A. D. de QUEIROZ, directeur du "Centro Tecnológico (C.T.C) da Universidade Federal de Santa Catarina (U.F.S.C.)", pour son rôle actif dans la coopération franco-brésilienne.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à:

la "Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES)", organisme du gouvernement brésilien, pour la bourse d'études, qui a donné les moyens financiers pour la réalisation des travaux, et à

l'"Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), en particulier à son "Departamento de Engenharia Civil", pour son soutien.

Je remercie aussi tous les membres du laboratoire avec qui j'ai eu le plaisir de travailler, pour leur collaboration constructive et l'atmosphère qu'ils ont toujours fait régner.

Je veux associer à ces remerciements tous les responsables des scieries qui m'ont accepté dans leurs entreprises pour l'encadrement qu'ils m'ont fourni.

Enfin, je remercie avec une attention toute particulière mes parents, mon épouse et mes amis pour leur encouragement et soutien constant.

---

# **INTRODUCTION**

## INTRODUCTION

Dans ce mémoire, nous proposons la prise en compte des aspects technico-économiques dans la simulation des scieries comme outil d'aide à la décision.

Le premier chapitre présente le contexte particulier d'action des scieries.

Le bois, matière première des scieries, est un matériau organique dont les propriétés sont définies par l'organisation du tissu végétal qui le compose. A la complexité de la structure du bois s'ajoute la présence de nombreuses anomalies et singularités de constitution. Les particularités de la matière première et les conséquences respectives sur les produits sont présentées.

Le processus de sciage est présenté et les opérations techniques en scierie sont commentées, dès la réception et préparation de la matière première jusqu'au conditionnement, en passant par le système de production de l'atelier de sciage.

Le deuxième chapitre s'occupe de la gestion de production en scieries.

Dans les scieries, on doit gérer des objectifs de volume, de qualité, de délais et de coût appliqués à une matière première quasiment inconnue. L'interdépendance des objectifs de production doit être prise en compte lors des décisions de gestion.

Le rôle de la gestion de production en scieries (prévisions, planification, ordonnancement, gestion des stocks, ...) est commenté.

Le troisième chapitre est dédié à la technique de la simulation.

Nous montrons les possibilités offertes par la simulation en scieries, pour des objectifs de conception de nouveaux systèmes de production, d'évaluation du fonctionnement d'un atelier de sciage, de tests de politiques de lancement de billons, d'études de différents scénarios de configuration de l'atelier de sciage et/ou de la politique de gestion, et de formation du personnel de la scierie.

La technique de modélisation et simulation des scieries est présentée (objectifs, prélèvements des données, analyse des résultats, ...).

Le processus de fabrication d'une scierie et toutes les ressources dont il a besoin représentent des coûts importants. Dans le quatrième chapitre, nous faisons une analyse des coûts liés à la fabrication des produits d'une scierie.

Des méthodes d'affectation et d'imputation aux produits des coûts en scieries (matière première, main d'œuvre, frais généraux) sont étudiées. Des méthodes de calcul des coûts complets et des coûts partiels sont également présentées.

Le rôle que joue la connaissance des coûts dans les décisions liées à la fixation des prix de vente des produits et aux décisions d'abandon ou non de la fabrication d'un produit pas ou peu rentable, de valorisation de la matière première en faisant des produits secondaires à partir des chutes, est analysé.

Au cinquième chapitre, en s'appuyant sur des exemples, nous proposons une méthodologie pour faire une évaluation simultanée des aspects technico-économiques des ateliers de production des scieries.

Nous présentons les résultats et les analyses de quelques applications faites dans des entreprises en France et au Brésil.

L'analyse des résultats des études de simulations qui ont été conduites, montre l'importance de cette méthode et sa contribution à la gestion des scieries.

Finalement, dans le sixième chapitre nous présentons les conclusions de cette étude.

Nous avons fait cette division avec des objectifs de clarté d'exposition, les sujets ne sont pas indépendants les uns des autres. Dans la pratique, on doit prendre en compte simultanément les aspects techniques, de gestion et économiques.

# **CHAPITRE I**

## **1. LE CONTEXTE**

### **1.1. INTRODUCTION**

### **1.2. LE MATERIAU BOIS**

### **1.3. LES OPERATIONS TECHNIQUES EN SCIERIE**

### **1.4. L'AUTOMATISATION DES SCIERIES**

### **1.5. LA GESTION DE PRODUCTION**

### **1.6. LES COUTS EN SCIERIES**



## CHAPITRE I

### 1. LE CONTEXTE

#### 1.1. Introduction

L'exploitation des produits de la forêt est une de plus anciennes formes d'activité humaine. Sa gamme de produits comprend le bois et ses dérivés: les sciages, le papier, le contre-plaqué, le panneau de particules, etc. Sa matière-première, l'arbre, est très variable, comme les processus et le personnel employé.

L'homme a très tôt découvert que le bois est un très bon matériau de construction. La découpe des arbres en planches a conduit à une utilisation plus rationnelle de ce matériau.

Il y a déjà un demi-million d'années, l'homme utilisait des outils pour façonner les arbres. Le grand développement suivant dans la technologie de fabrication de bois scié a été l'emploi des scies en métal.

Les premiers processus de débit étaient très lents, il n'y avait pas de problèmes majeurs pour décider où placer les traits de scie. Il n'y avait pas non plus le souci de minimiser les pertes matières: les ressources forestières étaient abondantes.

La scierie mécanisée, composée d'une scie montée sur une machine et mue par une source d'énergie autre que la force de l'homme a été développée au début du XI<sup>ème</sup> siècle. La Norvège a construit ces scieries au XIV<sup>ème</sup> siècle et la Suède l'a suivi au siècle suivant. Ces scieries utilisaient comme principale source d'énergie l'eau [BAL.84].

Ces scieries exigeaient moins d'efforts physiques et elles étaient plus rapides que les précédentes, mais le scieur avait encore beaucoup de temps pour prendre les décisions nécessaires au processus de sciage.

Le grand développement suivant a été lié à l'invention de la scie circulaire, brevetée en 1777 et qui au début des années 1800 était d'un usage très répandu. La scie à ruban a été brevetée en 1808 [LEW.78].

Les scieries gagnaient en vitesse, laissant de moins en moins de temps pour les décisions.

Même s'il n'y a pas eu de grands développements techniques depuis l'invention de la scie à ruban jusqu'à la moitié des années 1960, il y a eu plusieurs améliorations qui ont rendu les scieries de plus en plus rapides [LEW.78].

La mécanisation des scieries nous place dans une situation qui exige moins de travail humain et plus d'efforts intellectuels des opérateurs. L'augmentation de la vitesse de production entraîne une augmentation de la possibilité de faire des erreurs de décision dans une période donnée.

Le diamètre moyen des billons à scier a diminué et en raison de la géométrie des pièces, les mauvaises décisions de sciage ont une conséquence plus importante sur les billons de petit diamètre que sur les billons de grand diamètre.

Pour faire face à la nécessité de prendre des décisions rapidement et avec la préoccupation d'obtenir la meilleure gamme de produits d'un billon, l'utilisation des ordinateurs comme aide à la décision dans le processus de fabrication a été envisagée.

Ainsi, le départ pour une autre innovation technologique importante a été donné: l'automatisation des scieries.

En dépit du progrès technologique que les scieries ont connu, dans la plupart des entreprises, le système de gestion reste très élémentaire. Les particularités liées à ce type d'entreprise expliquent en grande partie cela [BOU.87]:

i) Les scieries ont été créées presque toujours afin d'utiliser le bois existant dans la région où elles sont établies. Dans plusieurs cas, les propriétaires forestiers ont créé eux-mêmes des scieries pour valoriser leur production. Le morcellement géographique des forêts rend coûteux l'approvisionnement du volume de bois nécessaire pour le fonctionnement de la scierie. Quelquefois, dans une même surface forestière, on trouve une diversité d'essences qui ne sont pas exploitables efficacement par le même système de production de sciage.

ii) Le marché des produits finis a encore, dans la plupart des cas, un caractère local.

iii) La plupart des gens qui travaillent dans une scierie sont formés sur place et la gestion se transmet très souvent de père en fils. Les fonctions d'approvisionnement, production, commercialisation et direction forment un mélange très difficilement dissociable et sont exercées généralement par la même personne.

Ces caractéristiques ont rendu les scieries peu sensibles à la concurrence. Le manque de moyens et de matière-grise qui rend une scierie peu compétitive vis-à-vis des concurrents ne se fait pas beaucoup sentir dans un environnement d'action locale.

Mais la baisse des coûts d'exploitation et de transport ont augmenté le rayon d'action des scieries, soit pour son approvisionnement, soit pour l'écoulement de ses produits. La concurrence devient plus forte et ce sont les petites scieries qui en souffrent le plus.

Pour une production de bois d'œuvre presque constante dans la période 1960-1985 (tableau 1.1), les petites scieries ont vu leur nombre diminuer au moins de la moitié pendant cette même période de temps.

ANNEE:	1960	1970	1980	1985
Production (Millions de m <sup>3</sup> )	15,8	18,5	18,9	18,7

**Tableau 1.1. Production de bois d'œuvre en France**  
Source: Direction des Forêts

Par contre, les scieries qui ont une production plus importante ont vu leur nombre augmenter (tableau 1.2). Elles représentent seulement 14% du nombre des scieries mais assurent presque 60% de la production [MIL.87].

Année	Catégorie < 1.000	Catégorie 1.000 à 4.000	Catégorie > 4.000	Nombre Total
1965	5.520	1.827	432	7.779
1976	3.632	1.641	548	5.821
1985	2.452	1.346	615	4.413

**Tableau 1.2. Répartition des scieries, en France, par catégorie de production [m<sup>3</sup> sciages/an].** Source: Direction des Forêts

Le tableau 1.2 montre une tendance à la concentration du marché vers les scieries de taille plus importante, qui font des économies d'échelle et ont les moyens financiers pour actualiser leurs moyens de production.

Dans le cadre très concurrentiel d'aujourd'hui, suivre les innovations technologiques est devenu une question de survie pour les scieries.

S'il est vrai qu'une petite scierie familiale peut subsister encore en répondant aux commandes locales qui ont parfois un caractère très particulier et qui leur permet d'échapper aux concurrents mieux équipés, et grâce à l'activité de leurs propriétaires qui font plus de huit heures de travail par jour, leur importance en nombre et en volume de production a une tendance à décroître encore beaucoup.

Pour les scieries qui veulent rester sur le marché, la modernisation

est donc inévitable, et plus tôt elles le feront plus elles auront de possibilité de réussite.

L'option de modernisation, pour des raisons d'insuffisance de fonds propres, de difficultés d'emprunts, d'aptitudes et de motivations du responsable de l'entreprise, ne peut être suivie que par les scieries les plus performantes, qui grâce à leurs savoir-faire et compétences, occupent une position favorable et stable dans le marché [LEV.90].

Les investissements de modernisation coûtent très cher et doivent pour cela être soigneusement étudiés.

Mais il ne suffit pas de moderniser seulement les moyens de production. La présence de personnel spécialisé dans certains postes des scieries devient nécessaire et le suivi de la production doit être rigoureux. Pour une maîtrise plus efficace de l'entreprise, les gestionnaires doivent eux aussi se tenir au courant de l'utilisation des outils de gestion les plus récents et mieux adaptés aux nouvelles technologies.

Les particularités liées au système de production posent aussi quelques difficultés pour la gestion des scieries:

i) Le processus de sciage est du type linéaire ou quasi-linéaire. Seulement très rarement un produit refait une partie de son circuit de fabrication (figure 1.1).

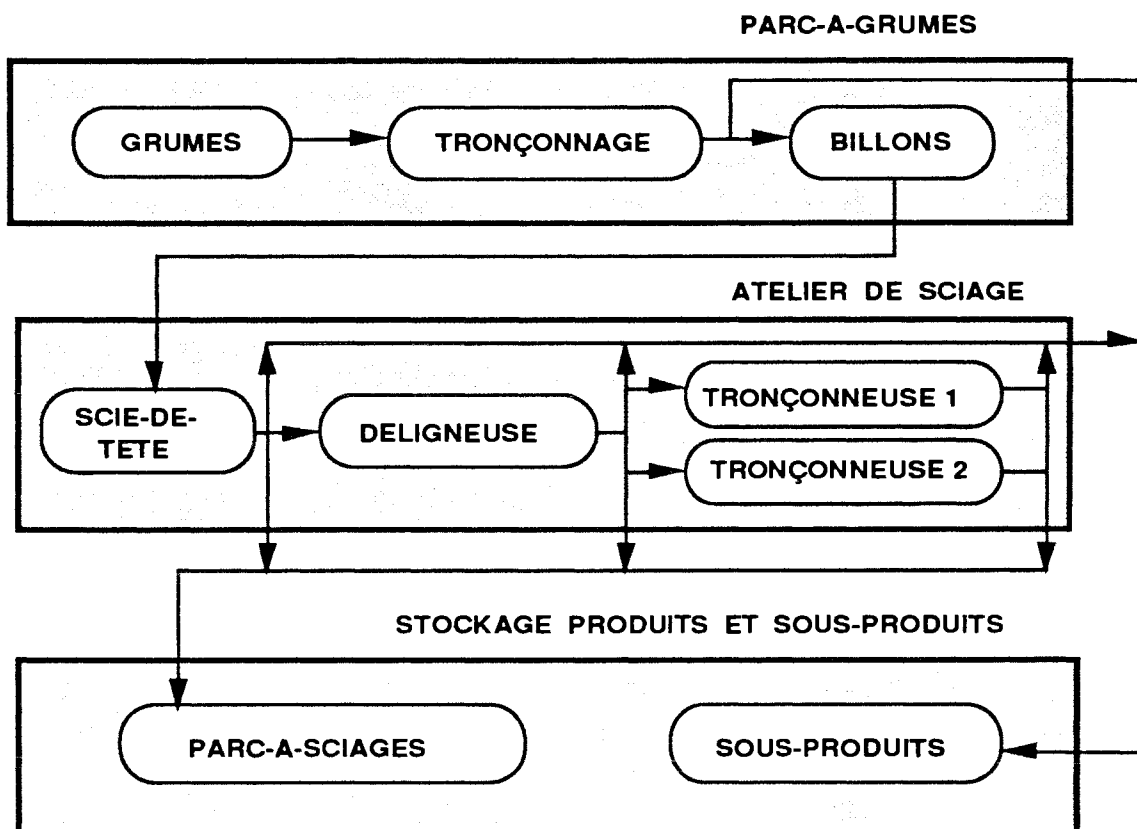


Figure 1.1. Le flux matière en scieries

ii) La fabrication d'un produit est un processus du type divergent. Une grume sera tronçonnée en billons qui seront transformés en plusieurs plateaux (ou poutres) qui, à leur tour, peuvent donner plusieurs produits par des opérations de délignage et de tronçonnage. A chaque opération de transformation, on peut avoir des produits très différents les uns des autres dans la forme, le volume et la qualité (figure 1.2).

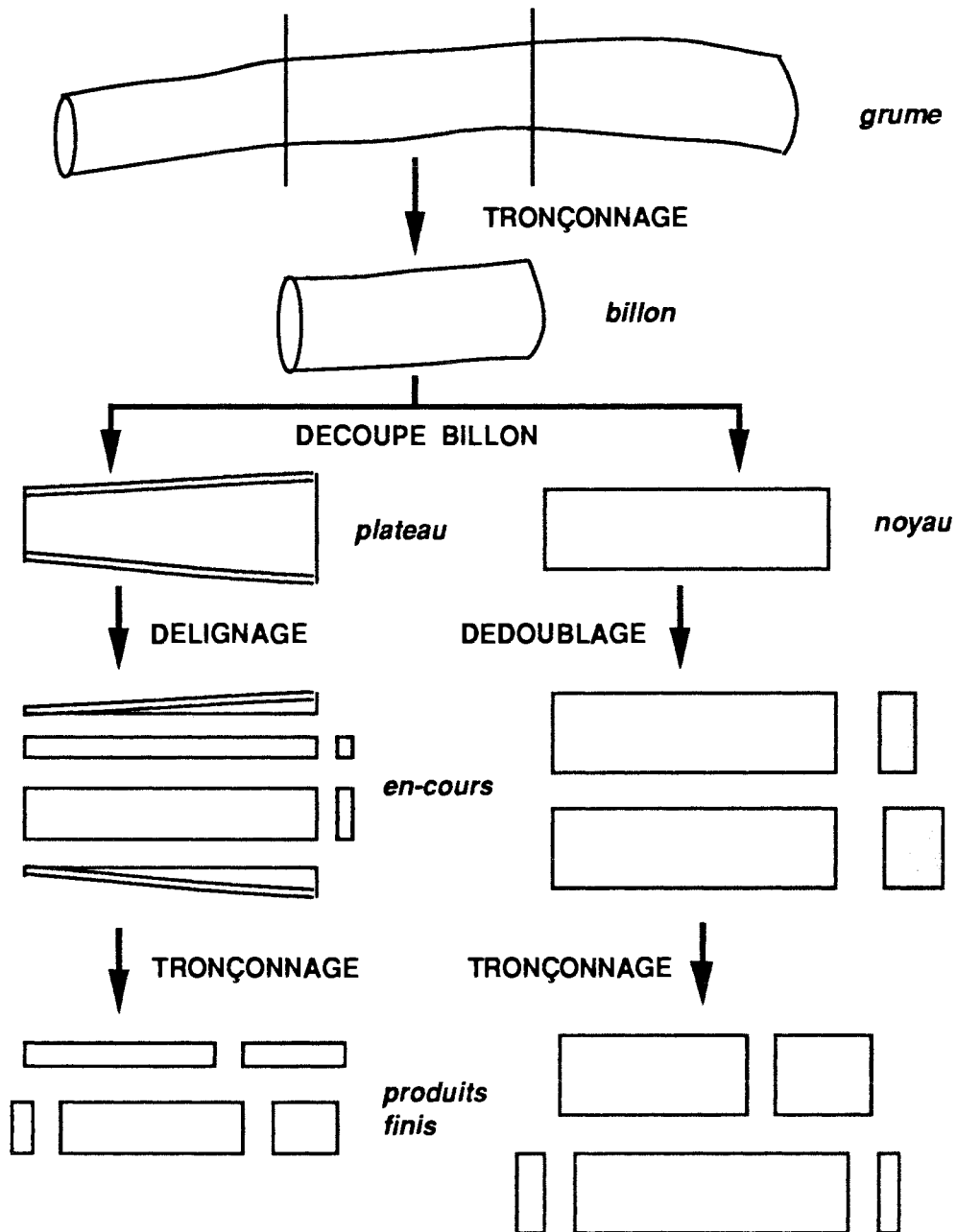


Figure 1.2. Processus de production divergent

iii) Les opérations de débit ont un caractère irréversible. Les choix effectués à un poste de travail amont ne peuvent pas être modifiés en aval.

iv) Le lancement des billons à l'entrée de la scierie joue un rôle organisationnel dû aux caractéristiques de linéarité et de divergence du processus de sciage. En effet, les pièces qui sortent de la scie-de-tête en fonction des caractéristiques des billons, iront établir le circuit à suivre par la suite et par conséquent, établiront la charge des postes de travail en aval.

v) Normalement, le rapport temps d'opération dans un poste de travail/temps d'attente devant le poste, est faible, d'où l'importance de bien gérer le flux matière pour diminuer les stocks intermédiaires et éviter les points d'étranglement de la production. Les transferts et les points de stockage de produits semi-finis doivent être parfaitement dimensionnés et positionnés pour ne pas gêner le circuit de production.

vi) La décision d'usinage d'une pièce est fonction de la qualité du bois et des besoins de la scierie. La qualité est objet d'une appréciation personnelle et il se peut que différents opérateurs aient des jugements différents sur les caractéristiques qualitatives d'une pièce. Pour les grumes, on ne sera sûr de sa qualité qu'au moment du sciage et la classification donnée au parc-à-grumes peut se révéler erronée.

vii) Dans un atelier de sciage on a des pièces de formes et dimensions les plus variées. Cela pose des problèmes pour la manipulation, le transport (pièces qui se coincent, qui s'enchevêtrent...) et le stockage, rendant la gestion des flux et des stocks difficile.

viii) La prise de données à l'intérieur d'un atelier de sciage est difficile. La gamme de produits d'une scierie est très variée et le suivi d'un produit dans le circuit de production est très particulier étant donné que très souvent les produits originaires d'une même pièce suivent des circuits différents. Dans la plupart des cas, les scieries manquent d'un système de prise d'informations pour l'ensemble de leurs systèmes de production.

ix) Le bois est un matériau biologique, hétérogène et anisotrope. Ces caractéristiques de la matière première influencent beaucoup la formation des produits. La valeur de vente d'un produit est souvent fonction du type d'usinage qui est le résultat des appréciations sur la qualité donnée par les différents opérateurs qui le fabriquent. L'appréciation de la qualité est moins importante dans les scieries de résineux que dans les scieries de feuillus, mais dans les deux cas elle est à l'origine d'un conflit entre productivité matière et gain financier final.

## **1.2. Le matériau bois**

Le bois est un matériau organique dont les propriétés sont définies par l'organisation du tissu végétal qui le compose. La présence d'éléments allongés suivant l'axe (fibres) et perpendiculairement à cet axe (rayons ligneux) définit un matériau anisotrope.

La croissance périphérique du diamètre, influencée par le climat, se traduit par des cernes annuels dont les cellules formées au printemps et en été sont différenciées, ce qui donne un matériau hétérogène.

L'examen de la coupe transversale d'un bois montre, du centre à la périphérie, les éléments suivants, qui donnent l'apparence caractéristique d'une essence [KEL.83]:

i) La moelle: partie du cœur de l'arbre, éliminée ou conservée selon les débits.

ii) Le duramen: constitué de cellules mortes aux membranes dures et épaisses. Les cernes, d'épaisseur variable, traduisent les couches annuelles de croissance, constituées de bois formé au printemps et en été, de densités différentes.

iii) L'aubier: les cellules qui le forment sont vivantes, actives, chargées de matières nutritives.

iv) L'écorce: constituée de cellules mortes et élastiques. Elle forme un manchon protecteur et assure des échanges gazeux avec l'atmosphère.

v) Les rayons ligneux: assurent une circulation radiale des substances nutritives. Leurs cellules sont vivantes dans l'aubier et mortes dans le duramen.

L'aspect macroscopique du bois est fonction donc des caractéristiques des éléments décrits ci-dessus. Un bois est dit hétérogène quand le bois de printemps (ou bois initial) contraste fortement par sa structure, son aspect (couleur) et ses propriétés (densité) avec le bois d'été (ou bois final), ce qui le rend très apparent à la limite des couches d'accroissement. C'est le cas du chêne, du chataigner, de l'orme, du frêne, du sapin, du pin. Les couches annuelles de croissance sont non visibles dans les bois dits homogènes, comme le hêtre, le charme, les fruitiers, le buis.

L'aubier peut être apparent et très altérable (chêne), peu apparent, durable et utilisable (sapin), indistinct et utilisé (épicéa).

Les rayons ligneux sont invisibles chez les résineux et visibles chez le chêne, le hêtre, l'orme, le merisier, le platane. La taille des rayons donne le grain du bois: grain grossier chez le chêne, grain fin chez l'érable, pas de grain chez les résineux.

Les caractéristiques du bois sont donc variables à l'intérieur d'un

individu. Mais ces caractéristiques sont également variables entre individus. On peut classer les sources de cette variation en trois groupes [NEP.87]:

i) Le milieu: la croissance d'un arbre est influencée par le climat, le sol, l'altitude, etc. Eventuellement, aussi par la pollution de l'environnement, par l'attaque d'insectes défoliateurs, par divers maladies...

ii) La sylviculture: peuplement artificiel ou non, fréquence et intensité des éclaircies, élagage, vitesse de croissance...

iii) La génétique: variabilité génétique à l'intérieur des espèces.

A la complexité de la structure du bois, s'ajoute la présence de nombreuses anomalies et singularités de constitution. On distingue les anomalies de structure (défauts) et les anomalies de composition chimique (altérations).

On peut classer les anomalies et les singularités de la façon suivante [VEN.86]:

i) Anomalies résultant de la forme de la tige: la tige d'un arbre est plus au moins conique, sa section transversale est rarement circulaire. L'axe de la tige n'est pas souvent rectiligne. Un arbre peut présenter la partie supérieure de la tige divisée (fourche), à une couronne de branches peut correspondre une importante réduction de circonférence (décroissance) et sa partie inférieure peut avoir une forme et dimension très différentes de la tige (patte).

ii) Anomalies d'orientation du fil du bois: ce sont des particularités qui peuvent être favorables au point de vue ornamental et défavorables au point de vue de la mise en œuvre et des propriétés des bois.

iii) Excentricité du cœur: d'origine stationnelle (pente, influence d'un vent dominant) ou sylvicole (irrégularité de distribution des tiges, arbres jumelés), l'excentricité du cœur induit souvent la formation de bois de compression chez les résineux ou de tension chez les feuillus.

iv) Fentes: Elles peuvent soit exister dans l'arbre encore sur pied, soit survenir au cours de l'abattage, du façonnage, du sciage ou du séchage. Certaines sont apparentes sur l'arbre sur pied, d'autres n'apparaissent que sur les sections de la grume. Les fentes réduisent la résistance mécanique des pièces et certaines d'entre elles servent de porte d'entrée à l'attaque d'insectes et champignons qui produisent des altérations graves au bois.

v) Blessures et corps étrangers: trous des souçoirs du gui, chancres générés par des champignons, frotures d'abatage, etc. Les corps étrangers les plus fréquents sont la mitraille et les clous.

vi) Défauts d'ordre parasitaire: galeries creusées par insectes,



piqûres d'insectes et trous de vers.

vii) Altérations d'ordre pathologique: dues à l'action des végétaux, elles peuvent se développer dans l'arbre encore sur pied ou après l'abattage: pourritures, échauffures, bleuissements, etc.

viii) Altérations physiologiques: ce sont les anomalies de duraminisation (faux-cœur) ou de non-duraminisation (lunure). Le faux cœur présente une coloration anormale et nuira à la durabilité naturelle, à certaines propriétés mécaniques (notamment la résistance au choc) et à l'esthétique du bois. La lunure est la présence dans le duramen d'un anneau (souvent complet) d'aubier, avec ses propriétés défavorables.

ix) nœuds: ce sont des parties des branches englobées dans les bois. Normalement, la largeur des couches d'accroissement, la structure du bois et sa composition chimique ne sont pas les mêmes dans un nœud et dans le reste de la tige. Ainsi, on a des différences importantes dans les propriétés physiques (densité, retrait) et mécaniques du bois et du nœud.

L'élimination des défauts nécessite un usinage, donc un enlèvement de matière plus au moins important. Ces opérations sont défavorables au rendement matière et nuisent à la vitesse de production de la scierie.

La courbure, la conicité des grumes exigent un tronçonnage qui conduit à des produits de plus petites longueurs. Les plateaux flacheux lors de délignage ont des pertes matières importantes.

La forme des billons, des plateaux, leurs courbures, la position des flaches, la position des nœuds et d'autres défauts à l'intérieur des pièces, sont quelques facteurs qui doivent être pris en compte lors du positionnement de la pièce avant le débit, en fonction de la qualité voulue ou permise par le bois, toujours avec un souci d'optimisation.

L'excentricité du cœur peut provoquer des tensions importantes dans le bois. La libération de ces contraintes internes au moment du débit, provoque des fissurations du bois.

Les cernes très irréguliers, dûs à l'irrégularité du climat, forment des bois hétérogènes difficiles à travailler et sujets à se fendre ou à gauchir.

La variation de pente de fil diminue la résistance et favorise le gauchissement.

Les défauts déprécient la valeur des produits, ils doivent être purgés des pièces de meilleure qualité, occasionnant en même temps une perte de matériau et de productivité (temps de débit plus long par rapport aux pièces sans défauts).

Les conditions de mise en œuvre sont également influencées par les défauts et certaines particularités du bois [MAR.91]:

i) Les nœuds plus durs provoquent la déviation des outils et

augmentent l'usure.

ii) L'usinage est plus difficile pour les bois qui présentent des défauts d'orientation du fil (fibres torsés, fibres ondulés, contrefil...)

iii) L'excentricité du cœur et l'irrégularité des cernes donnent des différences de durété considérables.

iv) Les poches de résine encrassent les outils et freinent leur mouvement.

v) Les poches de silice usent les outils.

Les défauts qui ont simplement un caractère inesthétique seront éliminés en fonction des habitudes ou des modes.

Enfin, le bois est un matériau poreux et hygroscopique.

La masse volumique de la matière ligneuse, quelque soit l'essence, est de  $1,5 \text{ g/cm}^3$ . La masse volumique réelle permet de connaître la porosité du bois, très variable d'essence à essence. Les caractéristiques mécaniques du bois dépendent de la densité. Elles sont donc également très variables pour les différentes essences.

La masse volumique dépend aussi du degré d'humidité du bois. La densité à 15% d'humidité est souvent utilisée comme référence.

Du fait de son hygroscopicité, le bois perd ou regagne de l'eau en fonction des conditions de température et d'humidité du milieu où il est placé. Si le bois prend de l'humidité, il y a un gonflement, s'il perd de l'eau il y a un retrait.

La connaissance de l'humidité est donc très importante pour la mise en œuvre du bois. En dessous du point de saturation des fibres le bois se rétrécit. La contraction est plus grande dans la direction tangentielle que dans la direction radiale (facteur 2) et très faible dans la direction longitudinale.

En fonction des différents retraits suivant la direction du bois, la déformation d'une planche dépend du mode de débit (figure 1.3). Aux déformations du bois dues au séchage peuvent s'ajouter des fentes et des gerces. Ces déformations et défauts doivent être éliminés pour obtenir des pièces parallélépipédiques.

Un bois en équilibre d'humidité avec son milieu est un bois stable en dimensions. On a intérêt donc à amener le degré d'humidité du bois à des valeurs différentes selon l'utilisation qu'on envisage de lui donner.

Un bois sec est aussi à l'abri de l'attaque des champignons.

Tous ces facteurs font du bois sec un matériau bien coté. Le séchage naturel du bois est un processus très lent, qui exige une immobilisation importante en surface et en matériau, et par conséquent, en capitaux. Il dépend de plusieurs paramètres: essence, humidité initiale, conditions atmosphériques, dimensions des pièces, etc.

Les conditions de séchage ne peuvent pas être contrôlées dans le processus naturel, ce qui conduit à des produits avec différents degrés d'humidité, de retrait et de déformations. Ainsi, plusieurs scieries sèchent ses produits (ou une partie d'eux) artificiellement. Ceci est même une activité très importante pour une scierie. Ce n'est pas notre but de commenter dans ce texte les procédures pour l'élimination artificielle de l'eau du bois.

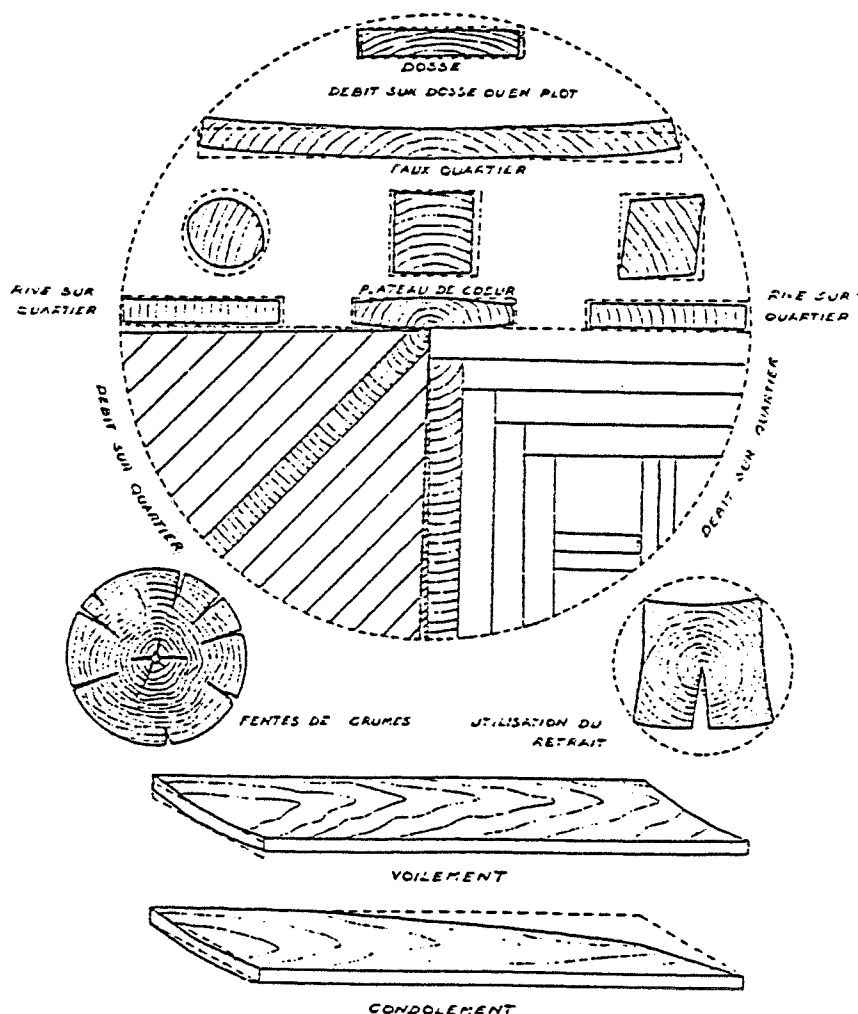


Figure 1.3. Retrait et déformation du bois au séchage [JOL.80]

### 1.3. Les opérations techniques en scierie

Par la suite, on présente l'ensemble des activités de sciage à l'aide des modèles SADT ("Structural Analysis and Design Technic). Conçue par D.T. ROSS, SADT est une technique d'analyse et de conception structurées applicable aux domaines les plus généraux [PIE.90].

Les modèles SADT contiennent à la fois les aspects activités et données dans la description des systèmes. L'aspect activité est relatif aux transformations, fonctions, activités, tâches, traitement, opérations, etc., qui s'opèrent dans le système. L'aspect donnée concerne les éléments, objectifs, données, informations, matériaux, etc., qui sont manipulés par les activités.

Dans un modèle, les activités sont représentées graphiquement par des boîtes (désignées par des verbes) et les données par des flèches (désignées par des noms).

Les flèches ont une signification selon le côté de la boîte où elles aboutissent. Elles représentent des entrées pour le côté gauche, des sorties pour le côté droit, de contrôles pour le sommet de la boîte et des mécanismes pour le côté inférieur.

La complexité d'un modèle est abordée par la méthode SADT par une démarche hiérarchique, d'une façon descendante. On part d'un niveau général, résumé sous la forme d'une seule boîte vers un diagramme qui donne des informations plus détaillées sur le sujet. A leur tour, chaque boîte de ce diagramme (boîtes mères) peut être décomposée en un nouveau diagramme (diagramme fils), et ainsi de suite, jusqu'à l'obtention du niveau de détail souhaité.

Un diagramme ne contient qu'une partie limitée du sujet. Le nombre de boîtes d'un diagramme est limité à un maximum de six et un minimum de trois. Ainsi, un diagramme a un contenu minimum tout en conservant une complexité raisonnable.

Les boîtes d'un diagramme sont numérotées et un diagramme prend pour titre le label de sa boîte mère. La boîte unique au sommet est représentée par le diagramme numéroté A-O (A moins O). La première décomposition de cette boîte donne lieu au diagramme AO. La décomposition d'une boîte de ce diagramme, par exemple la boîte numéro 1, donnera le diagramme A1; la décomposition de la boîte numéro 2 du diagramme A1 donnera le diagramme A12; et ainsi de suite.

La figure 1.4 présente le modèle SADT général pour les opérations techniques qui sont réalisées dans une scierie [MAR.91].

La figure 1.5 montre un premier niveau de décomposition du diagramme précédent.

Par la suite, on décompose chaque boîte mère du diagramme AO en un diagramme fils (diagrammes A1, A2 et A3).

La figure 1.6 montre le diagramme des opérations de réception et de préparation des grumes. Un premier tri est réalisé et les grumes sont stockées. En fonction du plan de production, les grumes sont tronçonnées en billons, qui après écorçage et rangement sont emmenés vers la scierie.

La figure 1.7 montre le diagramme des opérations de sciage. Il faut estimer la qualité de la pièce et la placer au mieux pour les opérations de

débit. La transformation d'un billon en produits sciés et sous-produits liés est faite avec un souci d'optimisation matière, de productivité et de rentabilité.

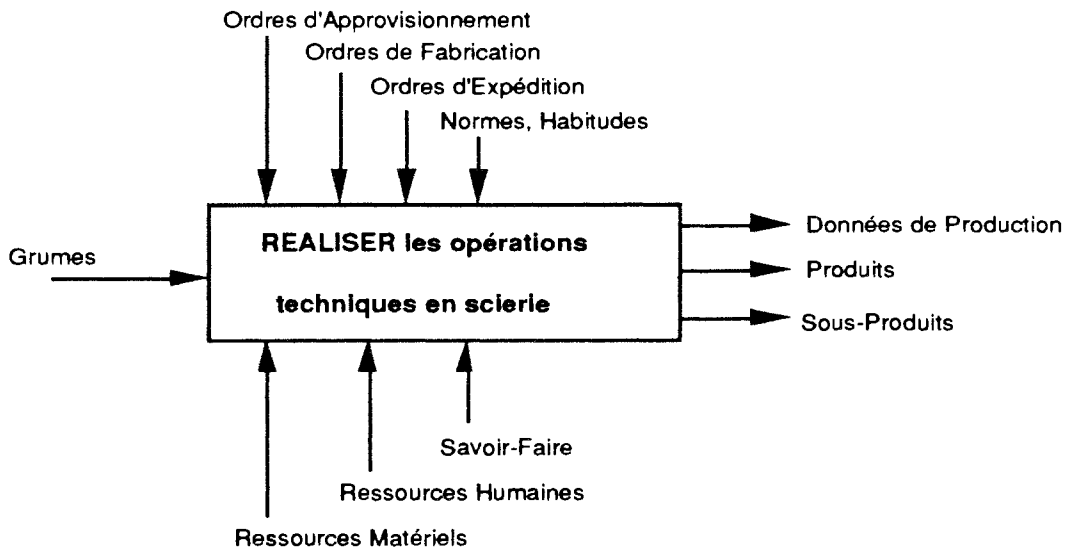


Figure 1.4. Diagramme A-O: modèle général d'une scierie

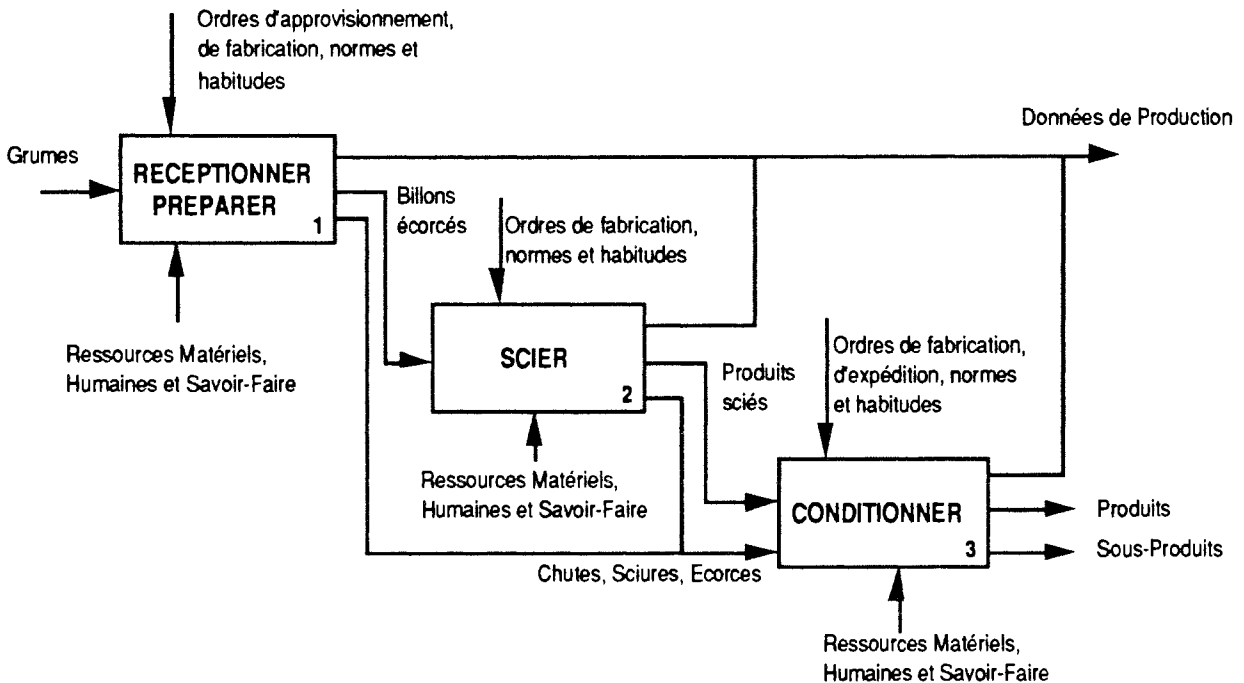


Figure 1.5. Diagramme AO: Réaliser les opérations techniques en scierie

Finalement, la figure 1.8 montre le diagramme pour le conditionnement des produits et sous-produits de la scierie. En fonction de

ses qualités et dimensions, ils sont emballés et empilés en surfaces de stockage (plein air, bâtiments, silos, etc.) avant d'être expédiés.

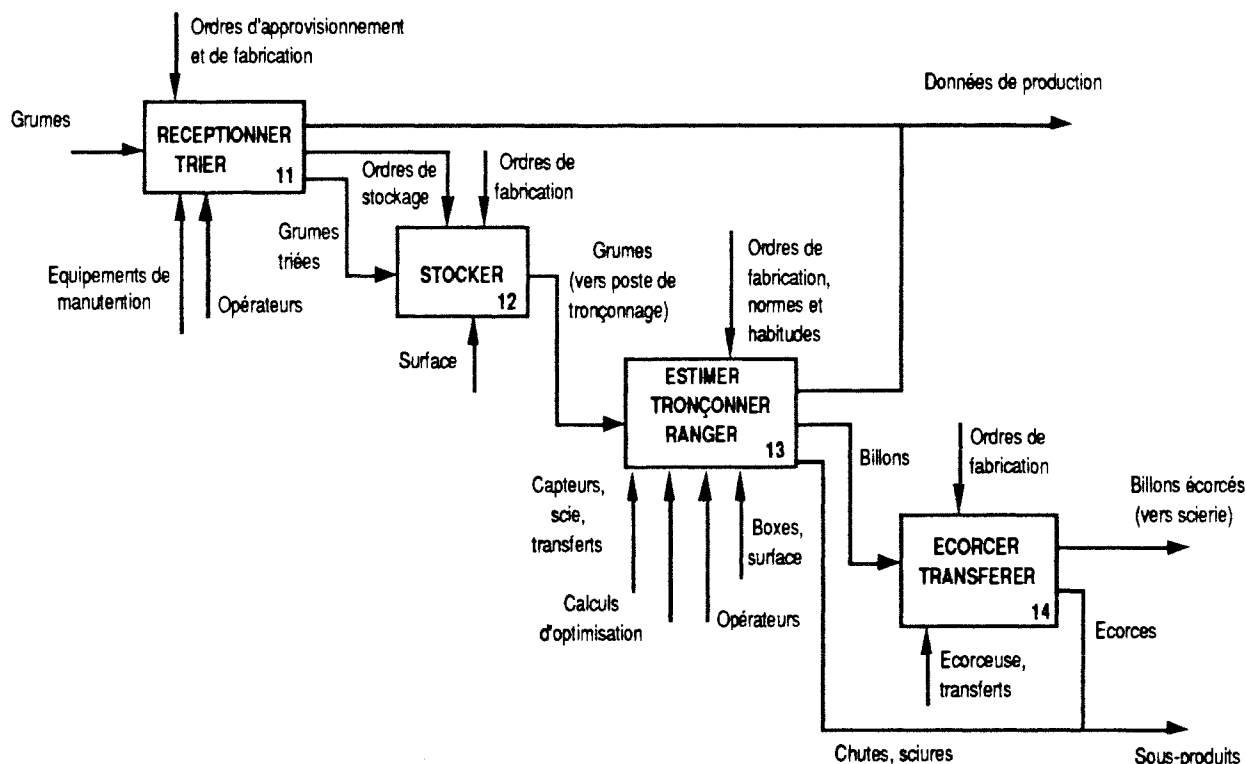


Figure 1.6. Diagramme A1: Receptionner, préparer

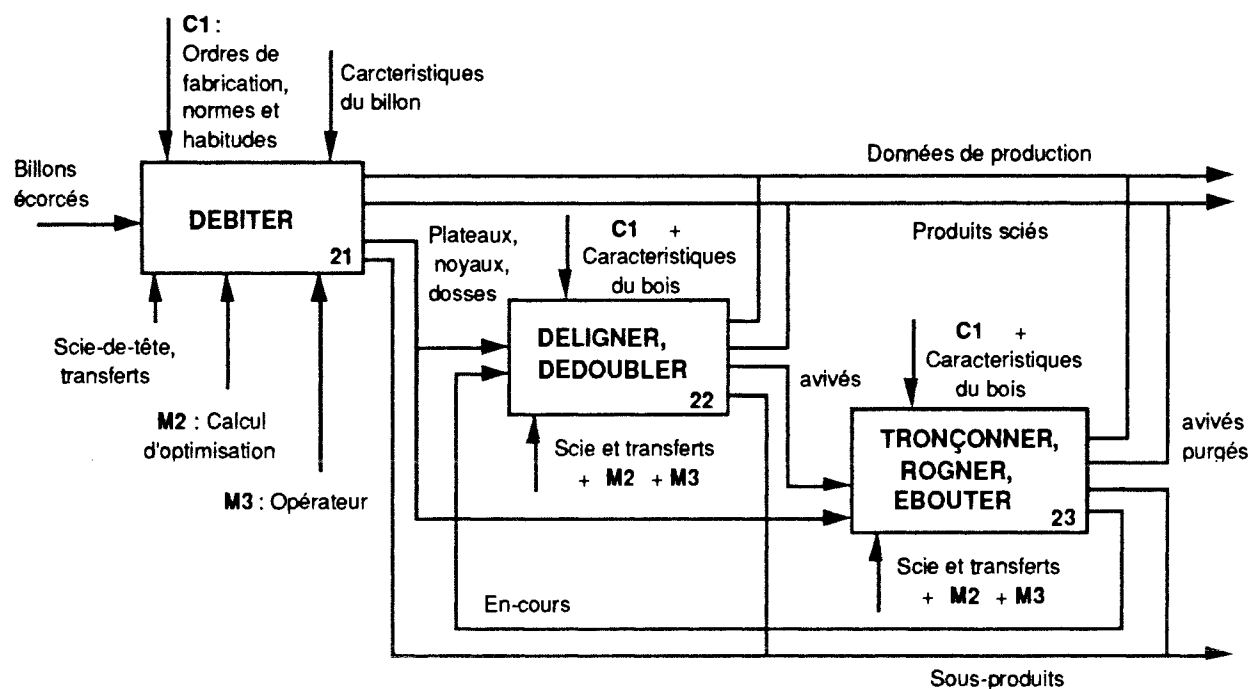


Figure 1.7. Diagramme A2: Scier

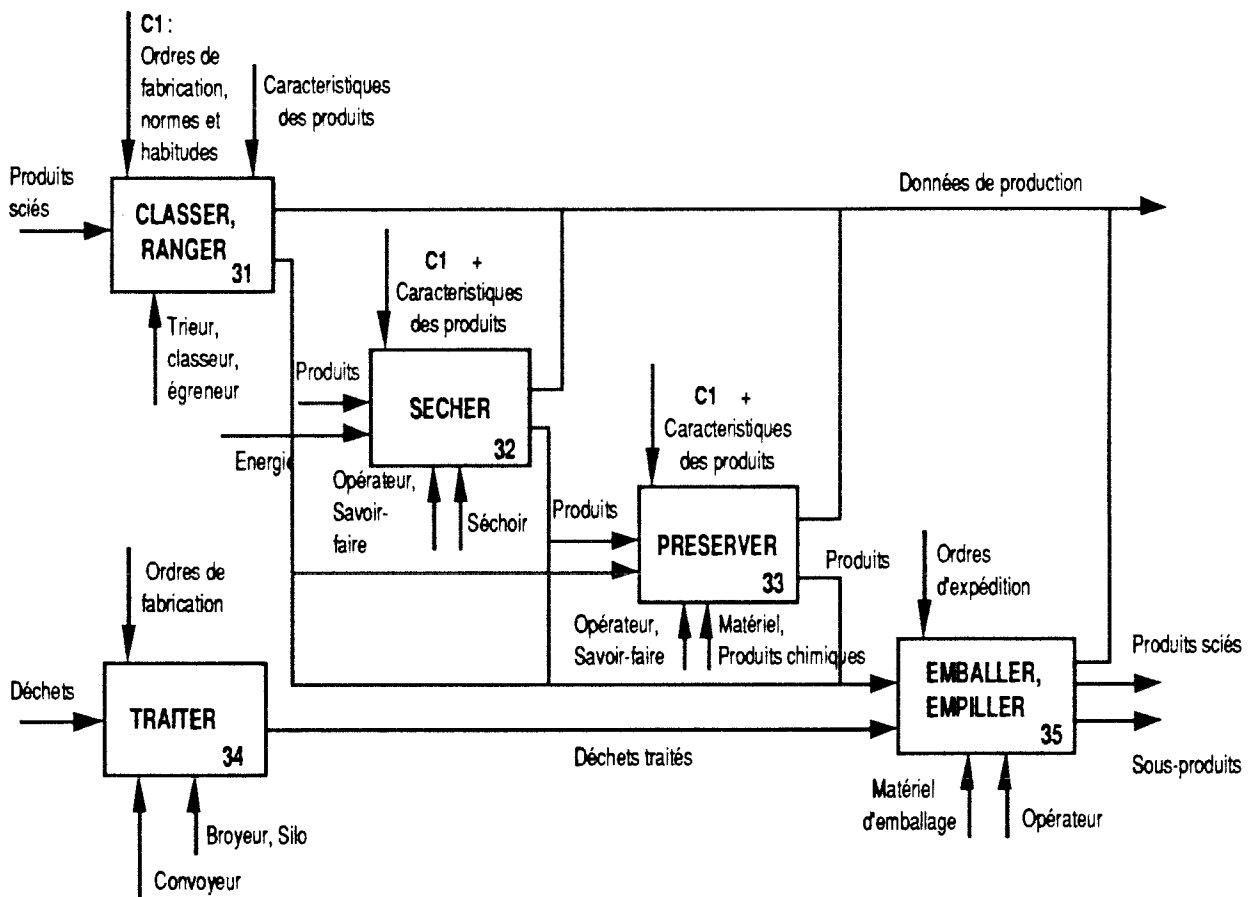


Figure 1.8. Diagramme A3: Conditionner

#### 1.4. L'automatisation des scieries

La mécanisation, qui élimine l'intervention humaine dans les tâches purement physiques, est largement adoptée par les scieries.

L'automatisation, qui remplace l'homme dans les tâches décisionnelles est en plein essor. La productivité des scieries exige actuellement la manipulation d'une quantité énorme de données, qui doivent être traitées rapidement et sur lesquelles des décisions doivent être prises.

L'automatisation utilise les moyens informatiques et intervient sur le processus en fonction de l'état de celui-ci. Cet état est évalué par des capteurs placés aux différents endroits de l'atelier de sciage.

Pour une scierie, l'automatisation peut apporter [MAR.89]:

i) L'augmentation de la productivité: seuls les moyens automatiques de production peuvent assurer la fabrication d'un grand nombre de pièces à des vitesses élevées avec une précision constante et un contrôle systématique de ses caractéristiques. L'augmentation de la productivité

est obtenue principalement par la diminution du temps de réglage, de transferts de pièces, par la suppression de gabarits et par la réduction des délais techniques.

ii) La flexibilité: des machines performantes, desservies par des transferts efficaces permettent de diminuer la taille des séries, les stocks et les délais. La diminution du temps de fabrication assure une plus grande flexibilité aux scieries.

iii) L'augmentation du rendement matière: l'ordinateur offre la possibilité de mémoriser les produits à fabriquer en dimension, qualité et quantité. Ces données sont prises en compte lors des calculs d'optimisation de débit, faits en fonction de la géométrie et des défauts des pièces, permettant de cette manière un gain important du rendement matière. La précision obtenue au débit par des machines automatisées permet la diminution des surcoûts dues au rétrait de séchage et aux défauts géométriques d'usinage. Le classement automatique des bois, en prenant en compte les dimensions et la qualité permet d'offrir au marché des lots plus homogènes et d'éliminer les erreurs humaines (involontaires ou non), assurant plus de rigueur dans les transactions commerciales et un gain financier en éliminant le déclassement des pièces.

iv) L'amélioration des conditions de travail: l'automatisation permet une diminution des tâches répétitives, une réduction des risques d'erreur et une augmentation de la sécurité. L'automatisation n'exclut pas le travail humain, elle apporte une aide à la décision à l'homme qui peut, à tout instant intervenir dans le processus.

Les machines automatisées nécessitent de prendre les informations sur les caractéristiques des pièces à usiner. Il s'agit d'évaluer les formes et dimensions des grumes, plateaux, avivés, en mettant en évidence certains défauts ou singularités.

Ces machines comportent un certain nombre de capteurs de plusieurs types, relais, contacteurs de commande de moteurs. Leur commande doit être assurée par un automate programmable qui peut effectuer en même temps les calculs d'optimisation.

Le diagramme SADT de la figure 1.9 montre la fonction débit d'un système automatisé pour le débit des plateaux de qualité [BAR.90].

Les capteurs ont pour but la détection [MAR.89]:

i) de la géométrie des pièces: forme des grumes, plateaux et avivés (diamètres, courbures, position des flaches, état de surface).

ii) des caractéristiques physiques et mécaniques: humidité, résistance, élasticité.

iii) des singularités et altérations: nœuds, cernes irrégulières, pente de fil, altérations dues à l'attaque d'insectes ou de champignons, etc.



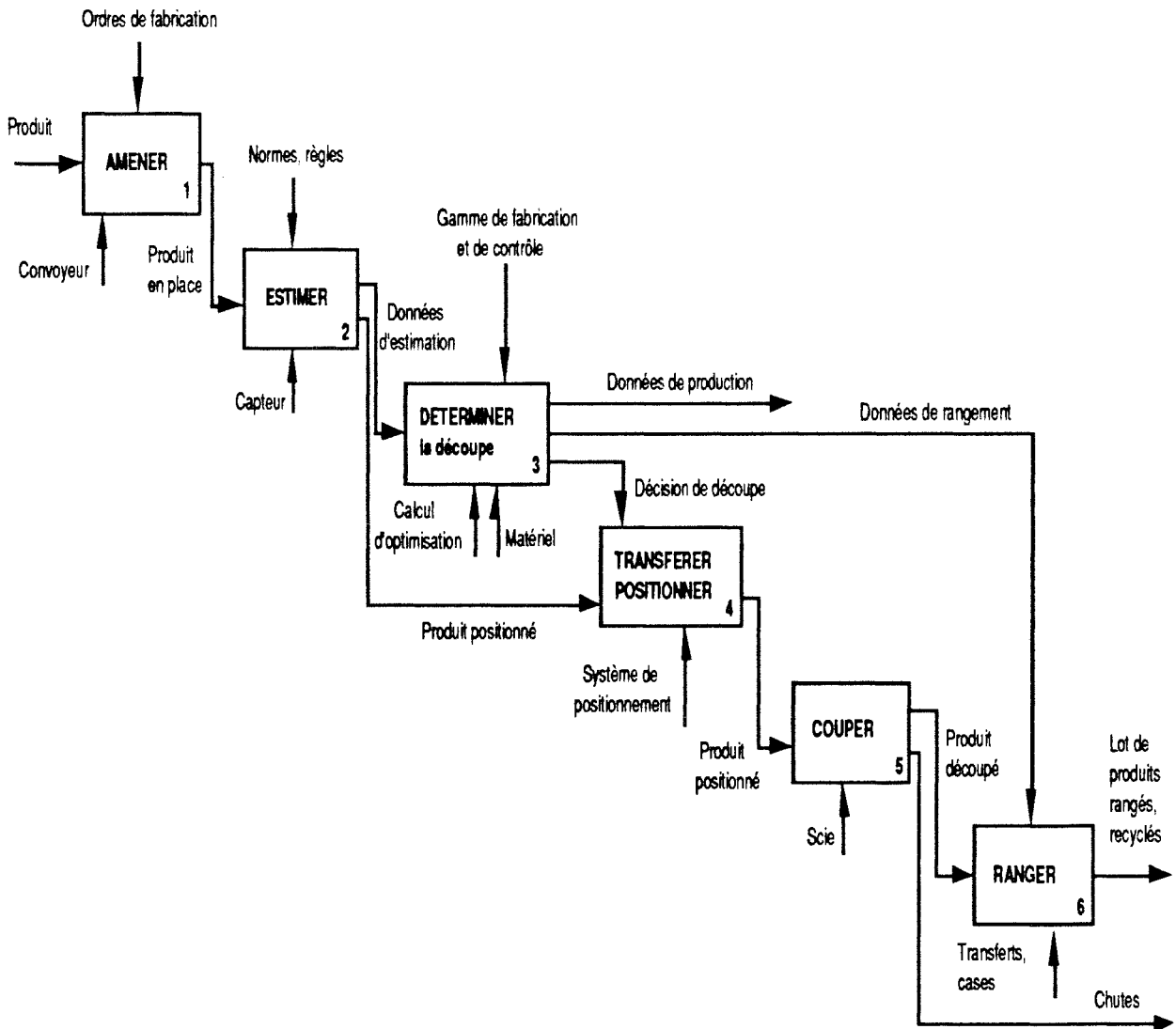


Figure 1.9. SADT de la fonction débit pour une ligne automatisée

iv) des corps étrangers: mitraille, clous...

v) de la qualité, selon des critères esthétiques ou de résistance, pour le classement du bois

vi) de l'état des outils de fabrication: rectitude, usure, etc.

Les capteurs les plus utilisés dans les scieries actuellement sont dédiés aux mesures de la géométrie des pièces et à la détection de corps étrangers dans les billons.

Pour la mesure des formes de pièces on a les capteurs fonctionnant sur le principe d'un flux de lumière coupé par la pièce se déplaçant perpendiculairement suivant sa longueur (cubeurs). Pour les plateaux ou avivés on peut également évaluer l'épaisseur et la largeur par des rouleaux ou patins qui s'appuient sur la planche.

Les corps étrangers métalliques sont détectés par le passage de la pièce dans un champ électro-magnétique.

Les caractéristiques mécaniques sont mesurées par flexion statique ou dynamique, ou par méthode ultrasonore, qui donne de très bons résultats sur l'évaluation des propriétés d'élasticité et de résistance [SAN.90].

En ce qui concerne les singularités et altérations, il existe déjà des applications industrielles de la détection des nœuds par capteurs micro-ondes, et le contrôle de la pente de fil est à un stade expérimental [FIL.90]. L'humidité du bois, la densité, les objets métalliques, les fentes larges et l'aubier qui est associé à une variation de densité, sont aussi reconnus par les capteurs micro-ondes.

Egalement dans le domaine de la détection des singularités et défauts, la visionique (analyse d'image par ordinateur) arrive à ses premières applications industrielles dans les scieries des résineux [OLG.90] et son utilisation pour la caractérisation de la qualité de surface du bois est possible [LEP.90].

La tomographie et la résonance magnétique nucléaire associées à un système d'analyse d'image, offrent la possibilité de pénétrer à l'intérieur du billon et d'y voir le type, la dimension et la position des défauts. L'image traitée et analysée par ordinateur permet la simulation d'un nombre important de débits. La solution optimale est retenue et ensuite transmise à une machine de débitage pilotée par un ordinateur. Il n'y a pas encore d'applications industrielles de ces techniques, mais son application dans les scieries est envisagée [MAR.89, OLG.90].

## **1.5. La gestion de production**

Les informations utilisées par les systèmes de commande d'automatismes peuvent être exploitées par la gestion et le suivi de production. Un système automatique programmable de débit, qui fait la découpe et le rangement des pièces dans des box, utilisant des actionneurs et des capteurs, connaît la liste fabriquée et à fabriquer des produits, le temps de marche, d'arrêt, de réglage. Il signale les capteurs et les mécanismes défectueux.

L'utilisation des moyens informatiques de gestion (GPAO) devient nécessaire pour l'administration des délais, des coûts, pour faire face à la diversification de la demande et les incertitudes du marché, constituant un préalable à l'automatisation.

Pour que les programmes de modernisation des scieries soient réussis, il faut organiser d'avance la production. Pour cela, il est impératif d'avoir une bonne connaissance des fonctions d'approvisionnement, de fabrication et de vente.

La gestion d'un atelier de sciage est conditionnée par le lancement des billons à l'entrée de la scie de tête, ce qui montre le rôle relevant de la gestion du parc-à-grumes. Dans une scierie conventionnelle, les décisions de débit sont prises en fonction de ses besoins, de sa configuration et de l'appréciation personnelle de l'opérateur. Pour les scieries automatisées, le choix est réalisé par le lancement des lots de grumes.

L'utilisation des techniques de gestion de production développées récemment permet aux gestionnaires de scieries de faire face aux défis imposés par les innovations technologiques en vue d'une amélioration de la production.

## **1.6. Les coûts en scieries**

Dans une scierie on peut identifier trois types de produits: principaux, secondaires et sous-produits.

i) Produits principaux: ce sont les produits qui ont la valeur marchande la plus grande, ils sont l'objectif du processus de fabrication.

ii) Produits secondaires: ce sont des produits moins valorisés, mais qui ont une bonne valeur de vente. Ils sont fabriqués pour améliorer le rendement matière des billons.

iii) Sous-produits (dosses, sciures, plaquettes, ...): ils ont une faible valeur de vente et représentent une faible partie du chiffre d'affaires de la scierie.

Il y a en général une surproduction des produits secondaires.

La vente des sous-produits représente parfois une partie non négligeable du bénéfice de la scierie.

Il ne suffit pas d'avoir à disposition les produits qui sont demandés par le marché, au moment voulu par lui. Il faut, en plus, que ces produits soient compétitifs vis-à-vis des concurrents et que au même temps ils soient fabriqués dans des conditions satisfaisantes de rentabilité pour l'entreprise.

Ainsi, la notion de coût doit être présente tout au long du processus de fabrication. Connaître les coûts engagés dans les différentes étapes de production est essentiel pour pouvoir bien les gérer.

## **CHAPITRE II**

### **2. LA GESTION DE PRODUCTION EN SCIERIES**

#### **2.1. INTRODUCTION**

#### **2.2. PREVISIONS ET ESTIMATIONS**

#### **2.3. PLAN DE PRODUCTION**

#### **2.4. GESTION DES STOCKS**

#### **2.5. ORDONNANCEMENT**

#### **2.6. GESTION DE LA QUALITE**

#### **2.7. CONTROLE**

#### **2.8. L'ASPECT HUMAIN**

#### **2.9. COMMENTAIRES**

## CHAPITRE II

### 2. LA GESTION DE PRODUCTION EN SCIERIES

#### 2.1. Introduction

Par rapport à une gestion de production classique, la gestion de scierie présente des particularités. Les gammes de fabrication, de nomenclature et d'articles sont simples. La notion de composé et composant n'existe pas puisque on réalise les produits par découpe du produit initial.

Dans les scieries, compte tenu de toutes ces contraintes, la gestion de production est peu développée. On rencontre essentiellement la gestion commerciale, la gestion de stocks et la gestion d'approvisionnement.

Dans un processus de production comme la scierie, on doit gérer des objectifs de volume, de qualité, de délais et de coût appliqués à une matière première quasiment inconnue. Les caractéristiques des grumes en qualité, forme et dimension sont estimées au niveau du parc à grumes d'une façon incomplète. L'absence de système automatique de cubage ou de prise de données conduit à un manque d'information sur les produits entrant, ce qui pénalise considérablement la fonction gestion de production. Seules les scieries automatisées disposent de système de prise d'information au niveau des postes de débit.

Les informations nécessaires à l'automatisation peuvent également servir à la gestion de production, mais la liaison entre ces deux postes est actuellement rarement réalisée. On trouve soit des capteurs dédiés au suivi, soit de systèmes fermés d'optimisation de tronçonnage.

Les objectifs de production (volume, qualité et délais) ne sont pas indépendants, il y a des relations entre eux. Ainsi, si on raccourcit, par exemple, les délais de production pour satisfaire une commande, cela se fera peut-être au détriment des volumes, dû à une mauvaise utilisation de la matière première, mesurée par le volume de déchets (perte de rendement matière). Pour une augmentation de la qualité des produits on a presque toujours une perte volumique, due à la purge de défauts de la pièce.

L'augmentation des volumes a généralement un effet favorable sur les coûts et la diminution des délais un effet défavorable.

Pour satisfaire le client et respecter les objectifs de la scierie il faut donc arbitrer entre ces exigences contradictoires.

La fonction production dépend de deux autres fonctions qui sont l'approvisionnement et les ventes. Les ventes (fermes ou estimées) créent un besoin de production qui à son tour crée un besoin en approvisionnement.

La production est fortement liée à l'existence de stocks, qui sont fonction des délais. Il y a des stocks entre approvisionnements et production (matières premières et auxiliaires, pièces et outillages divers, etc.), à l'intérieur de l'atelier de sciage (en-cours dûs au fait que les différents postes de travail ne fonctionnent pas toujours au même rythme) et entre production et ventes (produits finis).

Les stocks servent d'amortisseurs pour les aléas auxquels sont soumis les fonctions approvisionnement, production et vente de la scierie.

Pour gérer la fonction production, la gestion de production a à sa disposition plusieurs outils. Néanmoins, à cause de la complexité des systèmes de production actuels, on ne peut plus isoler cette fonction des autres. Les fonctions approvisionnement, production et vente étant imbriquées, des décisions prises à un niveau, auront des conséquences sur les autres.

Les principales tâches de la gestion de production sont:

- i) prévisions et estimations;
- ii) planification et ordonnancement;
- iii) gestion de stocks;
- iv) contrôle.

La figure 2.1 montre un diagramme des fonctions administratives d'une scierie. On y voit la relation de la fonction gestion de production avec les fonctions approvisionnement et vente.

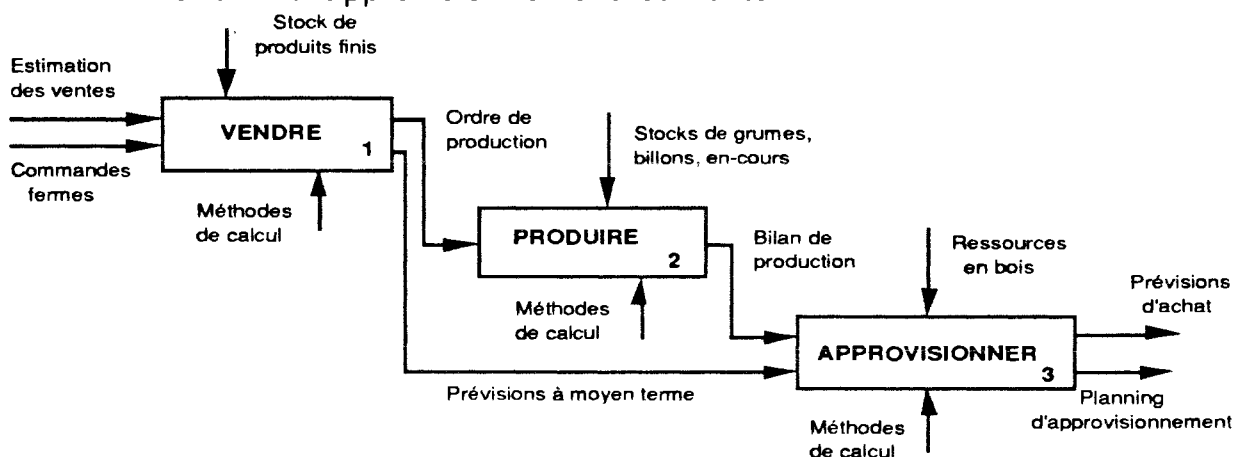


Figure 2.1. Diagramme AO: les fonctions administratives en scierie

La figure 2.2 représente une décomposition de la boîte n° 2 de ce diagramme. Elle montre les fonctions de la gestion de production en scierie.

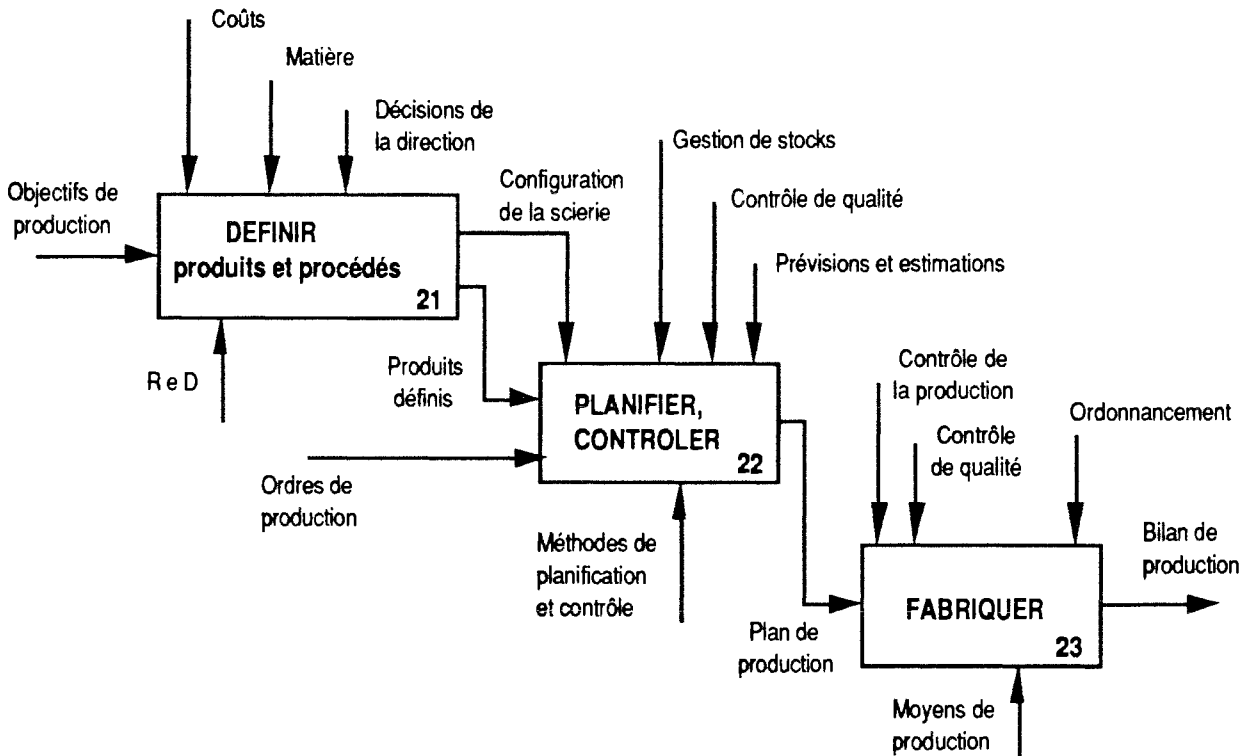


Figure 2.2. Diagramme A2: Produire

La fonction de définition des produits et procédés n'existe pas formellement dans les scieries.

Pour atteindre ses objectifs, la gestion de production a à sa disposition plusieurs techniques plus ou moins compliquées. Ces techniques ne seront pas développées dans ce texte, le lecteur qui désire approfondir ce domaine devra se rapporter aux livres de gestion de production.

Par la suite, on fera quelques commentaires sur différentes tâches liées à la gestion de production.

## 2.2. Prévisions et Estimations

Les prévisions sont utilisées principalement pour [NOL.86]:

- i) la planification de la stratégie globale de l'entreprise;
- ii) l'identification des besoins monétaires;

- iii) la décision d'accroissement de la capacité;
- iv) la détermination de la nature et de la quantité des stocks;
- v) la décision d'investissement de modernisation.

Pour les scieries, le délai de livraison aux clients est inférieur au cycle d'approvisionnement et de fabrication.

Le cycle de production n'est pas long, le cas d'une scierie qui travaille seulement en fonction de commandes fermes est rare. Pour satisfaire le client et prendre une avance sur les concurrents, on cherche à avoir un stock de produits finis pour raccourcir les délais de livraison.

Le souci de diminution des coûts de production peut pousser la scierie à travailler en fabriquant des séries économiques (on en reparlera plus tard) qui contribueront aussi à former un stock.

C'est le cas pour la plus grande partie des produits standards (sections et qualités standards), très demandés par le marché, que la scierie fabrique dans un système de complément des stocks.

Pour les produits particuliers, on travaille normalement en fonction de commandes (débit sur liste, produits hors côte). Comme la demande de ces produits est faible et qu'ils ne sont pas disponibles immédiatement sur le marché, on suppose que le client acceptera un délai de livraison plus important que pour les produits standards.

Le service commercial a une tendance à vendre ce dernier type de produit car il est plus cher. Par contre, la production préférera les produits standards pour lancer de plus grosses séries de billons et éviter l'extension de la gamme de produits et co-produits.

De plus, compte tenu des caractéristiques de la matière première en forme et qualité, on réalise simultanément des produits correspondant à la commande et des produits secondaires ou standards qui viennent en surplus et dont les stocks sont à gérer. Par exemple, le lancement d'une série de billons de 5 m de longueur ne fournira que 60% à 70% de produits de 5 m. Les autres n'auront que 4.5 m ou 4 m (ou même moins) compte tenu des purges effectuées. Le lancement d'une série de qualité charpente produira de 20% à 30% de qualité coffrage inférieure.

Pour l'approvisionnement la situation est plus critique. Normalement les délais sont beaucoup plus grands et l'approvisionnement est fortement saisonnier.

Il se pose ici donc un problème de prévision: prévoir ce que va demander le marché et dans quelle période de l'année, afin d'anticiper les besoins en matière première et la réalisation des sciages, pour pouvoir servir le client dans les meilleurs délais.

Evidemment, il faut tenir compte des produits en stock, des en-cours et des commandes déjà enregistrées mais non encore livrées.



Ainsi, les prévisions de production sont étroitement liées aux prévisions commerciales, à la politique de stockage (ou destockage) établie par les gestionnaires et aux contraintes du processus de fabrication et financières.

Pour les estimations, d'autres informations peuvent être obtenues auprès des clients ou des intermédiaires des réseaux de distribution. Vendeurs et autres agents de l'entreprise au contact des clients et du marché disposent parfois d'informations précieuses pour la scierie. Par exemple, les négociants en sciages pour les industries de meubles en voyant chez les clients les stocks s'accumuler peuvent s'apercevoir d'une crise dans la filière avant que les statistiques officielles apparaissent.

A côté des prévisions de ce qu'il faut produire, dans telle quantité et à quel moment, se pose aussi le problème de l'estimation des moyens qu'il faut mettre en œuvre. L'estimation de ces moyens est nécessaire pour le court terme (pour faire des devis, établir les délais) et pour le moyen et long terme (pour l'élaboration des programmes d'investissement).

La fonction prévision donne une idée, plus ou moins vague et incertaine, des demandes et en conséquence de ventes futures. Il faut maintenant décider comment satisfaire cette demande. Cela est fait par le plan de production de la scierie.

### **2.3. Plan de Production**

Un plan de production doit prendre en compte [GIA.88]:

- i) les stocks disponibles et les livraisons attendues, soit pour l'approvisionnement, soit pour les produits finis;
- ii) la demande prévisionnelle, en volume et date de livraison;
- iii) les capacités de production (heures normales, heures supplémentaires);
- iv) les coûts de production, en régime normal, avec heures supplémentaires, avec sous-occupation de certains postes de travail;
- v) les coûts commerciaux liés à la non satisfaction immédiate d'une commande;
- vi) la politique de la firme.

Un plan de production doit préciser quoi faire, avec quoi et quand faire [BER.85]. Ainsi, le plan doit contenir les quantités à produire pour chaque produit, l'approvisionnement en billons pour le lancement et la date de fabrication, en tenant compte des objectifs et des contraintes de la scierie. S'il y a lieu, il doit préciser dans quelle partie de l'entreprise ou de la scierie la production se fera.

Le niveau des détails d'un plan est fonction de la période de temps sur lequel il est fait. Seuls les plans pour le court terme sont bien détaillés.

Pour la réussite du plan de production, il faut une planification de l'approvisionnement des grumes. Cette planification doit se réaliser à moyen terme en fonction des dates des ventes. L'ONF (Office Nationale des Forêts) fait par exemple ses ventes à l'automne et au printemps. Par contre la fabrication à partir des billons se prévoit essentiellement à court terme compte tenu du cycle de production, qui est de l'ordre de la journée ou de quelques heures.

On distingue dans une scierie le plan d'approvisionnement qui se fait sur un horizon de 6 mois à 1 an, le plan de fabrication, lié aux commandes, qui se fait sur un horizon variant de la semaine au mois et le plan de livraison qui est fait essentiellement sur un horizon d'une semaine.

Le programme de production se fait souvent au flux poussé. L'ajustement se fait au jour le jour, manuellement par le responsable de fabrication. Certaines entreprises recherchent le travail en flux tendu pour limiter les stocks et les en-cours.

Le tableau 2.1 montre les horizons de prise de décision et la périodicité de remise en cause de ces décisions, des plans d'approvisionnement, de fabrication et de livraison d'une grosse scierie de résineux française [SCH.85]. On note l'absence des plans à moyen terme pour la fabrication et la livraison. Même si 20% à 50% du volume des commandes du mois sont connues avec un mois d'avance, grâce aux clients très réguliers, un plan de production détaillé est fait seulement avec un horizon d'une semaine.

La configuration en ligne du système de production impose d'autre part la recherche d'un équilibrage des postes pour limiter les en-cours et les goulets. Ceci constitue une nouvelle contrainte à la conduite de la production.

La souplesse d'un plan de production diminue avec la diminution de la période planifiée. Le manque de détails dans les plans à long et moyen terme est voulu, il est nécessaire pour tenir compte des aléas du marché et du processus de fabrication et pour avoir la souplesse qui permettra d'y inclure les commandes particulières.

Normalement, les plans de production ne suivent pas exactement les prévisions de vente. Cela est d'autant plus vrai que la demande n'est pas constante, c'est-à-dire, présente des variations saisonnières.

Or, changer constamment le rythme de production pour suivre la demande, n'est pas toujours possible et de toute façon ce serait fort coûteux pour la scierie. Dans cette situation, les charges des postes de travail seraient fort différentes les unes des autres et d'une période à l'autre: pendant que quelques postes travailleraient avec une surcharge, d'autres seraient sous-occupés.

En vue d'une diminution des coûts de production, on a intérêt à fonctionner avec un régime qui se situe le plus proche possible du régime optimal avec le rythme le plus constant possible.

De plus, même si les prévisions sont très bonnes, elles ne seront jamais en mesure de prévoir exactement ce qui va se passer dans le futur.

	APPROVISIONNEMENT	PRODUCTION	LIVRAISON
H = 1 an P = 1 an	approvisionnement assurés	objectifs de production	
H = 4 mois P = 1 mois	stock de bois en forêt		
H = 1 semaine P = 1 semaine		planning de la semaine	planning de livraison
H = 1 semaine P = 1 jour		planning de la semaine rémanié	planning de chargement
H = 3 jours P = 1 jour	stock de bois sur le parc à grumes		
H = 1 jour P = 1 jour	lancement approvisionnement	lancement production	lancement livraison

H = horizon de prise de décision  
P = périodicité de remise en cause de la décision

**Tableau 2.1.** *Le planning d'approvisionnement, production et livraison d'une grosse scierie de résineux*

Si production et ventes suivent des rythmes différents, la formation des stocks est difficile d'éviter et même nécessaire pour servir d'amortisseur entre ces deux fonctions.

## 2.4. Gestion des Stocks

D'après leurs finalités, on peut classer les stocks de bois en 4 catégories. Ainsi, on a des stocks nécessaires:

- i) pour l'approvisionnement de la scierie: les grumes;
- ii) pour l'élaboration du produit: billons tronçonnés;

iii) pour le processus de fabrication: les en-cours, qui se forment entre les postes de travail dans les différentes phases d'élaboration des produits (produits semi-finis);

iv) pour la réduction des délais et la politique de production: produits finis (sciages).

S'il est vrai que les stocks ont un effet positif sur la réduction des délais de livraison (pour la satisfaction des clients) et sur l'uniformité de la production (en atténuant les incidents techniques et autres aléas de fonctionnement de l'atelier de sciage), il est vrai aussi que son effet sur la rentabilité de l'entreprise est négatif.

En effet, les stocks représentent des investissements non productifs, qui ont un coût non négligeable pour les scieries.

En plus de leur coût d'acquisition (ou coût de commande), les stocks ont un coût de possession et un coût de pénurie (ou coût de défaillance).

Les coûts de possession sont dûs à l'existence de stocks dans la scierie. Il faut avoir des locaux appropriés pour le stockage (parcelle de terrain, bâtiments pour les sciages séchés,...), personnel et équipement pour les mouvements (chariots transporteurs, pont-roulants,...). Il faut aussi faire des assurances et compter des pertes par détérioration et dégradation (pourriture, attaque d'insectes,...). L'argent immobilisé par les stocks occasionne une perte d'opportunité d'investissement pour la scierie.

Les coûts de pénurie sont dûs à la non-existence de stocks. Ces coûts ne sont pas toujours facilement mesurables. Pour le processus de fabrication, la rupture de stock est très pénible, occasionnant pertes de productivité qui iront influencer négativement les coûts des sciages. Si la rupture a lieu au niveau des stocks des produits finis, on risque de perdre une commande ou même un client.

La connaissance précise de coûts de pénurie n'est pas indispensable pour la gestion des stocks. Pour éviter la rupture des stocks on constitue un stock de sécurité qui sera plus important pour les produits qu'on estime avoir un coût de pénurie élevé [ALC. 87, BEN.91].

On peut avoir aussi des stocks de sécurité élevés en quantité pour les produits qui représentent une petite partie du coût total de stocks. Cela entraîne une gestion de stockage grossière pour ces produits qui compense, par sa simplicité, le coût du stock de sécurité.

Les stocks sont source d'un conflit pour la gestion de production. D'un côté, on veut les avoir à cause de leur rôle positif de régulation des aléas d'approvisionnement, de fabrication et des ventes; d'autre part, du fait de leur coût élevé, l'idéal serait qu'ils n'existent même pas.

La gestion de production cherche un compromis entre la dualité mentionnée ci-dessus, en déterminant le niveau de stock le plus faible

possible pour maintenir à un seuil acceptable le niveau des services pour lequel le stock considéré doit son existence [COU.89]. On cherchera donc à éliminer les stocks superflus.

Si le temps de fabrication d'un produit est de l'ordre d'une demi-heure ou d'une heure, son temps de découpe reste de quelques minutes. Le reste du temps est passé au transfert et en attente devant les postes de travail.

La formation des files d'attente devant les postes opératifs est attribuée aux [DEH.87]:

- i) différences des temps opératoires entre les machines, manutentions, postes de classement, etc.;
- ii) variations de productivité de l'opérateur pendant la journée, pannes et autres incidents aléatoires.

Les incidents ou aléas de quelques minutes sont très courants (pièce qui se coince ou qui s'em mêle, ...), le changement de lame est prévu, sauf incident, à l'avance toutes les 4 ou 8 heures.

L'existence de stocks dans les scieries est donc difficile d'éviter. En plus des stocks des en-cours et des produits finis, il faut gérer soigneusement les stocks de matière première.

L'approvisionnement en grumes de la scierie ne se fait normalement pas dans de courtes périodes, et comme il est sujet aux caprices de la météorologie, il ne peut pas être planifié avec certitude. Des périodes de neige ou de pluies constantes peuvent interrompre d'une manière inattendue l'approvisionnement. Dans certaines régions, comme c'est le cas pour l'est de la France, on ne peut pas s'approvisionner en forêt pendant une grande période de l'année à cause des rigueurs de l'hiver.

La variabilité de la matière première ne donne pas la possibilité d'avoir une idée précise de ce qu'on a sur le parc à grumes. Actuellement les grumes sont mesurées (longueur, diamètre apparent, forme) à l'aide de cubeurs, la qualité par portion de grume ou dans son entier est donnée par un opérateur. L'ensemble de ces informations est utilisé par le système de tronçonnage optimisé. Les billons obtenus, dont le système connaît les caractéristiques, sont rangés dans des cases.

Compte tenu du nombre important de combinaisons entre longueurs, diamètre et qualité, on ne peut pas avoir une case pour chaque type de billon. On trouvera donc dans un box des billons d'une même qualité, de même diamètre fin bout (correspondant aux mêmes produits finis), mais de longueurs variables.

L'offre exceptionnelle de bois à des prix bas, qu'on a après une forte tempête peut aussi pousser le gestionnaire à faire des achats qui n'étaient pas prévus. Dans certains cas, en fonction de l'évolution du marché, les stocks de matière première peuvent être bénéficiaires: acheter et vendre

des grumes peut être plus lucratif que de les transformer.

Les prix des sciages d'essences de forte valeur et à ressource en diminution (chêne, merisier, noyer, ...) encouragent à faire des stocks.

Tous ces facteurs ont comme effet un gonflage des stocks au niveau du parc à grumes.

Du fait du rôle de lancement qu'a la scie de tête dans un atelier de sciage, pour que tous les postes de travail en aval soient toujours occupés, il doit y avoir des stocks d'en-cours devant ces postes (exception faite pour les systèmes linéaires automatisés).

Ainsi, les postes qui travaillent en parallèle auront des produits semi-finis en attente devant eux pendant que la scie de tête lance des en-cours pour les autres postes. Travaillant à une vitesse supérieure à celle des postes en aval, la scie de tête peut interrompre le flux de produits pour ces postes de temps en temps sans que s'interrompe la production des autres postes.

Les stocks des produits finis dans les scieries, en plus des raisons déjà mentionnées, ont une origine particulière aux caractéristiques de la matière première: comme on ne peut pas prévoir avec certitude la qualité du bois, on produira toujours des produits non voulus au départ, c'est-à-dire, avec une qualité ou dimension différente de celle prévue par le plan de production. En plus, d'un même billon on tire des produits de différentes qualités et pour valoriser le matériau on fait des produits très variés dans leur forme et volume.

La qualité (esthétique ou de résistance) et les dimensions des produits obtenus ne sont connues qu'à la fin du processus de transformation. Au fur et à mesure que les produits se réalisent on est plus sûr des qualités obtenues.

Les produits obtenus à la suite des différentes purges ou tris, seront de dimensions plus petites que les dimensions initialement estimées. On se trouvera ainsi avec une surproduction de petites dimensions et un manque de grandes dimensions.

Le responsable du lancement aura donc souvent une tendance à lancer des tailles de lots supérieures aux besoins pour éviter une rupture de production pour certains produits difficiles à obtenir (bonne qualité ou grandes dimensions), de l'ordre de 20 % dans une grosse scierie résineuse française.

Les habitudes du commerce des sciages en France conduisent à une prolifération de produits différents, de l'ordre de 650 dans la scierie indiquée ci-dessus. Sur ces produits seuls une quarantaine correspondent à une production importante. Les autres produits sont à fabriquer de temps à autre, à gérer, à stocker.

On assiste donc à un conflit entre la production et le service commercial. La production est lancée par rapport aux produits principaux

et les produits secondaires sont toujours surabondants et viennent grossir les stocks.

Le lancement se fait par campagne (par lot) pour tenir compte du temps de reconfiguration de l'installation et il est lié à l'approvisionnement (quantité, qualité, dimension) qui doit satisfaire à la production prévue. On est toujours limité par le manque de connaissance de l'état des stocks, amont et aval, sauf dans les installations équipés de systèmes de suivi de production.

De tous les facteurs mentionnés ci-dessus on doit tenir compte lors du lancement des billons. La fonction ordonnancement se charge de ce problème.

## **2.5. Ordonnancement**

Le plan de production détermine quels produits fabriquer dans quelle période, en tenant compte des stocks et des commandes des clients. Mais cette planification n'est pas suffisamment précise pour déterminer le meilleur moyen de fabriquer les produits demandés.

Pour fabriquer les produits, il faut gérer 3 facteurs: les moyens, les besoins et les délais. Quand on détermine deux de ces facteurs, le troisième est automatiquement déterminé, et si on veut le modifier il faut aussi modifier au moins un des deux autres [LAM.87, BEN.90].

Transformer les plans de production en instructions d'exécution, c'est l'objectif de la fonction ordonnancement de la scierie. Or, il y a plusieurs modes de réalisation d'une fabrication d'un produit, chacun avec un coût associé. Pour obtenir une bonne rentabilité des produits, on ne peut pas produire n'importe comment. COURTOIS et alii [COU.89] définissent bien l'objectif de la fonction ordonnancement: "déterminer le programme optimal d'utilisation des moyens de production permettant de satisfaire au mieux les besoins des clients".

Les moyens sont représentés par les machines, les hommes, les installations, enfin, tout ce qui est disponible pour assurer la production.

Les besoins sont déterminés par les ordres de fabrication, établis en fonction des stocks disponibles ou en fonction des commandes des clients.

Les délais sont déterminés en fonction de la disponibilité des moyens et des temps de fabrication.

Dans une scierie la fonction ordonnancement ne s'occupe en réalité que du lancement de billons, la linéarité et le caractère divergent du processus se charge des autres postes de travail. Evidemment, ces facteurs sont pris en compte lors du choix du lancement.

Normalement, on cherche à minimiser les coûts de production, mais on peut aussi occasionnellement chercher à minimiser les délais. C'est le

cas, par exemple, d'une commande urgente d'un client important qu'on ne veut pas voir aller chez un concurrent pour satisfaire ses besoins.

Dans une autre situation on ne cherchera pas à produire en lançant un lot optimal de billons si la commande est très particulière et si on n'est pas sûr de pouvoir vendre les pièces restantes.

Dans ces deux cas, le coût de production est pénalisé.

Le lancement est d'une importance vitale pour toutes les scieries. On peut affirmer que pour deux scieries qui disposent des mêmes moyens de production ce sera le lancement qui fera la différence entre la production et la rentabilité de ces scieries (mis à part les autres facteurs, comme financement, environnement, ventes, etc.)

Pour les scieries, on doit tenir compte de quelques caractéristiques particulières à son système de production:

i) Les goulets: le processus de production est linéaire ou quasi-linéaire, donc la productivité est liée aux postes les plus lents. Au niveau de la scie de tête, l'opérateur doit choisir la meilleure découpe, le temps pris variera en fonction de la valeur de la grume et de ses caractéristiques (forme, qualité). Un approvisionnement de moins bonne qualité, donc de moindre valeur, conduira à une perte de temps. Le placement d'une grume de chêne pourra nécessiter cinq à dix minutes alors qu'une grume de résineux se placera en quelques secondes. Les postes manuels du type classement seront également lents. Un poste de service chargé au maximum de sa capacité forme un goulet. Ce goulet peut limiter la production globale de la scierie (cas de la scie de tête) ou la fabrication d'un produit spécifique, comme c'est le cas, par exemple, d'un poste de classification de planches. La fabrication maximale de ce produit est déterminée par la capacité de ce poste, même si la scie de tête envoie des pièces à une vitesse supérieure qu'il ne peut traiter. Par contre, les autres postes de travail n'auront pas leur production changée s'ils ne souffrent pas d'une pénurie d'alimentation en en-cours.

Devant un goulet il se forme une file d'attente qui ne cesse pas d'augmenter si ce poste est alimenté d'une forme continue.

Il est clair donc qu'on doit concentrer des efforts sur la gestion de ces postes.

Il y aura toujours des postes goulets dans un système de production. Si un poste qui était un goulet devient un poste non goulet grâce à une amélioration de sa capacité, un autre occupera sa place. Pour prévoir lequel et dans quelle mesure, les postes non goulets doivent aussi être bien connus du gestionnaire de production.

La méthode OPT ("optimized production technology") a pour un de ses principes qu'une unité de temps gagnée sur un poste non-goulet n'apporte rien pour l'entreprise.



On trouve souvent dans un atelier de sciage des postes de travail qui ne sont pas occupés tout le temps. D'où l'emploi de personnes qui ont une fonction polyvalente, c'est-à-dire, qui travaillent dans différents postes à différentes périodes (par exemple, dans les postes de mise à la longueur de certains produits, dans les parc à grumes et de sciages, comme aide occasionnelle dans un poste momentanément surchargé, alimentation et opération du broyeur, etc.).

Le nombre de postes de ce type et de personnes dans cette fonction peut être important dans certaines scieries et une gestion plus efficace de ces ressources peut apporter des économies pour l'entreprise, au moyen d'une optimisation globale.

ii) La série économique: le temps nécessaire pour travailler un produit dans un poste de service d'une scierie peut être décomposé en 2 parties: un temps de préparation et un temps de passage. Le temps de préparation peut être un temps de réglage machine et/ou un temps pour prendre des mesures dimensionnelles et/ou pour faire une évaluation de la qualité du produit. Le temps de passage correspond dans la plupart des postes de travail au temps nécessaire pour le débit de la pièce.

Les postes de triage et/ou classification n'ont pas un temps d'usinage, mais il y a toujours un temps de passage associé à la pièce. Dans ce type de poste de travail il n'est pas toujours facile de faire la séparation en temps de préparation et en temps de passage.

Le temps de reconfiguration de chaque machine, bien que relativement court, reste supérieur ou égal au temps d'usinage.

Le temps de préparation d'une machine représente une partie importante du temps total de service. Par exemple, à l'opération de mise à longueur au poste de tronçonnage à l'aide d'une scie circulaire à une lame, le temps pour mesurer la pièce et apprécier la qualité est plus important que le temps nécessaire pour le débit.

D'où la notion de série économique: on cherche à faire passer dans une machine le nombre maximal de produits de même type, qui utiliseront tous le même réglage machine. On fait ainsi des économies importantes de temps qui influenceront dans la productivité et le coût du poste respectif.

Pour les scieries de feuillus, où la qualité des produits conditionne fortement le service qu'un produit doit subir, l'application de la notion de série économique est moins évidente que dans les scieries de résineux. Mais même dans ces scieries on peut avoir un gain dans le temps de réglage par un simple triage de la part des opérateurs des produits en attente. Par exemple, l'opérateur d'une déligneuse peut faire passer successivement par la machine les pièces en attente qui ont une même largeur de délignage.

Dans les scieries de bois résineux, il est usuel de travailler en

lançant des campagnes de billons qui ont les mêmes caractéristiques dimensionnelles et de qualité, pour réduire au maximum les temps nécessaires pour les réglages machines.

On prévoit souvent un changement de lame, d'équipe ou une pause en même temps qu'une fin de série.

A cause du rôle prépondérant de la scie de tête dans une scierie, la notion de série économique ne peut pas se limiter au traitement des pièces dans les postes de travail séparément. Il faut aussi prendre en considération l'équilibre d'occupation des postes de travail en aval de la scie de tête.

iii) L'utilisation des ressources: la capacité technique d'une machine est difficilement atteinte dans l'environnement réel de production: il y a plusieurs aléas qui la ralentissent. En plus des pannes techniques et de la diversité de qualités et de produits que chaque poste doit traiter, il faut considérer la fatigue des opérateurs.

On constate en général un nombre important de petits aléas (pièces emmêlées ou bloquées,...) et quelques grosses pannes (bris de lame,...)

Les points sujets à incidents aléatoires doivent être minimisés et de préférence, isolés, pour qu'ils ne gênent pas les postes de travail en aval.

L'équilibre des capacités des différents postes de travail d'une scierie est difficile à réaliser. Il y a toujours des postes de travail qui font le traitement des produits à une cadence plus élevée que d'autres, soit parce qu'ils sont équipés avec des machines plus performantes, soit parce que les opérations qui y sont demandées sont plus simples et rapides.

Le caractère divergent de la production d'un atelier de sciage montre déjà la difficulté de la recherche d'un équilibre des capacités des postes de travail.

En fait, ce qu'il faut équilibrer c'est le flux dans le système productif. Tous les postes de travail doivent être le plus occupés possibles. Pour les postes qui ne sont pas occupés tout le temps, qui présentent des périodes creuses de service, on peut utiliser la notion de polyvalence: une même personne peut s'occuper de deux (ou plus) postes de travail, travaillant un certain nombre d'heures par jour dans chacun d'eux.

Chaque poste de travail a un niveau optimum d'utilisation, mais la somme des optimums locaux n'est pas égale à l'optimum de l'ensemble de l'atelier de sciage.

Deux facteurs sont la cause de cela: les différentes capacités des postes de travail (ce qui ne permet pas que tous les postes travaillent à un niveau optimum) et la diversité des produits (le produit envoyé dans un instant précis vers le poste en aval n'est pas forcément le produit pour lequel la cadence de production est optimale).

## **2.6. Gestion de la Qualité**

Jusqu'à récemment, on pratiquait le contrôle de la qualité essentiellement dans deux niveaux: à la réception et au tri.

La notion de qualité prend de plus en plus d'importance, et on estime maintenant qu'elle doit embrasser tous les secteurs de l'entreprise, depuis l'entrée dans l'usine des matériaux jusqu'au service après-vente, sans oublier les moyens de fabrication. Car la qualité est un atout d'une scierie face à ses concurrents.

Tous les gestionnaires d'une scierie savent que la qualité de la matière première est très variable et que les appréciations initiales de la qualité des produits qu'on peut tirer d'un billon peuvent être trompeuses, mais combien d'entre eux peuvent donner une estimation quantifiée de la marge d'erreur de cette évaluation? Combien d'entre eux font un contrôle, même occasionnel, de cette variabilité? Et pourtant, la qualité des billons est déterminante pour la suite de presque toutes les opérations dans un atelier de sciage.

On ne peut pas toujours faire l'appréciation qui serait souhaitable de la qualité de la matière première sur site, avant achat, mais on peut toujours procéder à des contrôles en usine. Ces contrôles donneraient sûrement des paramètres qui seraient très utiles pour les achats futurs.

Et si on pense au rôle que l'approvisionnement de la scie de tête a sur le chargement des postes de travail en aval on s'aperçoit de l'importance que la connaissance et le contrôle de la qualité de la matière première ont pour la scierie.

Dans les scieries françaises le niveau moyen de précision des sciages se caractérise par une dispersion d'écart-type moyen de 0,8 mm [HOC.80]. Dans un lot de sciages, les cotes prises sur une même planche varient sur toute sa longueur et les planches comparées entre elles n'ont pas la même épaisseur moyenne.

Pour palier les imprécisions du sciage et prendre en compte les retraits de séchage, on a une tendance à faire des surcotes excessives.

Mais la dimension des produits finis doit être conforme aux exigences du client. Les variations dimensionnelles doivent être réduites au minimum possible. Un manque dans une dimension cause l'insatisfaction du client, un excès est un gaspillage de matériau qui est défavorable économiquement pour la scierie. Des surcotes trop importantes peuvent se révéler incompatibles avec les machines devant usiner ces sciages chez l'acheteur des produits de la scierie.

Le manque de précision peut être attribué aux déplacements des scies lors de la sélection de la dimension, problèmes de stabilité de la pièce pendant l'opération de sciage et vibration de la lame de scie par rapport à l'ajustement du guide-lame [EMO.86].

Pour assurer une constance dans les dimensions des produits, les machines doivent être périodiquement entretenues, contrôlées et réglées.

Les flaches, pour les produits qui les admettent, doivent être surveillés avec attention pour que ne soient pas dépassées les limites de tolérance.

Les défauts méritent également un contrôle rigoureux: ce sont eux, en fin de compte, qui donneront au produit sa valeur de commercialisation. Si on considère que le prix de vente d'un produit peut varier de 1 à 15 en fonction des défauts qu'il présente, on s'aperçoit au combien ils sont indésirables.

Il y a des normes pour la classification des bois selon son aspect et utilisation [NFB.52-001, NFB.53-501, CTB.84]. Mais, comme en scierie l'appréciation de la qualité d'un produit reste encore dépendant d'un jugement personnel, il est très difficile d'uniformiser les sciages d'après cette classification. En effet, des personnes différentes peuvent donner des classifications différentes pour la qualité d'une pièce.

A cause des habitudes de commercialisation, la qualité peut être aussi définie en fonction du client.

La décision d'usinage d'une pièce est fonction de sa qualité, ce qui fait que les postes en aval sont dépendants des décisions prises aux postes en amont.

Les prix de vente des produits des scieries de résineux sont moins sensibles à la qualité. Il va de même pour le flux matière, ces scieries ayant généralement un flux plus linéaire que ceux d'une scierie de feuillus. Mais dans les scieries de résineux la qualité des produits a aussi une importance capitale.

La qualité ne se limite pas au produit. La qualité des services de la scierie prend de l'importance dans les marchés actuels, très concurrentiels.

La présentation des paquets, leur homogénéité, peut se traduire par un label ("Sélection Vosges" [LBN.91]).

Le respect des délais promis aux clients, la constante recherche de diminution du temps nécessaire pour satisfaire une commande, un service après-vente qui se chargera des contentieux avec les clients (en échangeant les produits considérés comme étant hors des spécifications commandés par ce dernier, par exemple), sont des objectifs recherchés pour la satisfaction des clients et sur lesquels veille aussi la fonction gestion de qualité.

## **2.7. Contrôle**

Toutes les fonctions de la gestion de production doivent être soumises à des contrôles, pour bien vérifier que les objectifs fixés sont atteints. Plus que cela, le contrôle permet de détecter des anomalies au niveau où elles se situent.

Ainsi, le contrôle sert comme outil de "feed-back" pour les fonctions de la gestion, dans la mesure où les anomalies et/ou les écarts observés entre la prévision/programmation et les événements réels serviront à corriger et à améliorer le système pour le prochain cycle de production.

Un contrôle n'est efficient que si le flux d'informations l'est aussi.

L'absence de capteurs sur les machines et/ou transferts d'un atelier de sciage rend difficile l'obtention d'informations. Seules les machines automatisées permettent de les obtenir. En effet, du fait du nombre de produits et de la cadence de traitement aux postes de service, il n'est pas possible aux opérateurs de s'occuper de cette tâche, en remplissant des fiches, sans une grande perte de productivité.

Ainsi, normalement on se passe de ces informations. Pour l'obtention de celles-ci, on peut envisager des prises périodiques par quelqu'un extérieur au poste de travail. Néanmoins, il reste fondamental que des contrôles permanents à l'entrée et à la sortie d'atelier de sciage soient faits.

Les contrôles des prévisions, plans de production et gestion de stocks ne posent pas de problèmes pour sa réalisation et doivent être faits formellement et périodiquement.

## **2.8. L'aspect Humain**

On peut identifier dans une entreprise des structures organisationnelles (hiérarchie), une organisation technique (les moyens de production) et des aspects humains (le bien être du personnel).

Ces trois aspects doivent être considérés simultanément pour le bon fonctionnement de la scierie.

Les aspects organisationnel et technique de l'atelier de sciage sont fondamentaux pour la réussite de la scierie, mais elle ne peut pas se passer du facteur humain.

Pour que le système de production de la scierie fonctionne bien, il faut que les opérateurs des postes de travail suivent les consignes reçues et ils ne le feront bien que s'ils sont motivés par leur travail.

La compréhension de cet aspect montre qu'il ne suffit pas d'avoir des personnes motivées seulement dans les postes de commande de la scierie, des experts, des cadres, mais que les personnes placées dans tous les

niveaux, dans toutes les fonctions travaillent avec élan pour la réussite de l'entreprise.

La division du travail et la centralisation des responsabilités fait place, de plus en plus, à des structures plus souples. Dans cette structure l'individu est plus valorisé et motivé.

La valorisation de l'individu peut se faire de plusieurs façons [TER.85, POU.86, COU.89, BEN.90]: explications données aux ouvriers sur le pourquoi et le comment des services qui leur sont demandés, participation à la suite des opérations de fabrication, etc., enrichissant leur travail dans l'entreprise.

On peut intéresser le personnel à la suite des opérations en leur demandant des suggestions, en créant des groupes de travail pour améliorer la participation dans la discussion et la résolution des problèmes de service, en les motivant à la résolution des problèmes de qualité, etc.

L'enrichissement de son travail peut s'effectuer par une augmentation de tâches et fonctions à remplir. Cela suppose une amélioration de la formation et de la compétence du personnel.

La polyvalence du personnel comble aussi la nécessité de souplesse d'un atelier de sciage pour faire face à la répartition des charges des postes et à l'absentéisme.

On constate actuellement dans les scieries un niveau de formation très faible des opérateurs, ce qui rend difficile leur évolution dans le travail. Pour améliorer les conditions de travail il faut donc un plan de formation du personnel, surtout lors de l'automatisation de tout ou partie du système de production.

Les fonctions de contrôle de qualité et suivi de production dans l'atelier de sciage sont très informelles, dû à l'absence de moyens pour quantifier les informations respectives. Pour qu'elles soient réussies, il faut avant tout un personnel motivé par son travail.

Tout cela contribue à une amélioration de la motivation du personnel et se reflète par une augmentation de la productivité, qualité, sécurité. On peut ainsi mieux atteindre les objectifs de la scierie et en même temps assurer la satisfaction du personnel qui travaille pour sa réussite.

## **2.9. Commentaires**

Pour accomplir chacune des fonctions de la gestion de production mentionnées ci-dessus, on dispose de plusieurs outils, du plus simple au plus complexe, qui ne font pas l'objet de ce mémoire. Par exemple, le diagramme de Gantt est utilisé pour servir aussi bien à la planification de la production d'une scierie et au contrôle.

A partir des données obtenues, le chef de fabrication assure la régulation et le pilotage compte tenu de son expérience. Cependant, la recherche d'une plus grande flexibilité de production, la diversité des produits, les objectifs commerciaux, la présence d'aléas, la faible durée de fabrication, imposent une gestion plus fine qui soit fiable et réalisée en temps réel.

La situation actuelle des scieries, qui ont une gestion axée sur la gestion commerciale, de stocks et d'approvisionnement, doit donc évoluer vers une situation où on fait appel aux techniques les plus pointues de la gestion industrielle.

L'objet de ce mémoire n'est ni d'étudier en détail les techniques disponibles par les gestionnaires ni de développer les éléments d'une gestion de production complète pour les scieries. Néanmoins, les sujets abordés ci-dessus présentent les principaux aspects qui doivent être pris en compte dans la gestion des scieries.

Les coûts constituent un élément prépondérant à prendre en compte en gestion de production. Cet aspect doit être considéré simultanément avec les aspects techniques.

Le système de production d'une scierie est très complexe, le représenter par un modèle mathématique n'est possible que si on fait beaucoup de simplifications qui à la limite peuvent donner des résultats pas très fiables.

Pour éviter les inconvénients des modèles mathématiques et prendre en compte une analyse dynamique de l'atelier de sciage, la technique de la simulation peut être envisagée.

# **CHAPITRE III**

## **3. SIMULATION**

### **3.1. INTRODUCTION**

### **3.2. OBJECTIFS DE LA SIMULATION DES SCIERIES**

### **3.3. LES LOGICIELS DE SIMULATION**

### **3.4. MODELISATION ET SIMULATION DES SCIERIES**



## CHAPITRE III

### 3. SIMULATION

#### 3.1. Introduction

Il y a longtemps déjà que l'homme utilise la technique de la modélisation pour étudier les systèmes.

Un système est un ensemble d'objets interdépendants réunis pour réaliser une fonction [PRI.79]. Un modèle est une représentation des relations qui existent entre les facteurs et les variables à prendre en considération dans l'étude des systèmes ou d'une partie d'un système. Cette représentation doit être la plus réaliste possible du système qu'on étudie par rapport au point de vue envisagé.

Dès l'antiquité on construit des modèles réduits pour étudier le comportement des systèmes. Plus récemment, les mathématiques ont apporté des outils pour la représentation et l'étude des systèmes.

La modélisation est la construction d'un modèle qui représente le comportement d'un système et la simulation emploie ce modèle pour étudier le comportement de ce système au cours du temps. La modélisation se situe donc en amont de la simulation.

La modélisation d'un système est plus facile à faire si on connaît les lois physiques qui déterminent son comportement, si on peut représenter son fonctionnement graphiquement et si on peut gérer la variation des entrées, des éléments et des sorties. Dans ce cas, on peut parfois bâtir un modèle mathématique dont la résolution nous donne des résultats très satisfaisants.

Mais, quand on ne connaît pas précisément les lois qui régissent le fonctionnement du système, il y a beaucoup de facteurs intervenants difficiles à décrire et à représenter, beaucoup d'éléments aléatoires dans le processus et les décisions humaines influençant son fonctionnement, les modélisations deviennent plus difficiles à faire, leurs représentations analytiques, même pour une évaluation grossière de leurs performances dynamiques et de l'analyse de leurs logiques de fonctionnement, deviennent insuffisantes.

Dans ces cas, simuler le comportement des variables intervenantes peut s'avérer nécessaire pour avoir une estimation fiable du comportement du système réel.

Un modèle est donc une description, normalement simplifiée, d'un système réel plus complexe. Il regroupe les informations nécessaires à la compréhension du fonctionnement du système à l'étude.

Le coût de la modélisation est fonction de la nature du système et du degré d'exactitude recherché par le modèle. Le gestionnaire doit donc arbitrer entre le coût du modèle et de la simulation et la valeur qu'il accorde aux informations obtenues par la simulation.

On ne s'occupe dans ce mémoire que des modèles qui ont une représentation logico-mathématique d'un système réel et de sa possibilité de simulation sur ordinateur.

On distingue les simulateurs de modèles influencés par des aléas de divers types, et des simulateurs de modèles qui n'ont pas de lien avec le hasard. Les simulateurs du premier type sont dits de Monte-Carlo et ils comportent:

i) une distribution de probabilité des arrivées et des temps de traitement;

ii) une méthode pour la génération de nombres aléatoires pour les arrivées et les temps de traitement.

Ainsi, la simulation d'un poste de travail qui a un temps aléatoire pour le traitement des pièces qui arrivent avec une cadence probabilistique est du type dit de Monte-Carlo, alors que la simulation de débit d'un billon ou d'un plateau visant l'optimisation ne l'est pas.

D'après le type de représentation du système, la modélisation peut être discrète, continue ou mixte.

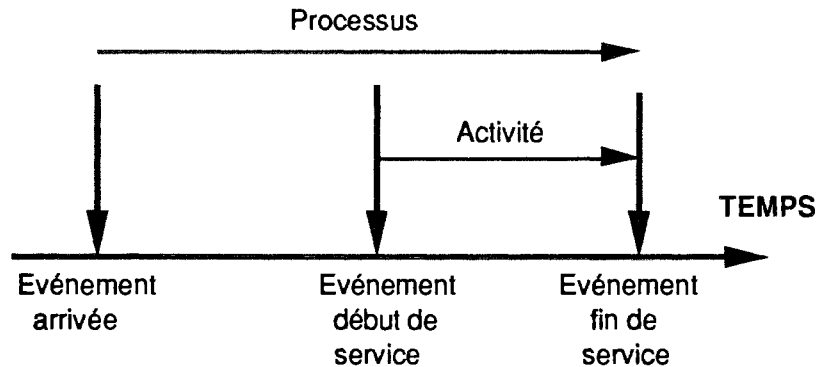
Les systèmes à événements discrets décrivent les modifications qui ont lieu dans le système à des instants discontinus du temps. Un événement génère un changement d'état du système et une activité représente un intervalle de temps où l'état d'un objet ne change pas. Un processus est une séquence d'événements et d'activités (figure 3.1). Un modèle de simulation à événements discrets représente le système physique par une série d'événements, ou par une description des activités ou des processus [BEL.85, POU.86]:

i) dans l'approche par événements on identifie tous les changements d'état qui interviennent dans le fonctionnement du système et ensuite on modélise sous forme d'algorithmes la logique de changement d'état;

ii) dans l'approche par activités on identifie l'ensemble des activités du système physique ainsi que leurs liaisons et ensuite on spécifie les

conditions de début et de fin d'activité;

iii) dans l'approche par processus, la plus courante dans les langages de simulation utilisés actuellement, la modélisation demande la définition des différents processus présents dans le système et la définition des interactions entre les processus.



**Figure 3.1.** Relation entre événements, activités et processus [PRI.79]

La modélisation continue représente le système par des équations mathématiques dont les variables changent de façon continue avec le temps.

La modélisation mixte combine les changements discrets d'état et les variations continues.

### 3.2. Objectifs de la simulation des scieries

La simulation de scieries (d'une partie ou de tout son système de production) est une technique applicable pour des objectifs de:

i) Conception: la simulation a pour but d'étudier la viabilité d'implantation de nouveaux systèmes de production. Dans la phase de pré-étude on simule plusieurs configurations pour choisir la meilleure. Dans la phase d'étude d'implantation on affine la modélisation de la configuration choisie pour avoir une meilleure compréhension de son comportement. La simulation permet l'établissement des spécifications et la configuration de l'atelier: nombre et type de machines, équipements de maintenance, nombre d'opérateurs, etc.

ii) Evaluation: on simule un atelier de sciage existant, pour faire un diagnostic de son fonctionnement sous les conditions courantes. Le

fonctionnement et la production des divers postes de travail sont analysés individuellement. On analyse également les liaisons entre les postes productifs et l'influence des divers aléas. On peut ainsi déterminer l'importance de chaque poste de travail dans la production globale de la scierie. On peut également détecter les anomalies et les dysfonctionnements du système productif.

iii) Lancement: Plusieurs politiques de lancement sont testées pour déterminer en temps réel la meilleure solution de répartition des charges sur les postes de travail.

iv) Modification: Différents scénarios de configuration de l'atelier ou de politiques de gestion sont simulés et les conséquences analysées. Les conditions d'utilisation sont modifiées afin de tester d'autres hypothèses de fonctionnement. On peut également simuler des investissements dans le système productif, soit par substitution d'anciennes machines, soit par l'adjonction des nouvelles machines ou postes de travail. L'impact des différentes configurations sur la production actuelle est étudié.

v) Formation/Entraînement: on peut former ou entraîner le personnel de la scierie en simulant l'environnement de travail. De cette façon, on peut analyser l'effet d'une décision avant de la prendre.

Il y a donc des applications pour la simulation dans les différentes phases de la vie d'une scierie. Plus qu'une technique d'analyse, la simulation est aussi exploratoire.

L'utilisation de la technique de simulation a des atouts très importants car on peut:

- i) étudier un atelier de sciage sans avoir besoin de le construire;
- ii) analyser les conséquences des modifications dans la gestion de la scierie sans perturber l'atelier de production;
- iii) déterminer la meilleure façon d'usiner et/ou traiter une pièce sans la détruire;

Une évaluation du comportement global et dynamique de tous les postes de services de la scierie sous différentes conditions peut être faite. C'est peut-être cela l'avantage majeur de la simulation, un calcul simple ne donne que des valeurs moyennes et ne montre pas les blocages ou les attentes liées aux fluctuations de la fabrication.

La simulation est relativement simple à comprendre et à utiliser. Elle permet de tester différentes hypothèses avec les mêmes conditions initiales, ce qui est normalement impossible à faire par une expérimentation sur le système productif de la scierie lui-même.

En dépit des nombreux avantages mentionnés ci-dessus, la simulation comporte des contraintes et des inconvénients qu'il faut prendre en considération:

i) La correspondance avec le système physique seulement peut être faite si le modèle représente d'une manière fiable la réalité. Or, représenter exactement la réalité implique parfois la construction de modèles trop complexes. Dans ces cas, des simplifications s'avèrent nécessaires.

ii) La simulation est une abstraction de la réalité, le modèle comporte plusieurs hypothèses. Lors de la prise de décision, on doit tenir compte que les résultats de la simulation représentent la réalité dans la mesure où les hypothèses faites se vérifient.

iii) La simulation n'est pas une technique d'optimisation. Elle permet de faire un certain nombre de tests sur un modèle et d'analyser les résultats. On peut faire varier les conditions de simulation et apprécier les conséquences sur l'atelier de sciage pour prendre des décisions appuyées sur le meilleur résultat. On peut de cette façon s'approcher des décisions optimales, mais on n'a aucune garantie d'atteindre le point d'optimum.

iv) Les résultats d'une simulation sont fiables dans la mesure où les données qui alimentent le modèle le sont. En plus d'un modèle fiable, il faut donc un ensemble correct de données. La collecte de données requiert beaucoup de temps et représente un coût non négligeable pour sa réalisation et le traitement statistique. Dans les scieries automatisées, où la présence de capteurs reliés à un système informatique de traitement de données facilite cette tâche, ce coût est sensiblement plus bas que dans les scieries traditionnelles, où l'absence de capteurs est de règle.

Les contraintes liées à la complexité et à la représentation fidèle des modèles sont communes aussi aux modèles analytiques. En tenant compte du nombre de variables de comportement aléatoire et qui représentent la dynamique du système, les relations complexes entre les ressources, l'influence des décisions humaines qu'on trouve dans un atelier de sciage; peut-on considérer alors qu'un modèle analytique conduit à un résultat optimal? Les inconvénients de la simulation, de ne pas être une technique d'optimisation et ceux liés à la collecte de données sont, dans la plupart des cas, compensés par les résultats obtenus.

Ainsi, l'analyse critique des résultats des simulations donne aux gestionnaires une forte base d'appui pour les décisions.

Néanmoins, un aspect fort intéressant n'est pas toujours considéré dans la simulation: la prise en compte du facteur économique. Effectivement, en plus du flux matière, il y a un véritable flux de coûts

dans l'atelier de sciage, et son identification s'avère très importante pour une prise de décision correcte.

En effet, il y a des situations où la meilleure décision en ce qui concerne la productivité matière n'est pas la même que celle qui concerne la rentabilité de la scierie.

L'importance du conflit productivité/rentabilité engendre la nécessité de prendre en compte des facteurs économiques dans la simulation.

Actuellement la simulation n'est utilisée qu'au niveau technique, l'aspect économique n'intervenant que pour le calcul de l'efficacité globale de l'installation. A partir du moment où l'on dispose d'un modèle de fonctionnement d'une installation, il est intéressant de prendre en compte des paramètres économiques afin d'avoir une connaissance plus fine de la répartition des coûts de production et donc de la rentabilité d'une machine, d'une opération, d'une certaine configuration ...

L'introduction des données économiques dans les logiciels de simulation constitue donc un outil d'aide à la décision très intéressant à la fois pour le chef d'entreprise comme pour le directeur de fabrication, ou le service commercial.

### **3.3. Les logiciels de simulation**

A partir du moment où la simulation a eu à sa disposition les moyens informatiques pour faire les calculs répétitifs dont elle avait besoin, cette technique a connu un important essor.

Des études de simulation peuvent être conduites avec un langage de programmation (FORTRAN, C, PASCAL, BASIC, ...) qui sera utilisé pour la description du modèle et la conception du simulateur. D'utilisation plus simple, les langages de simulation exigent seulement de l'utilisateur la description du modèle à simuler.

Depuis l'apparition en 1952 du langage DYNAMO mis au point par l'équipe de FORRESTER, plusieurs langages de simulation ont été conçus et diffusés partout dans le monde: Q-GERT, SLAM, SIMSCRIPT, SIMULA, GPSS, CAPS/ECSL, Q-NAP, PAWS, GASP, MAP, TESS, SIMAN, entre les plus connus.

Un langage de simulation général permet la description et la simulation de systèmes les plus divers.

Etant un outil gourmand en mémoire, coûteux en temps d'exécution et en prix d'acquisition, il a fallu attendre le développement du matériel informatique pour une adoption plus répandue de cette technique.

Comment choisir entre les langages disponibles? Le prix d'achat d'un logiciel est important et il faut un temps qui peut représenter quelques semaines - voire mois - pour bien connaître et maîtriser un langage de

simulation. Ainsi, la décision d'un bon choix est fondamentale.

Heureusement, les champs d'application des langages de simulation généraux sont très variés, parfois limités uniquement par l'imagination de l'utilisateur. En effet, avec des "astuces", on peut contourner quelques limitations d'un langage et simuler n'importe quelle partie d'un système. En plus, les langages plus performants prévoient la possibilité d'écriture de sous-programmes par l'utilisateur, qui font interface avec la simulation à n'importe quel moment.

Chaque utilisateur a ses critères et le simulateur choisi doit pouvoir bien répondre à ses besoins.

Un macro-langage, qui a pour but la diminution du temps d'apprentissage d'utilisation d'un logiciel de simulation, peut se révéler utile dans les cas où plusieurs personnes d'une entreprise doivent se servir d'un langage de simulation sans avoir besoin d'apprendre ce langage, où dans les cas où un logiciel de simulation général est utilisé par plusieurs entreprises pour la résolution d'un même problème. Les macro-langages sont constitués d'instructions qui transforment les informations données par l'utilisateur en instructions de programmation d'un langage de simulation général [AMM.84].

Cette même préoccupation a donné origine au développement de plusieurs langages dédiés, c'est-à-dire, des langages de simulation créés pour la modélisation et simulation d'un problème spécifique et/ou d'un système spécifique. Un langage de ce type est destiné directement aux concepteurs spécialistes du système à utiliser, comme par exemple le langage OASYS pour la modélisation et simulation d'ateliers d'usinage.

Dans un simulateur général on utilise des primitives (modules préprogrammés) correspondants aux sous-ensembles les plus couramment rencontrés (files d'attente, activités, ressources, etc.) pour faire la modélisation. Dans un simulateur dédié la modélisation est faite par assemblage de macroprimitives spécialisées représentant des ensembles complets (machines, tronçon de circuit, etc.) et par définition des paramètres propres à l'application traitée (temps de cycle, taux de pannes, etc.) [ALA.84].

Ces derniers logiciels sont d'apprentissage plus facile car ils utilisent les mêmes termes techniques que l'utilisateur, ce qui les rend beaucoup plus conviviaux que les langages de simulation généraux.

Finalement, il y a les progiciels, orientés vers la solution d'un problème spécifique, qui ont déjà une description du modèle à simuler. L'utilisateur rentre seulement les paramètres demandés par le progiciel de forme conversationnelle. Les simulateurs pour l'optimisation de débit appartiennent à cette catégorie.

Etant limités dans leur conception, ils occupent une place mémoire beaucoup plus réduite et ont un coût d'acquisition plus faible que les langages de simulation généraux.

Pour l'application dans le domaine de la transformation première du bois, plusieurs logiciels ont été développés. Quelques logiciels de simulation de débits:

i) YIELD [WOD.66]. Programme d'optimisation de débit d'un plateau.

ii) BOF - "Best Opening Face" [LEW.74, HAR.77, HAL.79]. Basé sur le principe que, dans la découpe d'un billon, la position du premier trait de scie conditionne la position des traits de scie suivants, le programme détermine la meilleure position pour le trait de scie initial pour maximiser son rendement matière.

iii) SAWSIM [CRIQ.1]. Développé par le Centre de Recherche Industrielle du Québec (CRIQ), c'est un progiciel de simulation du débitage basé sur un modèle géométrique qui prend en considération la forme (courbure, conicité), qualité et dimensions de billons, les tolérances des flaches et la valeur des produits, le cheminement des sciages et les temps de passage dans une machine.

iv) CORY - "Computerized Optimization of Recoverable Yield" [BRU.89]. C'est un programme pour l'optimisation du rendement matière d'un plateau. Il donne aussi les séquences des débits de délignage et de tronçonnage. Il prend en compte les défauts et offre la possibilité du choix d'une optimisation soit en longueur soit en largeur des produits finis.

v) HaLT - "Harwood Lumber Training" [KLI.89]. Programme d'entraînement pour le débit de plateaux des feuillus suivant les règles de la "National Hardwood Lumber Association" (NHLA). Le programme affiche à l'écran le dessin d'un plateau avec défauts (nœuds, flaches, fissures, etc.) que l'utilisateur doit transformer en produits finis. Le programme vérifie la faisabilité de la solution et peut proposer une meilleure solution.

vi) OPTIGRUM [MUD.XX]. Développé par le Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (Paris), le logiciel calcule les meilleures solutions de débits d'un billon, en prenant en compte des données préalablement entrées. Utilisé en temps réel, il propose au scieur des découpes qui seront ou non choisies en fonction de la qualité de la grume.

vii) OPTISCIE [LBN.90]. Logiciel d'optimisation de découpe de billons en coût ou en matière. Optimisation dans le tronc de cône tenant compte de l'outil de production (châssis, ruban et canter).

viii) HaRem - "Hardwood lumber Remanufacturing" [SCH.90]. Programme d'optimisation de découpe d'une planche qui prend en compte la dimension, qualité et prix de vente de la planche après les différentes possibilités de purges des défauts.



Quelques logiciels pour les scieries:

i) DESIM - "DEsign SIMulator" [ADA.88]. Logiciel pour la simulation des scieries de feuillus.

ii) SAWMAN [CRIQ.2]. Développé par le CRIQ, c'est un logiciel de gestion par simulation.

RICHARDS, ADKINS, HALLOCK, BULGRIN et LEWIS [RIC.77, RIC.80, ETK.80] ont utilisé la simulation pour étudier le rendement matière et la valeur des produits en considérant plusieurs modes de découpe de billons de feuillus.

Des études de simulation d'une partie de scieries ont aussi été faites, comme par exemple, pour l'approvisionnement de billons [FOS.73] et pour le séchage de produits [RES.89].

Plusieurs chercheurs ont utilisé la simulation pour maximiser le rendement matière et/ou économique d'un billon (voir, par exemple, les références [PET.62, REY.69, CUM.72]).

AUNE [AUN.74] a souligné l'importance d'une simulation globale du système de production d'une scierie. Selon lui, la simulation doit prendre en compte les interactions entre les différents composants de l'atelier de sciage, les paramètres reliés à l'ensemble des grumes utilisés et les sciages désirés, soit pour l'analyse et l'étude de la productivité d'une scierie dans le cadre d'un projet d'une scierie nouvelle soit pour le remplacement et/ou installation des équipements.

MENDOZA et al. [MEN.90, MEN.91] ont développé des logiciels d'optimisation de découpe de billons et de lancement par l'utilisation d'un tableur pour l'élaboration d'un plan de production. Le plan est ensuite simulé en utilisant un langage de simulation général pour évaluer les performances. Les informations obtenues par la simulation sont utilisées pour faire des ajustements soit sur la politique de conduite de la production soit sur le plan lui-même, pour atteindre les objectifs de production de la scierie.

Au Laboratoire d'Automatique et de Commande Numérique (LACN), l'équipe du professeur MARTIN a développé plusieurs études de simulation dans le domaine de scieries, soit pour l'optimisation du sciage de billons, soit d'une partie d'une scierie, soit de l'atelier de production tout entier [SCH.85, BOU.87, BOU.87-2, BOU.87-3, BOU.88, JAC.88, MAR.88, HOC.89, HOC.90, HOC.91].

### 3.4. Modélisation et simulation des scieries

Un modèle de simulation d'un atelier de sciage est une représentation du fonctionnement dynamique de ce système. Il prend en compte les ressources (humaines, machines, installations), les flux des matériaux dès l'entrée dans l'atelier de sciage jusqu'à la sortie (moyens des transports et de transferts) et la logique de traitement des produits (décisions d'usinage et de transferts).

La figure 3.2 montre schématiquement la représentation d'une scierie par un programme d'ordinateur. Les relations entre les ressources et les décisions du système réel sont représentées par relations mathématiques et logiques.

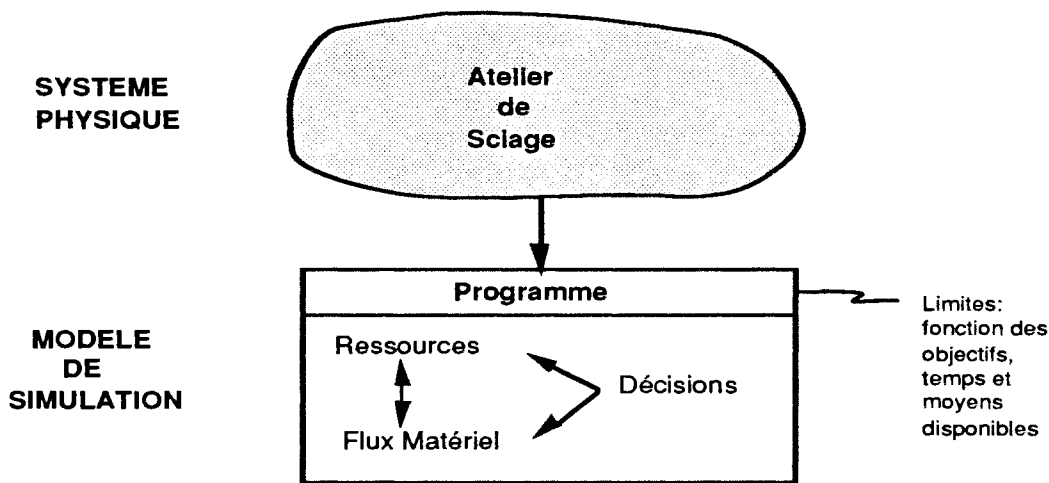


Figure 3.2. Représentation d'une scierie par un modèle

Un modèle sera toujours une simplification du système réel, ayant donc des limites bien définies. La finesse avec laquelle on construit un modèle est fonction des objectifs visés par l'étude qu'on veut faire, du temps et des moyens dont on dispose.

Le prélèvement des données nécessaires pour l'étude envisagée, en nature et en quantité, est aussi fonction des objectifs de la simulation. Pour une analyse détaillée du système productif de la scierie, dans ses aspects techniques et économiques, on prélève des données en ce qui concerne:

i) l'approvisionnement: les essences sciées (caractéristiques de forme, dimensions et qualités), gestion du parc à grumes, acheminement des billons à la scierie, lancement, etc.;

ii) le flux matière: l'acheminement des en-cours à l'entrée du poste opératif, le flux des en-cours, sous-produits et produits finis à la sortie (temps et modalités de transports, distances), ennuis techniques (produits qui se coincent), etc.;

iii) les postes de travail: la capacité de stockage au pied du poste (file d'attente), les opérations que chaque produit subit (débit, triage, classification) et les temps nécessaires pour ces opérations (temps d'installation, de débit, de triage), la capacité, le nombre d'opérateurs (affectés au poste, aides occasionnelles), etc.;

iv) les contraintes: pannes, ennuis techniques des machines, absence de personnel, fatigue des opérateurs, changements de lames, mitraille, aléas divers, etc.;

v) les données économiques: coût de la matière première, de la main d'œuvre, autres couts (amortissements, frais d'administration, frais généraux, ...), prix de vente des produits, etc.;

vi) les produits: types (produits finis, sous-produits), dimensions, qualités, volume, etc.

L'application de la méthode de simulation commence avec la fixation des objectifs. C'est en fonction des objectifs qu'on construit le modèle, qu'on collecte les données, qu'on établit le budget pour l'étude.

Une étude de simulation suit la démarche montrée par la figure 3.3.

Après la construction du modèle, on fait la simulation sur ordinateur. On commence à simuler avec les données d'entrée qu'on a pris sur place et on compare les résultats obtenus par simulation avec les valeurs respectives des données de sortie du système réel.

C'est l'étape de validation du modèle.

S'il y a concordance des résultats de la simulation avec les données de sortie prises sur place, le modèle est considéré validé. Sinon, il faut refaire la modélisation (au moins une partie) et la simulation jusqu'au moment où on peut considérer le modèle validé.

C'est la procédure suivie dans le cas des systèmes existants. Pour les situations où on simule un atelier de sciage non existant (cas des études d'investissement, par exemple), la validation est faite en se rapportant à des systèmes semblables existants ailleurs pour faire les comparaisons.

Quand il y a un manque total d'informations pour comparer les résultats fournis par la simulation avec des données réels, on doit analyser les résultats en s'appuyant sur le bon sens pour identifier les erreurs occasionnelles de conception du modèle.

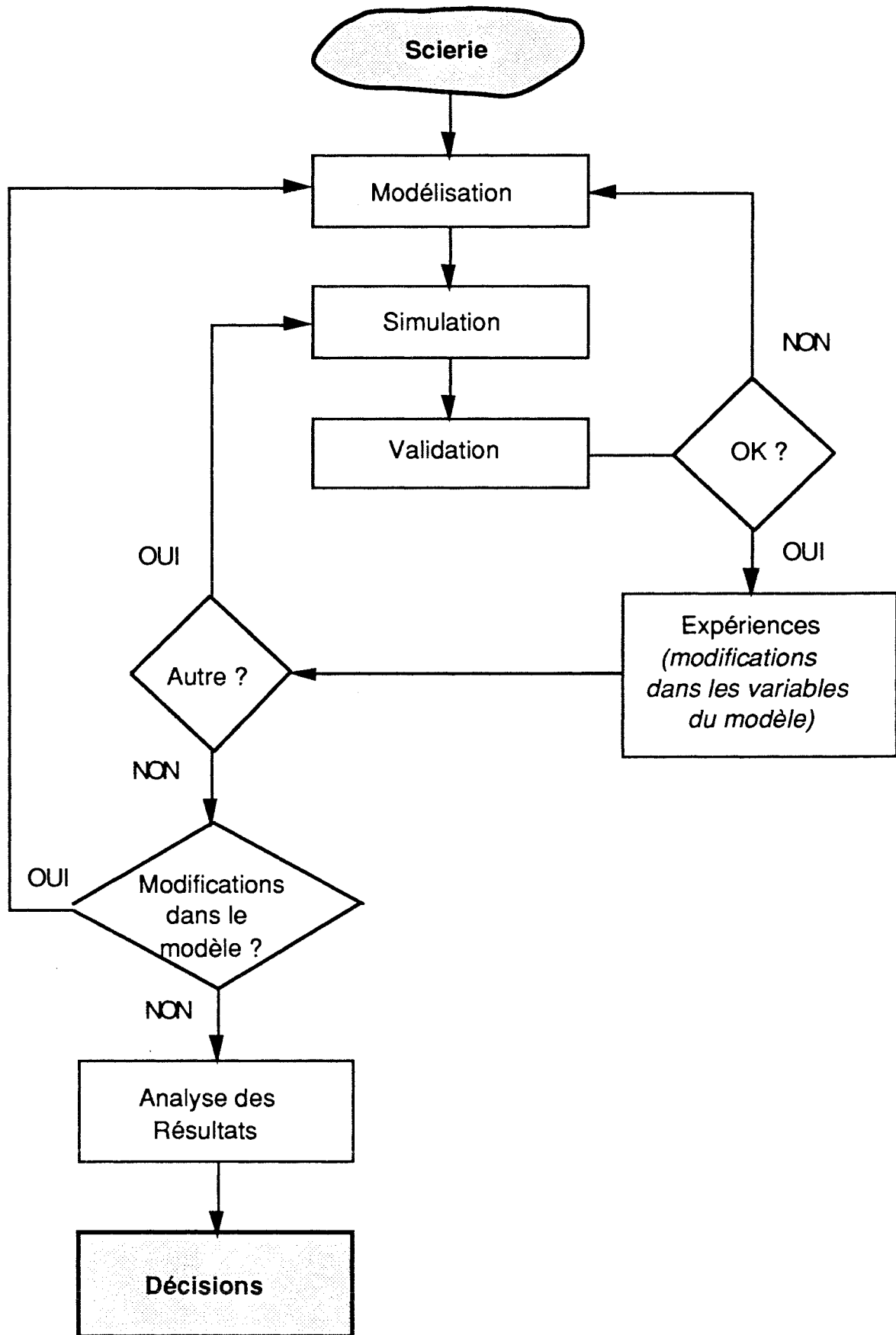


Figure 3.3. La simulation comme aide à la décision en scierie

Dans la plupart des cas, on n'a pas pour objectif de simuler la situation de fonctionnement normal de la scierie, puisqu'on connaît déjà le comportement de l'atelier de sciage sous cette condition. En effet, on cherche à simuler de nouvelles situations pour prévoir le comportement de la scierie: des changements dans l'approvisionnement, des modifications du flux matière, des altérations dans la gamme de produits, l'introduction de nouvelles machines et/ou la substitution d'anciennes, sont quelques exemples.

Pour simuler des nouvelles situations, on change les variables qui conditionnent le comportement de l'atelier de sciage. On suppose que si le modèle est fidèle au système de production réel, ce système réagira d'une manière semblable au modèle en fonction des modifications imposées.

On peut donc étudier le comportement de l'atelier de sciage tel qu'il est sous plusieurs situations sans modifier le modèle (changements dans le lancement des billons, changements des caractéristiques de l'approvisionnement, introduction de perturbations comme pannes, absence de personnel, etc.).

En faisant des modifications dans le modèle, on peut étudier le comportement de la scierie dans des situations différentes de son état actuel.

Le comportement des facteurs qui interviennent dans la production peut être analysé: les taux d'utilisation des machines et de la main d'œuvre, les temps improductifs (raisons, importance et conséquences), la situation des files d'attente (identification de points d'étranglement, dimensionnement adéquate des points de stockage), temps d'attente et de service, rendement matière, etc.; en situation de fonctionnement normal et sous contraintes, ou sous modifications dans la gestion ou de la configuration du système productif.

Ces facteurs quantifiés économiquement et additionnés aux coûts de matières premières et autres, permettent une évaluation détaillée des coûts des produits de la scierie. L'analyse du comportement des différents composants du coût permet d'identifier les éléments critiques, sur lesquels des actions correctives ou contrôles doivent être mis en place.

La productivité et l'efficacité d'utilisation des ressources mis à disposition de chaque poste opératif peut être évalué, comme son importance dans la composition des coûts.

On peut obtenir également la consommation et l'utilisation de chaque ressource (matière première, machine, main d'œuvre), ce qui permet une identification précise des coûts avec les produits.

La simulation en tenant compte des facteurs économiques permet aussi de chercher un mode plus rentable pour la production globale de la scierie, ce qui ne signifie pas forcément produire sous le coût le plus bas de chaque produit.

Le calcul des coûts de production d'une scierie est donc important pour la détermination de la rentabilité de ses produits. Il nous faut également la connaissance de ces coûts pour l'analyse de la viabilité économique et financière des investissements de modernisation de l'atelier de sciage.

L'estimation des coûts pour des finalités de budgets ou d'acceptation d'une commande particulière à un prix imposé par le client, est faite dans un contexte plus au moins inconnu, puisque on doit faire des prévisions sur le comportement futur des plusieurs variables.

Le coût d'un produit est le résultat d'une certaine combinaison de facteurs techniques et économiques. S'il y a un changement dans un des ces facteurs, le coût change aussi. En faisant plusieurs simulations sous plusieurs situations, on peut analyser la manière dont l'incertitude agit sur le coût d'un produit, ce qui permet au gestionnaire d'évaluer les risques.

On reviendra sur l'utilisation et l'importance de la simulation pour étudier la formation des coûts des produits d'une scierie dans le chapitre V. Mais avant, on fera quelques considérations sur les coûts qu'engendrent les activités d'une scierie.

# **CHAPITRE IV**

## **4. LES COUTS EN SCIERIES**

### **4.1. INTRODUCTION**

### **4.2. OBJECTIFS DE LA COMPTABILITE ANALYTIQUE**

### **4.3. CLASSIFICATION DES CHARGES**

### **4.4. AFFECTATION ET IMPUTATION DES COUTS EN SCIERIES**

#### **4.4.1. Matière Première**

#### **4.4.2. Main d'œuvre**

#### **4.4.3. Frais Généraux**

### **4.5. COUT COMPLET, COUT PARTIEL**

#### **4.6. LES COUTS ET LES SOUS-PRODUITS**

**4.6.1. La méthode de la réduction des coûts**

**4.6.2. La méthode du chiffre d'affaires  
additionnel**

#### **4.7. LES COUTS ET LA PRISE DE DECISIONS**

**4.7.1. Les coûts et le risque**

**4.7.2. Les coûts et les prix de vente**

**4.7.3. Les coûts et la valorisation de la  
matière première**

#### **4.8. LES COUTS DES DYSFONCTIONNEMENTS**

#### **4.9. LES COUTS ET L'INFLATION**

#### **4.10. LES COUTS ET LA SIMULATION**



## CHAPITRE IV

### 4. LES COUTS EN SCIERIES

#### 4.1. Introduction

Pour transformer un billon en sciages, plusieurs opérations nécessitant des machines et de la main d'œuvre ont lieu. Plusieurs mouvements de matières, d'utilisation des outils, et de consommation d'énergie, sont indispensables pour la fabrication. Des bâtiments où on place l'atelier de sciage et les services auxiliaires, des endroits pour le stockage des matières premières et des produits finis, complètent la liste de ce qu'il faut à une scierie de n'importe quelle taille.

Le processus de fabrication et toutes les ressources dont il a besoin représentent des coûts importants et il ne suffit pas d'attendre la fin d'exercice pour connaître les résultats globaux de l'activité de la scierie.

La sévère concurrence sous laquelle sont placées les scieries les obligent à fournir des produits de qualité à un moindre prix de vente. La compression des marges qu'y en résulte donne un relief important pour la gestion des ressources financières de la scierie.

Connaître et maîtriser les coûts des sciages est donc un facteur de survie pour la scierie. En plus de la connaissance de ces coûts, il faut savoir comment et où ils se forment pour pouvoir bien les gérer.

Quelle est l'importance de chaque constituant du coût dans la formation du coût total d'un produit, dans quelle mesure les postes de travail participent aux coûts, sont quelques questions auxquelles il faut savoir répondre pour une gestion efficace des ressources de la scierie.

D'où la nécessité de mettre en place une méthode pour une connaissance approfondie des coûts de production, pour mieux évaluer les activités de l'entreprise et bien connaître la rentabilité de chacun de ses produits.

La comptabilité analytique peut cacher des choses, notre objectif est un outil d'aide au diagnostic plus proche des réalités techniques que la comptabilité analytique.

## **4.2. Objectifs de la comptabilité analytique**

La présentation des informations fournies par la comptabilité générale n'est pas adaptée pour répondre à plusieurs problèmes spécifiques de gestion.

Le plus souvent, les informations nécessaires pour l'analyse de ces problèmes doivent être regroupées et traitées dans des systèmes particuliers au contexte de l'entreprise. Ce sont les "systèmes de coûts" de l'entreprise, mis en place par la comptabilité analytique.

La comptabilité analytique n'est pas régie par les lois auxquelles est soumise la comptabilité générale. Elle est basée sur des principes comptables, bien sûr, et elle reprend à la comptabilité générale les informations de plusieurs types, mais les documents qu'elle génère et informations qu'elle regroupe sont confidentiels et restreints pour la scierie.

Elle est structurée en fonction des besoins de la gestion pour répondre à des exigences particulières, chaque entreprise doit donc développer un système qui lui sera spécifique.

Elle représente un système d'informations qui a comme principaux objectifs [CAU.81, EIS.89]:

i) Analyse de la gestion: le système de coûts ventile les opérations de l'entreprise selon des découpages (par produits, sections, opérations...) spécifiques qui permettent de faire une analyse de la gestion.

ii) Evaluation des coûts: on évalue la valeur des consommations de la scierie pour fabriquer les sciages, la valeur des en-cours, des stocks, des immobilisations.

iii) Etablissement des prévisions: avec l'analyse des informations on peut faire des prévisions sur les coûts de fabrication d'un produit particulier, établir un budget, etc.

iv) Contrôle: la comparaison des prévisions aux réalisations permet de dégager les écarts dont l'analyse et l'identification des causes permettent de les expliquer et de prendre les mesures correctives nécessaires. Un contrôle de l'efficacité actuelle des différentes sections de la scierie et de la scierie globalement peut aussi être fait avec la comparaison des performances dans le passé. Pour le cas d'une scierie qui a plusieurs unités de fabrication (sous le même site ou dans des sites géographiques divers), une comparaison de l'efficacité des unités les unes par rapport aux autres peut être faite.

v) Aide à la décision: pour les décisions qu'on doit prendre face aux problèmes particuliers qui se présentent de temps en temps, l'analyse des informations fournies par la comptabilité analytique représente une aide importante.

### **4.3. Classification des charges**

Par rapport à la facilité d'attribution des charges à un produit, on les classifie en directes et indirectes.

Par rapport au comportement des charges en relation avec la production, on les classe en fixes et variables.

Les charges directes sont celles que l'on peut affecter sans difficulté à la fabrication d'un produit. Elles s'identifient avec le produit, si le produit n'est pas fabriqué elles cessent d'exister.

Les charges indirectes ne sont pas affectées à un seul produit, elles se rapportent à une activité plus générale, soit au niveau de la production, soit au niveau de l'administration de la scierie. Elles ne sont pas éliminées avec l'abandon de la fabrication d'un produit déterminé.

La classification d'une charge comme directe ou indirecte dépend aussi du point de vue choisi. On peut parler par exemple d'un coût indirect d'un produit qui est un coût direct pour une section de la scierie. La classification est donc fonction du point de repère de l'analyste.

Les charges variables sont proportionnelles à la quantité fabriquée d'un produit.

Les charges fixes ont la même valeur quelque soit la production. Souvent appelées charges de structure, elles sont liées à l'existence de la scierie et elles représentent des frais même si la scierie ne produit pas.

Les charges fixes sont constantes pour un seuil déterminé de production. Ce seuil dépassé, elles augmentent à coup, représenté par exemple par l'acquisition d'une nouvelle machine ou l'embauche de personnel supplémentaire, traduisant par conséquent une augmentation du seuil de production de la scierie.

### **4.4. Affectation et imputation des coûts en scieries**

Les produits d'une scierie sont des produits liés et le système productif présente des particularités qui rendent difficile l'affectation et l'imputation des coûts aux produits.

Selon la nature des charges, on peut les regrouper en trois catégories: matière première, main d'œuvre et frais généraux. On fera par la suite des commentaires sur les procédures qu'on peut utiliser pour l'identification de ces coûts aux produits.

#### **4.4.1. Matière Première**

Le coût de la matière première est représenté dans une scierie par les grumes. Il n'est pas évident d'affecter les coûts de la matière première

à chaque sciage à cause de plusieurs raisons [BEH.88]:

i) Le système d'achat des grumes: le mode d'achat des grumes, soit abattues, soit sur pied, conduit à l'acquisition par la scierie des grumes de qualités très variées.

ii) L'hétérogénéité de la matière: une même grume comporte des billons de qualité et de valeurs diverses. D'un même billon on tire des produits qui sont eux aussi très différents en qualité et valeur.

iii) La diversité excessive des produits: la combinaison des facteurs dimensionnels (section, longueur) et qualités, résultant à la fois d'une demande très variée et de la recherche d'une valorisation maximale de la matière première, a comme conséquence la fabrication d'un nombre très élevé de produits.

Pour contourner ces difficultés on est amené à faire quelques simplifications.

Ainsi, le coût de la matière première est déterminé par une valeur moyenne par classe de qualité et l'énorme quantité de produits de la scierie peut être réduite, pour la finalité de calcul des coûts, en quelques familles, qui regroupent les produits qui ont les mêmes caractéristiques.

Il reste le problème de l'hétérogénéité de la matière. Les produits d'une scierie étant des produits liés, il faut trouver une clé pour l'affectation du coût matière à chaque produit.

La clé qui nous semble la plus appropriée est basée sur la valeur potentielle de vente du produit. La valeur potentielle de vente d'un produit est obtenue par la multiplication du volume total du produit fabriqué par son prix de vente. L'affectation du coût de la matière première aux produits se fait selon une règle de répartition de proportionnalité, présentée au tableau 4.1.

Produit fabriqué	Volume	Prix de vente	Base de répartition	Coût de la MP affectée
$P_1$	$V_1$	$PV_1$	$V_1 * PV_1$	$CTMP * F_1$
$P_2$	$V_2$	$PV_2$	$V_2 * PV_2$	$CTMP * F_2$
:	:	:	:	:
$P_n$	$V_n$	$PV_n$	$V_n * PV_n$	$CTMP * F_n$

**Tableau 4.1.** Affectation du coût de la matière première utilisant comme base de répartition la valeur potentielle de vente

Les facteurs  $F_i$  (ratio de produits réalisés en valeur) pour la répartition sont obtenus par la formule:

$$F_i = \frac{V_i \cdot PV_i}{\sum V_i \cdot PV_i} \quad i = 1, \dots, n$$

Le coût total de la matière première (CTMP) à affecter aux produits est le coût des billons qui ont fourni ces produits.

Cette méthode est "juste" parce qu'elle est basée sur le principe qu'on est disposé à payer plus cher pour les billons d'où on peut tirer des produits qu'on pourra vendre avec des meilleurs prix, d'une façon proportionnelle au volume de ces produits. Il est donc raisonnable que ces produits aient une affectation plus importante du coût de la matière première que les autres produits.

L'affectation doit être faite par classe de qualité de la matière première. Quand on a des produits identiques originaires de plusieurs classes de qualités, on peut déterminer le coût de la matière première par une moyenne pondérée:

$$CMPPROD_i = \frac{\sum CMPQ_j \cdot VQ_j}{\sum VQ_j} \quad \begin{array}{l} i = 1, \dots, n \\ j = 1, \dots, m \end{array}$$

où: CMPPROD - coût de la matière première pour le produit  $i$   
CMPQ $_j$  - coût de la matière première avec une qualité  $j$   
VQ $_j$  - volume du produit originaire de la qualité  $j$

Selon les produits qu'on tire d'un billon, celui-ci aura différents rendements matières. Par exemple, scier un billon en planches de 30 mm ou en planches de 35 mm fournira différentes pertes de matériau. Si on connaît les rendements matières qu'on a pour les différentes options de sciage, on peut le prendre en considération pour l'affectation des coûts des billons aux produits.

Dans ce cas, le calcul du coût matière des produits finis peut se faire comme montré au tableau 4.2. [BEH.88]:

Produit fabriqué	Rendement matière	Volume	Prix de vente	Base de répartition	Coût de la MP affectée
P <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>	PV <sub>1</sub>	V <sub>1</sub> *PV <sub>1</sub> /r <sub>1</sub>	CTMP*F <sub>1</sub>
P <sub>2</sub>	r <sub>2</sub>	V <sub>2</sub>	PV <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> *PV <sub>2</sub> /r <sub>2</sub>	CTMP*F <sub>2</sub>
:	:	:	:	:	:
P <sub>n</sub>	r <sub>n</sub>	V <sub>n</sub>	PV <sub>n</sub>	V <sub>n</sub> *PV <sub>n</sub> /r <sub>n</sub>	CTMP*F <sub>n</sub>

**Tableau 4.2.** Affectation du coût de la matière première utilisant comme base de répartition la valeur potentielle de vente et le rendement matière

Les facteurs F<sub>i</sub> pour la répartition sont maintenant obtenus par la formule:

$$F_i = \frac{V_i * PV_i / r_i}{\sum V_i * PV_i / r_i} \quad i = 1, \dots, n$$

Les autres éléments restent les mêmes que pour le cas antérieur.

L'application de cette procédure pour l'affectation du coût matière première aux produits doit être faite avec précaution. D'abord, il faut bien connaître le rendement matière des billons. Il faut aussi tenir compte que le rendement matière est fortement influencé par le diamètre du billon et la variation de rendement d'une classe de diamètre à l'autre n'est pas la même pour les différents produits.

Ces facteurs rendent difficile l'application de cette procédure aux scieries de feuillus, où un même billon donne plusieurs produits principaux (donc, on ne peut pas parler de rendement matière d'un billon en fonction d'un seul produit) et des produits identiques sont réalisés à partir de billons de diamètres très variés et mêmes de différentes qualités, dans une même période.

C'est dans les scieries de résineux, qui utilisent toujours des billons de même classe de diamètre pour la fabrication d'un produit (choisi en fonction d'un rendement matière optimal) et à partir desquels on fait un seul type de produit principal, où la méthodologie montrée au tableau 4.2. trouve les conditions nécessaires à son application.

#### **4.4.2. Main d'œuvre**

Les charges de main d'œuvre peuvent être classées en directes et indirectes. A la rigueur, il est difficile d'identifier la main d'œuvre directement aux produits liés d'une scierie. Le processus divergent et pas toujours lineaire pose des problèmes pour l'affectation de la main d'œuvre directe.

En plus, les postes de travail sont spécialisés dans leurs fonctions (tronçonnage, délignage, classification) et non dans la production (planches, poutres), autrement dit, il y a divers types de produits qui y passent.

Dans ce texte on entendra par la suite comme main d'œuvre directe la main d'œuvre correspondant à un poste de travail productif, qui fait partie du circuit de fabrication. La main d'œuvre indirecte correspondra aux postes non productifs et sera affectée aux produits conjointement avec les autres coûts indirects.

En utilisant la simulation on peut retrouver le circuit que chaque produit a parcouru lors de sa fabrication, et moyennant quelques calculs on peut affecter la main d'œuvre directement à chaque sciage. Le problème est que cette procédure complique encore plus la déjà lourde tâche de construction du modèle, consomme beaucoup de mémoire et rend la simulation plus lente, à un tel point que la précision apportée n'est pas justifiée par les moyens mis en œuvre.

Dans la plupart des situations on peut simplifier les calculs tout en restant proche de la réalité.

En considérant que:

- i) un même poste de travail fait le traitement de pièces "mères" qui sont à la origine de plusieurs pièces "fils";
- ii) les produits les plus manipulés, qui ont donc un coût de main d'œuvre directe plus important, passent par un plus grand nombre de postes de travail;

On peut déterminer le coût de la main d'œuvre directe d'un produit de la façon suivante:

i) On calcule le coût total de la main d'œuvre directe d'un poste déterminé pour la période considérée et on le divise par le volume total des produits qui y sont passés, obtenant de cette façon le coût unitaire par volume traité par ce poste.

ii) Pour chaque produit, on remonte son circuit de fabrication, en additionnant les coûts unitaires de la main d'œuvre de chaque poste de travail où il est passé. Au final on aura le coût total par unité de volume

relatif à la main d'œuvre directe pour la fabrication du produit en question.

Dans la plupart des scieries on trouve des circuits de production qui ont une partie composée de postes de service qui travaillent en parallèle. Dans cette situation on a normalement des produits de même type qui dans leur processus de fabrication passent par différents circuits, ce qui signifie qu'ils ont des coûts de main d'œuvre directe différents. Dans ce cas, pour le calcul de la main d'œuvre directe on détermine une moyenne pondérée, en prenant comme base de pondération les volumes qui sont fabriqués dans chaque circuit.

#### **4.4.3. Frais Généraux**

Les frais généraux d'une scierie ne sont pas identifiables directement aux produits, ce sont des coûts indirects. On peut faire la distinction entre frais généraux de fabrication, frais d'administration, frais financiers, frais commerciaux et frais de distribution [QUE.69].

Les frais généraux de fabrication se rapportent à l'atelier de production. Ils comprennent des charges d'amortissement des bâtiments et des machines, d'entretien, de consommation d'énergie, etc.

Les frais généraux d'administration sont les charges de gestion de la scierie, comme par exemple les frais des bureaux (fournitures, P.T.T., chauffage, éclairage, ...), les amortissements des locaux administratifs, impôts et taxes, assurances, déplacements, ...

Les frais financiers sont les agios et frais bancaires, l'interêts des prêts, etc.

Les frais commerciaux sont les charges relatives à la vente et commercialisation des produits de la scierie, comme les frais de représentation et commission, frais d'emballage, publicité (catalogues, imprimés, ...), etc.

Les frais de distribution se réfèrent aux livraisons des produits finis de la scierie.

L'imputation des charges indirectes aux produits est une opération délicate. Les charges indirectes doivent être réparties avant d'être imputées aux produits. La répartition des frais indirects peut se faire en utilisant la méthode des coefficients ou la méthode des sections homogènes (figure 4.1).

Le choix de la scierie entre ces méthodes est fonction du degré de précision qu'elle recherche et des moyens financiers qu'elle veut ou peut se permettre de dépenser pour la détermination des coûts de ses produits.



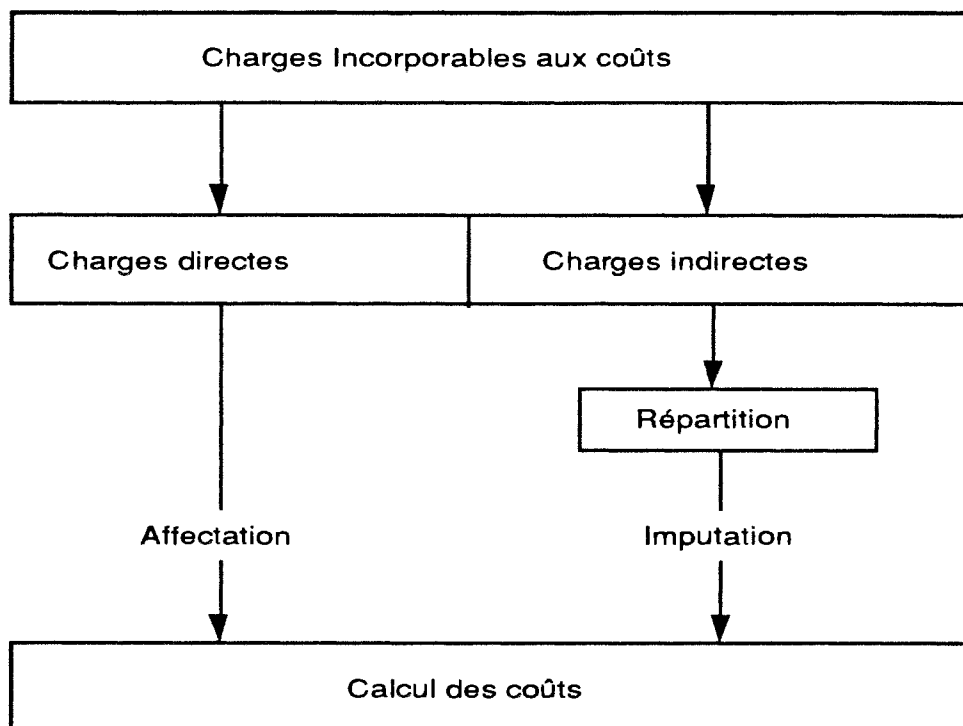


Figure 4.1. Calcul des coûts [CON.83]

La méthode des coefficients cherche à identifier les coûts propres aux produits (matière première, main d'œuvre directe, ...), puis à appliquer un coefficient sur ces coûts pour prendre en compte les coûts indirects. Usuellement on calcule une relation entre les charges indirectes et une base d'imputation, d'où l'expression de "coefficient d'imputation" ou "coefficient de majoration":

$$\text{Coefficient d'imputation} = \frac{\text{Charges indirectes}}{\text{Base d'imputation}}$$

et le montant des charges indirectes à imputer à chaque produit (ou famille de produits) est égal à:

$$\text{Coefficient d'imputation} \times \text{montant de la base de répartition concernant le produit}$$

La base d'imputation est choisie selon l'identification des coûts propres aux produits réalisés Elle peut être représentée, par exemple, par le coût de la matière première, de la main d'œuvre affectée à chaque produit, etc.

Dans les cas les plus simples on a un seul coefficient pour toute la scierie, mais on peut faire un découpage des frais indirects et pour chaque catégorie avoir des coefficients différents en valeur et/ou nature, c'est-à-dire, résultats d'applications des différentes bases d'imputation. Ainsi, par exemple, les frais d'achat peuvent être répartis en fonction de la valeur des achats d'une période, les frais de vente en fonction de la valeur des ventes, etc.

La méthode des coefficients suppose un lien direct entre les charges indirectes et la base d'imputation, ce qui n'est pas toujours le cas. Néanmoins, sa simplicité et le faible coût d'application séduisent, et dans une entreprise où les charges indirectes sont d'un montant faible par rapport aux charges directes, son application ne pose pas un grand inconvénient [CAU.81, PAT.87]. Le choix d'un coefficient a un certain arbitraire dont il faut être conscient lors de l'exploitation des informations obtenues.

Au lieu de calculer un coefficient, on peut déterminer un coût par volume de sciages [HUB.89, CAP.XX], obtenu par la division des charges d'exploitation par la production en volume de sciages (tableau 4.3). On peut soustraire des charges d'exploitation le chiffre d'affaires obtenu par la vente des sous-produits (voir item 4.6.1).

**Charges d'exploitation:**

Frais d'achat (hors coût de la matière première)	XXX	FF
+ Impôts, taxes	XXX	FF
+ Salaires	XXX	FF
+ Charges sociales	XXX	FF
+ Dotations aux amortissements	XXX	FF
+ Frais divers	XXX	FF
	---	
= Total	XXX	FF
<b>Coût par m<sup>3</sup> de sciages:</b>		
+ Volume Sciages =	XXX	FF/m <sup>3</sup> S

**Tableau 4.3.** Calcul des charges d'exploitation/m<sup>3</sup> sciages

Cette méthode a l'inconvénient de supposer que le coût de transformation est égal pour tous les produits de la scierie, ce qui n'est pas très réaliste.

La méthode des sections homogènes divise l'entreprise en plusieurs sections afin de calculer le coût de chacune d'elles. Le coût d'une section est imputé aux produits au moyen d'application d'un coefficient déterminé par le rapport du total de ses frais sur le nombre d'œuvres produites [BON.88].

Une unité d'œuvre doit permettre de mesurer à la fois le travail total de la section et le travail exécuté dans cette section sur chacun des produits qui la traverse [HOM.65]. Pour qu'elle puisse exister, la section doit être homogène, c'est-à-dire, les opérations qui y sont faites doivent avoir la même nature et intensité [ALL.85]. Par exemple, plusieurs scies à ruban pour le délignage des pièces, différentes dans leurs caractéristiques, ne forment pas une section homogène: même si la nature des services est identique, l'intensité est différente.

Le but recherché est d'imputer les charges de la section considérée aux coûts des produits. Quelquefois, on doit faire quelques simplifications en ce qui concerne l'homogénéité de la section.

Le nombre des sections dans lequel on divise la scierie doit être un compromis entre un nombre pas trop grand, pour une question de facilité de répartition des charges et la clarté d'exploitation, et un nombre pas trop petit, ce qui permet d'avoir des sections homogènes, donc une imputation plus exacte des coûts des produits [CAU.81].

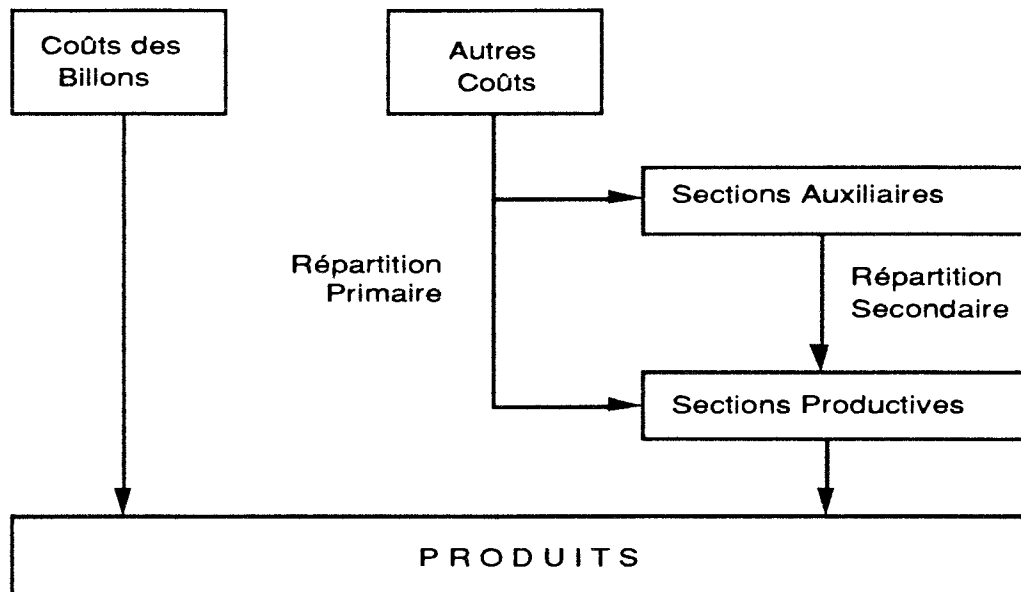
On fait une distinction entre les sections productives (aussi nommées principales ou directes) des sections auxiliaires (aussi nommées secondaires ou indirectes).

Les charges des sections productives peuvent être imputées directement aux produits.

Les sections auxiliaires exercent des activités au profit des sections productives et d'elles-mêmes. Ses charges doivent aboutir aux sections productives pour qu'elles soient imputées aux produits. On fait donc une première répartition des charges, dite primaire, entre toutes les sections, et une deuxième répartition, dite secondaire, pour répartir les charges des sections auxiliaires aux sections productives.

La figure 4.2 montre schématiquement la procédure de répartition des charges dans la méthode des sections homogènes dans une scierie:

La répartition des coûts aux sections est faite en utilisant des coefficients d'imputation, déterminés en fonction d'une base d'imputation. Cette base est fonction de la nature des charges. Par exemple, on peut prendre la superficie qu'occupe la section pour la répartition des loyers ou l'amortissement des bâtiments, la puissance des machines pour la répartition des frais d'énergie électrique, etc. Le critère pour le choix est tel que le coefficient doit représenter l'importance économique de la section par rapport aux frais qu'on veut répartir.



**Figure 4.2.** La méthode des sections homogènes dans une scierie

Les principales difficultés pour l'application de cette méthode en scieries sont liées à la détermination des:

- i) prestations des centres auxiliaires entre eux et par rapport aux centres productifs;
- ii) critères de répartition des coûts entre les centres, c'est-à-dire, la détermination des coefficients d'imputation.

La méthode des sections homogènes peut également servir de base à l'implantation d'un système de contrôle de la gestion et comme elle est liée à l'organisation de la scierie, elle permet un contrôle des différents centres d'analyse.

#### 4.5. Coût complet, Coût partiel

Un coût est défini pour satisfaire un besoin précis. Ainsi, selon les fonctions du calcul des coûts, il peut être défini pour [BOY.86, GIA.90]:

- i) déterminer la rentabilité relative des produits;
- ii) analyser l'efficacité des processus de production;
- iii) fixer une limite inférieure aux rabais qu'on peut offrir;
- iv) détecter les pertes, les gâchis;
- v) calculer les coûts d'inutilisation des ressources;

- vi) aider à déterminer un budget, un devis;
- vii) comparer les prévisions et les réalisations;
- viii) définir la politique d'investissements;
- ix) etc.

Le système d'informations adopté par la scierie pour la détermination et le contrôle des coûts doit être adapté aux besoins et objectifs du gestionnaire.

Les coûts complets prennent en compte la totalité des charges qui peuvent être rapportées à un produit: affectation des charges directes et imputation des charges indirectes. Ils permettent d'évaluer les stocks, de dégager les résultats nets propres à chaque produit et peuvent être la base pour la fixation des prix de vente des produits de la scierie.

Néanmoins, pour la prise de décision, les coûts complets sont parfois inadaptés car ils ne font pas la distinction entre les différentes charges qui les composent. La variation positive d'un de ses composants peut masquer une mauvaise performance d'un autre composant. Pour le décideur il est important de connaître la parcelle du coût qui est fixe, donc influençable par les décisions à long terme, et la parcelle qui est variable, sujette à modifications à court terme. En plus, les coûts complets ont une parcelle d'arbitraire (inévitables dans l'imputation des coûts indirects).

Ces constatations montrent l'utilité des coûts partiels, qui sont constitués par certaines charges relatives à un produit, pour la prise de décisions.

Le coût partiel n'est pas concurrentiel au coût complet. Il permet de faire d'autres analyses, de connaître avec plus de détails les conséquences des décisions, d'expliquer les variations des coûts unitaires liées à des changements dans les conditions de production.

Comme un coût partiel ne prend pas en compte toutes les charges d'un produit, sa diminution du prix de vente ne représente pas un résultat mais une marge, qui contribuera à la couverture des frais non considérés dans son calcul.

Les coûts partiels aident donc à supplanter les insuffisances des coûts complets. Selon l'analyse qu'on veut faire on choisit le type de coût partiel.

Le coût partiel le plus utilisé est le coût variable. La méthode du coût variable cherche à éliminer du calcul des coûts les charges fixes, qui sont considérées comme charges de la période. Les charges fixes sont prises en compte globalement lors de la détermination des résultats. Le coût variable diminué du prix de vente dégage une contribution à la couverture des frais fixes.

Cette méthode est critiquée car elle ne met pas en évidence les frais fixes de certains produits, qui présentent à cause de cela une marge

élevée. Par exemple, l'acquisition d'une machine pour la classification de certains produits de la scierie représente une diminution des coûts de la main d'œuvre, mais au détriment d'une augmentation des charges d'amortissements et autres frais relatifs à cette machine. Dans ce cas, les marges des produits qui y passent peuvent se révéler trompeuses par la non considération des nouveaux frais, qui sont spécifiques à ces produits.

La méthode du coût direct, aussi nommée méthode du coût variable évolué, fait une distinction entre les charges fixes qui peuvent être imputées à des produits déterminés et les charges fixes de structure qui doivent être considérées globalement.

Dans cette méthode, on détermine successivement deux marges de contribution. La première, après l'affectation des coûts variables au prix de vente, la deuxième, après l'affectation des charges fixes directes relatives à un ou plusieurs produits aux marges sur coûts variables. On obtient ainsi une marge de couverture des frais de structure de la scierie. La figure 4.3 montre schématiquement l'application de cette méthodologie.

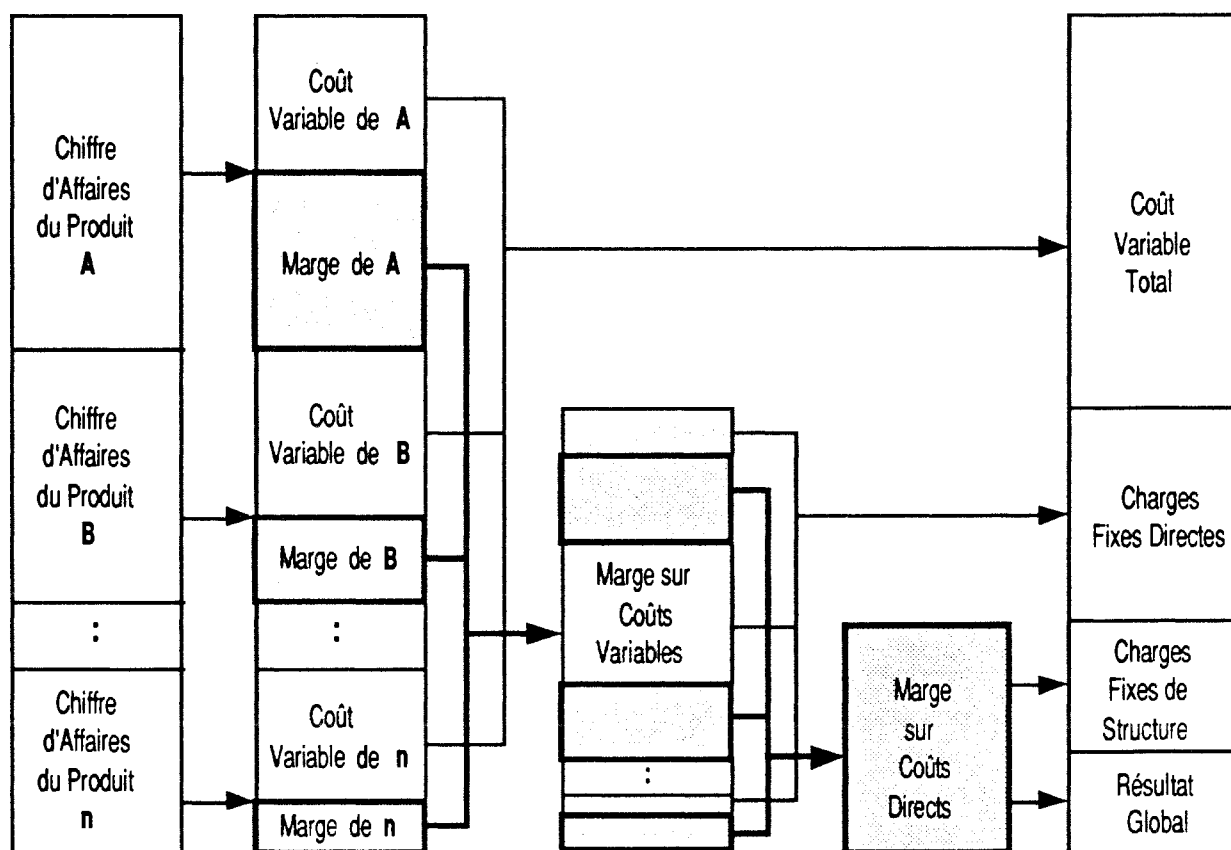


Figure 4.3. La méthode du coût variable évolué

La difficulté majeure pour l'application des méthodologies de coûts partiels réside dans l'identification des charges fixes et variables.

#### 4.6. Les coûts et les sous-produits

Le processus de fabrication de sciages donne origine à des sous-produits simultanément avec les produits principaux et secondaires.

Les sous-produits d'une scierie sont les sciures et déchets divers (écorces, chutes, ...). Ils ne font pas partie des objectifs de l'activité de la scierie, mais on ne peut pas les éviter. Ils font partie intrinsèque du processus de fabrication et on cherche à les minimiser.

Les sous-produits peuvent être vendus dans l'état ou subir un processus additionnel (chutes qui sont broyées, opérations d'emballage, etc.)

Comme ils ont une faible valeur économique, usuellement on ne calcule pas un coût pour eux. Pour prendre en compte sa valeur de vente, deux méthodes sont les plus utilisées: la réduction des coûts et le chiffre d'affaires additionnel.

##### 4.6.1. La méthode de la réduction des coûts

Dans cette méthode, on soustrait le chiffre d'affaires obtenu par la vente des sous-produits des charges d'exploitation de la scierie (tableau 4.4.). Le coût de la matière première des sous-produits est considéré nul.

Charges d'exploitation brutes de la scierie	XXX
- Chiffre d'affaires des sous-produits	XXX
	---
= Charges d'exploitation nettes à imputer aux Produits	XXX
	===

**Tableau 4.4.** La méthode de la réduction des coûts

Dans la méthode des sections homogènes il faudra calculer un coefficient de réduction qui sera appliqué aux coûts imputables aux produits:

$$\text{Coefficient de réduction} = \frac{\text{Charges d'exploitation nettes}}{\text{Charges d'exploitation brutes}}$$

Cette méthode suppose une connaissance de la quantité (m<sup>3</sup>, tonnes) de sciures et des chutes produits par volume de bois scié et que l'on vendra tous les sous-produits aux prix estimés. Elle a aussi l'inconvénient de modifier les coûts de différents produits en fonction de l'évolution des prix des sous-produits, ce qui nuit à l'appréciation des coûts dûs au processus de fabrication.

#### **4.6.2. La méthode du chiffre d'affaires additionnel**

Dans cette méthode, le chiffre d'affaires obtenu avec la vente des sous-produits est considéré comme une recette additionnelle ("vente de sous-produits") que la scierie a obtenu dans la période considérée. Comme tel, il sera comptabilisé dans le compte de résultats de la scierie.

C'est une méthode très simple, qui admet que les sous-produits ne sont pas des objectifs de production de la scierie. On n'a pas besoin de coefficients de rendement pour les sciures et les chutes, on ne considère que la valeur des sous-produits effectivement vendus.

### **4.7. Les coûts et la prise de décisions**

L'analyse des coûts de la scierie fournit des renseignements vitaux aux prises de décisions. Mais, il y a aussi quelques pièges, et pour les éviter, il faut aussi connaître les limitations et les hypothèses sur lesquelles sont basées les méthodes d'affectation et imputation des coûts.

Par la suite, nous ferons quelques commentaires sur la façon dont l'analyse des coûts peut aider les gestionnaires de la scierie pour la prise de décisions dans les domaines des risques, l'établissement des prix de vente des produits et la valorisation de la matière première.

#### **4.7.1. Les coûts et le risque**

Chaque produit dégage une marge de contribution à la couverture des frais fixes de la scierie. La marge de contribution d'un produit est obtenue en diminuant de son prix de vente le coût variable respectif. La connaissance des marges de contribution des produits est nécessaire pour le calcul du seuil de rentabilité de la scierie.

Le seuil de rentabilité, aussi appelé chiffre d'affaires critique, point d'équilibre ou point mort, indique le niveau d'activité pour lequel le chiffre d'affaires de l'entreprise est juste suffisant pour couvrir les charges, le résultat étant égal à zéro. Au-delà de ce point, l'entreprise fait des bénéfices et en-dessous de cette limite, l'entreprise a des pertes.



L'objectif du calcul du seuil de rentabilité est de mettre en évidence la relation coût-volume-profit et de donner une appréciation du risque lié à l'activité de l'entreprise. Plus le seuil de rentabilité est éloigné de la capacité de production de la scierie, moins elle sera vulnérable face à une réduction de la demande.

Le seuil de rentabilité est un indicateur de risque pour la scierie car il met en évidence le niveau d'activité minimum pour qu'elle soit rentable.

Les investissements changent la structure des coûts, et par conséquence, le seuil de rentabilité de la scierie. La connaissance du comportement des coûts face à la nouvelle configuration de la scierie donne donc une évaluation des risques liés aux investissements envisagés.

#### **4.7.2. Les coûts et les prix de vente**

On ne vendra pas les produits de la scierie à n'importe quel prix. On n'a pas intérêt à les vendre à des prix qui ne permettent pas des bénéfices et le marché ne les achètera pas au dessus d'une limite. En effet, le marché réagit en fonction du prix demandé pour un produit.

Normalement, à une augmentation du prix correspond une diminution de la demande. Mais le marché n'est pas toujours très sensible aux prix de vente, il prend en compte aussi la qualité des produits, les délais de livraison, etc.

La demande des produits d'une scierie est fortement dépendante de l'activité située à son aval. Ainsi, selon les produits qu'elle fabrique, elle est dépendante de l'activité du secteur de l'industrie de meubles, de la menuiserie, de la construction civile, etc.

Comme les scieries manœuvrent dans un marché fortement concurrentiel, seulement dans des cas très particuliers elles réussissent à imposer un prix de vente, dans la plupart des situations elles doivent pratiquer les prix du marché. Elles ont donc peu de souplesse pour la fixation des prix de vente de leurs produits.

Les produits d'une scierie sont des produits liés dont on ne peut pas savoir exactement quelles seront les quantités fabriquées au moment de la planification de la production, car elles sont dépendantes de la qualité de la matière première et celle-ci n'est pas connue précisément. Normalement, on fait une planification détaillée pour les produits principaux, les produits secondaires sont fabriqués en vue d'une valorisation du bois.

Or, il faut vendre tous les produits fabriqués. Ainsi, les prix de vente sont fixés plutôt en visant l'écoulement de toute la production que sur les coûts. Dans une scierie, on n'a donc pas un système de fixation des prix de vente du type "coût plus une marge de profit". Au moins, pas pour tous les produits, ce système pouvant être utilisé pour quelques produits

principaux. Quant aux autres produits, ils ont leurs prix de vente fixés en fonction des prix courants du marché.

La connaissance du coût et comment il est constitué restent néanmoins fondamentaux, pas seulement pour identifier la rentabilité des produits, mais aussi comme appui d'aide à des décisions de la production, dès l'acceptation des commandes spéciales jusqu'à l'élimination des produits de la gamme offerte par la scierie.

Quand la scierie n'opère pas dans son niveau d'activité maximale, elle peut être confrontée à une situation où elle doit décider d'accepter ou de refuser une commande exceptionnelle à un prix plus bas qu'usuellement. Dans ce cas, ce seront les charges variables qui serviront de paramètre pour la prise de décision, le prix limite à accepter étant donné par la valeur des coûts variables unitaires.

La différence entre le chiffre d'affaires et les charges variables résultantes, qui donne une marge pour le recouvrement des charges fixes, sera le paramètre pour l'acceptation ou le refus de cette commande. Néanmoins, même si la commande avec un prix spécial donne une marge positive, le décideur peut la refuser pour préserver les prix futurs. On évite ainsi que le client sollicite des prix identiques lors d'autres commandes et on écarte le risque de voir les autres clients exiger à leur tour les mêmes conditions spéciales.

#### **4.7.3. Les coûts et la valorisation de la matière première**

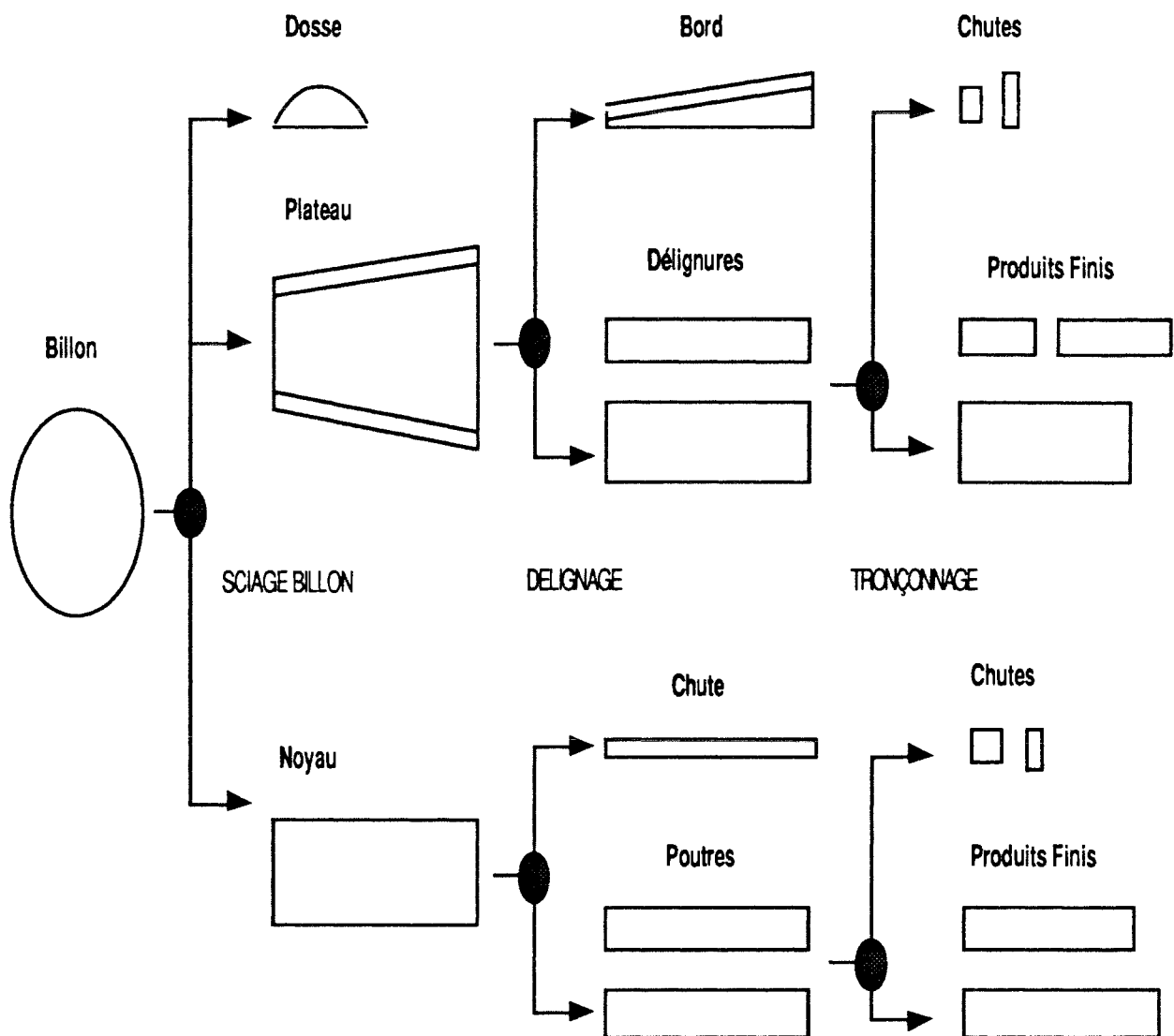
La matière première coûte chère et on a une tendance à la valoriser en faisant des produits secondaires à partir des chutes. Est-ce qu'il vaut toujours la peine de les fabriquer? Pour bien répondre cette question il faut connaître comment et où se forment les coûts dans le processus de fabrication de la scierie.

Dans un système de fabrication des produits liés, on ne peut pas décider de ne pas produire un produit quelconque avant qu'il n'ait atteint le point de séparation. Le point de séparation identifie dans le processus de fabrication le moment à partir duquel les produits liés suivent des traitements indépendants. Avant ce point, fabriquer un produit implique la fabrication d'un autre. Pour une scierie, la situation est schématiquement montrée par la figure 4.10.

Il s'agit donc de décider si les produits doivent ou non subir des traitements additionnels après le point de séparation.

A chaque point de séparation on peut avoir des chutes, des en-cours et des produits finis.

Pour bien utiliser le bois des billons, on tire des produits secondaires des dosses, des bords et d'autres chutes, visant à maximiser le rendement matière d'une matière première chère.



**Figure 4.10.** Les points de séparation des produits liés dans une scierie

La figure 4.11 montre un exemple de découpage d'une section d'un billon et quelques options de valorisation des chutes. A la sortie de la scie-de-tête on a des dosses, des plateaux avec et sans bords et un noyau. Pour valoriser le bois on peut tirer, par exemple, des voliges des dosses et des bords.

Pour cette fabrication, il faut faire plusieurs opérations de délignage et de tronçonnage, avec les mouvements des matériaux que cela implique. La question qu'on se pose est de savoir si la fabrication de ces produits secondaires est rentable pour la scierie, et dans le cas affirmatif, quelles sont les meilleures options de découpe.

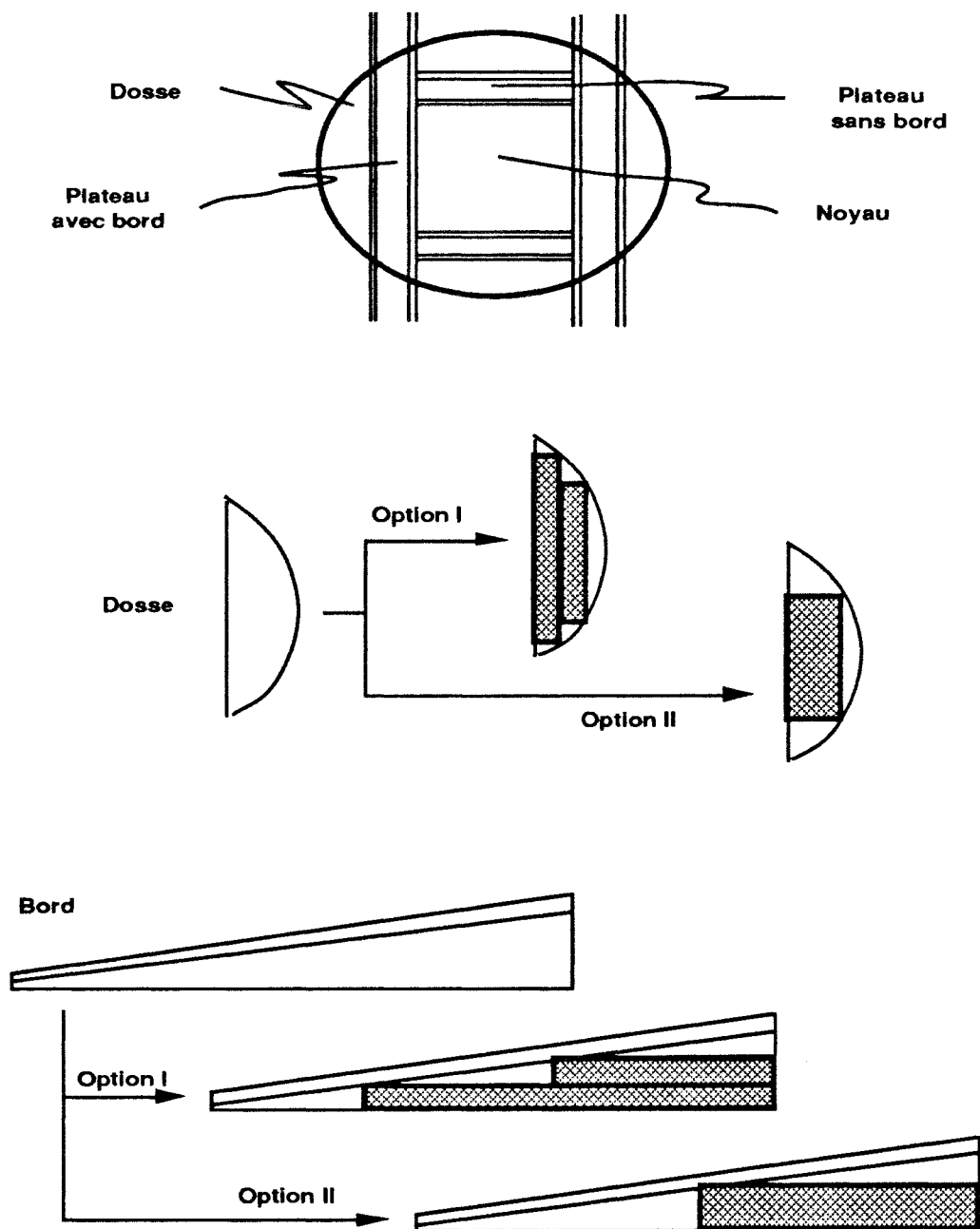


Figure 4.11. Sciage d'un billon et valorisation des chutes

Pour faire des analyses de ce genre, on ne peut pas utiliser les coûts complets. En effet, pour décider s'il vaut la peine de faire la valorisation envisagée, il faut comparer les coûts de cette valorisation avec le chiffre d'affaires additionnel qu'elle apportera.

Si le chiffre d'affaires qu'on obtient de la vente de ces produits, diminué des frais de mise-en-valeur est positif, la valorisation apporte des bénéfices pour la scierie. Mais pour vérifier si la valorisation cherchée est la meilleure option pour l'entreprise, il faut diminuer de ces

bénéfices le chiffre d'affaires qu'on obtient si on vend les dosses ou les bords comme chutes, sans opérations additionnelles (tableau 4.5).

Chiffre d'affaires du produit valorisé	XXX
- Coûts de la valorisation	XXX
	----
= Bénéfice de la valorisation	XXX
- Vente des chutes, sans valorisation	XXX
	----
= Marge apportée par la valorisation	XXX
	====

**Tableau 4.5. Calcul de la viabilité d'une valorisation de matière première**

Si la marge apportée par la valorisation est positive, il vaut la peine pour la scierie de faire la fabrication du produit envisagé. On fait des calculs semblables pour toutes les options de valorisation possibles et le produit qui apporte la marge la plus grande est choisi pour la fabrication, en respectant évidemment les contraintes de demande.

Si les coûts de valorisation prennent en compte une parcelle des coûts indirects de la scierie (c'est le cas quand on analyse une scierie qui fait de la valorisation et dont on a les coûts déterminés par un système auquel participent tous les produits) et si la marge n'est pas positive, d'autres analyses doivent être faites. Ces analyses sont les mêmes pour prendre la décision d'abandonner la fabrication d'un produit qu'on juge pas assez rentable.

Dans cette situation, il faut prendre en considération le fait que les coûts indirects sont distribués et ensuite imputés à tous les produits de la scierie. On peut donc dire que la fabrication d'un produit allège les charges des autres. Si on décide d'abandonner la fabrication d'un produit, les autres recevront une partie plus importante dans l'imputation des charges communes à la scierie. Il faut donc mesurer l'impact sur les charges des autres produits, dû à l'abandon de la fabrication du produit envisagé.

Autrement dit, l'élimination d'un produit apportera comme économie pour la scierie seulement les charges qui lui sont propres, c'est-à-dire, les charges qui sont effectivement éliminées avec l'élimination du produit. Si on peut identifier ces charges, le calcul devient plus simple, mais dans une scierie, où les coûts de fabrication sont fonction de l'activité de l'ensemble de l'atelier de sciage, cette identification n'est pas évidente.

Si la décision se rapporte à un groupe de produits, on doit inclure dans l'analyse, s'il y a lieu, les économies sur les charges communes à tout

le groupe. De la même façon, on considèrera seulement les charges qui effectivement peuvent être éliminées.

Les charges fixes de structure, qui ne peuvent pas être éliminées avec l'abandon d'un produit ou d'un groupe de produits, ne jouent aucun rôle dans la décision.

L'abandon de la fabrication d'un produit (ou d'un groupe de produits) sera avantageux pour la scierie seulement si les économies résultantes de cette décision sont supérieures au chiffre d'affaires respectif.

Evidemment, la décision de devra pas s'appuyer sur l'analyse des données d'un seul mois d'activité de la scierie, une période plus importante doit être prise en compte. Sauf si on juge que l'activité du mois est représentative et si on n'attend pas des changements dans la situation tel qu'elle a été étudiée.

Certaines charges de la scierie seulement peuvent être éliminées après une certaine période. Par exemple, les frais de main d'œuvre ne peuvent pas être éliminés tout de suite. Ainsi, on peut décider de fabriquer encore les produits en question pendant la période où on dispose de cette ressource, si la vente de ces produits couvre une partie des frais de fabrication qu'on ne peut pas éliminer immédiatement.

D'autres facteurs peuvent aussi déterminer le maintien de la fabrication des produits pas ou peu rentables [MOD.85, EIS.89]:

i) Si on attend une modification positive dans le prix de vente dans le court terme et on veut conserver les clients déjà acquis.

ii) Pour satisfaire un client qui achète d'autres produits de la scierie et qu'on risque de perdre s'il doit acheter le produit en question ailleurs. On doit donc considérer l'interdépendance des produits concernés avec le reste des ventes de l'entreprise.

iii) Si on peut rationaliser le système de production et avoir de cette façon une modification positive dans la structure du coût.

#### **4.8. Les coûts des dysfonctionnements**

Les dysfonctionnements engendrent des coûts qui affectent la performance économique de l'entreprise. Ces coûts sont dit "cachés" car ils n'apparaissent pas explicitement dans les systèmes d'informations de l'entreprise. Ils sont liés à l'absentéisme, aux accidents de travail, à la rotation du personnel, à la qualité des produits et à la productivité, et comprennent quatre composants [SAV.89]:

i) sursalaires: salaires versés sans contrepartie de travail (par exemple, indemnités versées dans certains cas d'absence);

ii) sur-temps ou temps de régulation: rémunération du temps passé à prendre des mesures pour corriger les dysfonctionnements, au lieu de les passer d'une façon productive.

iii) surconsommations: consommation additionnelle des ressources (énergie, matières, ...) pour la correction des dysfonctionnements.

iv) non-productions: perte d'occasion de réaliser ou de vendre un produit.

Les trois premiers composants sont constitués des charges que la scierie peut minimiser avec la diminution des dysfonctionnements, le dernier composant ne constitue pas une charge mais une perte de recette (coût d'opportunité).

#### **4.9. Les coûts et l'inflation**

L'inflation se traduit par une augmentation générale des prix, elle a l'effet d'une dépréciation monétaire. En conséquence, les coûts de la matière première, de la main d'œuvre et des autres facteurs dont elle a besoin pour produire, augmentent dans le temps.

Dans une analyse d'investissement, on doit faire des estimations sur l'évolution des prix. Si tous les coûts et les prix de vente des produits varient dans la même proportion, on peut ignorer l'effet de l'inflation dans l'analyse. Mais, normalement le taux d'inflation n'est pas le même pour tous les facteurs, donc les coûts n'évoluent pas d'une manière identique. Dans ce cas, l'effet de l'inflation doit être pris en compte dans l'analyse d'investissement [HOC.86].

La substitution d'une machine ne se fera pas au même coût d'acquisition, elle aussi devra être acquise plus chère à cause de l'inflation (mis à part l'influence de l'obsolescence). Cela signifie que les dotations aux amortissements ne suffiront pas pour renouveler les biens de production. On a le même problème pour le rechargement des stocks de matière première et de produits finis.

Si on ne tient pas compte de l'effet de l'inflation, la scierie n'aura pas les conditions pour maintenir son niveau d'activité actuel dans le futur, à cause de la diminution de la valeur de ses actifs.

L'inflation exige donc une augmentation des fonds de roulement.

Toujours à cause de l'inflation, la différence entre le prix de vente et le coût ne peut pas être considérée comme un profit. Effectivement, le profit réel de la scierie ne pourra être établi qu'après la reconstitution de ses actifs [FLO.88]. Une partie de la marge dégagée par les produits servira ainsi pour la reconstitution adéquate des immobilisations et des fonds de roulement. Des marges élevées, sous conditions de forte inflation peuvent

s'avérer trompeuses en ce qui concerne le profit réel de la scierie, elles doivent être interprétées avec précaution.

Sous une économie sujette à une forte inflation, la scierie peut choisir d'utiliser les coûts de substitution au lieu des coûts historiques dans la comptabilité analytique (par exemple, calculer les amortissements en prenant comme base les coûts des nouvelles machines au lieu des coûts historiques d'acquisition corrigés par un coefficient officiel, déterminé par le gouvernement pour utilisation dans la comptabilité générale), ce qui réduit les biais des informations apportées par les marges calculées en fonction des coûts historiques.

#### **4.10. Les coûts et la simulation**

Toutes les questions abordées jusqu'ici montrent la complexité du système de production d'une scierie. Toutes les variables interagissent et on ne peut pas modifier quoi que ce soit sans avoir une réaction conséquente dans une partie de la scierie, soit dans le domaine économique, soit dans le domaine de la gestion de la production.

La simulation du comportement dynamique de la scierie permet de mesurer l'impact des dysfonctionnements et d'analyser dans quelle mesure les coûts de fabrication varient en fonction de l'activité de l'ensemble du système de production. On ne se limite pas à l'analyse des résultats obtenus pour un groupe déterminé des données d'entrée, mais on peut étudier en plus comment les coûts sont formés, dans quelle mesure ils sont influencés par les moyens mis en œuvre et quelles sont les conséquences d'une décision à n'importe quel endroit de l'atelier de sciage.

La reconnaissance dans les modèles de simulation du comportement aléatoire des variables intervenant dans le processus de fabrication, permet une représentation très proche du système de production réel de la scierie.

Les estimations sur l'évolution des coûts dans le futur, dans un contexte où les taux d'inflation sont différents pour les différents facteurs économiques de la scierie, peuvent être simulées et les impacts sur les composants des coûts appréciés.

Les calculs qu'on fait en tenant compte des facteurs de probabilités liés aux incertitudes sur la connaissance des coûts permettent une évaluation des risques concernant les investissements, devis, etc.

Les applications qu'on montrera dans le chapitre suivant exploitent quelques possibilités que nous offre la prise en compte des aspects technico-économiques dans la simulation des scieries.



# **CHAPITRE V**

## **5. APPLICATIONS**

### **5.1. INTRODUCTION**

### **5.2. L'ENTREPRISE "A"**

#### **5.2.1. Présentation**

#### **5.2.2. Objectifs de la simulation**

#### **5.2.3. Modélisation**

#### **5.2.4. Validation du modèle**

#### **5.2.5. Analyse des résultats**

- a) Les coûts des produits**
- b) Influence du diamètre des billons sur les coûts des produits**
- c) Influence de l'approvisionnement sur le processus de fabrication, les coûts des produits et la rentabilité**

## **5.3. L'ENTREPRISE "B"**

### **5.3.1. Présentation**

### **5.3.2. Objectifs de la simulation**

### **5.3.3. Modélisation des scieries**

- a) La scierie "CANELA"**
- b) Les scieries "ESSENCE TENDRE",  
"ESSENCE DURE" et  
"FAIBLE DIAMETRE"**
- c) La scierie "BILLONS COURTS"**

### **5.3.4. Modélisation des découpes**

- a) Généralités**
- b) La découpe des billons dans les  
scieries "CANELA", "ESSENCE  
TENDRE", "ESSENCE DURE" et  
"FAIBLE DIAMETRE"**
- c) La découpe de billons dans la scierie  
"BILLONS COURTS"**
- d) Le délignage et le tronçonnage**
- e) Les produits finis**

### **5.3.5. Les données économiques**

### **5.3.6. Validation des modèles**

### **5.3.7. Résultats**

- a) Flux matière et économique**
- b) Les performances des scieries**
- c) Influence du niveau de production  
des scieries sur les coûts**
- d) Impact de l'inflation sur les coûts**

## **5.4. L'ENTREPRISE "C"**

### **5.4.1. Présentation**

### **5.4.2. Objectifs de la simulation**

### **5.4.3. Modélisation**

### **5.4.4. Le coût de fonctionnement du classeur**

### **5.4.5. Validation du modèle**

### **5.4.6. Résultats**

- a) Influence sur le coût de fonctionnement du classeur de la taille du lot et du mélange de longueurs des billons lancés dans une campagne**
- b) Influence sur le coût de fonctionnement du classeur des temps d'arrêt entre campagnes**
- c) Commentaires**

## CHAPITRE V

### 5. APPLICATIONS

#### 5.1. Introduction

L'ensemble de ce chapitre repose sur des applications qui ont été faites sur des systèmes de productions réels, en France et au Brésil.

Dans un premier temps, nous présentons les études de plusieurs ateliers de sciages, appartenant à deux entreprises qui opèrent dans des secteurs d'activité complémentaires de la filière bois.

L'entreprise "A", française, fait de l'exploitation forestière et possède un seul atelier de sciage.

L'entreprise "B", brésilienne, a des activités d'exploitation forestière, de sciage, de deuxième transformation, et opère dans le domaine de production d'huile d'origine végétale. Elle est caractérisée par plusieurs ateliers de sciage, implantés sur le même site géographique.

Les scieries étudiées utilisent comme matière première du bois de feuillus.

Ensuite, nous avons élargi le cadre de l'étude à une nouvelle entreprise, dénommée "C", française, une scierie des bois résineux. Dans cette entreprise, nous nous sommes intéressés au problème de tri des produits finis, réalisé par un classeur automatisé.

Chaque entreprise a été simulée en utilisant le langage général de simulation SIMAN [PEG.83].

Les valeurs économiques, d'entrée ou de sortie de la simulation étant confidentielles, elles sont présentées sous un format détourné de pourcentage ou d'unité monétaire [u.m.].

Aucune mention n'est faite sur l'équivalence de cette unité monétaire avec une monnaie de référence. Ainsi, les valeurs exprimées doivent être interprétées comme des valeurs relatives.

Chaque entreprise ayant son propre référentiel, une comparaison des différentes valeurs obtenues n'est pas possible entre les différentes entreprises.

Le calcul des coûts des produits des scieries des entreprises "A" et "B" a été fait de la manière suivante:

i) matière première: en utilisant comme base de répartition la valeur potentielle de vente, selon la démarche présentée aux pages 64 et 65.

ii) main d'œuvre: l'imputation est faite d'après la démarche présentée à la page 67.

iii) coûts indirects: sont imputés aux produits en utilisant la méthode des sections homogènes (page 71).

Le calcul du coût du poste de tri des produits de l'entreprise "C" est présenté à la page 159.

## 5.2. L'entreprise "A"

### 5.2.1. Présentation

L'entreprise exerce les activités d'exploitation forestière et de scierie. Son activité d'exploitation forestière concerne quelques 25.000 m<sup>3</sup> de grumes par an (sur écorce), dont environ 10.000 m<sup>3</sup> sont dirigés vers la scierie.

Elle emploie 40 personnes, dont 22 travaillent dans la scierie et 4 dans l'administration.

La scierie "A" est implantée dans les Vosges (France), proche de ses sources d'approvisionnement. L'approvisionnement de la scierie a la répartition indiquée au tableau 5.1 (moyenne des dernières années).

ESSENCE	REPARTITION
Chêne ( <i>Quercus sp</i> )	26%
Hêtre ( <i>Fagus silvatica</i> )	67%
Autres	7%

**Tableau 5.1.** L'approvisionnement de la scierie "A"

En 1985, la scierie a participé pour 38% dans le chiffre d'affaires de l'entreprise et 42% du chiffre d'affaires de la scierie ont été obtenus par des exportations pour l'Italie et l'Espagne.

### **5.2.2. Objectifs de la simulation**

Les principaux objectifs de la simulation ont été:

- i) calculer les coûts des produits de la scierie;
- ii) déterminer l'influence du diamètre du billon sur les coûts des produits;
- iii) vérifier dans quelle mesure l'approvisionnement influence les taux d'occupation des postes de service et étudier les conséquences sur les coûts de production;
- iv) analyser la productivité et la rentabilité de la scierie pour plusieurs politiques d'approvisionnement

On n'a étudié le processus de production de la scierie que pour le sciage des billons de hêtre.

### **5.2.3. Modélisation**

L'atelier de production est composé de plusieurs postes de travail (dénommés "stations") enchaînés en série ou en parallèle. Les produits qui transitent dans une station peuvent y subir des modifications physiques (délignage, tronçonnage, etc) ou non (triage, classification, etc). Une station utilise des ressources matériels (machines, outils, etc) et/ou de personnel (main d'oeuvre).

Quand la tâche d'une station est accomplie, le produit (dénommé "client") est envoyé soit à une nouvelle station soit à une sortie. Une fois arrivé à la sortie, il est éliminé du circuit de production, sauf si c'est un produit qui nécessite encore d'autres processus. Les produits qui sortent de la scierie sont soit des produits finis, soit des déchets.

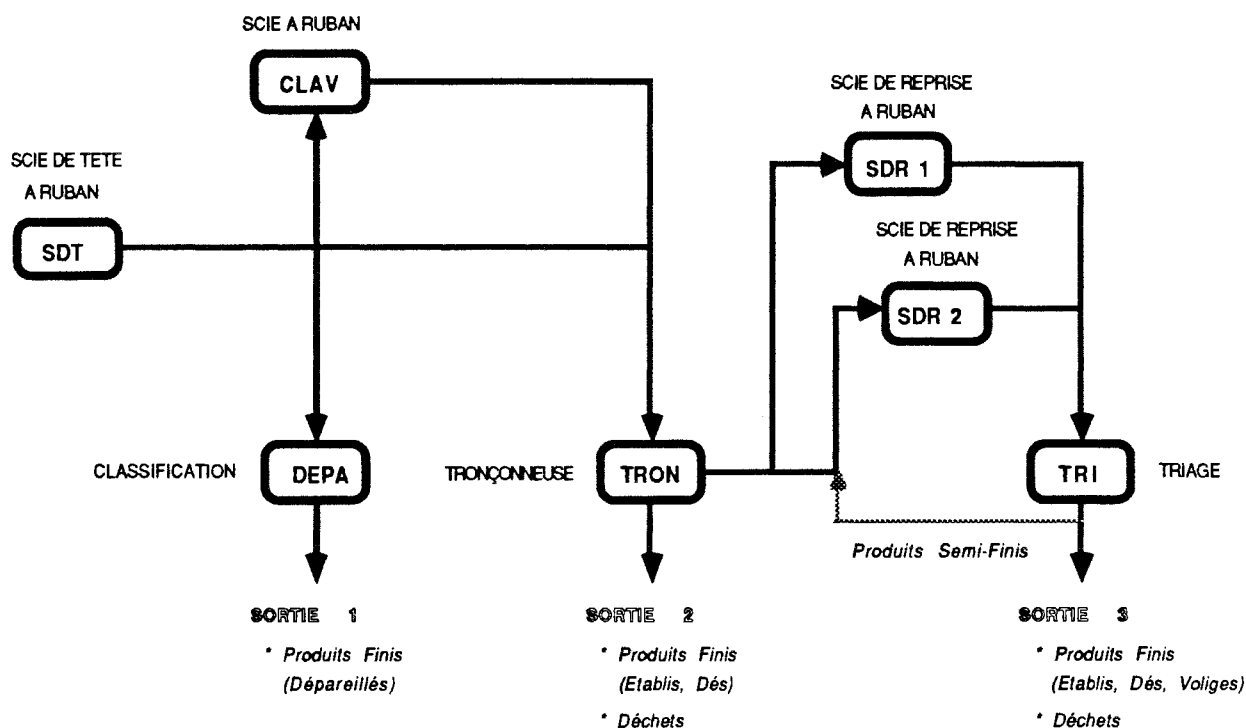
La figure 5.1 montre le système de production simulé, avec l'identification des stations par leurs noms et ses équipements ou tâches. Elle montre aussi le flux physique des produits semi-finis et les différentes sorties du système.

Avant de subir les opérations en utilisant les ressources de la station, le client doit attendre dans une file d'attente que les services demandés par les clients précédents soient terminés. Si les ressources sont disponibles tout de suite et s'il n'y a pas de clients en attente, le temps dans la file pour un client qui arrive est nul.

Dans le cas de cette scierie, la gestion des files d'attente est du type FIFO, ce qui veut dire que le premier client à entrer dans la file sera aussi le premier client à en sortir.

Si on compte chaque largeur, épaisseur et longueur, le nombre de produits finis se monte à plus d'une centaine. Cela rend le travail de

modélisation de la fabrication en détail d'une complexité telle qu'il n'est pas justifiable par le rapport qualité des informations apportées/coûts de la modélisation.



**Figure 5.1:** Système de Production Simulé (Scierie "A")

Cette constatation nous a amenés à modéliser la fabrication des "familles" de produits plutôt que les produits eux-mêmes. Ainsi, par exemple, la famille de produits "établis" représente des produits de 60 mm d'épaisseur, ayant toutes largeurs entières possibles entre 10 et 30 cm et une longueur de 1.20, 1.50 ou 2.00 m. D'une façon similaire, les familles "dépareillées", "dés" et "voliges" regroupent chacune plusieurs produits différents, mais toujours de même qualité.

Les prix de vente pour les différents produits d'une même famille, en FF/m<sup>3</sup>, sont les mêmes pour tous les produits. Par la suite de ce texte, on ne va plus faire référence au terme famille, on va les désigner simplement par produits.

Les produits "établis" et "dés" peuvent parcourir différents circuits qui sont pris en compte par la modélisation afin de vérifier quels sont les conséquences sur les coûts respectifs.

La scierie est approvisionnée avec 3 qualités de billons dénommés: bonne, moyenne et mauvaise qualité, en fonction des produits qu'on peut en tirer.

Les produits de bonne qualité sont tirés des rives des billons, le coeur donnant des produits calages ("dés" ou "voliges").

Le classement fait au parc-à-grumes n'est pas toujours précis, à cause des caractéristiques internes du billon qu'on ne voit qu'au moment de la découpe à la scie de tête. De cette manière, par exemple, un billon classé comme étant de bonne qualité peut donner (même avec une faible probabilité) un ou plusieurs plateaux de qualité inférieure et inversement, à cause des caractéristiques internes.

Pour prendre en compte celà, le programme sous-classifie la qualité initiale du billon en une autre, choisie parmi 8 options. Pour chaque qualité de billon il y a plusieurs modes de découpe, choisis en fonction d'aléas internes au programme et établis en fonction des observations faites à la scierie. On a donc un très grand nombre de possibilités de découpe.

La scierie débite aussi de bois mitrillés, ce qui cause des ennuis surtout au niveau de la scie de tête, entraînant des pertes de temps et, parfois, d'endommagement de la lame.

#### 5.2.4. Validation du modèle

Pour valider le modèle on a effectué une journée de mesures à la scierie, pendant 470 minutes de travail. Le tableau 5.2 montre les mesures prises pour la validation du modèle et les moyennes des simulations. Pendant ce jour là, il y a eu deux commandes spéciales. Pour leur réalisation il a fallu faire quelques découpes particulières à la scie de tête, qui ont pris plus de temps que normalement. Ainsi, on peut estimer que la production globale a été un peu plus faible que celle d'une journée normale.

On peut admettre aussi une petite erreur de comptage des produits finaux, dûe surtout au grand nombre et types de produits.

	MESURES PRISES	MOYENNE SIMULATIONS
Billons [Nombre]	101	103
Qualités [%]: Bonne	31	30
Moyenne	37	39
Mauvaise	32	31
Volume Scié [m <sup>3</sup> ]	43,2	44,4
Volume Produits [m <sup>3</sup> ]	27,9	30,0
dont: Dépareillés	13,0	13,2
Etablis	1,3	2,5
Calages (Dés + Voliges)	13,6	14,2
Rendement Matière sous écorce [%]	65,4	67,6

**Tableau 5.2:** Données pour la Validation du Modèle de la scierie "A"



Le temps de prélèvement des données nécessaires pour la construction du modèle et pour sa validation a représenté une partie non négligeable du temps total de réalisation de cette étude de simulation.

Néanmoins, cette étape a été conduite avec patience et rigueur, à cause de son importance, étant donné que la qualité des résultats des simulations est fonction de la qualité des données avec lesquelles on alimente le modèle.

### 5.2.5. Analyse des résultats

#### a) Les coûts des produits

Les premières simulations du modèle ont été faites avec les données présentées par le tableau 5.3. Ce tableau montre la condition normale d'approvisionnement de la scierie.

L'approvisionnement avec lequel la scierie opère normalement présente une distribution équilibrée des différentes qualités des billons et sera dénommé par la suite "approvisionnement équilibré".

<b>QUALITES:</b>	BONNE	30 %
	MOYENNE	40 %
	MAUVAISE	30 %
<b>DIAMETRES:</b>	< 25 cm	5 %
	25 - 35 cm	15 %
	35 - 45 cm	50 %
	45 - 55 cm	25 %
	55 - 75 cm	3 %
	> 75 cm	2 %
<b>LONGUEURS:</b>	260 cm	25 %
	300 cm	50 %
	360 cm	25 %
<b>BOIS MITRAILLE:</b>		3 %

**Tableau 5.3. L'approvisionnement équilibré**

Le tableau 5.4 présente la moyenne des résultats des simulations effectuées.

La figure 5.2 présente graphiquement les résultats de ces simulations. On y voit les coûts des produits décomposés en ses 3 éléments principaux, c'est-à-dire, le coût de la matière-première (MP), le coût de la main d'oeuvre directe (MOD) et les coûts indirects (IND).

Les coûts indirects comprennent les frais généraux de production, l'amortissement et la main d'oeuvre indirecte, les frais administratifs en sont exclus.

La même figure présente aussi le gain sur chaque produit (MARGE). Les valeurs des composants des coûts sont présentées en pourcentage du coût complet du produit, la marge est donnée en fonction du prix de vente.

	COUT MP	COUT MOD	COUT IND	TOTAL	MARGE
SORTIE 1:					
Dépareillés	51	10	13	74	28 %
SORTIE 2:					
Etablis	83	11	23	117	33 %
Dés	43	8	22	73	10 %
SORTIE 3:					
Etablis	83	16	21	120	29 %
Dés	43	12	20	75	7 %
Voliges	10	34	36	80	0 %

Tableau 5.4 . Coûts [u. m./m<sup>3</sup>] pour l'approvisionnement équilibré

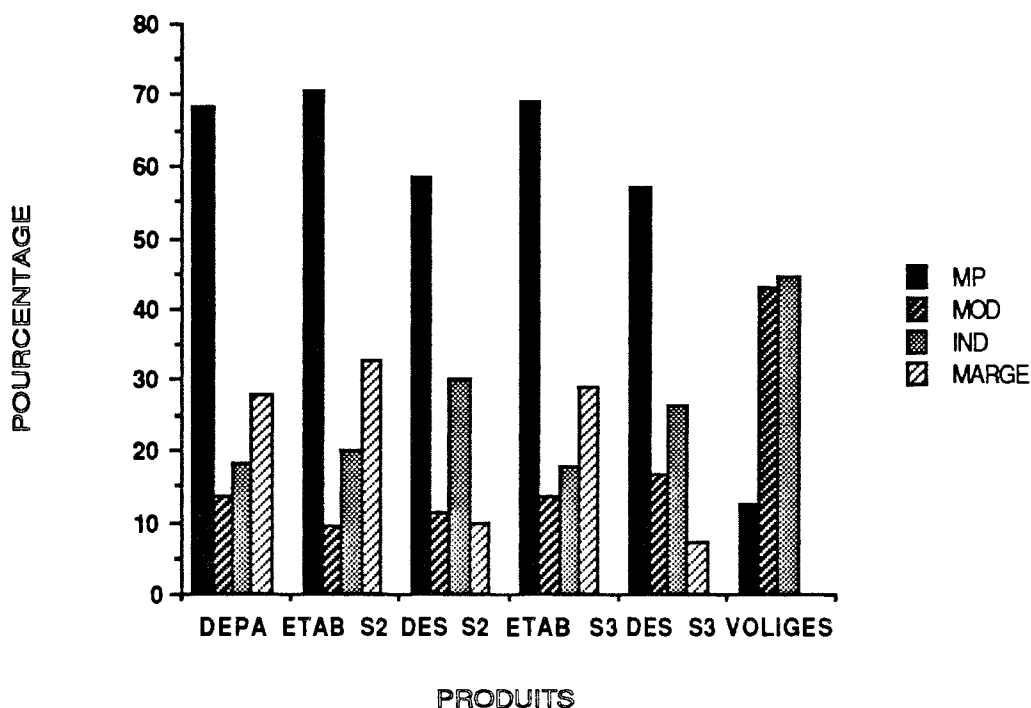


Figure 5.2. Composition en pourcentage des coûts (sur les coûts complets) et marge (sur les prix de vente)

Une remarque doit être faite pour les "voliges". Dans sa majeure partie, les "voliges" sont tirées des dosses et des bords de plateaux, ce qui est une manière de valoriser les chutes, qui seraient, normalement, broyées et vendues comme sous-produits.

Néanmoins, cette production de "voliges" n'est pas suffisante pour satisfaire la demande, et le complément est fait avec de "voliges" tirées de plateaux de mauvaise qualité (les mêmes d'où sont tirés les "dés"). Dans le premier cas, le coût de la matière-première est considéré comme nul et dans le second cas, le coût de la matière-première est celui du bois pour la fabrication de "dés".

Le coût présenté par la figure 5.2 de la matière première pour la fabrication des "voliges" est une moyenne pondérée de toute la production simulée.

Les produits qui dégagent une meilleure marge pour couvrir les frais d'administration et rentabiliser l'entreprise sont ceux de bonne qualité.

La production des "voliges", compte tenu de la production actuelle, n'apporte rien pour l'entreprise, sauf si elles sont vendues sans passer par la mise à longueur. La mise à longueur des voliges représente 6% de son coût complet.

Mais il faut considérer que les voliges qui ont un coût matière nul (valorisation des dosses et bords) dégagent une marge, les voliges tirées des plateaux ont une marge négative.

Le tableau 5.5 montre la composition en pourcentage du coût de la main d'oeuvre directe pour chaque produit par poste de travail. On peut y apercevoir quels sont les postes de travail qui consomment le plus les frais de la main d'oeuvre directe pour la fabrication d'un produit donné.

	* PGR+SDT	DEPA	CLAV	TRON	SDR	TRI
SORTIE 1:						
Dépareillés	42 %	58 %	- -	- -	- -	- -
SORTIE 2:						
Etablis	49 %	- -	32 %	19 %	- -	- -
Dés	42 %	- -	39 %	19 %	- -	- -
SORTIE 3:						
Etablis	33 %	- -	- -	7 %	22 %	38 %
Dés	28 %	- -	- -	7 %	25 %	40 %
Voliges	2 %	- -	3 %	10 %	43 %	41 %

\* Parc à grumes + scie de tête

**Tableau 5.5.** Coût de la main d'oeuvre des produits [%], par station

## b) Influence du diamètre des billons sur les coûts des produits

Etant donné l'importance du coût de la matière-première dans les coût complet des produits, on a réalisé plusieurs simulations pour étudier l'influence du diamètre sur le rendement matière et, en conséquence, sur les coûts. A chaque simulation on a considéré un lot de billons avec une distribution uniforme dans l'intervalle de diamètres simulés. On a pris des intervalles avec une plage de 10 cm de variation et on a fait varier la moyenne de l'intervalle de 5 cm à chaque nouvelle série de simulations.

La figure 5.3 montre le rendement matière moyen des qualités simulées en fonction du diamètre du billon. On peut apercevoir le gain matière des billons de plus grand diamètre par rapport aux billons de moindre diamètre.

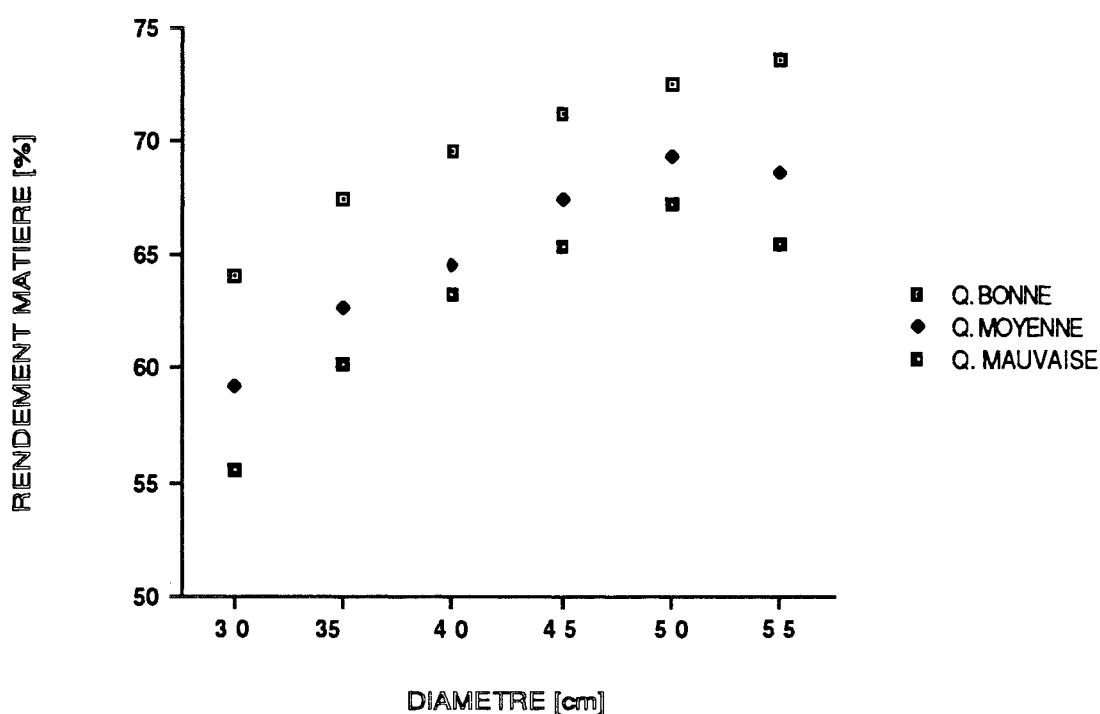
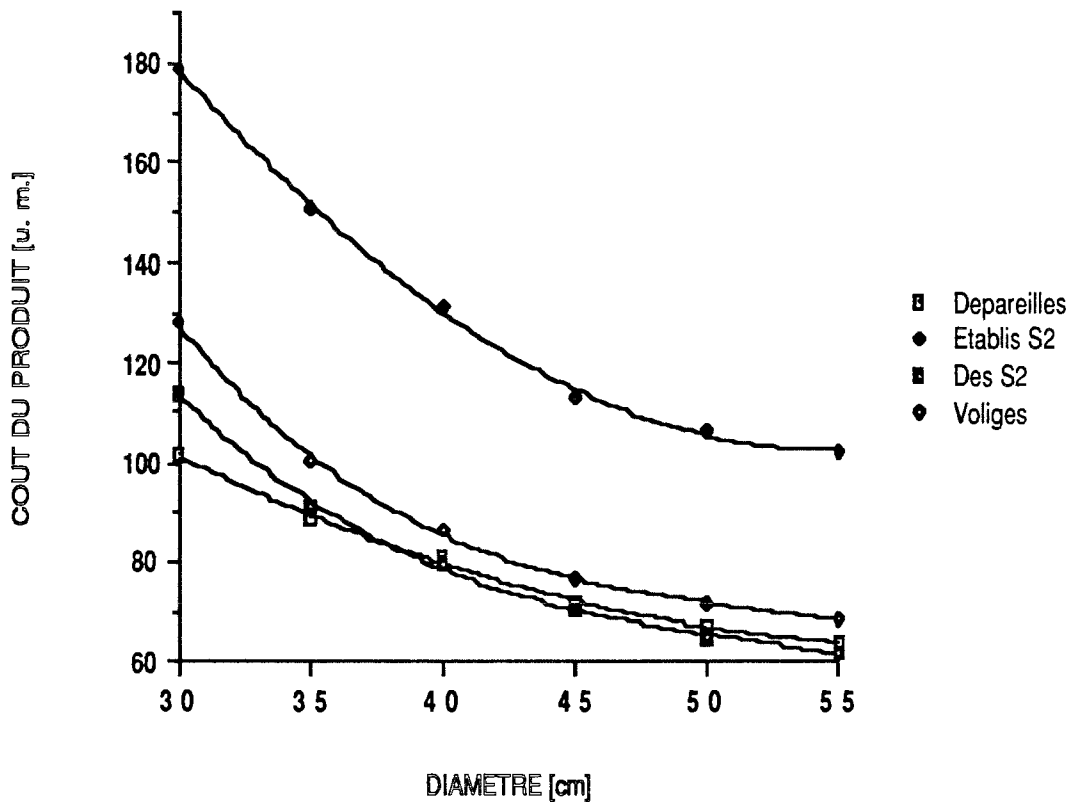


Figure 5.3. Rendement matière en fonction du diamètre du billon

La figure 5.4 montre la variation du coût pour plusieurs produits en fonction des diamètres simulés (les produits "établis" et "dés" de la sortie S3 n'ont pas été représentés dans cette figure pour raison de clarté de présentation).



**Figure 5.4.** Variation des coûts des produits en fonction du diamètre des billons

On voit que le coût devient plus faible quand le diamètre moyen s'accroît, dans la fourchette des diamètres simulés et que cette décroissance n'est pas linéaire. Le meilleur rendement matière obtenu pour les diamètres plus importants explique les bons résultats pour les coûts des produits issus de ces billons.

Mais, est-ce la politique d'approvisionnement qui donne les meilleurs résultats du point de vue financier pour la scierie? Quelles sont les conséquences sur les postes opératifs et sur la productivité globale de la scierie si on change la proportion des qualités des billons dans l'approvisionnement? Pour répondre à ces questions, d'autres politiques d'approvisionnement ont été étudiées.

**c) Influence de la politique d'approvisionnement sur le processus de fabrication, les coûts et la rentabilité**

On a simulé encore deux situations: l'approvisionnement avec prédominance de billons de bonne qualité et l'approvisionnement avec prédominance de billons de mauvaise qualité.

La qualité qui prédomine a une proportion de 50 % et les deux autres qualités ont une proportion de 25% chacune dans l'approvisionnement. Les autres conditions sont identiques à celles des simulations avec un approvisionnement équilibré (mêmes proportions pour les diamètres, longueurs et bois mitraillé).

Le même nombre de simulations que pour le cas d'approvisionnement équilibré a été fait pour chaque nouvelle situation, avec la même durée. Les résultats sont présentés par le tableau 5.6 et la figure 5.5.

Les valeurs indiquées dans le tableau 5.6 et la figure 5.5 ont été calculées en prenant une base égale à 100 % du coût du produit pour l'approvisionnement équilibré.

Le coût le plus bas pour la production de "dépareillés" a été obtenu avec un approvisionnement où ont prédominé les billons de bonne qualité. Dans ce cas, le coût représente 97 % du coût de ce produit obtenu avec un approvisionnement équilibré.

Cela peut être expliqué, parmi d'autres facteurs, par une meilleure utilisation des ressources de la scierie mises à disposition pour la fabrication de ce produit (station DEPA), comme on peut apercevoir dans le tableau 5.7 et la figure 5.6, qui montrent les taux d'occupation moyenne des postes de travail pour les 3 politiques d'approvisionnement.

	----- APPROVISIONNEMENTS -----		
	EQUILIBRE	PREDONIMANCE BONNE QUALITE	PREDOMINANCE MAUVAISE QUALITE
SORTIE 1:			
Dépareillés	100 %	97 %	104 %
SORTIE 2:			
Etablis	100 %	102 %	102 %
Dés	100 %	104 %	101 %
SORTIE 3:			
Etablis	100 %	102 %	101 %
Dés	100 %	105 %	99 %
Voliges	100 %	120 %	88 %

**Tableau 5.6. Coûts des produits [%] pour divers approvisionnements**

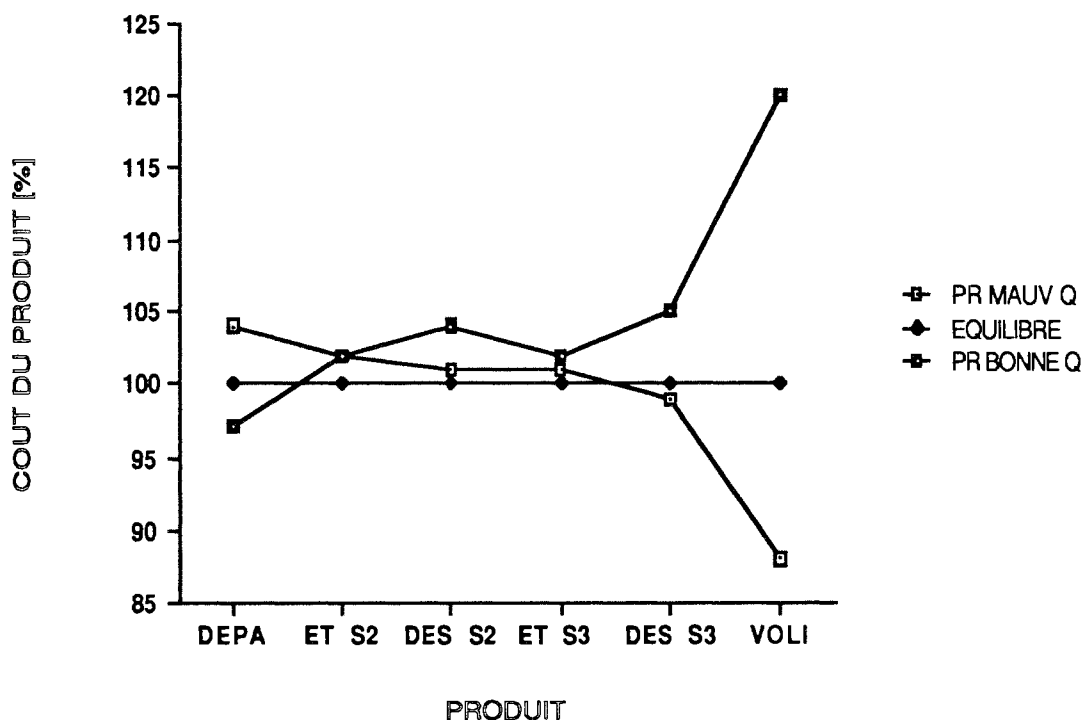


Figure 5.5. Coûts des produits pour divers approvisionnements

Pour un approvisionnement avec prédominance de billons de mauvaise qualité, il y a peu de produits en attente devant le poste de service "DEPA", il y a même des situations où les ressources sont inoccupées par manque de clients.

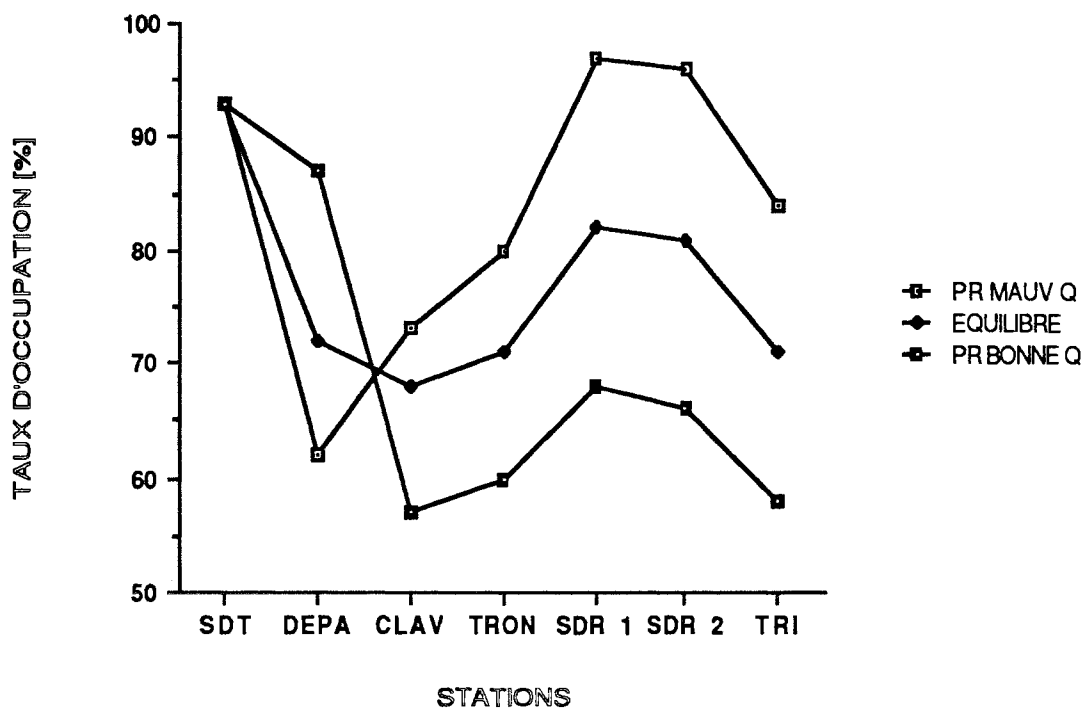
On trouve la situation opposée dans le cas d'un approvisionnement avec prédominance de billons de bonne qualité, où les périodes creuses sont très réduites. Par contre, avec cet approvisionnement, la file d'attente du poste opératif "DEPA" est souvent encombrée (figure 5.7) et l'intervention de personnel polyvalent est nécessaire pour augmenter le rythme du service.

Des raisonnements similaires peuvent être faits pour les coûts des autres produits de la scierie. Les taux d'occupation des autres postes de service deviennent plus faibles pour cette politique d'approvisionnement. Cela donne comme résultat un coût plus élevé pour les produits qui nécessitent pour leur fabrication les ressources de ces postes sous-occupés et qui vont absorber les coûts des temps non-productifs.

----- APPROVISIONNEMENTS -----

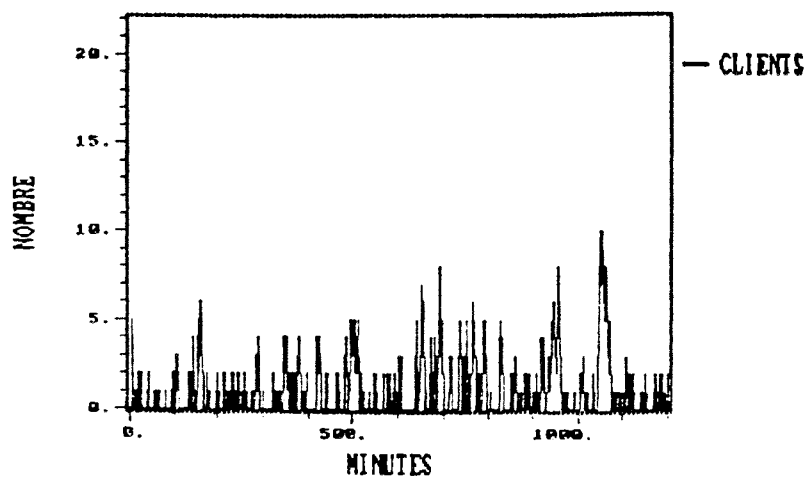
POSTE DE SERVICE:	APPROVISIONNEMENTS		
	EQUILIBRE	PREDOMINANCE BONNE QUALITE	PREDOMINANCE MAUVAISE QUALITE
SDT	93 %	93 %	93 %
DEPA	72 %	87 %	62 %
CLAV	68 %	57 %	73 %
TRON	71 %	60 %	80 %
SDR 1	82 %	68 %	97 %
SDR 2	81 %	66 %	96 %
TRI	71 %	58 %	84 %

**Tableau 5.7.** Taux d'occupation moyennes [%] des postes de service pour divers approvisionnements

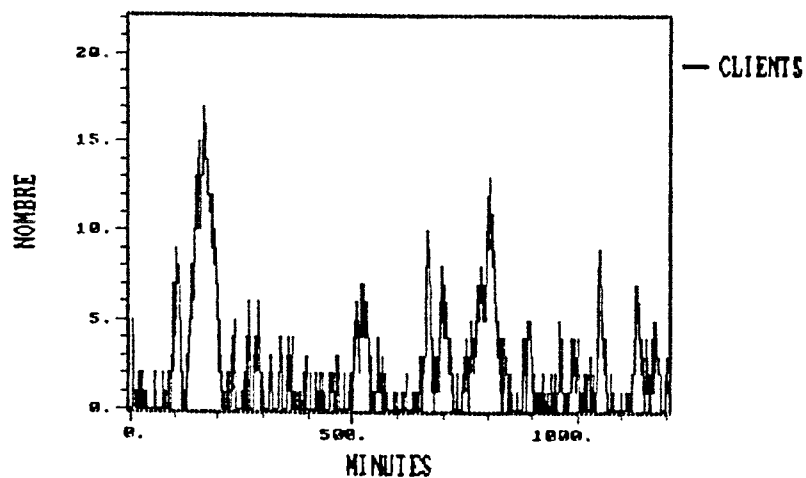


**Figure 5.6.** Taux d'occupation moyens (%) des postes de service pour divers approvisionnements

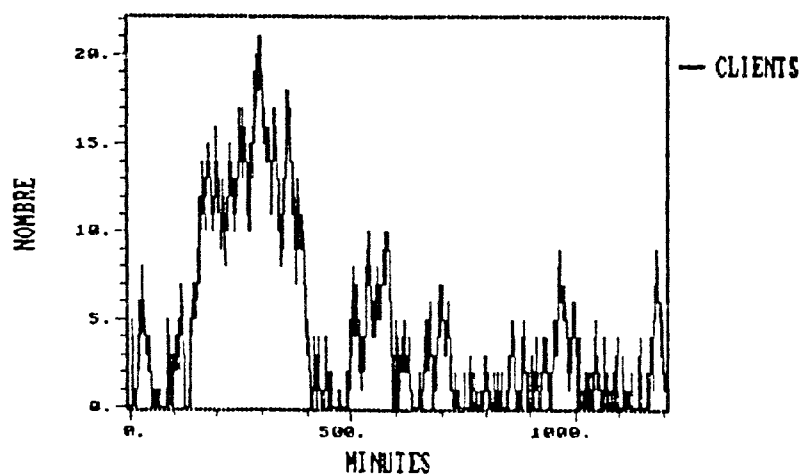




a) Approvisionnement avec predominance de billons de mauvaise qualité



b) Approvisionnement équilibré



c) Approvisionnement avec predominance de billons de bonne qualité

Figure 5.7. Comportement de la file d'attente du poste de service "DEPA" pour divers approvisionnements

L'activité apparente des postes de travail dans la scierie est différente des résultats des simulations car les opérateurs modulent leur productivité en fonction des quantités des pièces en attente.

Les coûts eux-seuls ne répondent pas à la question posé sur la politique d'approvisionnement, puisqu'on n'a pas une situation où les coûts sont les plus bas pour tous les produits. En fait, ce qu'il faut contrôler c'est la performance globale de la scierie. Ainsi, même si le produit "dépareillés" dégage la meilleure marge sous cette politique d'approvisionnement, avec en plus une augmentation de sa production, cette bonne performance est préjudiciable aux autres produits de la scierie, ce qui donne un résultat financier peu intéressant.

Plusieurs méthodes pour mesurer la performance d'une scierie sont suggérées [HOC.75, BAL.84, WAN.88]. Le tableau 5.8 présente quelques valeurs utiles pour analyser l'efficacité des politiques d'approvisionnement simulées.

	----- APPROVISIONNEMENTS -----		
	EQUILIBRE	PREDOMINANCE BONNE QUALITE	PREDOMINANCE MAUVAISE QUALITE
Production (m <sup>3</sup> sciages/20h)	76,6	75,8	76,8
Productivité (heures homme/m <sup>3</sup> )	3,9	4,0	3,9
Rend. Matière sous écorce (%)	67,6	68,1	66,1
Gain (u. m./m <sup>3</sup> scié)	100	93	75
Rentabilité (u. m./h)	100	91	77

**Tableau 5.8. Résultats de Production et Financiers pour Divers Approvisionnements**

On ne va pas analyser ici les mérites ou les défauts des mesures présentées d'un point de vue de leur efficacité à mesurer la performance globale de la scierie. Pourtant, il nous semble que la mesure de la rentabilité est essentielle du point du vue de l'entrepreneur.

Avec ce raisonnement, le meilleur résultat est obtenu avec la politique d'approvisionnement qui a une distribution équilibrée de la proportion des différentes qualités de billons, compte tenu de la structure de la scierie.

## 5.3. L'entreprise "B"

### 5.3.1. Présentation

L'entreprise "B" est implantée au sud du Brésil, dans l'Etat de Santa Catarina.

De gestion familiale, elle emploie 171 personnes: 61 travaillent dans l'exploitation forestière, 12 dans le reboisement, 50 dans les scieries, 7 en aval des scieries (2<sup>ème</sup> transformation), 8 dans la fabrication de l'huile, fabriquée à partir de l'essence "sassafrás" (*Ocotea pretiosa*), 14 dans l'administration et 19 sont affectées aux services d'appui.

Implantée sur un grand terrain, l'entreprise est située en même temps proche des forêts qu'elle exploite et près du marché où elle écoule ses produits, de caractère plutôt régionaux. Pourtant, quelques 20% du chiffre d'affaires de l'entreprise proviennent de l'exportation de l'huile d'origine végétale vers l'Italie et le Japon.

Pour son approvisionnement, l'entreprise exploite des forêts propres et appartenant à des tiers (achat de grumes sur pied); plus rarement elle achète des billes à d'autres exploitants (respectivement, 60 %, 35 % et 5 % environ de la consommation). Elle scie plusieurs types d'essences, pour bien profiter de la richesse d'espèces d'arbres trouvés dans les forêts qu'elle exploite, mais presque exclusivement des feuillus.

Pour faire face à cette variété d'essences, l'entreprise a divisé sa partie scierie en cinq unités de production, plus ou moins spécialisées, qui travaillent indépendamment les unes des autres. L'ensemble des scieries a une capacité de découpe de 35.000 m<sup>3</sup>/an grumes.

L'unité de production dénommée par la suite de ce texte par "CANELA", scie exclusivement l'essence de même nom (*Nectandra mollis*). C'est une essence bien valorisée commercialement. Elle a une densité de 830 kg/m<sup>3</sup>.

L'unité de production dénommée par la suite de ce texte par "ESSENCE TENDRE" scie plusieurs essences qui ont en commun une faible densité (moyenne: 580 kg/m<sup>3</sup>) - ce sont les essences dites "tendres": "canelinha" (*Cryptocarya sp*), "cedro" (*Cedrela sp*), "garuva" (*Erisma sp*), sont les principales essences sciées.

L'unité de production dénommée par la suite de ce texte par "ESSENCE DURE" scie plusieurs essences qui ont en commun une densité plus élevée (moyenne: 810 kg/m<sup>3</sup>) - ce sont les essences dites "dures": "araçá" (*Psidium sp*), "cabriúna" (*Myroxylon sp*), "canjarama" (*Cabralea sp*), "óleo" (*Copaifera sp*), "peroba" (*Aspidosperma polyneuron*), "pindabuna" (*Duguetia lanceolata*), sont les principales essences sciées.

L'unité de production dénommée par la suite de ce texte par "FAIBLE DIAMETRE" scie les essences dites "tendres" et les essences dites "dures" qui ont la particularité d'avoir un faible diamètre (27 cm en moyenne).

Finalement, l'unité de production dénommée par la suite de ce texte par "BILLONS COURTS" scie les essences dites "tendres" et les essences dites "dures" qui ont en commun le fait d'être découpées en billons de courte longueur (110 cm en moyenne).

Les produits finis des scieries sont dirigés principalement vers l'industrie de la construction, la menuiserie et l'ameublement.

L'entreprise vend les sciures et les copeaux comme sous-produits et valorise les déchets les plus importants (dosses, bouts de plateaux, bords) en les transformant en charbon de bois.

### **5.3.2. Objectifs de la simulation**

Les principaux objectifs de la simulation des scieries de cette entreprise ont été:

- i) étudier le comportement des flux matière et économique dans chaque scierie;
- ii) calculer les coûts des produits;
- iii) déterminer la participation de chacun des composants des coûts et étudier où et comment ils sont formés;
- iv) déterminer la participation de chaque unité de production dans la production globale et dans l'apport financier de l'ensemble des scieries.
- v) apprécier l'influence du niveau de production des scieries sur les coûts des produits;
- vi) évaluer l'impact de l'inflation sur les coûts dans la période de janvier à septembre de l'année de l'étude.

Le dernier objectif a été établi car les scieries opéraient à cette époque dans un contexte de très grande inflation.

### **5.3.3. Modélisation des scieries**

#### **a) La Scierie "CANELA"**

La figure 5.8 montre schématiquement les stations et le flux matière dans le système simulé. On y identifie les équipements utilisés pour traiter les clients, les types de clients qui arrivent et qui sortent de chaque station, la destination des clients après leur traitement, et les sorties du circuit de production. L'alimentation de la scie de tête (SDT) est faite par une personne qui manœuvre une grue installée sur un pont roulant. Les plateaux découpés à la station SDT se dirigent soit vers une tronçonneuse (TRON1) soit vers une deligneuse (DEL). Sont destinés à la station TRON1 les dosses, les semi-dosses et les plateaux sans bords.

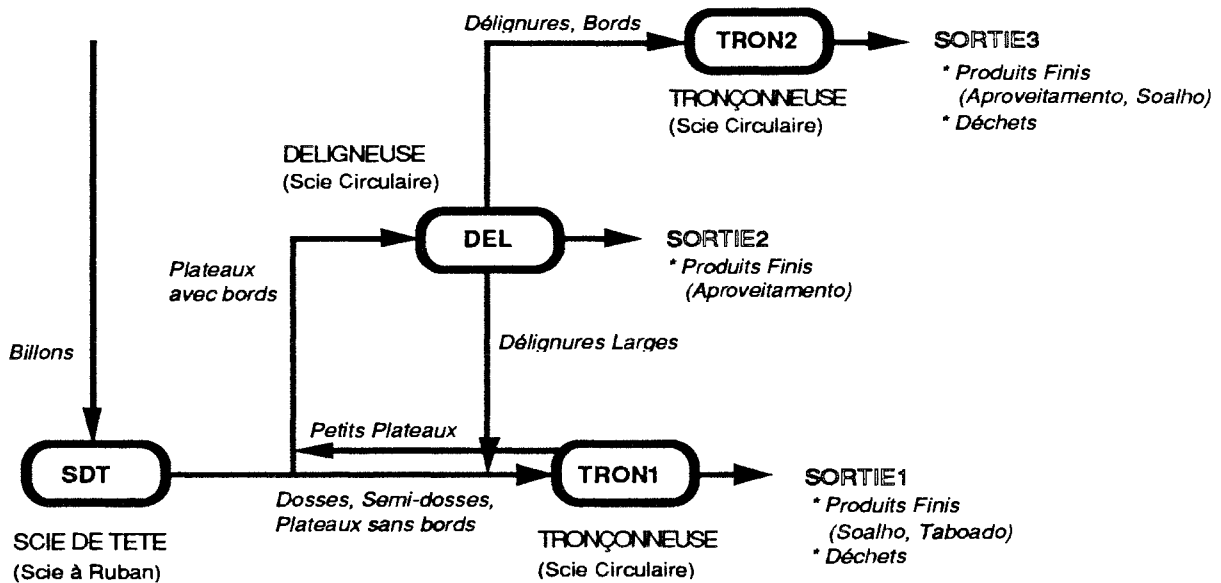


Figure 5.8. La scierie "CANELA"

On entendra par la suite de ce texte comme semi-dosses les pièces découpées à la station SDT après la découpe d'une dosse et qui, du fait de la courbure du billon, ont une partie avec une face convexe et une partie avec 2 faces parallèles. Les plateaux sans bords sont obtenus après le 2<sup>ème</sup> retournement du billon sur le chariot de la scie de tête (voir figures 5.14 et 5.15, item 5.3.4 ).

A la station TRON1 les dosses sont tronçonnées en morceaux d'environ 1 mètre et quittent le système de production par la SORTIE1. Les semi-dosses sont purgées de la partie qui a une face convexe et de ses défauts, s'il y a lieu, de la partie avec 2 faces parallèles. Les petits plateaux ainsi obtenus suivent à la station DEL pour être délignés. Les plateaux sont mis à longueur et les produits finis sortent du circuit productif par la SORTIE1.

A la SORTIE1 les petits déchets et les dosses tronçonnées sont mis en bacs et les produits finis sont triés et acheminés vers le parc à sciages.

La station DEL reçoit des clients des stations SDT et TRON1. De la station SDT elle reçoit des plateaux avec un ou deux bords. Après délignage de ces plateaux, les délignures étroites et les bords suivent vers la station TRON2 pour leur mise à longueur. Les délignures larges (>11 cm), sont dirigées vers la station TRON1 pour leur mise à longueur. Les petits plateaux qui arrivent de la station TRON1 sont délignés et quittent le système par la SORTIE2, d'où ils partent vers le parc à sciages.

Les produits semi-finis et les bords acheminés à la station TRON2 sont mis à la longueur par son opérateur.

A la SORTIE3 les petits déchets et les bords tronçonnés sont mis dans des bacs et les produits finis partent, après triage et classification, vers le parc à sciages.

En plus de sa fonction de mise à longueur, les stations TRON1 et TRON2 ont pour but la purge des défauts des pièces pour la valorisation des produits finis.

### b) Les Scieries "ESSENCE TENDRE", "ESSENCE DURE" et "FAIBLE DIAMETRE"

Les figures 5.9, 5.10 et 5.11 présentent respectivement les scieries "ESSENCE TENDRE", "ESSENCE DURE" et "FAIBLE DIAMETRE".

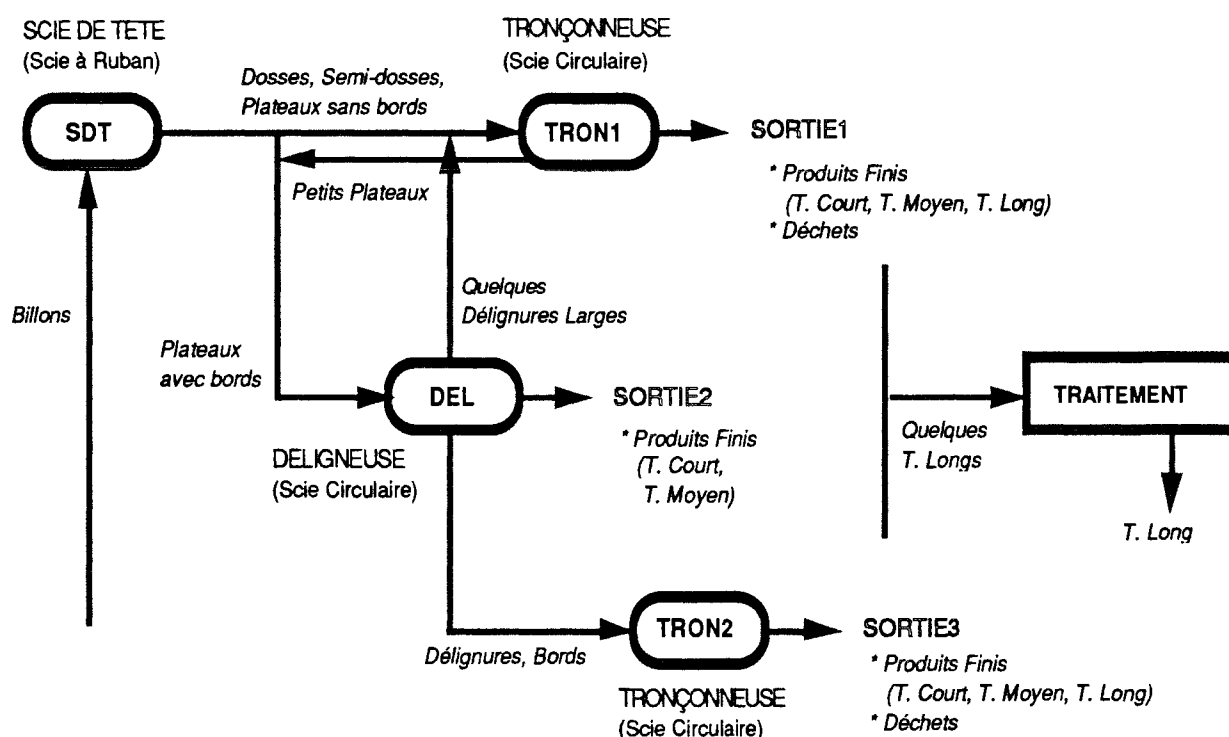


Figure 5.9. La scierie "ESSENCE TENDRE"

Ces scieries ont un système de production qui ressemble beaucoup à celui de la scierie "CANELA", sauf pour quelques petits détails pour prendre en compte la variété des produits fabriqués à chaque scierie. On y trouve les mêmes stations avec le même type d'équipement.

Le flux matière ne change pas d'une manière significative par rapport à la précédente. La seule différence importante de la scierie "ESSENCE TENDRE", est un traitement chimique par immersion, pour la préservation du bois.

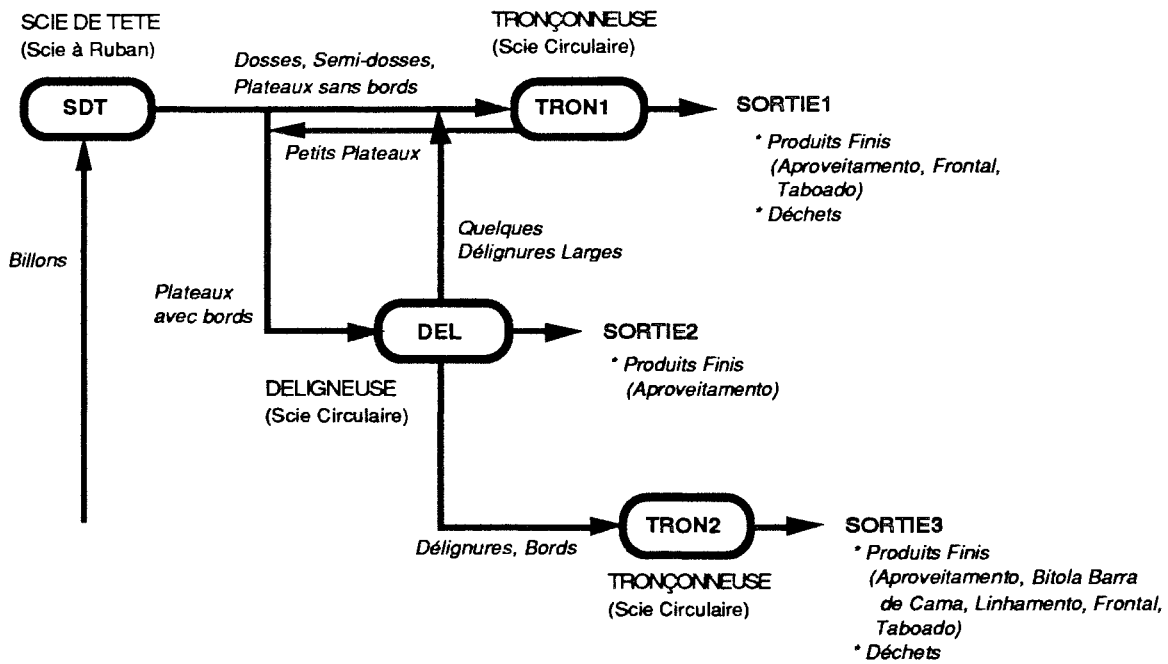


Figure 5.10. La scierie "ESSENCE DURE"

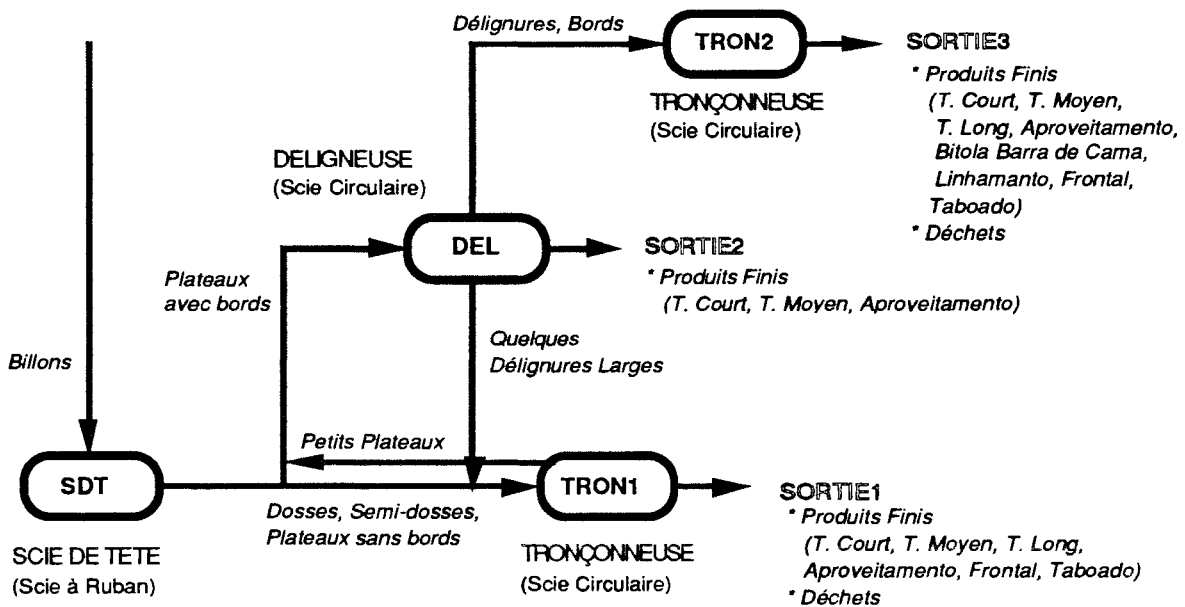


Figure 5.11. La scierie "FAIBLE DIAMETRE"

Seulement les produits finis longs ( $\geq 300$  cm) et originaires de certaines essences plus susceptibles d'attaque de champignons reçoivent ce traitement.

Pour ces raisons, on ne décrira pas les systèmes de production de ces scieries.

Il faut signaler aussi que les scies de tête n'ont pas toutes le même âge, ce qui a des conséquences sur les productivités respectives. La scierie "CANELA" possède la scie de tête la plus ancienne.

### c) La Scierie "BILLONS COURTS"

La figure 5.12 montre les stations, équipements et flux matière dans cette scierie.

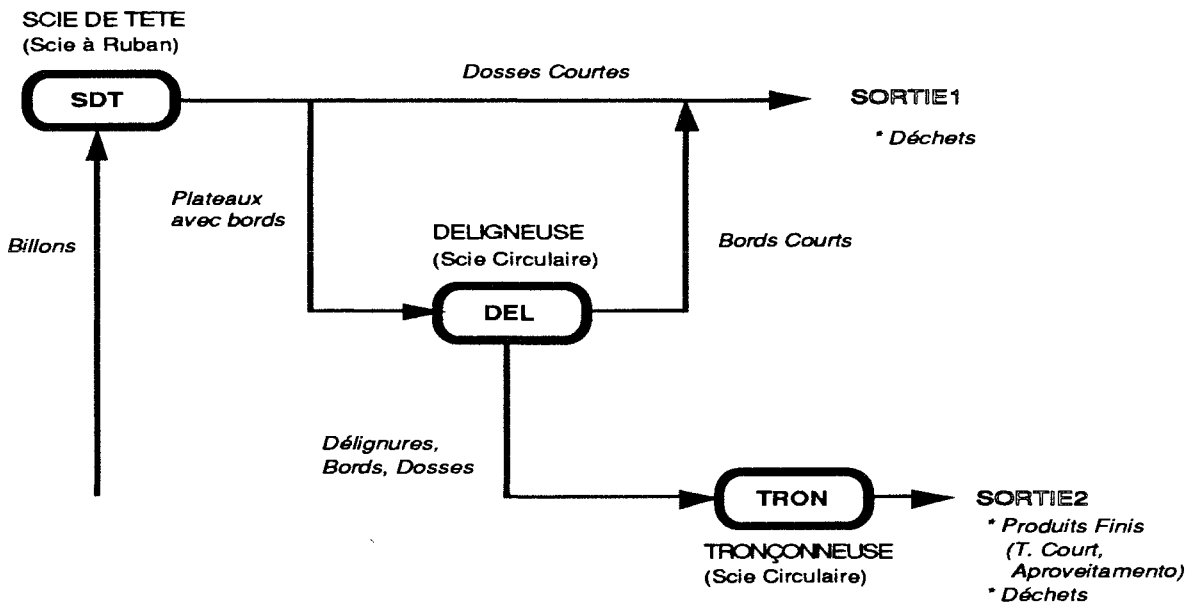


Figure 5.12. La scierie "BILLONS COURTS"

Après la découpe des billons à la station SDT, les clients se dirigent vers la station DEL. A cette station les plateaux sont délinés. Les délingures sont envoyées vers la station TRON. Les dosses épaisses et larges sont délinées en 2 morceaux et partent, comme les bords les plus longs, également vers la station TRON.

Les dosses minces et courtes quittent le système de production par la SORTIE1. Les bords de plateaux courts ont la même destination.

A la station TRON les produits sont purgés des défauts et mis-à-longueur. Les semi-dosses et les bords sont tronçonnés en morceaux d'environ 50 cm.

A la SORTIE2 les produits finis sont triés et transportés vers le parc à sciages. Les bords, les semi-dosses et les bouts de plateaux sont mis en bacs.



Les files d'attente dans toutes les scieries sont du type pile. La gestion des files d'attente est donc du type LIFO, c'est-à-dire, le dernier client à entrer est le premier client à sortir.

### 5.3.4. Modélisation des découpes

#### a) Généralités

Pour la modélisation de la forme des billons on a pris en compte le défilement et la courbure (figure 5.13). Une présentation plus détaillée de la modélisation est faite à l'annexe.

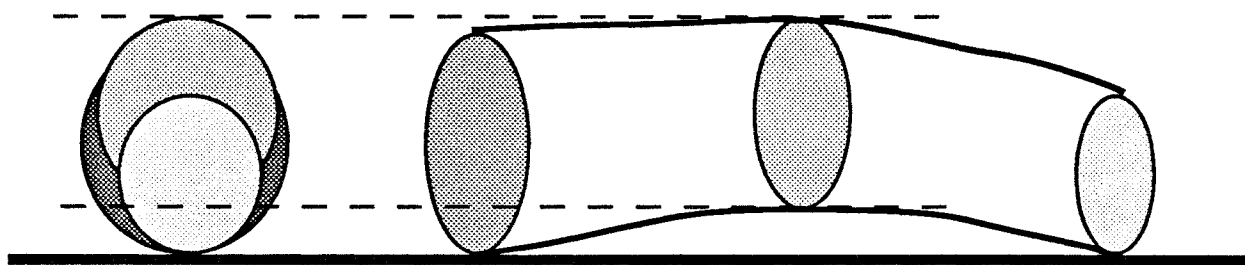


Figure 5.13. Modélisation des billons

Comme on ne tire pas de produits des dosses, elles sont découpées avec une fine épaisseur. Le scieur cherche à tirer une dosse qui a une largeur entre 15 et 20 cm, mais la dosse aura toujours une épaisseur dans l'intervalle 2,5 - 4 cm.

La courbure des billons donne des pièces qui ont une partie avec une face concave et une partie avec deux faces parallèles.

Ces pièces, qu'on appelle semi-dosses dans ce texte, peuvent avoir plusieurs formes, en fonction de la courbure, du défilement du billon et de sa position sur le chariot de scie de tête.

Pour la même raison, on peut avoir plusieurs formes pour les dosses et les plateaux. La figure 5.14 montre quelques unes de ces formes.

Dans la simulation on considère qu'à la scie de tête le sciage d'un billon est fait parallèlement à son axe pour la première et deuxième position sur le chariot (figure 5.15).

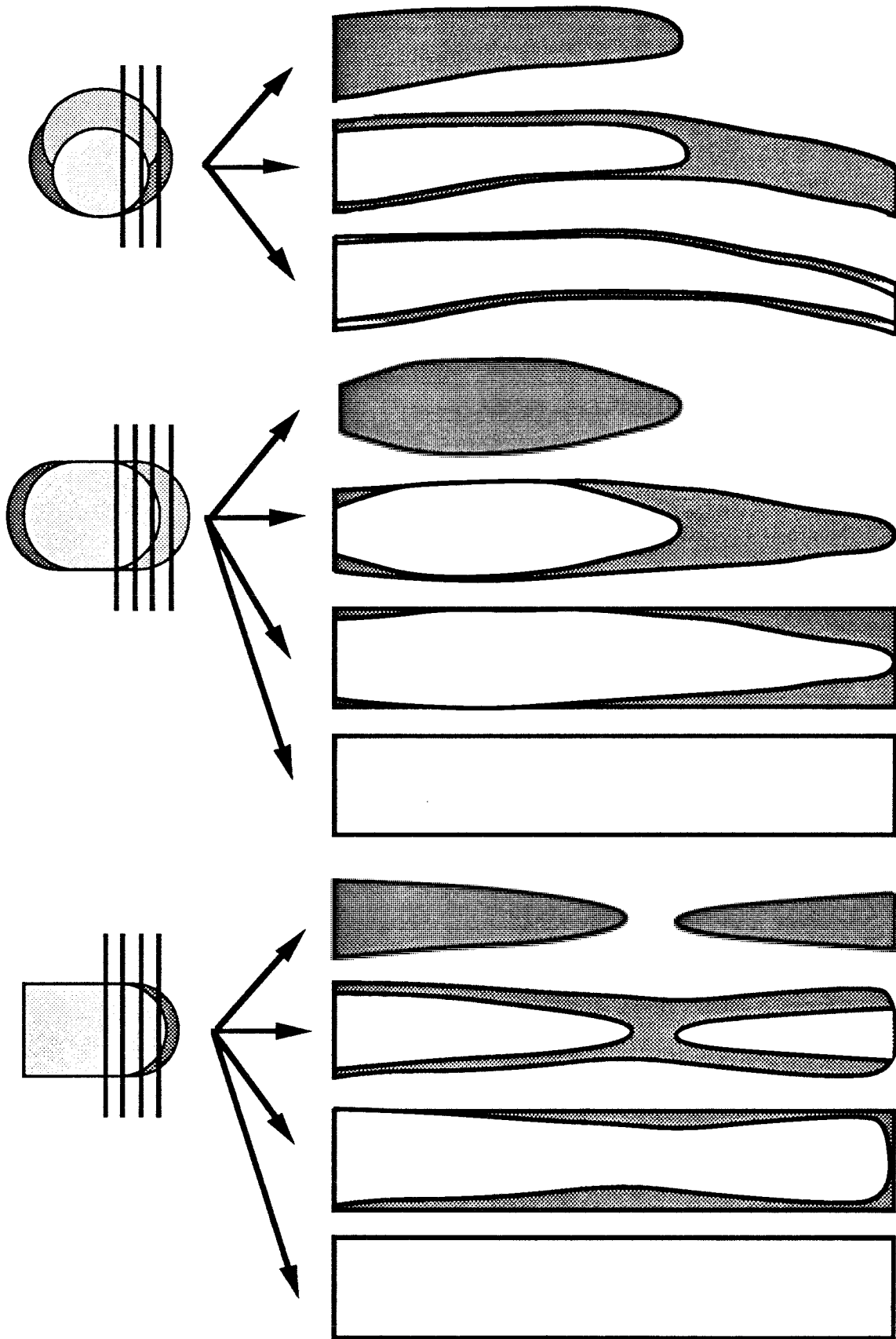


Figure 5.14. Types de dosses, semi-dosses et plateaux

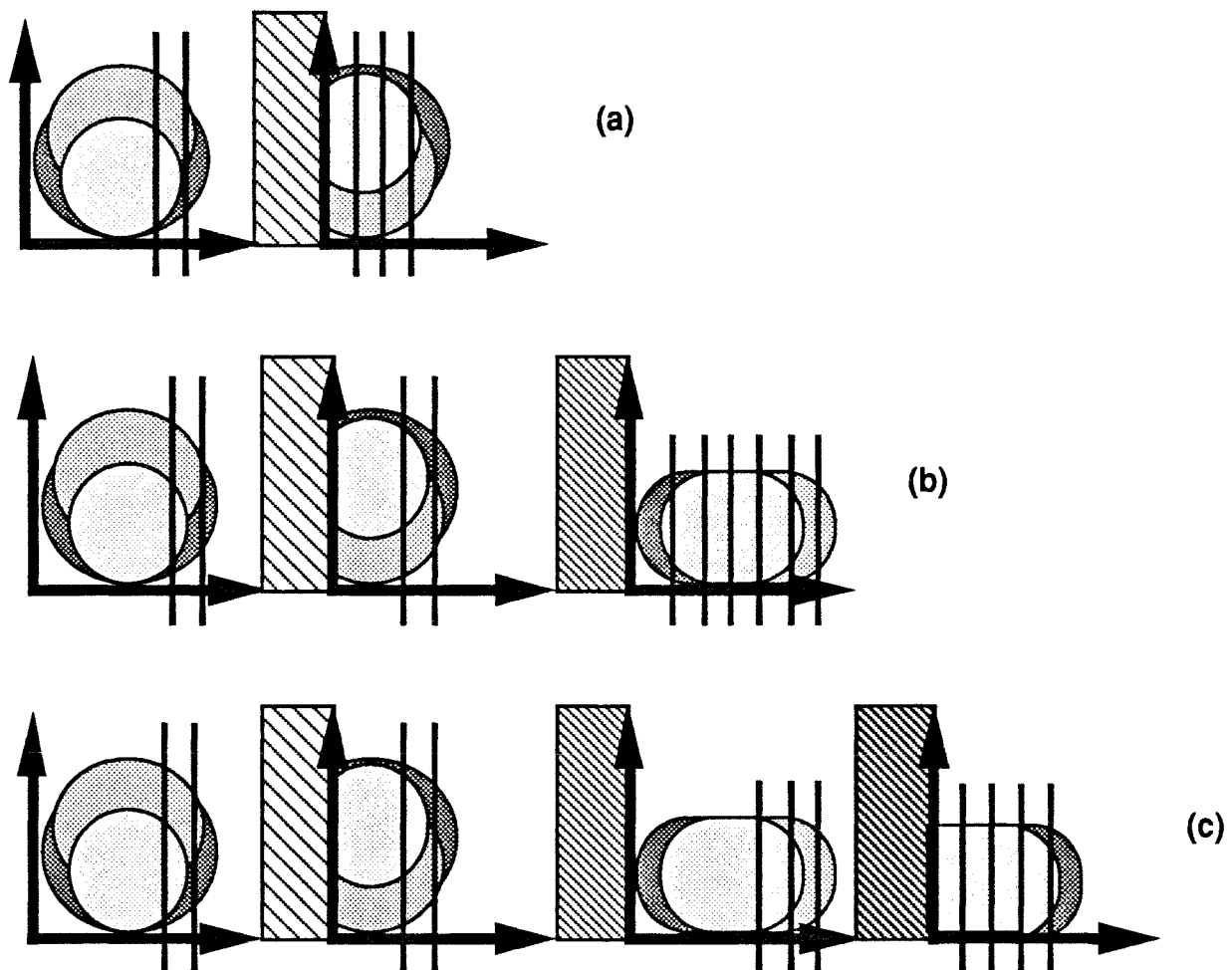


Figure 5.15. Possibilités de découpes à la scie de tête

**b) La découpe des billons dans les scieries "CANELA", "ESSENCE TENDRE", "ESSENCE DURE" et "FAIBLE DIAMETRE"**

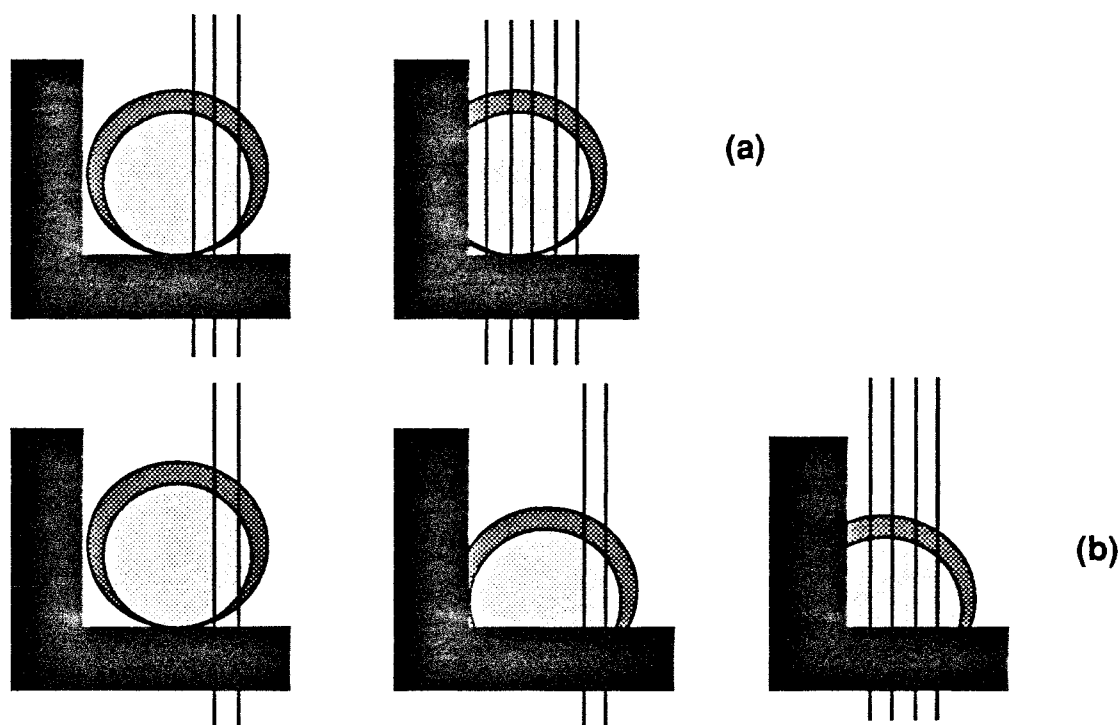
Les trois modes de découpes montrés par la figure 5.15 sont possibles dans ces unités de production.

Le premier mode ( figure 5.15a) de découpe est plutôt réservé pour les billons de petit diamètre, le deuxième (figure 5.15b) est utilisé seulement pour les billons avec une faible courbure et le troisième (figure 5.15c) est le plus usuel.

**c) La découpe de billons dans la scierie "BILLONS COURTS"**

La courbure des billons qui sont découpés dans cette scierie est petite et son influence sur la forme est négligeable. Le programme ne la considère pas. Le défilement des billons est pris en compte par le programme.

La figure 5.16 montre les deux possibilités de découpes utilisés par l'opérateur de la scie de tête.



**Figure 5.16.** Possibilités de découpe à la scie de tête de la scierie "BILLONS COURTS"

Le premier mode (figure 5.16a) est le plus usuel, tandis que le deuxième mode (figure 5.16b) est possible seulement pour les billons des diamètres plus grands. Dans ce cas, le programme fait le choix du mode de découpe aléatoirement, en fonction des fréquences observées.

#### **d) Le délignage et le tronçonnage**

La figure 5.17 montre quelques possibilités de tronçonnage pour les dosses.

Quelques possibilités de traitement des semi-dosses sont montrées par la figure 5.18.

La figure 5.19 montre quelques possibilités de délignage et tronçonnage pour les plateaux avec bords.

Finalement, la figure 5.20 montre quelques possibilités de traitement des plateaux sans bords.

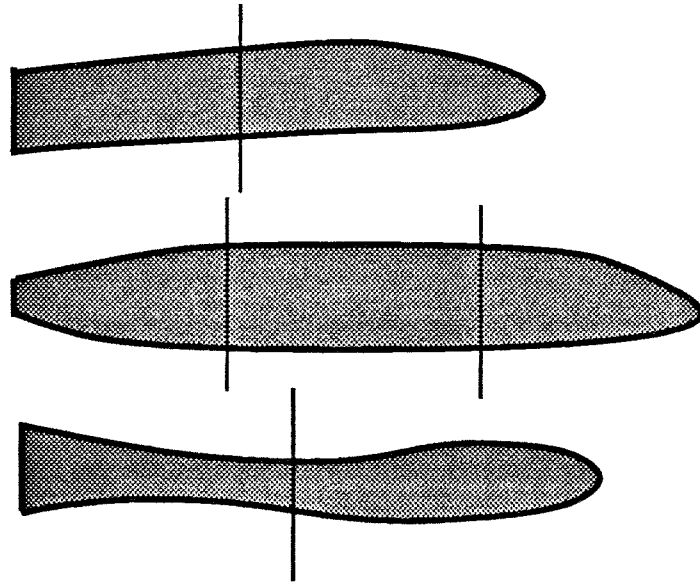


Figure 5.17. Possibilités de tronçonnage des dosses

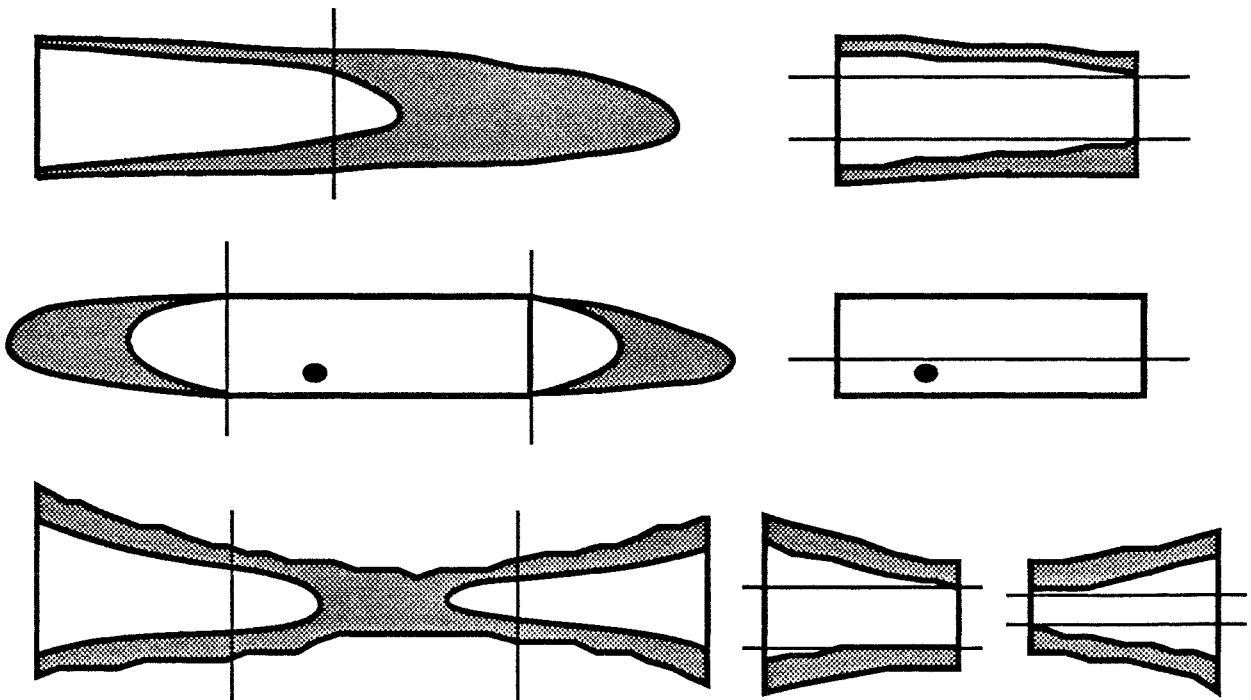


Figure 5.18. Possibilités de tronçonnage et délimitage des semi-dosses

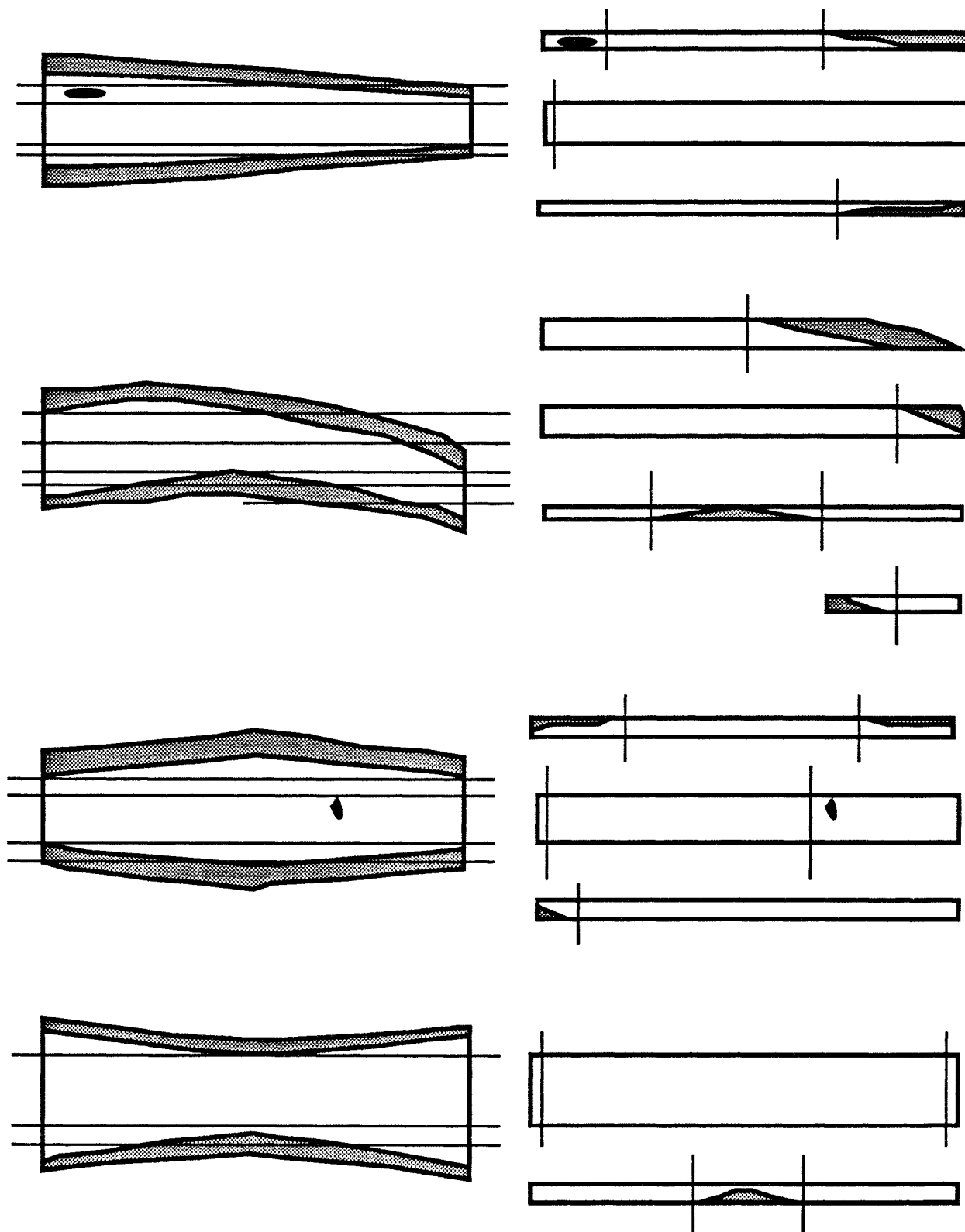
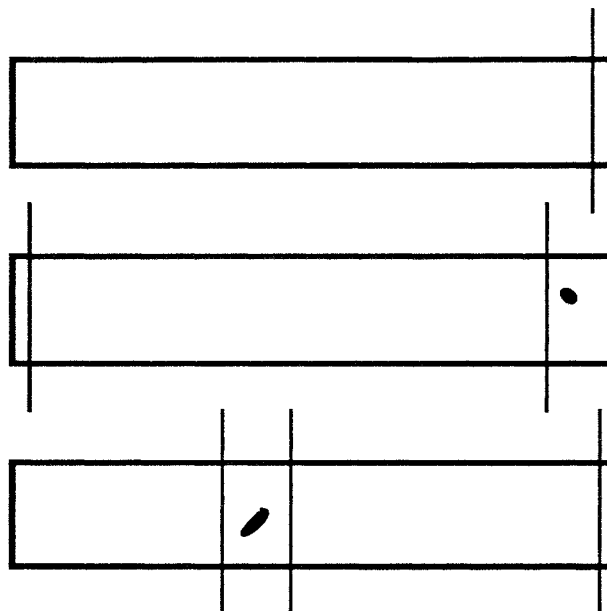


Figure 5.19. Possibilités de tronçonnage et délignage des plateaux avec bords



**Figure 5.20.** Possibilités de tronçonnage des plateaux sans bords

#### **e) Les produits finis**

Chaque scierie fait plusieurs produits. Si on considère chaque épaisseur, largeur et longueur possibles, on arrive rapidement à un très grand nombre des produits.

Ainsi, simuler toute la gamme de produits de l'entreprise est une tâche énorme, qui ne se justifie pas par la relation "informations apportées/coût de la simulation", si on considère que quelques produits ont une faible demande, d'autres sont fabriqués exclusivement sur commande et qu'il y a des produits qui se ressemblent beaucoup, demandant pour sa fabrication à peu-près les mêmes ressources et temps de travail.

De cette façon, comme dans le cas de la scierie "A", on a simulé des "familles" de produits plutôt que les produits individuellement.

Chaque famille est composée de produits identiques en qualité et ils ont le même prix de vente. Par la suite, on ne fera plus mention au terme famille, on les appellera simplement par produit.

Les produits simulés et ses caractéristiques de dimension, pour chaque scierie, sont décrits par le tableau 5.9 (toutes les valeurs sont en cm).

La longueur des produits de la scierie "CANELA" varie de 10 en 10 cm. Pour les autres produits, la longueur varie de 30 en 30 cm.

La largeur de tous les produits varie de cm en cm.

SCIERIE	PRODUIT	EPAISSEUR	LARGEUR	LONGUEUR
CANELA	Aproveitamento	2.5-3.0-3.5	9	60 à 200
	Soalho	2.5	10 à 14	≥ 200
	Taboado	2.5-3.0-3.5	≥ 15	≥ 200
ESSENCE	Court	2.5-3.0-3.5	≥ 10	60 à 150
TENDRE	Moyen	2.5-3.0-3.5	≥ 10	150 à 300
	Long	2.5-3.0-3.5	≥ 10	≥ 300
ESSENCE	Aproveitamento	2.5-3.0-4.0	≥ 8	60 à 200
DURE	Bit. Barra de Cama	2.5	8 à 10	≥ 200
	Linhamento	3.0-4.0	5 et 8	≥ 200
	Frontal	2.5	≥ 15	240 à 300
	Taboado	2.5-3.5-4.0	≥ 15	≥ 200

**Tableau 5.9. Dimensions des produits simulés (en cm)**

### 5.3.5. Les données économiques

Pour la détermination des coûts de fonctionnement de chaque unité productive de l'entreprise, celle-ci a été divisée en plusieurs centres de coûts. L'imputation des coûts sur les centres est faite soit directement (salaires, charges sociales), soit indirectement en utilisant des coefficients pour la distribution. Ces coefficients reflètent l'importance économique du centre en relation aux frais en question:

$$\text{Frais par Centre} = \frac{\text{Coefficient du Centre}}{\text{Somme des Coefficients}} \times \text{Frais Total}$$

La distribution des frais d'un centre indirect à un centre direct est faite en utilisant toujours un coefficient qui est fonction de l'importance de ce dernier dans la consommation de la ressource en question.

Le centre dénommé "POLYVALENT" reçoit les frais de 8 personnes qui ne sont pas affectées d'une manière fixe à un centre. Ces personnes travaillent dans plusieurs centres selon la demande de service et la distribution des frais est proportionnelle au nombre d'heures qu'ils y passent. Le centre dénommé "STOCKAGE" représente le parc à grumes et le parc à sciages. Le tableau 5.10 montre comment la distribution des frais généraux et de main d'œuvre de l'entreprise a été faite. Les frais présentés sont de totaux mensuels. Pour les frais de "matériels divers" et "autres coûts" on a considéré des moyennes mensuelles.

Pour les scieries un étude plus approfondie a été faite. On a identifié les divers postes de travail dans chaque scierie. Les frais relatifs à chaque poste de travail ont été calculés selon le principe décrit ci-dessus.

Une charge de travail de 220 heures/mois est considérée pour le calcul de tarifs de coûts horaires. Les tableaux 5.11 à 5.15 montrent les coûts considérés dans la simulation pour chaque scierie.



IND. MAD WADAN MORRO L.T.D.A	POSTES INDIRECTS:				EXPLOIT. FORESTIERE:				SCIERIE:				SASSAFRAS: % TRANSF.:				DATE:	
	ADMINISTR.	ELECTRICITE	ENTRETIEN	AFUTAGE	POLYVALENT	STORAGE	TRANSPORT	FORET	CANEA	ESS. TENDRE	ESS. DURE	FABR. DIAM.	BILL. COURTS	SECOIR	BROYER	SEPT.	TOTAL	
Nb. Personnes	14			3			25	36	9	9	9	9	1	2	7	189		
Salaires	72108		20588	11918	20342	15214	163276	81190	28384	31884	28179	27343	21681	3205	8398	29078	19522	
Charges Sociales	70684		20178	11880	19935	14910	160012	89866	27818	30852	28595	26798	21247	3141	6270	28496	19132	
Amortissements	24884		12432	8288	45895		103601	82881	29314	26126	20939	18147	11187	4288	6144	49729	45995	
Coef.			3	2	11		28	20						2	1	12	11	
Matériels Divers	3500		18800	3500			51800	4800	3000	5000	3000	1700	1000		3000	9000	89100	
Electricité		77000																
Combustibles		2000			1000		12800	5100										
Autres Coef.			2000		1000		18900	6200	2000	2000	2000	1000	1000	2500		2500	37700	
<b>SOUS TOTAL</b>	173140	77000	73689	38388	40277	78720	508416	219857	90514	94862	83713	74986	56085	17138	16813	112815	85190	183381
Electricité Coef.	1089	77000	1089	2139					12833	12833	12833	12833	8556		1089	3208	8556	183998
Entretien Coef.			74788	968	8664		20391	10196	9083	7930	7930	4531	2286	968	1132	2286	2286	74788
Coef.			0.3	0.3			18	9	8	7	7	4	2	0.3	1	2	2	66
ANRage Coef.				33093				4189	8981	8585	6981	6283	4887			2792	1394	39094
Coef.								8	10	10	9	9	7			4	2	98
Polyesther Coef.				40277	7812				4315	5035	6035	5035	2188	2168		4315	4315	40278
Coef.					11				6	7	7	7	3	3		6	6	66
Stockage Coef.					90298				18704	18704	19704	18704	7892	3926		11778	3926	90298
Coef.									4	4	4	4	2	1		3	1	23
Administration Coef.	174209						43084	18732	14988	14988	14988	13113	9386	3748	3748	22479	14986	174210
Coef.							23	10	8	8	8	7	5	2	2	12	8	93
<b>SOUS TOTAL</b>							82475	32117	62073	63489	57489	35085	10398	5948	68838	35443	477227	
<b>TOTAL (L-1)</b>							882891	252874	154388	158735	147182	132485	91180	27532	22781	159853	120595	

Tableau 5.10. Centres de coûts pour l'entreprise "B"

CANELA	POSTES DIRECTS:						DATE:
	PARC-GR/SC	SDT	TRON	DELIG	TRON 2	TRIAGE	SEPT
Nb Personnes	1	2	1	2	1	2	9
Salaires	2805	7960	2805	6192	2805	5817	28384
Charges Sociales	2749	7801	2749	6068	2749	5701	27817
Amortissements		19543	2606	3257	2606	1303	29314
Coef.		30	4	5	4	2	45
Electricité		7549	1510	2265	1510		12833
Coef.		10	2	3	2		17
Entretien		7250	604	604	604		9063
Coef.		12	1	1	1		15
Affûtage		5370	537	537	537		6981
Coef.		10	1	1	1		13
Polyvalent		332	664	664	664	1992	4315
Coef.		1	2	2	2	6	13
Stockage	15704						15704
Coef.	1						1
Materiels Divers		1286	429	429	429	429	3000
Coef.		3	1	1	1	1	7
Autres Coûts		667	333	333	333	333	2000
Coef.		2	1	1	1	1	6
Administration	7493	2997	749	1499	749	1499	14986
Coef.	10	4	1	2	1	2	20
<b>TOTAL</b>	<b>28751</b>	<b>60755</b>	<b>12986</b>	<b>21848</b>	<b>12986</b>	<b>17074</b>	<b>154397</b>
<b>COÛT/HEURE:</b>							
MOD	25.25	71.64	25.25	55.73	25.25	52.35	255.46
INDIRECTS	105.44	204.52	33.78	43.58	33.78	25.25	446.35
<b>TOTAL</b>	<b>130.69</b>	<b>276.16</b>	<b>59.03</b>	<b>99.31</b>	<b>59.03</b>	<b>77.60</b>	<b>701.81</b>

Tableau 5.11. Centres de coûts pour la scierie "CANELA"

ESS. TENDRE	POSTES DIRECTS:							DATE:
	PARC-GR/SC	SDT	TRON	DELIG	TRON 2	TRIAGE	TRAITEMENT	* SEPT TOTAL
Nb Personnes	1	2	1	2	1	2	-	9
Salaires	3656	7673	2805	5610	3656	5389	2795	31584
Charges Sociales	3583	7520	2749	5498	3583	5281	2739	30953
Amortissements		16912	1933	2416	1933	966	966	25126
Coef.		35	4	5	4	2	2	52
Electricité		7549	1510	2265	1510			12833
Coef.		10	2	3	2			17
Entretien		6100	610	610	610			7930
Coef.		10	1	1	1			13
Affûtage		4296	430	430	430			5585
Coef.		10	1	1	1			13
Polyvalent		336	671	671	671	2014	671	5035
Coef.		1	2	2	2	6	2	15
Stockage	15704							15704
Coef.	1							1
Materiels Divers		1250	417	417	417	417	2083	5000
Coef.		3	1	1	1	1	5	12
Autres Coûts		667	333	333	333	333		2000
Coef.		2	1	1	1	1		6
Administration	7493	2997	749	1499	749	1499		14986
Coef.	10	4	1	2	1	2		20
<b>TOTAL</b>	<b>30436</b>	<b>55300</b>	<b>12207</b>	<b>19749</b>	<b>13892</b>	<b>15899</b>	<b>9254</b>	<b>156737</b>
<b>COUT/HEURE:</b>								
MCO	32,90	69,06	25,25	50,49	32,90	48,50	25,15	284,25
INDIRECTS	105,44	182,30	30,24	39,28	30,24	23,77	16,91	428,18
<b>TOTAL</b>	<b>138,34</b>	<b>251,36</b>	<b>55,49</b>	<b>89,77</b>	<b>63,14</b>	<b>72,27</b>	<b>42,06</b>	<b>712,43</b>

Tableau 5.12. Centres de coûts pour la scierie "ESSENCE TENDRE"

ESS. DURE	POSTES DIRECTS:						DATE:
	PARC-GR/SC	SOT	TRON	DELIG	TRON 2	TRIAGE	SEPT
							TOTAL
Nb Personnes	1	2	1	2	1	2	9
Salaires	3656	7673	2705	5766	3656	5723	29179
Charges Sociales	3583	7520	2651	5651	3583	5609	28597
Amortissements		14657	1675	2094	1675	838	20939
Coef.		35	4	5	4	2	50
Electricité		7549	1510	2265	1510		12833
Coef.		10	2	3	2		17
Entretien		6100	610	610	610		7930
Coef.		10	1	1	1		13
Affûtage		5370	537	537	537		6981
Coef.		10	1	1	1		13
Polyvalent		387	775	775	775	2324	5035
Coef.		1	2	2	2	6	13
Stockage	15704						15704
Coef.	1						1
Matériels Divers		1286	429	429	429	429	3000
Coef.		3	1	1	1	1	7
Autres Coûts		667	333	333	333	333	2000
Coef.		2	1	1	1	1	6
Administration	7493	2997	749	1499	749	1499	14986
Coef.	10	4	1	2	1	2	20
<b>TOTAL</b>	<b>30436</b>	<b>54206</b>	<b>11974</b>	<b>19959</b>	<b>13857</b>	<b>16755</b>	<b>147187</b>
<b>COÛT/HEURE:</b>							
MOD	32,90	69,06	24,35	51,90	32,90	51,51	262,62
INDIRECTS	105,44	177,33	30,08	38,83	30,08	24,65	406,41
<b>TOTAL</b>	<b>138,34</b>	<b>246,39</b>	<b>54,43</b>	<b>90,73</b>	<b>62,98</b>	<b>76,16</b>	<b>669,03</b>

Tableau 5.13. Centres de coûts pour la scierie "ESSENCE DURE"

FAIBL. DIAM.	POSTES DIRECTS:						DATE:
	PARC-GR/SC	SDT	TRON	DELIG	TRON 2	TRIAGE	SEPT.
							TOTAL
Nb Personnes	1	2	1	2	1	2	9
Salaires	3063	7960	2108	5786	3468	4958	27343
Charges Sociales	3002	7801	2066	5670	3399	4859	26797
Amortissements		12703	1452	1815	1452	726	18147
Coef.		35	4	5	4	2	50
Electricité		7549	1510	2265	1510		12833
Coef.		10	2	3	2		17
Entretien		3485	349	349	349		4531
Coef.		10	1	1	1		13
Affûtage		4833	483	483	483		6283
Coef.		10	1	1	1		13
Polyvalent		387	775	775	775	2324	5035
Coef.		1	2	2	2	6	13
Stockage	15704						15704
Coef.	1						1
Materiels Divers		729	243	243	243	243	1700
Coef.		3	1	1	1	1	7
Autres Coûts		333	167	167	167	167	1000
Coef.		2	1	1	1	1	6
Administration	6557	2623	656	1311	656	1311	13113
Coef.	10	4	1	2	1	2	20
<b>TOTAL</b>	<b>28326</b>	<b>48403</b>	<b>9809</b>	<b>18864</b>	<b>12502</b>	<b>14588</b>	<b>132492</b>
<b>COÛT/HEURE:</b>							
MCD	27.57	71.64	18.97	52.07	31.21	44.62	246.08
INDIRECTS	101.19	148.37	25.61	33.67	25.61	21.69	356.14
<b>TOTAL</b>	<b>128.76</b>	<b>220.01</b>	<b>44.58</b>	<b>85.74</b>	<b>56.82</b>	<b>66.31</b>	<b>602.22</b>

Tableau 5.14. Centres de coûts pour la scierie "FAIBLE DIAMETRE"

BILL. COURTS	POSTES DIRECTS:					DATE:
	PARC-GR/SC	SDT	DELIG	TRON	TRIAGE	SEPT TOTAL
Nb Personnes	2	2	2	1	1	8
Salaires	5789	5559	4928	2805	2600	21681
Charges Sociales	5673	5448	4829	2749	2548	21247
Amortissements		8497	1214	971	486	11167
Coef.		35	5	4	2	46
Electricité		5704	1711	1141		8556
Coef.		10	3	2		15
Entretien		1942	162	162		2266
Coef.		12	1	1		14
Affûtage		4073	407	407		4887
Coef.		10	1	1		12
Polyvalent		196	392	392	1177	2158
Coef.		1	2	2	6	11
Stockage	7852					7852
Coef.	1					1
Materiels Divers		600	200	200		1000
Coef.		3	1	1		5
Autres Coûts		500	250	250		1000
Coef.		2	1	1		4
Administration	4929	1972				9366
Coef.	10	4	2	1	2	19
<b>TOTAL</b>	<b>24243</b>	<b>34491</b>	<b>14093</b>	<b>9077</b>	<b>6811</b>	<b>88715</b>
<b>COUT/HEURE:</b>						
MCD	52.10	50.03	44.35	25.25	23.40	195.13
INDIRECTS	58.10	106.75	19.71	16.01	7.56	208.13
<b>TOTAL</b>	<b>110.20</b>	<b>156.78</b>	<b>64.06</b>	<b>41.26</b>	<b>30.96</b>	<b>403.26</b>

**Tableau 5.15. Centres de coûts pour la scierie "BILLONS COURTS"**

La tableau 5.16 montre les coûts d'achat par mètre cube de bois rond sur parc des différentes essences sciées par l'entreprise.

ESSENCE	COUT [u.m./m <sup>3</sup> ]
Canela	500
Essence Tendre	250
Essence Dure	280

**Tableau 5.16. Coût de la matière-première (bois rond sur parc)**

### 5.3.6. Validation des modèles

L'entreprise ne dispose pas de capteurs, ni d'entrée ni de sortie, pour mesurer la production, et cela pour les postes de travail individuels et pour les scieries globalement. Le contrôle de la consommation de matière première et du volume des produits finis n'est pas fait journalièrement.

Etant tout seul pour faire le prélèvement des données, la campagne de mesures n'a pas été conduite d'une manière continue. Les données ont été prélevées sur plusieurs jours, séparément pour chaque poste de travail.

Le tableau 5.17 montre une comparaison des résultats obtenus de la simulation de la scierie "CANELA" avec les valeurs correspondantes observées sur le terrain. Les tableaux 5.18 à 5.21 présentent les résultats des simulations obtenues pour la validation des modèles des autres scieries.

	SIMULATION	REEL	ECART (%)
Volume moyen des billons (m <sup>3</sup> )	0,4308	0,4508	- 4,4
Production (m <sup>3</sup> /heure)	3,9130	3,9285	- 0,4
Trait de scie/billon	18,24	19,53	- 6,6
% Billons avec:			
1 retournement	0,2	5,9	
2 retournements	32,1	29,4	
3 retournements	67,7	64,7	
Temps traitement clients (minutes):			
Scie de tête	6,551	6,885	- 4,9
Tronçonneuse 1	0,342	0,322	6,2
Déligneuse	0,400	0,382	4,7
Tronçonneuse 2: délignures	0,183	0,183	0,0
déchets	0,099	0,100	- 1,0

**Tableau 5.17. Validation de la scierie "CANELA"**

	SIMULATION	REEL	ECART (%)
Volume moyen des billons (m <sup>3</sup> )	0,3992	0,3991	0,0
Production (m <sup>3</sup> /heure)	4,6512	4,8829	- 4,7
Trait de scie/billon	18,03	18,45	- 2,3
% Billons avec:			
1 retournement	0,0	0,0	
2 retournements	9,0	9,1	
3 retournements	91,0	90,9	
Temps traitement clients (minutes):			
Scie de tête	5,125	4,904	4,5
Tronçonneuse 1	0,330	0,304	8,6
Déligneuse	0,467	0,476	- 1,9
Tronçonneuse 2: délignures	0,270	0,277	- 2,5
déchets	0,106	0,102	3,9

**Tableau 5.18. Validation de la scierie "ESSENCE TENDRE"**

	<b>SIMULATION</b>	<b>REEL</b>	<b>ECART (%)</b>
Volume moyen des billons (m <sup>3</sup> )	0,3325	0,3376	- 1,5
Production (m <sup>3</sup> /heure)	4,2618	4,6824	- 9,0
Trait de scie/billon	15,03	15,00	0,2
% Billons avec:			
1 retournement	0,2	0,0	
2 reurnements	8,5	9,1	
3 retournements	91,3	90,9	
Temps traitement clients (minutes):			
Scie de tête	4,663	4,326	7,8
Tronçonneuse 1	0,336	0,335	0,3
Déligneuse	0,423	0,390	8,5
Tronçonneuse 2: délignures	0,217	0,238	- 8,8
déchets	0,109	0,117	- 6,8

**Tableau 5.19. Validation de la scierie "ESSENCE DURE"**

	<b>SIMULATION</b>	<b>REEL</b>	<b>ECART (%)</b>
Volume moyen des billons (m <sup>3</sup> )	0,2132	0,2143	- 0,5
Production (m <sup>3</sup> /heure)	3,7874	3,6601	3,5
Trait de scie/billon	12,57	12,50	0,6
% Billons avec:			
1 retournement	3,3	6,7	
2 retournements	62,9	66,6	
3 retournements	33,8	26,7	
Temps traitement clients (minutes):			
Scie de tête	3,365	3,513	- 4,2
Tronçonneuse 1	0,284	0,298	- 4,7
Déligneuse	0,393	0,358	9,8
Tronçonneuse 2: délignures	0,267	0,271	- 1,5
déchets	0,097	0,111	- 12,6

**Tableau 5.20. Validation de la scierie "FAIBLE DIAMETRE"**

	<b>SIMULATION</b>	<b>REEL</b>	<b>ECART (%)</b>
Volume moyen des Billons (m <sup>3</sup> )	0,0473	0,0463	2,2
Production (m <sup>3</sup> /heure)	2,9492	2,6945	9,5
Trait de scie/billon	8,23	7,67	7,3
% Billons avec:			
1 retournement	71,7	72,2	
2 retournements	28,3	27,8	
Temps traitement clients (minutes):			
Scie de tête	0,963	1,031	- 6,6
Déligneuse	0,137	0,143	- 4,2
Tronçonneuse 2: délignures	0,122	0,120	1,7
déchets	0,096	0,098	- 2,0

**Tableau 5.21. Validation de la scierie "BILLONS COURTS"**



Les valeurs présentées par les tableaux 5.17 à 5.21 sont des valeurs théoriques, puisqu'elles ne prennent en compte ni la fatigue ni les interruptions dues aux ennuis techniques ou d'ordre personnel. Ainsi, les valeurs observées sur le terrain ne seront pas atteintes en conditions normales de travail.

Pour simuler les conditions de travail normales il faut donc majorer les temps prélevés.

Le tableau 5.22 montre les pourcentages de majoration des temps qui ont été adoptés dans cette étude pour prendre en compte la fatigue et d'autres aléas du processus de fabrication.

	----- SDT	POSTES DEL	DE SERVICE TRON1	----- TRON1
FATIGUE				
Effort physique	7,2	7,2	5,4	5,4
Effort mental	1,8	1,8	1,8	1,8
Monotonie	0,2	2,1	3,6	3,6
Conditions ambiantes:				
Température	1,4	1,4	1,4	1,4
Sonorisation	1,8	1,8	1,8	1,8
Humidité	1,4	1,4	1,4	1,4
Total Fatigue	13,8	15,7	15,4	15,4
INTERRUPTIONS DIVERSES	5,0	5,0	5,0	5,0
TEMPS MORT INCOMPRESSIBLE	8,0	4,0	4,0	4,0
MAJORATION TOTALE	26,8	24,7	24,4	24,4

**Tableau 5.22.** Majorations des temps prélevés (%) tenant compte des conditions de travail (d'après [SIL.XX]) - FAD

On a estimé que pendant les chronométrages les opérateurs des postes de travail ont travaillé à une vitesse 10% supérieure (Surplus de Vitesse - SV) à la normale aux stations de la scierie "BILLONS COURTS" et 5% pour les stations des autres scieries.

La majoration des temps prélevés sur le terrain a été faite de la façon suivante:

$$TMAJ = TCHR \times (1 + FAD) \times (1 + SV)$$

où:           TMAJ   - Temps majoré  
               TCHR   - Temps chronométré  
               FAD    - Majoration pour la fatigue et aléas divers (%)  
               SV     - Surplus de vitesse (%)

Pour la validation des modèles les temps chronométrés ont été utilisés, puisqu'ils correspondent à la réalité pendant la période de mesure. Par contre pour l'étude globale des flux matière et économique dans les scieries, on a utilisé dans les simulations les temps majorés afin d'assurer la cohérence avec les résultats à long terme, qui tiennent compte des fluctuations de production.

### **5.3.7. Résultats**

#### **a) Flux matière et économique**

Chaque rapport de résultats d'une simulation commence en présentant des données relatives au flux matière. Le volume qui passe par chacune des sorties du système de production est identifié par produit et les volumes totaux par sortie et pour la scierie sont montrés. Le nombre, volume moyen et total des billons sciés sont présentés. Le rendement matière sur écorce moyen de la simulation est aussi présenté. Le nombre de billons qui ont eu 1,2 ou 3 retournements sur le chariot de la scie-de-tête et le nombre de traits de scies moyen par billon sont également montrés.

Ensuite, les principales statistiques pour chaque poste de travail sont présentées: la file d'attente moyenne, maximale et à la fin de la simulation, le temps d'attente et de service moyen par client et le taux d'occupation.

Le coût de transformation, c'est-à-dire, le coût de la main d'œuvre plus les coûts indirects, est présenté précisément et globalement pour chaque sortie du système de production, ce qui permet d'identifier l'importance économique de chaque circuit de flux matière dans la scierie.

Le coût est présenté pour chaque produit. On identifie le montant du coût de la matière première, de la main d'œuvre directe et des coûts indirects. Le gain pour chaque produit, en pourcentage, est aussi présenté.

Finalement, un résumé montre la quantité (en % et en m<sup>3</sup>) fabriquée de chaque produit pour la période simulée et le prix de vente potentiel respectif. Ce prix de vente potentiel, diminué du coût correspondant, fournit le revenu brut potentiel de chaque produit. La somme de ces revenus donne le revenu brut potentiel total de la scierie pour la période simulée.

Le tableau 5.23 montre les résultats obtenus pour la scierie "CANELA". Les tableaux 5.24 et 5.25 montrent les résultats concernant les scieries "ESSENCE TENDRE" et "ESSENCE DURE", respectivement.

Pour les scieries "FAIBLE DIAMETRE" et "BILLONS COURTS" (tableaux 5.26 à 5.29) on a simulé séparément des campagnes de découpe de billons d'essence tendre et de billons d'essence dure.

\*\* DONNEES DE PRODUCTION "CANELA" [m3]:

PRODUITS:	APROV	SOALHO	TABOADO	TOTAL
Volume Sortie 1:	.0000	11.2491	68.0366	79.2858
Volume Sortie 2:	13.8616	.0000	.0000	13.8616
Volume Sortie 3:	29.4134	21.4348	.0000	50.8482
Volume Total :				143.9956

BILLONS	NOMBRE	VOL TOTAL	VOL MOYEN	REND MAT (s/ec)
	570	259.5493	.4553	55.48 %
	1 RETOUR	2 RETOUR	3 RETOUR	TRAIT SCIE/BILLON
NOMBRE	80	141	349	22.33

\*\* DIVERSES STATISTIQUES POUR LES STATIONS:

	SDT	TRON	DEL	TRO2DC*	TRO2
File Moyenne [nb]:	---	.9	3.6	.7	.1
File Maximale [nb]:	---	19	21	11	3
File Fin Simulat. [nb]:	---	0	4	0	0
Temps Att. Moyen [min]:	---	.544	2.467	.240	.041
Temps Serv. Moyen [min]:	10.133	.419	.600	.129	.235
Taux d Occupation [%]:	96.3	68.6	86.9	---	69.3

\* File pour les dechets a la station TRO2

\*\* COUTS DE TRANSFORMATION [u.m./m3]:

	MOD	IND	TOTAL
Sortie 1	150.08	284.17	434.25
Sortie 2	193.19	317.89	511.08
Sortie 3	215.74	348.05	563.79

\*\* COUTS DES PRODUITS FINIS [u.m./m3]:

	COUT MP	COUT MOD	COUT IND	TOTAL	PR VENTE	MARGE
Aproveitamento	386.54	208.52	338.39	933.45	3330.00	256 %
Soalho	731.29	193.14	326.07	1250.50	6300.00	403 %
Taboado	966.93	150.08	284.17	1401.17	8330.00	494 %

\*\* RESUME:

	PART	QUANT	PRIX VENTE	COUT	REVENU BRUT
Aproveitamento	30 %	43.2750	144105.80	40394.93	103710.90
Soalho	23 %	32.6839	205908.70	40871.12	165037.60
Taboado	47 %	68.0366	566745.10	95331.16	471413.90
Total pour		6000.0 minutes de simulation [u.m.]:			740162.30

Tableau 5.23. Résultats de la simulation de la scierie "CANELA"

\*\* DONNEES DE PRODUCTION "ESSENCE TENDRE" [m3]:

PRODUITS:	COURT	MOYEN	LONG	TOTAL
Volume Sortie 1:	12.7450	76.8583	54.0871	143.6904
Volume Sortie 2:	1.8240	.1491	.0000	1.9731
Volume Sortie 3:	32.1578	12.3277	13.7259	58.2114
				-----
Volume Total :				203.8749

BILLONS	NOMBRE	VOL TOTAL	VOL MOYEN	REND MAT (s/ec)
	882	360.0280	.4082	56.63 %

NOMBRE	1 RETOUR	2 RETOUR	3 RETOUR	TRAIT SCIE/BILLON
	4	77	801	18.14

\*\* DIVERSES STATISTIQUES POUR LES STATIONS:

	[Nb]:	SDT	TRON	DEL	TRO2DC*	TRO2
File Moyenne	---	---	1.0	.5	2.6	.2
File Maximale	---	---	15	6	40	4
File Fin Simulat.	---	---	0	1	2	0
Temps Att. Moyen [min]:	---	---	.498	.451	1.176	.139
Temps Serv. Moyen [min]:	6.607	---	.425	.596	.135	.352
Taux d Occupation [%]:	97.1	---	79.9	64.9	---	75.3

\* File pour les dechets a la station TRO2

\*\* COUTS DE TRANSFORMATION [u.m./m3]:

	MOD	IND	TOTAL
Sortie 1	97.84	178.77	276.62
Sortie 2	159.01	226.36	385.37
Sortie 3	198.19	257.55	455.74
Traitement	37.09	24.94	62.02

\*\* COUTS DES PRODUITS FINIS [u.m./m3]:

	COUT MP	COUT MOD	COUT IND	TOTAL	PR VENTE	MARGE
Tendre Court	339.67	169.29	234.84	743.81	2050.00	175 %
Tendre Moyen	417.55	111.79	189.72	719.06	2520.00	250 %
Tendre Long	521.93	155.24	219.65	896.83	3150.00	251 %

\*\* RESUME:

	PART	QUANT	PRIX VENTE	COUT	REVENU BRUT
Tendre Court	23 %	46.7268	95789.99	34755.67	61034.32
Tendre Moyen	44 %	89.3351	225124.50	64237.56	160886.90
Tendre Long	33 %	67.8130	213610.90	60816.64	152794.30

Total pour 6000.0 minutes de simulation [u.m.]: 374715.50

Tableau 5.24. Résultats de la simulation de la scierie "ESSENCE TENDRE"

\*\* DONNEES DE PRODUCTION "ESSENCE DURE" [m3]:

PRODUITS:	APROV	BIT BC	LINH	FRONTAL	TABOADO	TOTAL
Volume Sortie 1:	.0000	.0000	.0000	45.4001	74.4380	119.8381
Volume Sortie 2:	22.0421	.0000	.0000	.0000	.0000	22.0421
Volume Sortie 3:	18.1755	17.5905	15.4268	1.4982	5.5372	58.2282
Volume Total :						200.1084

BILLONS	NOMBRE	VOL TOTAL	VOL MOYEN	REND MAT (s/ec)
	718	340.2827	.4739	58.81 %
NOMBRE	1 RETOUR	2 RETOUR	3 RETOUR	TRAIT SCIE/BILLON
	0	62	657	17.97

\*\* DIVERSES STATISTIQUES POUR LES STATIONS:

	SDT	TRON	DEL	TRO2DC*	TRO2
File Moyenne [Nb]:	---	.5	1.0	2.6	.2
File Maximale [Nb]:	---	6	11	28	7
File Fin Simulat. [Nb]:	---	0	0	6	1
Temps Att. Moyen [min]:	---	.322	.705	.914	.141
Temps Serv. Moyen [min]:	7.867	.462	.524	.148	.285
Taux d Occupation [%]:	94.1	69.3	74.5	---	83.1

\* File pour les dechets a la station TRO2

\*\* COUTS DE TRANSFORMATION [u.m./m3]:

	MOD	IND	TOTAL
Sortie 1	100.18	179.56	279.73
Sortie 2	149.08	216.14	365.22
Sortie 3	188.41	246.60	435.01

\*\* COUTS DES PRODUITS FINIS [u.m./m3]:

	COUT MP	COUT MOD	COUT IND	TOTAL	PR VENTE	MARGE
Aproveitamento	271.04	166.85	229.91	667.80	1670.00	150 %
Bitola BC	486.89	188.41	246.60	921.91	3000.00	225 %
Linhamento	572.91	188.41	246.60	1007.93	3530.00	250 %
Frontal	514.48	103.00	181.70	799.18	3170.00	296 %
Taboado	514.48	106.29	184.20	804.97	3170.00	293 %

\*\* RESUME:

	PART	QUANT	PRIX VENTE	COUT	REVENU BRUT
Aproveitamento	20 %	40.2176	67163.44	26857.24	40306.20
Bitola BC	9 %	17.5905	52771.56	16216.84	36554.73
Linhamento	8 %	15.4268	54456.68	15549.09	38907.59
Frontal	23 %	46.8983	148667.60	37480.11	111187.50
Taboado	40 %	79.9751	253521.20	64377.48	189143.70
Total pour 6000.0 minutes de simulation [u.m.]:					416099.80

**Tableau 5.25. Résultats de la simulation de la scierie "ESSENCE DURE"**

\*\* DONNEES DE PRODUCTION "FAIBLE DIAMETRE" [m3]:

\*\* Produits Essence Tendre:

	COURT	MOYEN	LONG	TOTAL
Volume Sortie 1:	8.5091	54.5054	20.0914	83.1059
Volume Sortie 2:	.5581	.0251	.0000	.5832
Volume Sortie 3:	34.4661	19.5057	4.4691	58.4408
				-----
Total:				142.1299

\*\* Billons:

	NOMBRE	VOL TOTAL	VOL MOYEN	REND MAT(s/ec)
ESS TENDRE:	1259	263.0832	.2090	54.02 %
	1 RETOUR	2 RETOUR	3 RETOUR	TRAIT SCIE/BILLON
NOMBRE	27	813	419	13.38

\*\* DIVERSES STATISTIQUES POUR LES STATIONS:

		SDT	TRON	DEL	TRO2DC*	TRO2
File Moyenne [Nb]:	---	---	.5	.3	1.4	.1
File Maximale [Nb]:	---	---	12	4	27	3
File Fin Simulat. [Nb]:	---	---	0	0	0	0
Temps Att. Moyen [min]:	---	---	.249	.292	.654	.063
Temps Serv. Moyen [min]:	4.564	---	.355	.593	.152	.350
Taux d Occupation [%]:	95.8	---	68.7	62.9	---	70.6

\* File pour les dechets a la station TRO2

\*\* COUTS DE TRANSFORMATION [u.m./m3]:

	MOD	IND	TOTAL
Sortie 1	125.73	222.65	348.38
Sortie 2	209.46	276.79	486.25
Sortie 3	240.19	290.02	530.21

\*\* COUTS DES PRODUITS FINIS [u.m./m3]:

	COUT MP	COUT MOD	COUT IND	TOTAL	PR VENTE	MARGE
Tendre Court	375.65	217.43	276.68	869.76	2050.00	135 %
Tendre Moyen	461.78	155.91	240.42	858.11	2520.00	193 %
Tendre Long	577.22	146.56	234.91	958.69	3150.00	228 %

\*\* RESUME:

	PART	QUANT	PRIX VENTE	COUT	REVENU BRUT
Tendre Court	31 %	43.5333	89243.23	37863.40	51379.83
Tendre Moyen	52 %	74.0362	186571.20	63531.21	123040.00
Tendre Long	17 %	24.5605	77365.49	23545.85	53819.64
					-----
Total pour		6000.0 minutes de simulation [u.m.]:			228239.50

**Tableau 5.26. Résultats de la simulation de la scierie "FAIBLE DIAMETRE": campagne de découpe de billons d'essence "Tendre"**

\*\* DONNEES DE PRODUCTION "FAIBLE DIAMETRE" [m3]:

\*\* Produits Essence Dure:

	APROV	BIT BC	LINH	FRONTAL	TABOADO	TOTAL
Volume Sortie 1:	21.9297	.0000	.0000	14.9299	33.7134	70.5731
Volume Sortie 2:	.6725	.0000	.0000	.0000	.0000	.6725
Volume Sortie 3:	17.4385	15.1404	13.1478	1.1828	3.4170	50.3265
						-----
						Total: 121.5720

\*\* Billons:

	NOMBRE	VOL TOTAL	VOL MOYEN	REND MAT(s/ec)
ESS DURE :	1266	264.8807	.2092	45.90 %
	1 RETOUR	2 RETOUR	3 RETOUR	TRAIT SCIE/BILLON
NOMBRE	30	800	436	13.19

\*\* DIVERSES STATISTIQUES POUR LES STATIONS:

	SDT	TRON	DEL	TRO2DC*	TRO2
File Moyenne [Nb]:	---	.5	.8	10.0	.2
File Maximale [Nb]:	---	6	9	59	5
File Fin Simulat. [Nb]:	---	1	5	11	0
Temps Att. Moyen [min]:	---	.231	.626	3.936	.140
Temps Serv. Moyen [min]:	4.536	.356	.607	.145	.348
Taux d Occupation [%]:	95.7	67.8	77.2	---	91.3

\* File pour les dechets a la station TRO2

\*\* COUTS DE TRANSFORMATION [u.m./m3]:

	MOD	IND	TOTAL
Sortie 1	146.30	259.95	406.25
Sortie 2	245.14	323.86	569.01
Sortie 3	280.53	338.81	619.34

\*\* COUTS DES PRODUITS FINIS [u.m./m3]:

	COUT MP	COUT MOD	COUT IND	TOTAL	PR VENTE	MARGE
Aproveitamento	371.46	206.42	295.37	873.25	1670.00	91 %
Bitola BC	667.29	280.53	338.81	1286.63	3000.00	133 %
Linhamento	785.18	280.53	338.81	1404.52	3530.00	151 %
Frontal	705.11	156.15	265.74	1127.00	3170.00	181 %
Taboado	705.11	158.65	267.21	1130.97	3170.00	180 %

\*\* RESUME:

	PART	QUANT	PRIX VENTE	COUT	REVENU BRUT
Aproveitamento	33 %	40.0407	66868.02	34965.47	31902.55
Bitola BC	12 %	15.1404	45421.12	19480.10	25941.02
Linhamento	11 %	13.1478	46411.58	18466.30	27945.28
Frontal	13 %	16.1127	51077.39	18159.04	32918.35
Taboado	31 %	37.1304	117703.50	41993.27	75710.22

Total pour 6000.0 minutes de simulation [u.m.]: 194417.40

**Tableau 5.27. Résultats de la simulation de la scierie "FAIBLE DIAMETRE": campagne de découpe de billons d'essence "Dure"**

\*\* DONNEES DE PRODUCTION "BILLONS COURTS" [m3]:

			ESS TENDRE
	Volume Produits	:	111.7223
	Volume Billons	:	227.1370
	Nombre de Billons	:	4517
	Volume Moyen Billons	:	.0503
	Rend. Matiere (s/ ec):		49.19
	1 RETOUR	2 RETOUR	TRAIT SCIE/BILLON
NOMBRE	3420	1098	7.39

\*\* DIVERSES STATISTIQUES POUR LES STATIONS:

		SDT	DEL	TRONDC*	TRON
File Moyenne	[Nb]:	---	40.9	12.1	.5
File Maximale	[Nb]:	---	120	41	5
File Fin Simulat.	[Nb]:	---	79	17	1
Temps Att. Moyen	[min]:	---	5.278	5.430	.111
Temps Serv. Moyen	[min]:	1.283	.201	.104	.168
Taux d Occupation	[%]:	96.6	99.8	---	98.8

\* File pour les dechets a la station TRON

** COUTS DE TRANSFORMATION:	MOD	IND	TOTAL
[u.m./m3]	174.66	186.29	360.95

\*\* COUTS DES PRODUITS FINIS [u.m./m3]:

	COUT MP	COUT MOD	COUT IND	TOTAL	PR VENTE	MARGE
Tendre Court	500.13	174.66	186.29	861.08	2050.00	138 %

\*\* RESUME:

	QUANT	PRIX VENTE	COUT	REVENU BRUT
Tendre Court	111.7223	229030.80	96201.71	132829.10
				-----
Total pour	6000.0 minutes de simulation [u.m.]:			132829.10

**Tableau 5.28. Résultats de la simulation de la scierie "BILLONS COURTS":  
campagne de découpe de billons d'essence "Tendre"**



\*\* DONNEES DE PRODUCTION "BILLONS COURTS" [m3]:

			ESS DURE
	Volume Produits :		114.0861
	Volume Billons :		230.3212
	Nombre de Billons :		4579
	Volume Moyen Billons :		.0503
	Rend. Matière (s/ ec):		49.53
	1 RETOUR	2 RETOUR	TRAIT SCIE/BILLON
NOMBRE	3515	1065	7.31

\*\* DIVERSES STATISTIQUES POUR LES STATIONS:

		SDT	DEL	TRONDC*	TRON
File Moyenne	[Nb]:	---	137.4	11.5	.5
File Maximale	[Nb]:	---	295	38	5
File Fin Simulat.	[Nb]:	---	272	29	0
Temps Att. Moyen	[min]:	---	3.782	5.216	.112
Temps Serv. Moyen	[min]:	1.266	.202	.107	.168
Taux d Occupation	[%]:	96.6	100.0	---	98.5

\* File pour les déchets a la station TRON

\*\* COUTS DE TRANSFORMATION:

	MOD	IND	TOTAL
[u.m./m3]	171.04	182.43	353.47

\*\* COUTS DES PRODUITS FINIS [u.m./m3]:

	COUT MP	COUT MOD	COUT IND	TOTAL	PR VENTE	MARGE
Aproveitamento	555.18	171.04	182.43	908.65	1670.00	83 %

\*\* RESUME:

	QUANT	PRIX VENTE	COUT	REVENU BRUT
Aproveitamento	114.0861	190523.80	103664.30	86859.46
Total pour	6000.0 minutes de simulation [u.m.]:			86859.46

**Tableau 5.29. Résultats de la simulation de la scierie "BILLONS COURTS":  
campagne de découpe de billons d'essence "Dure"**

La figure 5.21 montre la participation en pourcentage des coûts de la matière-première (MP), de la main d'œuvre directe (MOD) et des coûts indirects (IND) dans la composition des coûts des produits de la scierie "CANELA". Les figures 5.22 à 5.25 montrent les mêmes résultats pour les scieries "ESSENCE TENDRE", "ESSENCE DURE", "BILLONS COURTS" et "FAIBLE DIAMETRE".

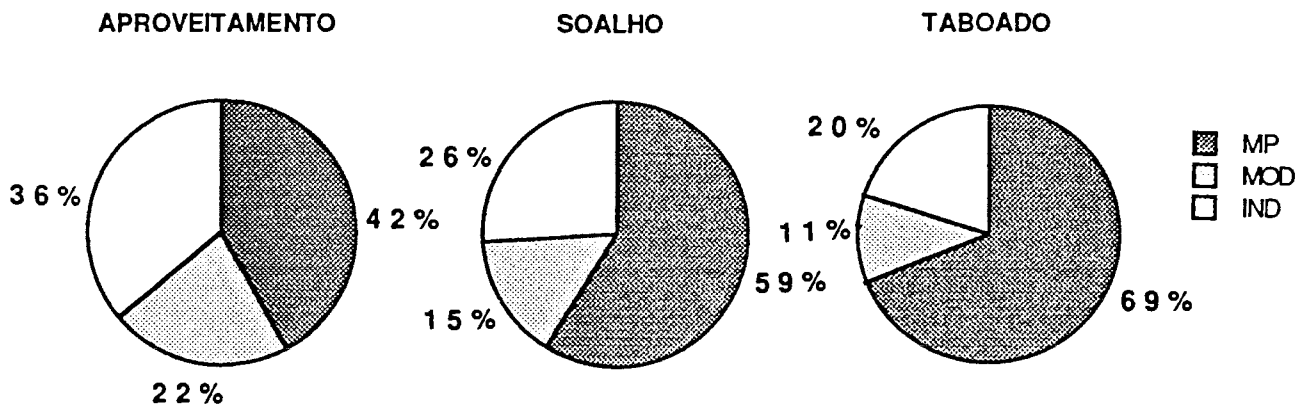


Figure 5.21. Composition des coûts des produits de la scierie "CANELA"

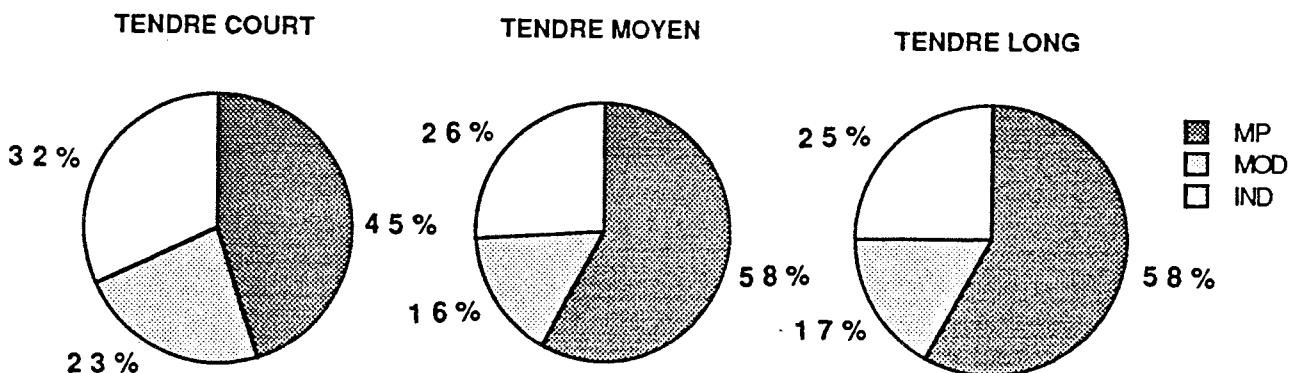


Figure 5.22. Composition des coûts des produits de la scierie "ESSENCE TENDRE"

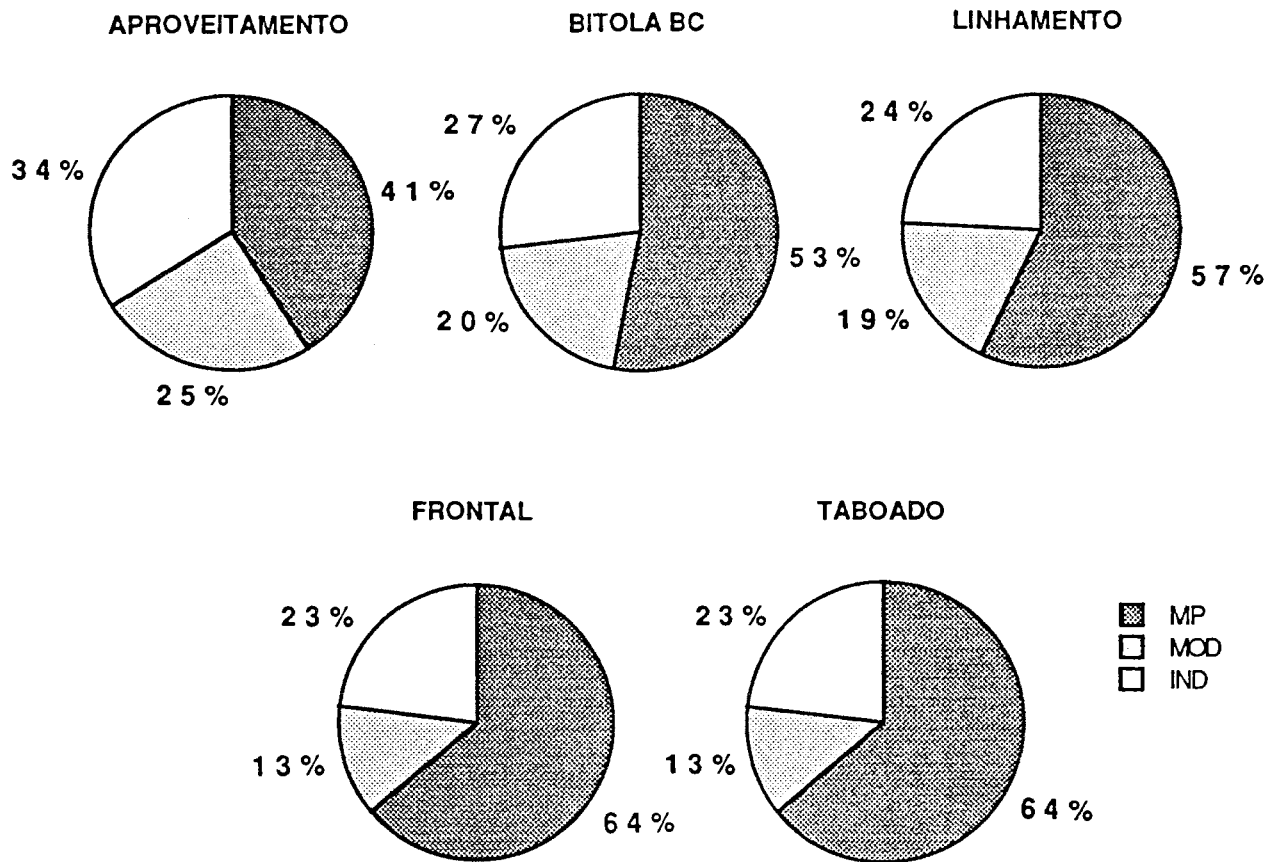


Figure 5.23. Composition des coûts des produits de la scierie "ESSENCE DURE"

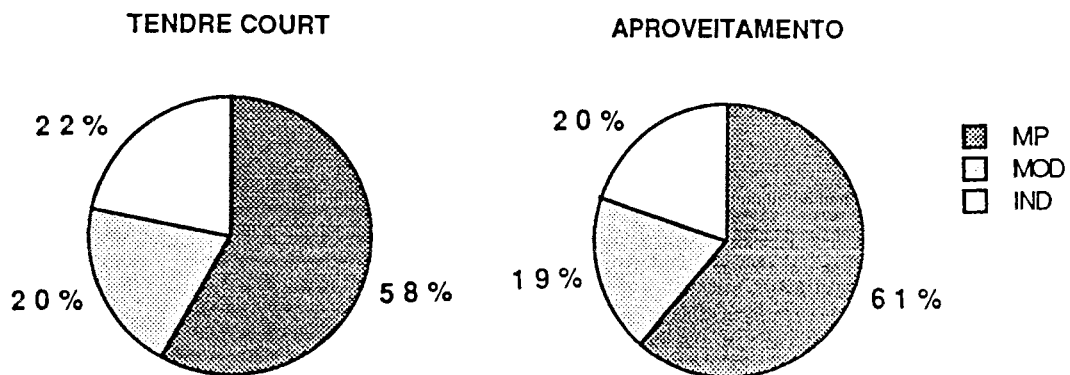


Figure 5.24. Composition des coûts des produits de la scierie "BILLONS COURTS"

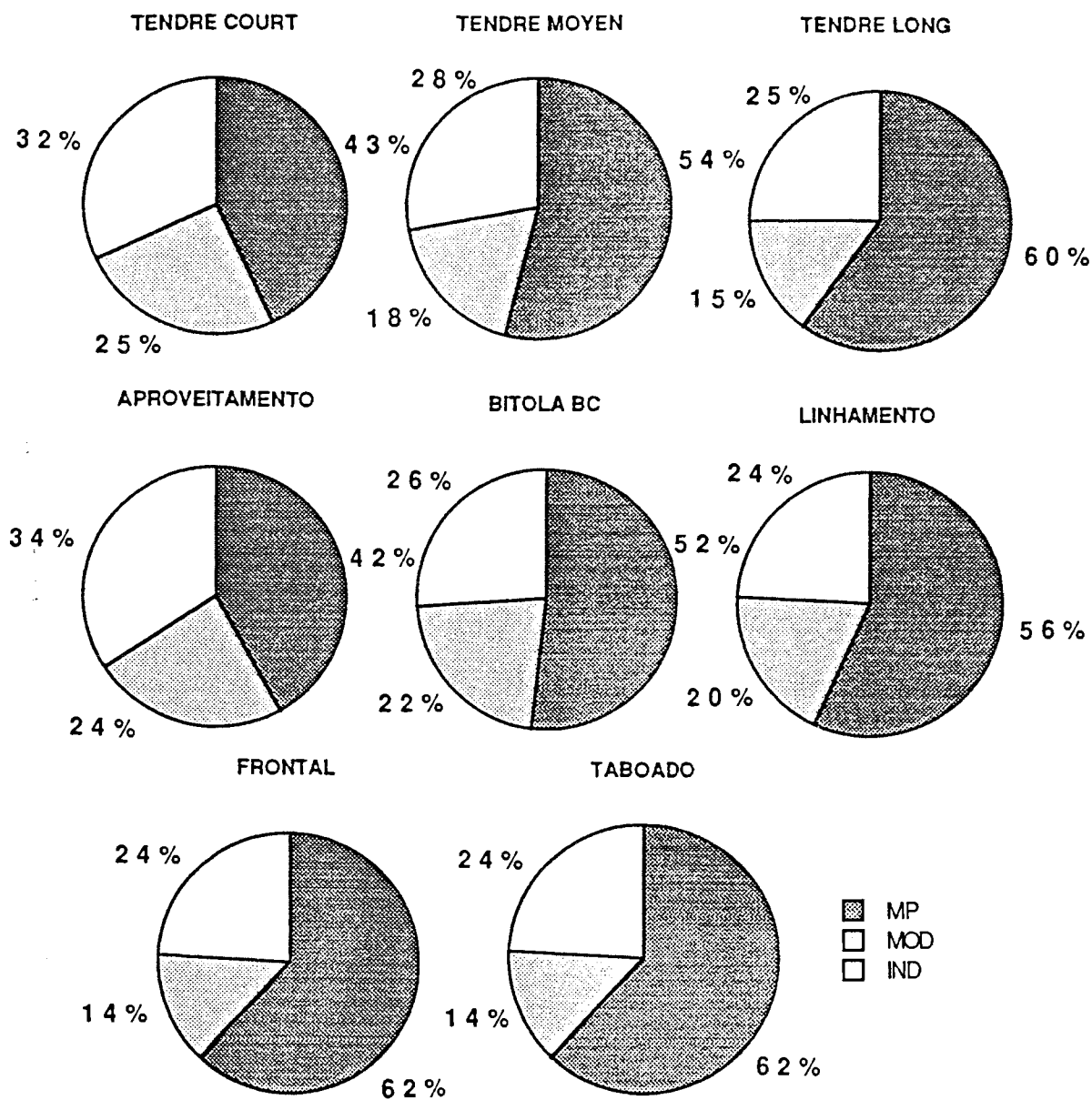


Figure 5.25. Composition des coûts des produits de la scierie "FAIBLE DIAMETRE"

Une étude pour déterminer la participation des produits dans le volume de production et l'importance économique respective a été faite pour chacune des essences sciées par l'entreprise.

Les tableaux 5.30 à 5.32 montrent les valeurs annuelles obtenues avec les simulations pour les essences "canaela", "tendre" et "dure" respectivement. Pour la détermination de ces valeurs, on a admis que les scieries travaillent 2420 heures/an et que les scieries "FAIBLE DIAMETRE" et "BILLONS COURTS" scient pendant 50% du temps de l'essence "tendre" et pendant 50% du temps de l'essence "dure".

PRODUIT:	APROVEITAMENTO	SOALHO	TABOADO	TOTAL
<u>PRODUCTION (m3):</u>				
Total	1.047	791	1.646	3.484
Participation	30 %	23 %	47 %	100 %
<u>COÛT (mille u.m.):</u>				
Total	978	989	2.307	4.274
Participation	23 %	23 %	54 %	100 %
<u>VALEUR DE VENTE (mille u.m.):</u>				
Total	3.487	4.983	13.715	22.185
Participation	16 %	22 %	62 %	100 %
<u>REVENU BRUT (mille u.m.):</u>				
Total	2.510	3.994	11.408	17.912
Participation	14 %	22 %	64 %	100 %

Tableau 5.30. Valeurs annuelles pour les produits de la scierie "CANELA"

SCIERIE:	ESSENCE TENDRE	FAIBLE DIAMETRE	BILLONS COURTS	TOTAL	PARTICI- PATION
<u>PRODUCTION (m3):</u>					
Tendre Court	1.131	527	1.352	3.010	38 %
Tendre Moyen	2.162	896	- - -	3.058	38 %
Tendre Long	1.641	297	- - -	1.938	24 %
<b>Total</b>	<b>4.934</b>	<b>1.720</b>	<b>1.352</b>	<b>8.006</b>	<b>100 %</b>
Participation	62 %	21 %	17 %	100 %	
<u>COÛT (mille u.m.):</u>					
Tendre Court	841	458	1.164	2.463	38 %
Tendre Moyen	1.555	769	- - -	2.324	35 %
Tendre Long	1.472	285	- - -	1.757	27 %
<b>Total</b>	<b>3.868</b>	<b>1.512</b>	<b>1.164</b>	<b>6.544</b>	<b>100 %</b>
Participation	59 %	23 %	18 %	100 %	
<u>VALEUR DE VENTE (mille u.m.):</u>					
Tendre Court	2.319	1.080	2.772	6.171	31 %
Tendre Moyen	5.448	2.258	- - -	7.706	38 %
Tendre Long	5.169	936	- - -	6.105	31 %
<b>Total</b>	<b>12.936</b>	<b>4.274</b>	<b>2.772</b>	<b>19.982</b>	<b>100 %</b>
Participation	65 %	21 %	14 %	100 %	
<u>REVENU BRUT (mille u.m.):</u>					
Tendre Court	1.477	622	1.607	3.706	28 %
Tendre Moyen	3.893	1.489	- - -	5.382	40 %
Tendre Long	3.698	651	- - -	4.349	32 %
<b>Total</b>	<b>9.068</b>	<b>2.762</b>	<b>1.607</b>	<b>13.437</b>	<b>100 %</b>
Participation	67 %	21 %	12 %	100 %	

Tab. 5.31. Valeurs annuelles pour les produits de la scierie "ESS. TENDRE"

SCIERIE:	ESSENCE DURE	FAIBLE DIAMETRE	BILLONS COURTS	TOTAL	PARTICI- PATION
<u>PRODUCTION (m3):</u>					
Aproveitamento	973	484	1.380	2.837	37 %
Bitola BC	426	183	- - -	609	8 %
Linhamento	373	159	- - -	532	7 %
Frontal	1.135	195	- - -	1.330	17 %
Taboado	1.935	449	- - -	2.384	31 %
<b>Total</b>	<b>4.842</b>	<b>1.470</b>	<b>1.380</b>	<b>7.692</b>	<b>100 %</b>
Participation	63 %	19 %	18 %	100 %	
<u>COÛT (mille u.m.):</u>					
Aproveitamento	650	423	1.254	2.327	34 %
Bitola BC	392	236	- - -	628	9 %
Linhamento	376	223	- - -	599	9 %
Frontal	907	220	- - -	1.127	17 %
Taboado	1.558	508	- - -	2.066	31 %
<b>Total</b>	<b>3.883</b>	<b>1.610</b>	<b>1.254</b>	<b>6.747</b>	<b>100 %</b>
Participation	57 %	24 %	19 %	100 %	
<u>VALEUR DE VENTE (mille u.m.):</u>					
Aproveitamento	1.625	808	2.305	4.738	23 %
Bitola BC	1.278	549	- - -	1.827	9 %
Linhamento	1.317	561	- - -	1.878	9 %
Frontal	3.598	618	- - -	4.216	21 %
Taboado	6.134	1.423	- - -	7.557	38 %
<b>Total</b>	<b>13.952</b>	<b>3.959</b>	<b>2.305</b>	<b>20.216</b>	<b>100 %</b>
Participation	69 %	20 %	11 %	100 %	
<u>REVENU BRUT (mille u.m.):</u>					
Aproveitamento	975	386	1.051	2.412	18 %
Bitola BC	885	314	- - -	1.199	9 %
Linhamento	942	338	- - -	1.280	9 %
Frontal	2.691	398	- - -	3.089	23 %
Taboado	4.577	916	- - -	5.493	41 %
<b>Total</b>	<b>10.070</b>	<b>2.352</b>	<b>1.051</b>	<b>13.473</b>	<b>100 %</b>
Participation	75 %	17 %	8 %	100 %	

**Tableau 5.32. Valeurs Annuelles pour les Produits de la Scierie "ESSENCE DURE"**

La figure 5.26 donne la participation (en pourcentage) de chaque produit de la scierie "CANELA" dans la consommation de matière première, frais de production, valeur de vente et revenu brut.

Les figures 5.27 à 5.30 donnent les valeurs pour les produits des autres scieries.

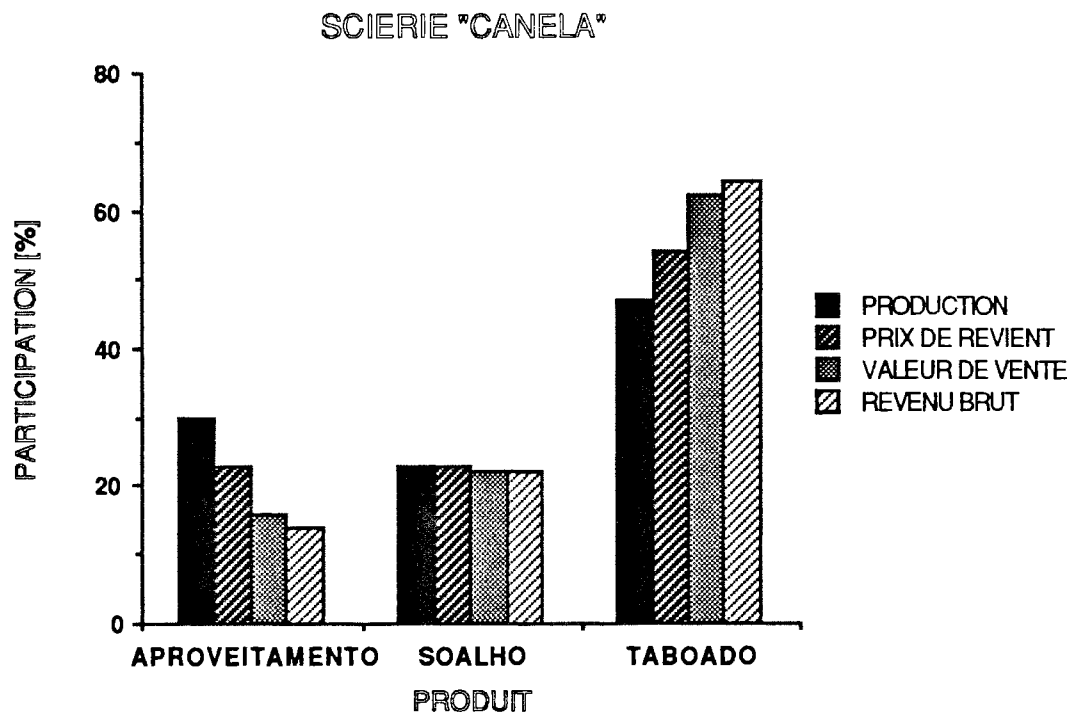


Figure 5.26. Participation des produits de la scierie "CANELA"

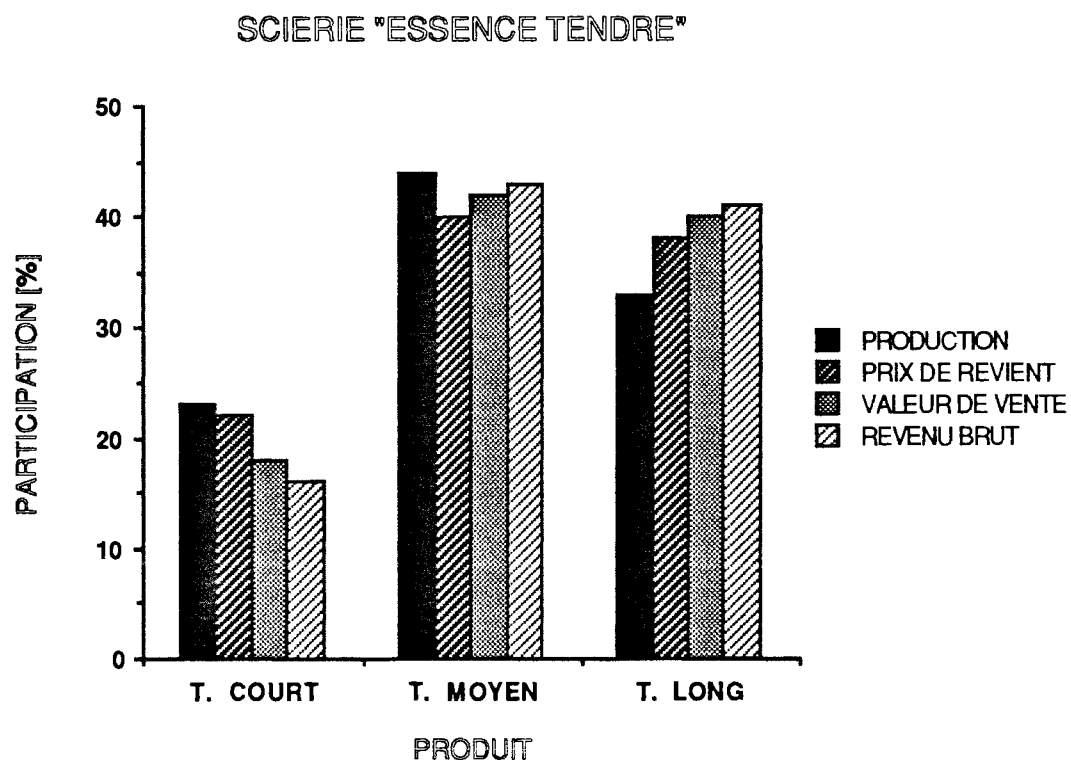


Figure 5.27. Participation des produits de la scierie "ESSENCE TENDRE"

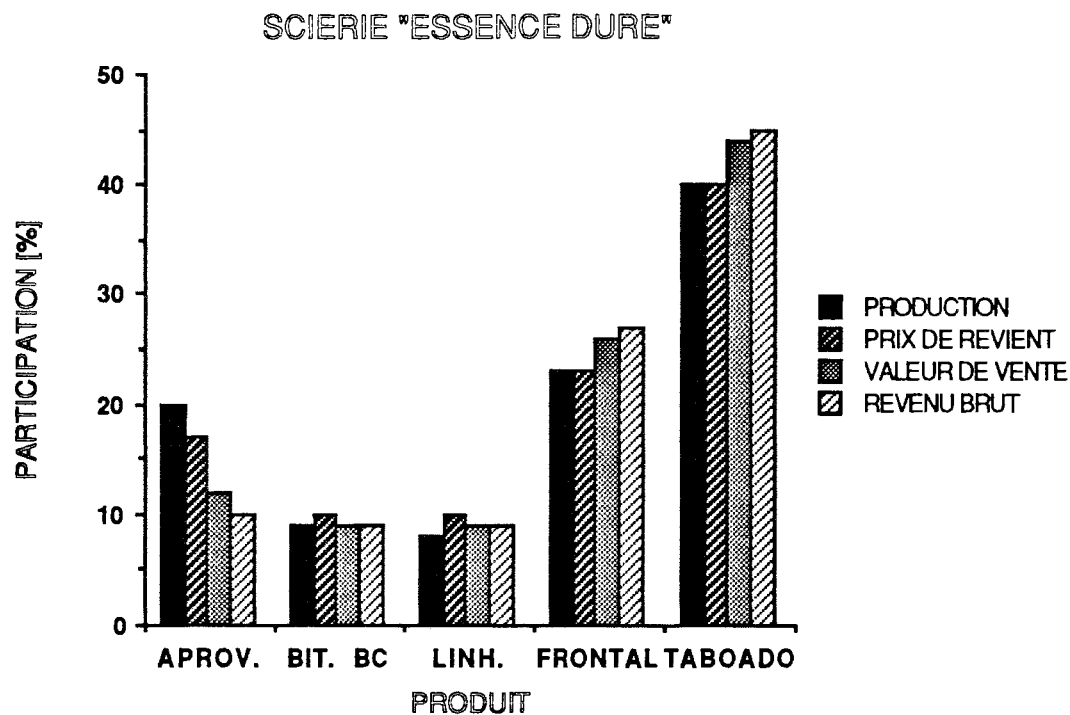


Figure 5.28. Participation des produits de la scierie "ESSENCE DURE"

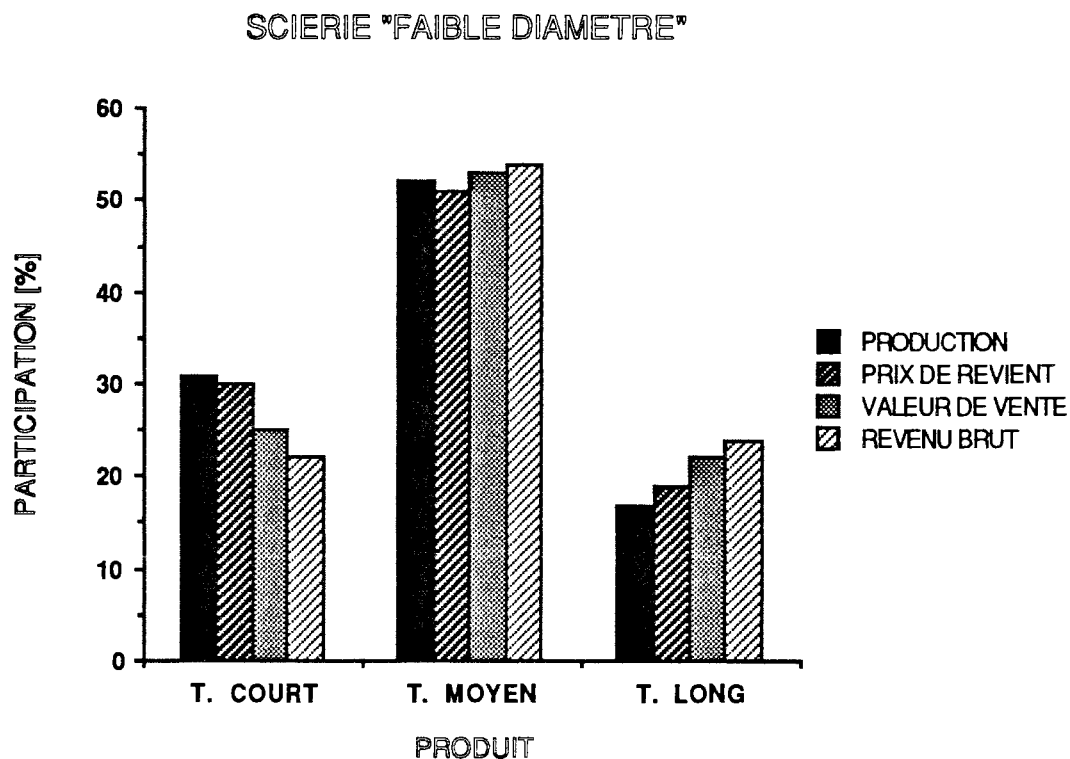
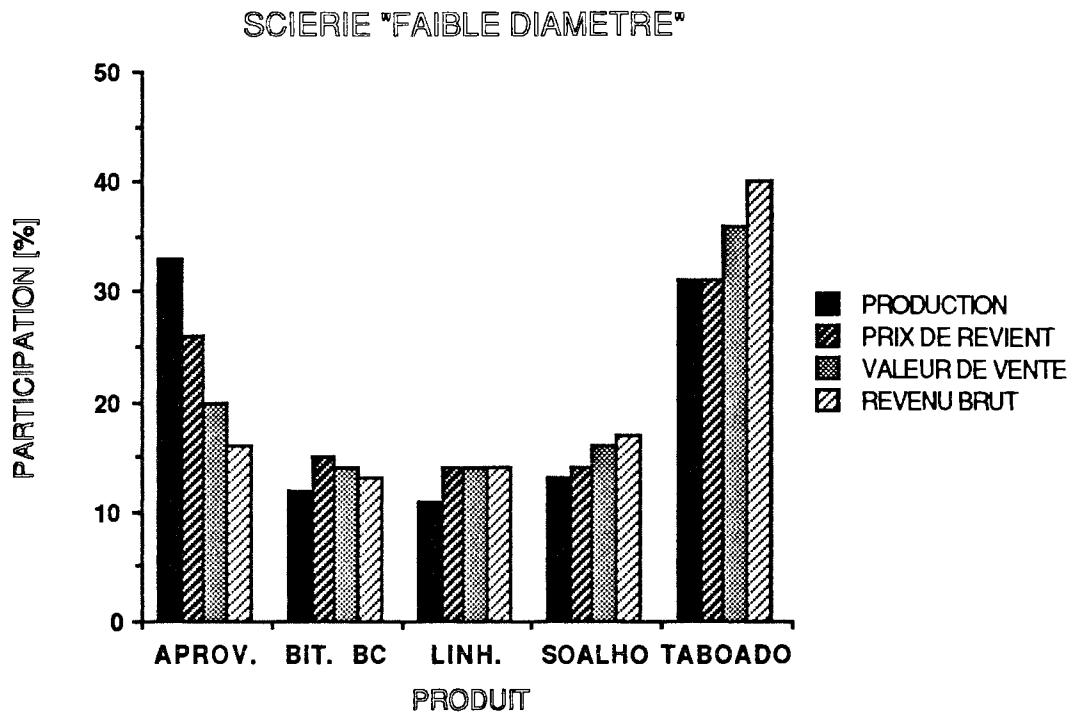


Figure 5.29. Participation des produits de la scierie "FAIBLE DIAMETRE", campagne de découpe de billons d'essence "Tendre"





**Figure 5.30.** Participation des produits de la scierie "FAIBLE DIAMETRE", campagne de découpe de billons d'essence "Dure"

La figure 5.26 montre que le produit "taboado" de la scierie "CANELA" a une participation de 47% dans la production, consomme 54% du coût de cette scierie, représente 62% de la valeur de vente et fournit 64% du revenu brut. Le produit "aproveitamento" participe avec 30% dans la production mais contribue seulement avec 14% dans le revenu brut de cette scierie.

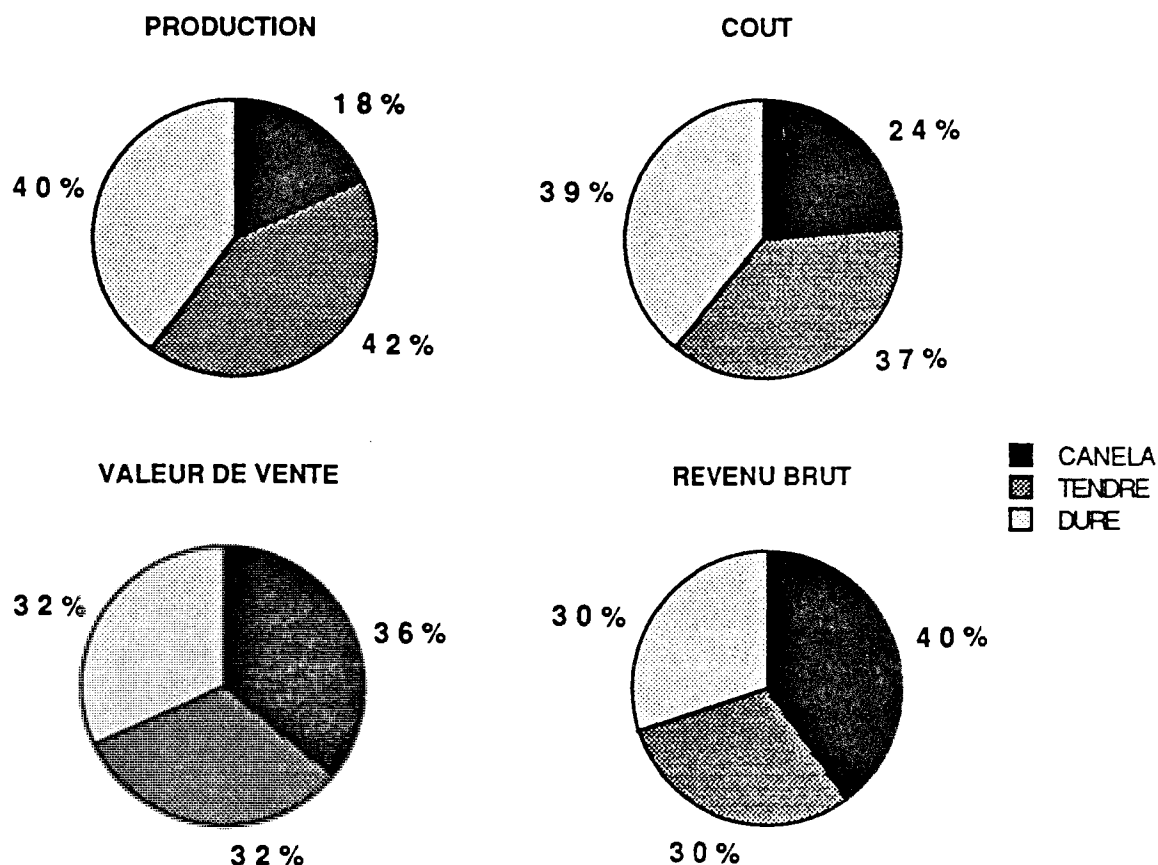
Le produit "tendre long" pour une participation de 33% dans la production de la scierie "ESSENCE TENDRE", consomme 38% du coût, participe avec 40% dans la valeur de vente et fournit 41% du revenu brut.

Le tableau 5.32 regroupe les valeurs par type d'essence sciée et la figure 5.31 montre la participation en pourcentage sous forme graphique.

Le tableau 5.33 présente les résultats groupés par scierie et la figure 5.32 montre la participation en pourcentage sous forme graphique.

	ESSENCE:	CANELA	TENDRE	DURE	TOTAL
<u>VALEURS:</u>					
Production		3.484	8.006	7.692	19.182
Coût		4.274	6.544	6.747	17.565
Valeur de Vente		22.185	19.982	20.216	62.383
Revenu Brut		17.912	13.437	13.473	44.822

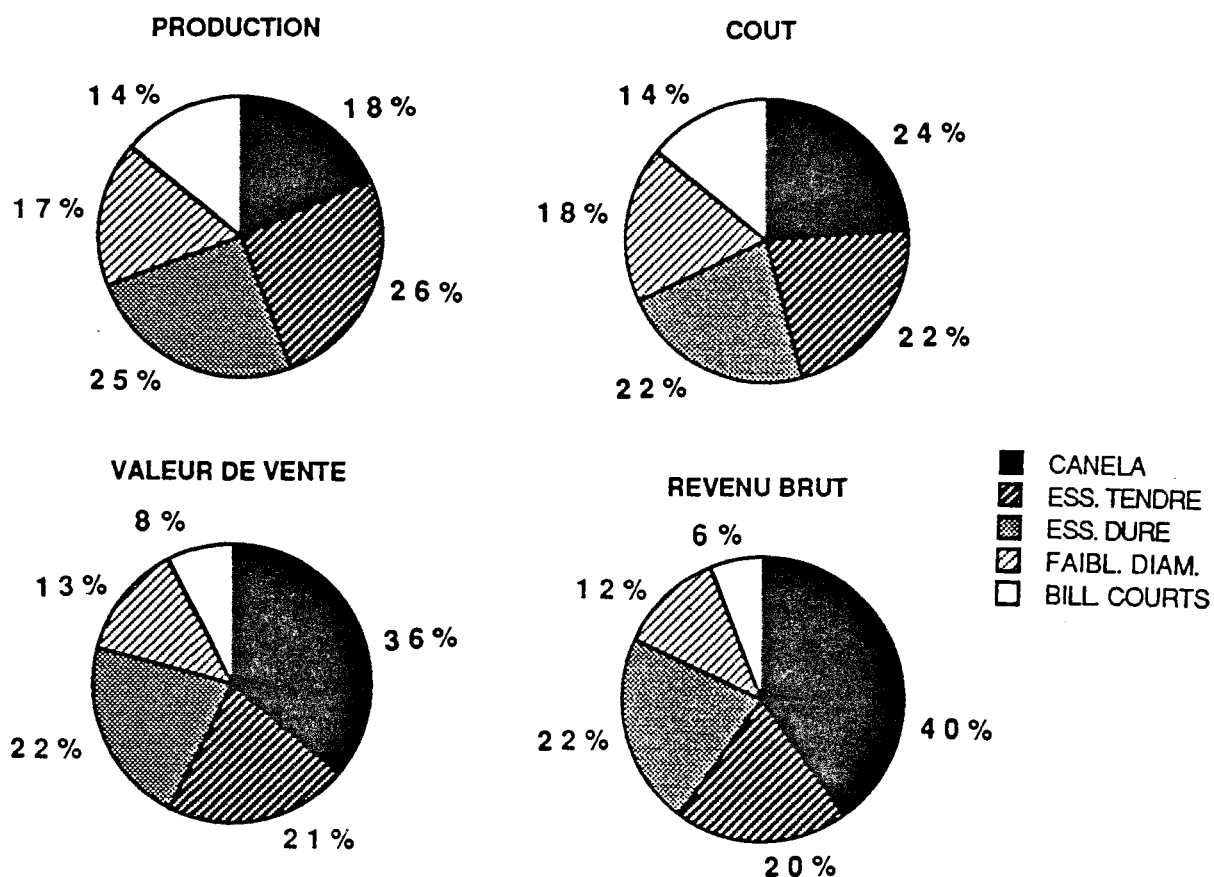
**Tableau 5.32.** Valeurs annuelles par type d'essence  
(Production en m<sup>3</sup>, autres valeurs en mille u.m.)



**Figure 5.31.** Participation en pourcentage dans la production, coût, valeur de vente et revenu brut par type d'essence

VALEURS:	PRODUCTION	COUT DES PRODUITS	VALEUR DE VENTE	REVENU BRUT
<b>SCIERIES:</b>				
Canela	3.484	4.274	22.185	17.912
Essence Tendre	4.934	3.868	12.936	9.068
Essence Dure	4.842	3.883	13.952	10.070
Faible Diamètre	3.190	3.122	8.233	5.114
Billons Courts	2.732	2.418	5.077	2.658
<b>Total</b>	<b>19.182</b>	<b>17.565</b>	<b>62.383</b>	<b>44.822</b>

**Tableau 5.33.** Valeurs annuelles par scierie  
(Production en m<sup>3</sup>, autres Valeurs en u.m.)



**Figure 5.32.** Participation en pourcentage dans la production, coût, valeur de vente et revenu brut par scierie

## b) Les performances des scieries

On présente par la suite plusieurs valeurs obtenues des simulations pour les scieries. Ces valeurs permettent au lecteur de faire une analyse multi-critères.

On montrera par la suite les valeurs obtenues pour le calcul de la production horaire, productivité, gain et rentabilité monétaires pour chaque scierie.

La production horaire est mesurée en mètres cubes de sciages par heure.

La productivité donne la production en mètres cube de sciages réalisée par heure-homme.

Le gain fait référence au nombre d'unités monétaires qui rapporte un mètre cube de produit finis (moyenne pour la scierie) et la rentabilité montre le revenu brut par heure de la scierie.

Le tableau 5.34 présente les valeurs pour analyser les performances des scieries selon les critères d'analyse mentionnés ci-dessus.

CRITERE:	PRODUCTION	PRODUCTIVITE	GAIN	RENTABILITE
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h-h]	[u.m./m <sup>3</sup> ]	[u.m./h]
<u>SCIERIES:</u>				
Canela	1,44	0,160	5.140	7.402
Essence Tendre	2,04	0,227	1.838	3.747
Essence Dure	2,00	0,223	2.079	4.161
Faible Diamètre	1,32	0,146	1.603	2.113
Billons Courts	1,13	0,141	973	1.098

**Figure 5.34. Performances des scieries**

En ce qui concerne la production et la productivité, ce sont les scieries "ESSENCE TENDRE" et "ESSENCE DURE" qui ont les meilleures performances, mais côté gain et rentabilité monétaire c'est bien la scierie "CANELA" qui affiche les meilleurs résultats.

Les résultats moins performants affichés par les scieries "FAIBLE DIAMETRE" et "BILLONS COURTS" sont fonction des diamètres moyens des billons sciés. Ces diamètres sont beaucoup plus faibles que ceux des billons sciés dans les autres unités de production, ayant par conséquent des rendements matières plus faibles.

On peut affirmer donc que la scierie "FAIBLE DIAMETRE" a une participation indirecte dans les meilleurs résultats des scieries "ESSENCE TENDRE" et "ESSENCE DURE", car elle scie les billons de plus faible diamètre, qui, autrement, seraient sciés par ces dernières.

### c) Influence du niveau de production des scieries sur les coûts

Les résultats présentés ci-dessus admettent que les scieries produisent à pleine capacité. Très souvent cela n'est pas le cas: quand elle ne peut pas écouler toute la production, l'entreprise travaille avec un certain niveau d'activité.

On fait par la suite une analyse de l'influence du niveau de production des scieries sur les gains et les coûts des produits.

Les coûts des produits ne sont pas affectés également. Le coût de la matière-première par unité de production ne change pas, l'incidence de l'activité se donnant sur les coûts indirects et sur la main d'œuvre directe. Comme la participation de ces dernières n'est pas la même dans la composition du coût pour les différents produits il se fait que chaque produit reçoit d'une manière particulière l'impact du niveau d'activité.

Ci-dessus est présenté la variation des coûts de chaque produit pour quelques niveaux de production des scieries.

Le tableau 5.35 montre les coûts calculés des produits de la scierie "CANELA" pour plusieurs niveaux d'activité et les revenus bruts respectifs.

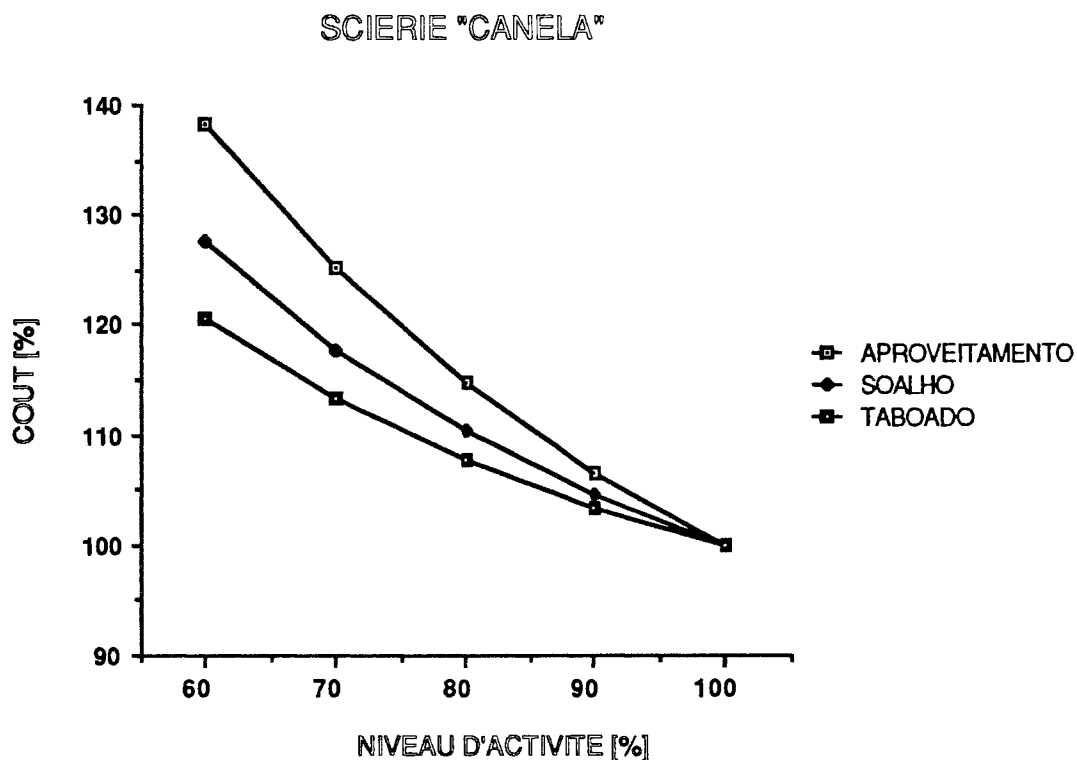
Niveau d'activité:	100 %	90 %	80 %	70 %	60 %
<u>PRODUITS:</u>					
Aproveitamento	933	994	1.070	1.168	1.290
Soalho	1.251	1.308	1.380	1.473	1.597
Taboado	1.401	1.449	1.510	1.587	1.691
<b>Revenu Brut</b>	<b>17.912</b>	<b>15.948</b>	<b>13.987</b>	<b>12.027</b>	<b>10.071</b>

**Tableau 5.35. Coûts des produits [u.m.] et revenu brut [en mille u.m. ] de la scierie "CANELA" pour divers niveaux d'activité**

La figure 5.33 montre un graphique de la variation des coûts des produits finis de la scierie "CANELA" en prenant comme base égale à 100 % la valeur correspondante au niveau d'activité 100 % (pleine capacité de production).

Les tableaux 5.36 à 5.39 et les figures 5.34 à 5.37 montrent les résultats des analyses faites pour les autres scieries.

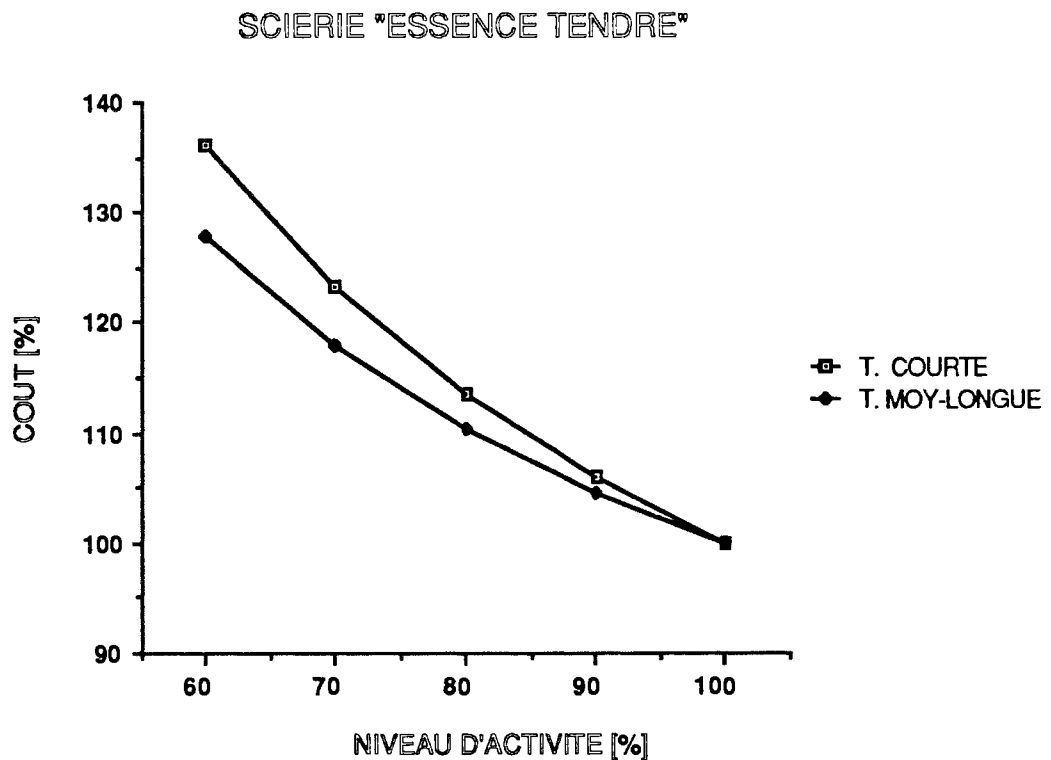
Les coûts des produits montrés par les graphiques ont été calculés indépendamment. Ainsi, il n'y a de correspondance ni entre les valeurs des différentes courbes d'un même graphique ni entre les valeurs appartenant à différentes scieries.



**Figure 5.33.** Variation des coûts des produits [en %] de la scierie "CANELA" en fonction du niveau d'activité

Niveau d'activité:	100 %	90 %	80 %	70 %	60 %
<b>PRODUITS:</b>					
Tendre Court	744	789	845	917	1.013
Tendre Moyen	719	753	794	848	920
Tendre Long	897	938	991	1.057	1.147
<b>Revenu Brut</b>	<b>9.068</b>	<b>7.989</b>	<b>6.910</b>	<b>5.831</b>	<b>4.751</b>

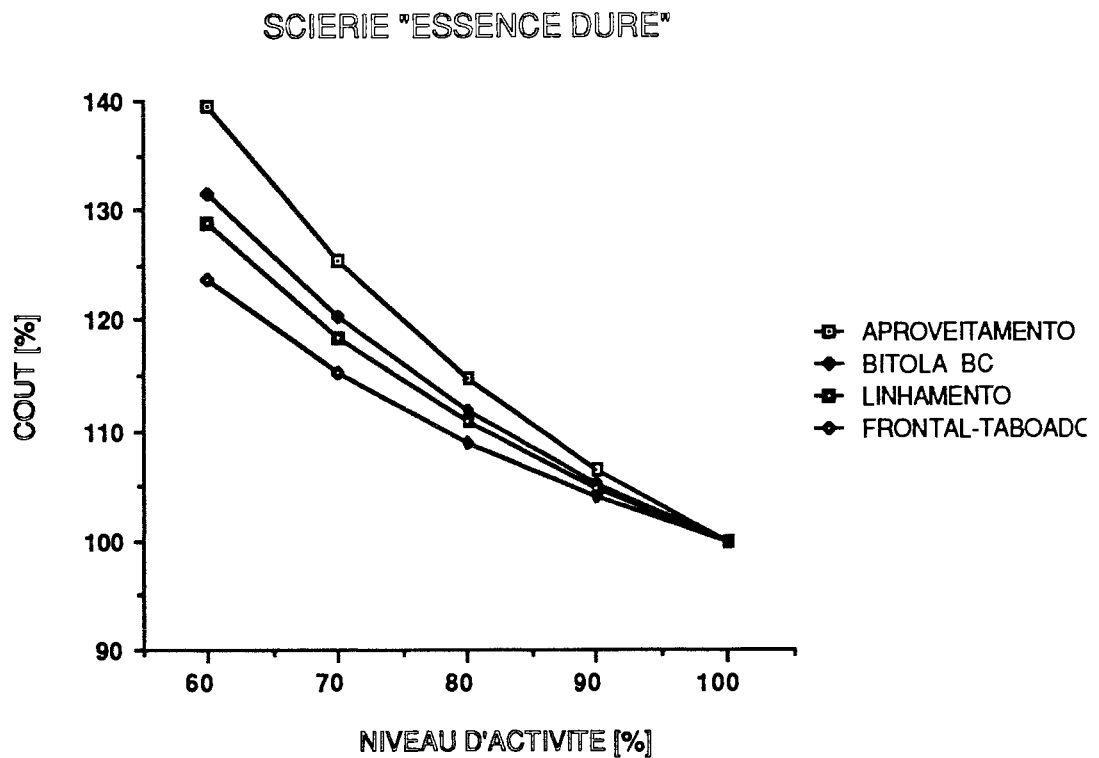
**Tableau 5.36.** Coûts des produits [u.m.] et revenu brut [en mille u.m.] de la scierie "ESSENCE TENDRE" pour divers niveaux d'activité



**Figure 5.34.** Variation des coûts des produits [en %] de la scierie "ESSENCE TENDRE" en fonction du niveau d'activité

Niveau d'activité:	100 %	90 %	80 %	70 %	60 %
<b>PRODUITS:</b>					
Aproveitamento	668	712	767	838	932
Bitola BC	922	970	1.031	1.108	1.212
Linhamento	1.008	1.056	1.117	1.194	1.298
Frontal	799	831	870	921	989
Taboado	805	837	878	929	999
<b>Revenu Brut</b>	<b>10.070</b>	<b>8.900</b>	<b>7.731</b>	<b>6.562</b>	<b>5.393</b>

**Tableau 5.37.** Coûts des produits [u.m.] et revenu brut [en mille u.m.] de la scierie "ESSENCE DURE" pour divers niveaux d'activité

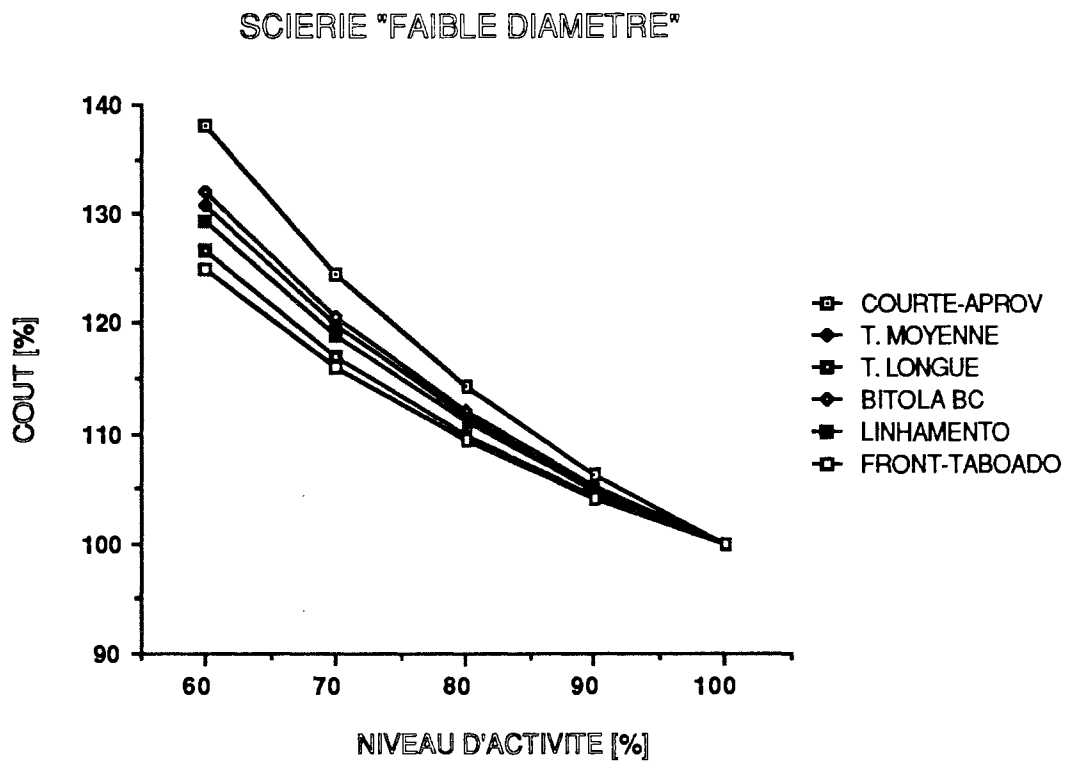


**Figure 5.35.** Variation des coûts des produits de la scierie "ESSENCE DURE" en fonction du niveau d'activité

Niveau d'activité:	100 %	90 %	80 %	70 %	60 %
<b>PRODUITS:</b>					
Tendre Court	870	925	993	1.082	1.200
Tendre Moyen	858	902	957	1.028	1.122
Tendre Long	959	1.001	1.054	1.122	1.213
<b>Revenu Brut Ess. Tendre</b>	<b>2.762</b>	<b>2.413</b>	<b>2.064</b>	<b>1.715</b>	<b>1.365</b>
Aproveitamento	873	929	999	1.088	1.208
Bitola BC	1.287	1.355	1.441	1.552	1.700
Linhamento	1.405	1.473	1.559	1.670	1.817
Frontal	1.127	1.174	1.232	1.308	1.408
Taboado	1.131	1.178	1.237	1.313	1.415
<b>Revenu Brut Ess. Dure</b>	<b>2.352</b>	<b>2.043</b>	<b>1.735</b>	<b>1.427</b>	<b>1.119</b>
<b>Revenu Brut Total</b>	<b>5.114</b>	<b>4.456</b>	<b>3.799</b>	<b>3.142</b>	<b>2.484</b>

**Tableau 5.38.** Coûts des produits (u.m.) et revenu brut (en mille u.m.) de la scierie "FAIBLE DIAMETRE" pour divers niveaux d'activité

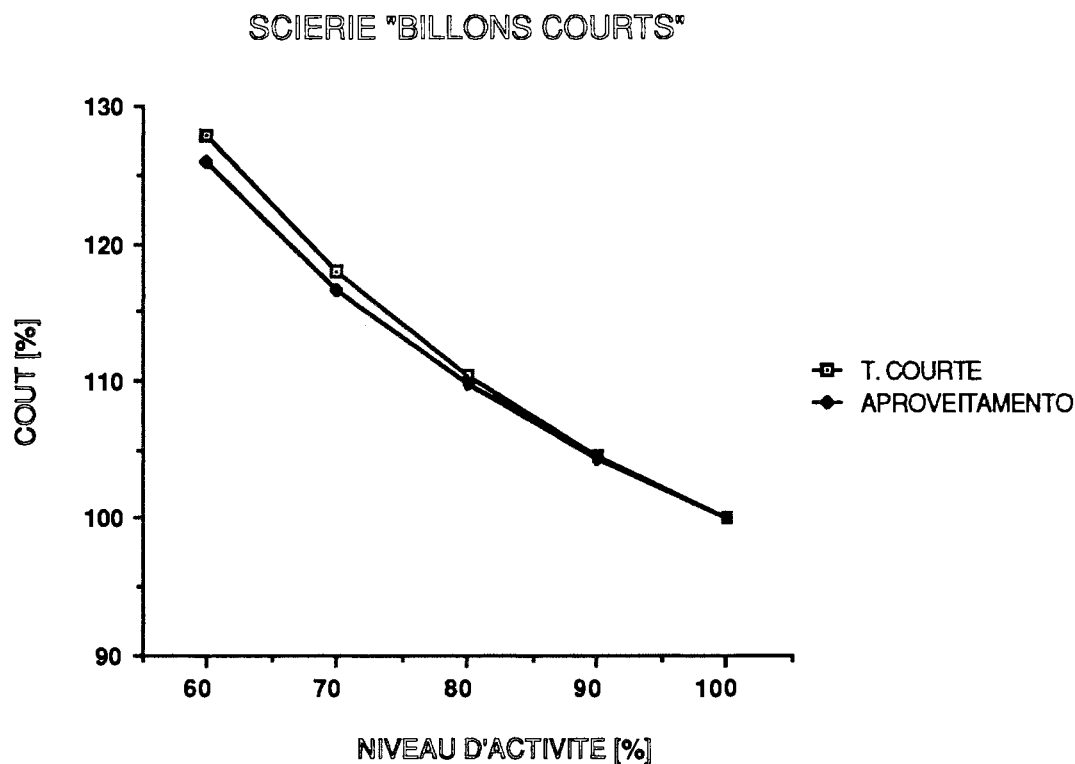




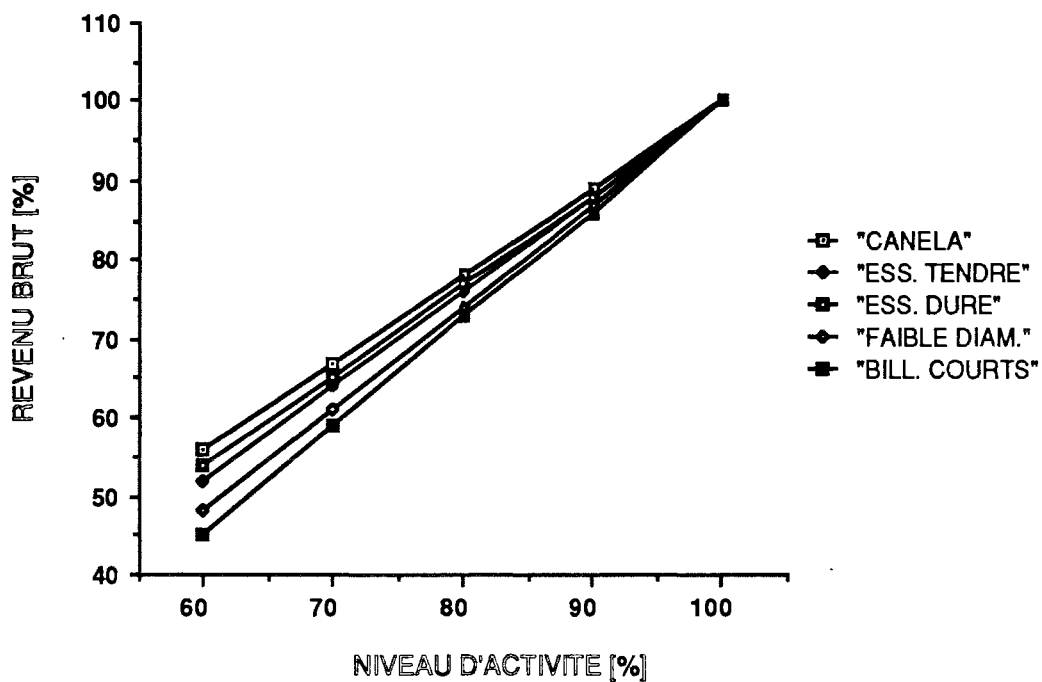
**Figure 5.36.** Variation des coûts des produits de la scierie "FAIBLE DIAMETRE" en fonction du niveau d'activité

Niveau d'activité:	100 %	90 %	80 %	70 %	60 %
<b>PRODUITS:</b>					
Tendre Court	861	901	951	1.016	1.102
Revenu Brut Ess. Tendre	1.607	1.398	1.188	979	769
Aproveitamento	909	948	997	1.060	1.144
Revenu Brut Ess. Dure	1.051	897	743	589	435
Revenu Brut Total	2.658	2.295	1.931	1.568	1.204

**Tableau 5.39.** Coûts des produits [u.m.] et revenu brut [en mille u.m.] de la scierie "BILLONS COURTS" pour divers niveaux d'activité



**Figure 5.37.** Variation des coûts des produits de la scierie "BILLONS COURTS" en fonction du niveau d'activité



**Figure 5.38.** Variation du revenu brut des scierie en fonction du niveau d'activité

La figure 5.38 montre un graphique de la variation des revenus bruts pour chaque scierie. Les valeurs ont comme base égale à 100 le revenu brut pour un niveau d'activité de 100 % et sont calculés indépendamment pour chaque scierie. Ainsi, il n'y a pas de correspondance entre les valeurs appartenant aux différentes scieries.

#### **d) Impact de l'inflation sur les coûts**

A l'époque où cette étude a été faite, l'entreprise opérait dans un contexte de forte inflation.

On a fait une prise de données économiques en début janvier et une autre en début septembre. Pour permettre une comparaison directe entre ces valeurs, on a transformé les valeurs en monnaie constante.

L'inflation générale pendant cette période a été de 388 %.

Pendant la période mentionnée, plusieurs facteurs ont changé. Ainsi, le nombre de personnes dans l'entreprise a chuté de 193 en janvier à 171 en septembre.

Néanmoins, les scieries ont gardé presque tout leur personnel, sauf la scierie "BILLONS COURTS" qui a une personne de moins. En septembre il y avait aussi une personne de moins travaillant dans le centre "STOCKAGE" par rapport à janvier.

C'est le coût de la main d'œuvre qui a le plus changé pendant cette période, avec une augmentation importante.

Les coûts indirects ont eux aussi augmenté d'une façon non négligeable.

Par contre, le coût de la matière-première a diminué un peu pour les essences "tendre" et "dure" et beaucoup pour l'essence "cana".

Comme la matière première a une participation importante dans les coûts des produits, une variation dans sa valeur a une forte influence sur ces coûts. Ainsi, les augmentations des coûts de transformation ont pu être compensées en partie par la diminution du coût de la matière-première. La variation de cette dernière n'a pas été si importante que les premières.

Le tableau 5.40 montre comment les composants des coûts ont changé pour chaque scierie pendant la période considérée. Les valeurs présentées intègrent la variation des salaires et du personnel.

SCIERIES:	CANELA	ESSENCE TENDRE	ESSENCE DURE	FAIBLE DIAMETRE	BILLONS COURTS
<u>MATIERE-PREMIERE (u.m./m3):</u>					
Janvier	500	250	280	- - -	- - -
Septembre	410	246	275	- - -	- - -
<b>Variation</b>	<b>-18.0 %</b>	<b>-1.6 %</b>	<b>-1.8 %</b>	- - -	- - -
<u>MAIN D'ŒUVRE DIRECTE (u.m./h):</u>					
Janvier	204	205	199	190	181
Septembre	255	284	263	246	195
<b>Variation</b>	<b>25.0 %</b>	<b>38.5 %</b>	<b>32.0 %</b>	<b>29.0 %</b>	<b>7.7 %</b>
<u>COÛTS INDIRECTES (u.m./h):</u>					
Janvier	420	401	380	328	186
Septembre	446	428	406	356	208
<b>Variation</b>	<b>6.2 %</b>	<b>6.7 %</b>	<b>6.8 %</b>	<b>8.5 %</b>	<b>11.8 %</b>

**Tableau 5.40. Variation des coûts de production**  
(Septembre par Rapport à Janvier, en monnaie constante)

Le tableau 5.41 montre l'influence de l'inflation de cette période sur les coûts des produits. On y voit que les produits de la scierie "CANELA" ont eu leurs coûts diminués par rapport à janvier en dépit de l'augmentation des coûts indirects et de la main d'œuvre directe. Cela est dû à la forte baisse dans le coût de la matière-première. Cette scierie a même augmenté son apport au revenu brut de l'entreprise.

Les produits provenant des essences "tendre" et "dure" ont eu leurs coûts augmentés dans toutes les scieries qui scient ces essences. La baisse du coût de la matière-première pour ces essences n'étant pas très importante, elle n'a pas été suffisante pour diminuer les coûts. Ainsi, ces scieries ont eu une diminution dans leur revenu brut par rapport à janvier.

Le revenu brut global des scieries a diminué un peu pendant cette période.

VALEUR EN:	JANVIER	SEPTEMBRE	VARIATION
<b><u>SCIERIE "CANELA":</u></b>			
Aproveitamento	954	933	-2.2 %
Soalho	1.352	1.251	-7.5 %
Taboado	1.568	1.401	-11.0 %
<b>Revenu Brut</b>	<b>724.626</b>	<b>740.162</b>	<b>2.1 %</b>
<b><u>SCIERIE "ESSENCE TENDRE":</u></b>			
Tendre Court	689	744	8.0 %
Tendre Moyen	688	719	4.5 %
Tendre Long	840	897	6.8 %
<b>Revenu Brut</b>	<b>383.904</b>	<b>374.716</b>	<b>-2.4 %</b>
<b><u>SCIERIE "ESSENCE DURE":</u></b>			
Aproveitamento 616	668	8.4 %	
Bitola BC	862	922	7.0 %
Linhamento	950	1.008	6.1 %
Frontal	774	799	3.2 %
Taboado	779	805	3.3 %
<b>Revenu Brut</b>	<b>423.424</b>	<b>416.100</b>	<b>-1.7 %</b>
<b><u>SCIERIE "FAIBLE DIAMETRE":</u></b>			
Tendre Court	800	870	8.8 %
Tendre Moyen	813	858	5.5 %
Tendre Long	919	959	4.4 %
<b>Revenu Brut Ess. "Tendre"</b>	<b>235.621</b>	<b>228.240</b>	<b>-3.1 %</b>
Aproveitamento	809	873	7.9 %
Bitola BC	1.200	1.287	7.3 %
Linhamento	1.320	1.405	6.4 %
Frontal	1.088	1.127	3.6 %
Taboado	1.091	1.131	3.7 %
<b>Revenu Brut Ess. "Dure"</b>	<b>201.527</b>	<b>194.417</b>	<b>-3.5 %</b>
<b>Revenu Brut Total</b>	<b>437.148</b>	<b>422.657</b>	<b>-3.3 %</b>
<b><u>SCIERIE "BILLONS COURTS":</u></b>			
Tendre Court	837	861	2.9 %
<b>Revenu Brut Ess. "Tendre"</b>	<b>135.571</b>	<b>132.829</b>	<b>-2.0 %</b>
Aproveitamento	887	909	2.5 %
<b>Revenu Brut Ess. "Dure"</b>	<b>89.358</b>	<b>86.859</b>	<b>-2.8 %</b>
<b>Revenu Brut Total</b>	<b>224.929</b>	<b>219.688</b>	<b>-2.3 %</b>
<b><u>TOUTES SCIERIES:</u></b>			
<b>Revenu Brut</b>	<b>2.194.031</b>	<b>2.173.323</b>	<b>-0.9 %</b>

**Tableau 5.41. Coûts des produits [u.m./m<sup>3</sup>] et revenu brut [u.m.] en janvier et en septembre (monnaie constante)**

## 5.4. L'entreprise "C"

### 5.4.1. Présentation

L'entreprise "C" est implantée dans les Vosges. C'est une scierie de résineux qui emploie quelques 90 personnes.

Elle travaille essentiellement l'épicéa et le sapin (90% de l'approvisionnement) et consomme environ 120.000 m<sup>3</sup> de bois rond par an, pour une production d'environ 50.000 m<sup>3</sup> de sciages, ce qui la situe comme la 3<sup>ème</sup> scierie française de bois résineux.

L'entreprise produit du bois de charpente (à peu près 50% de la production), des planches, des chevrons, des lattes, etc. Ses débouchés principaux sont les négociants en bois et matériaux de construction, les entreprises de bâtiments et travaux publics et les entreprises de charpente.

La figure 5.39 montre schématiquement le circuit du bois. Du parc à grumes les billes sont acheminées vers une station automatisée de tronçonnage. Le tronçonnage est optimisé en fonction du rendement matière des produits principaux qu'on peut en tirer, en prenant en compte les urgences des commandes. Les billons sont ensuite stockés dans des casiers en fonction de leurs diamètres.

Pour le sciage, on utilise deux scieries: une scierie dont la scie de tête est une scie circulaire (dénommée CIRCULAIRE) et une scierie dont la scie de tête est une scie à ruban (dénommée RUBAN). La caractéristique principale de la première est sa production en série (campagnes standards), pendant que la seconde a une production à la pièce (débit sur liste). Evidemment, selon les besoins, la scierie CIRCULAIRE peut débiter sur liste et la scierie RUBAN peut débiter des campagnes standards.

Une campagne est identifiée par le produit principal qu'on tire des billons lancés. Les produits tirés des côtés sont dénommés produits secondaires. Si on ne compte qu'une douzaine de campagnes standards, et par conséquent de produits principaux, par contre les produits secondaires montent à quelques centaines.

Après le débit, les pièces sont soumises à une appréciation de la qualité pour faire l'éboutage.

Le triage est fait par un classeur automatisé. Pour les produits qui sont en nombre suffisant pour former un colis, ce sera un triage définitif, c'est à dire qu'après passage à l'empileuse le colis est entré en stock. Les autres produits sont mis de côté et triés ultérieurement avant entrée en stock. Ce dernier tri peut être fait manuellement ou en utilisant le classeur (recyclage).

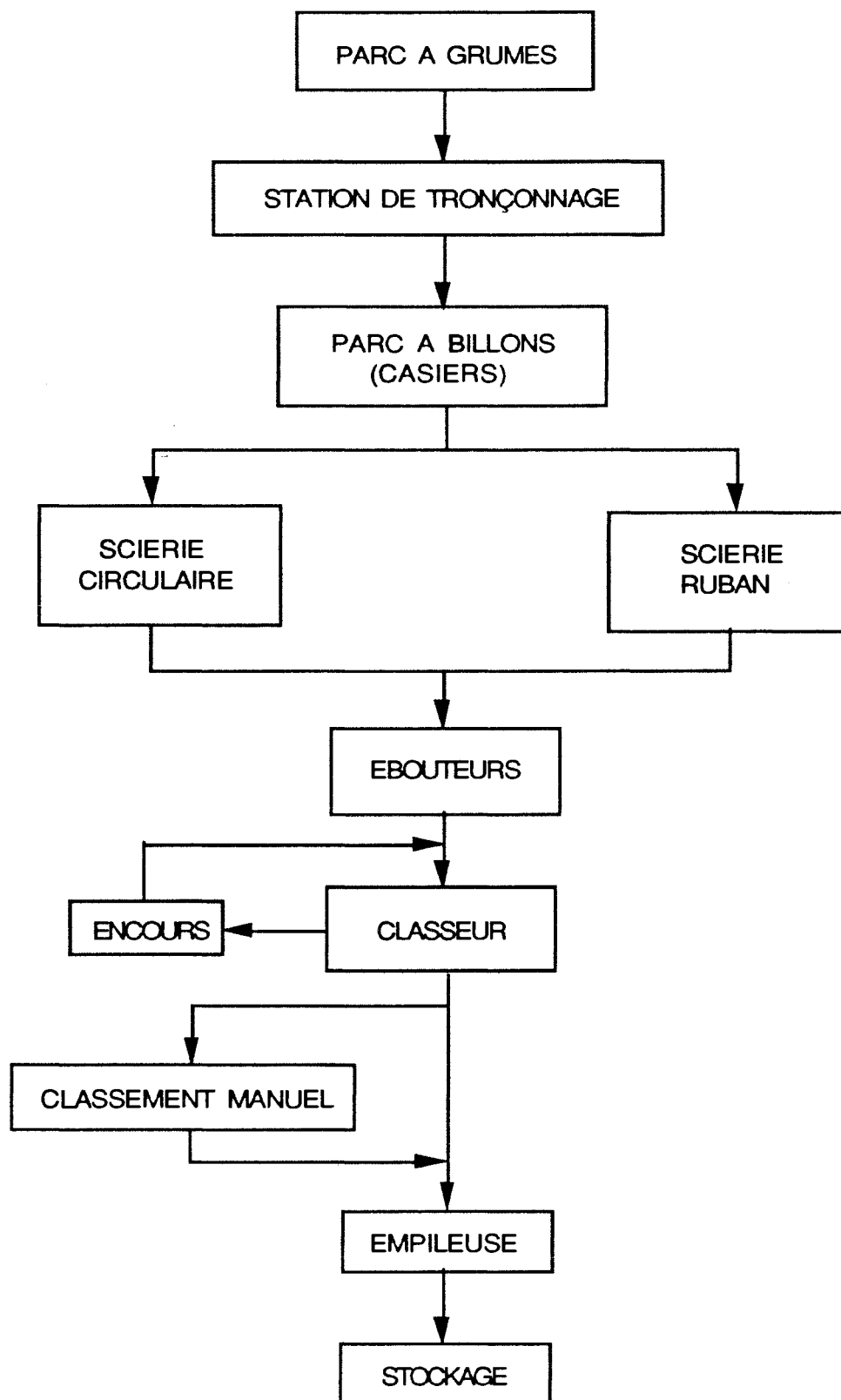


Figure 5.39. Le circuit du bois dans l'entreprise "C"

### **5.4.2. Objectifs de la simulation**

Les simulations ont été faites exclusivement pour étudier le fonctionnement du classeur automatisé, et ont comme objectifs:

- i) Etudier l'influence de la taille du lot et du mélange de longueurs des billons lancés dans une campagne sur le coût de fonctionnement du classeur;
- ii) Evaluer l'influence des temps d'arrêt entre campagnes sur le coût de fonctionnement du classeur.

### **5.4.3. Modélisation**

Le classeur a 55 cases, dont 2 fausses cases. Normalement, une case est réservée à une seule référence de produit (une référence est définie par l'épaisseur, la largeur, la longueur et la qualité du produit), mais en raison de la grande quantité de références qu'on trouve dans une campagne, on réserve aussi des cases qui recevront différentes références. Ainsi, on met par exemple, dans une case des produits de même section et qualité mais de longueurs variables.

Les fausses cases sont réservées aux produits qui n'ont pas trouvé d'attribution dans les autres cases du classeur. Les références de ces produits sont en grand nombre mais la quantité de pièces produites pour chaque référence est très faible. Normalement ils sont triés manuellement puisque l'attribution d'une case au classeur ne se justifie pas, ils ne formeront pas un colis à la fin de la campagne.

La modélisation prévoit également la possibilité d'attribuer différentes sections, longueurs et qualités à une même case.

A chaque campagne on a 2 types de qualités et les produits varient de 2 à 6.5 mètres de longueur, avec un pas de 0.5 mètre.

La cadence réelle du classeur est prévue jusqu'à 110 produits/minute, mais pour l'instant elle est d'environ 40 produits/minute.

Quand il y a un changement de campagne, il faut vider un minimum de 16 cases (réservées aux 8 longueurs de chacune des deux qualités du produit principal) et selon la campagne qui suit on peut avoir un nombre beaucoup plus élevé de vidanges des cases. Pour la reconfiguration du classeur et la vidange des cases, il faut compter un arrêt de 2 minutes/case, ce qui donne un temps mort important entre deux campagnes.

Le classeur reçoit des produits de la scierie CIRCULAIRE, de la scierie RUBAN, éventuellement d'un point de stockage tampon et du point de stockage des produits à recycler (figure 5.40).



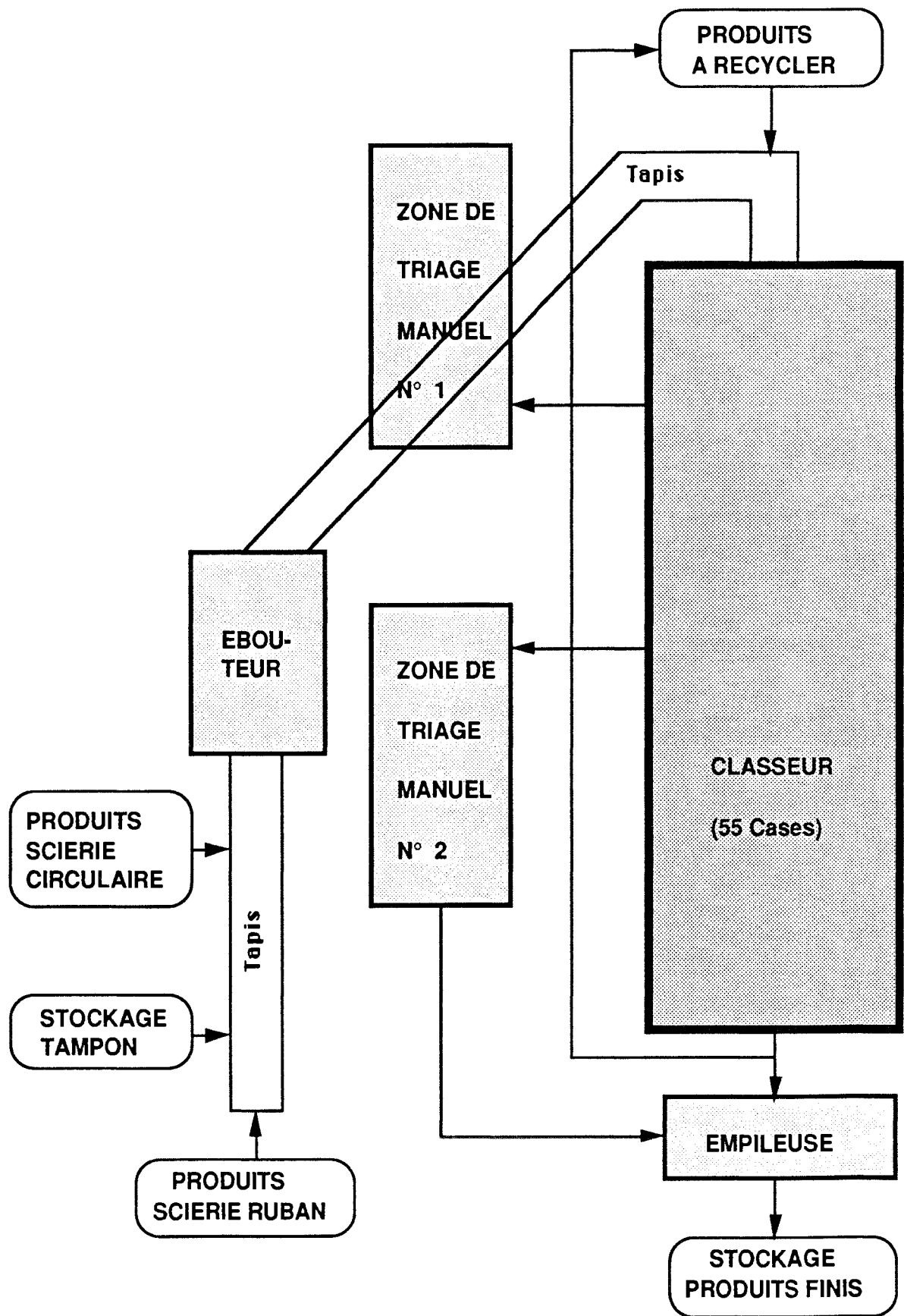


Figure 5.40. Le classeur automatisé

Le débit des billons est simulé par la création des produits (principaux et secondaires) dans les proportions observées sur terrain, à une cadence choisie par l'utilisateur.

Quand une case du classeur a la quantité de produits suffisante pour former un colis, elle est mise hors service pendant le temps nécessaire pour faire la vidange et une case non affectée (case de permutation) sera affectée aux produits de ce type. Après l'écoulement du temps de vidange la case sera de nouveau disponible, devenant donc à son tour une case de permutation. Cet événement est enregistré dans un fichier avec l'état du classeur au temps considéré, ce qui permet une évaluation pas à pas de l'évolution de la situation du classeur tout au long de la simulation.

La simulation finira quand tous les produits issus des billons lancés pour la campagne en question auront été triés par le classeur.

Des statistiques sur les produits triés sont fournies à la fin de chaque campagne simulée (nombre, volume, cadence). Le nombre de colis et le volume respectif sont également fournis.

Le coût de fonctionnement du classeur est imputé aux produits qui entrent en stockage définitif, c'est à dire aux colis complets. Il est calculé pour le nombre de colis et par mètre cube. Ce coût prend en compte le temps d'arrêt pour la reconfiguration et vidange des cases quand il y a changement de campagne.

Le programme fournit aussi une liste de tous les produits sortis par les fausses cases, en nombre et volume pour chaque section, longueur et qualité. Ainsi, on peut identifier s'il y a des produits auxquels il serait plus intéressant d'attribuer une case au classeur. La cadence de sortie, en nombre et volume permet d'estimer l'engorgement des postes de triage manuel.

#### 5.4.4. Le coût de fonctionnement du classeur

Pour le calcul du coût horaire de fonctionnement du classeur on a pris en compte que les frais de personnel (toutes charges comprises), l'amortissement et le coût de consommation d'énergie (tableau 5.42).

Type de coût	[u.m./heure]
Main d'œuvre	469,68
Amortissement	491,12
Energie	39,20
<b>Total</b>	<b>1.000,00</b>

**Tableau 5.42.** Coût horaire de fonctionnement du classeur

Le coût de fonctionnement du classeur, en unités monétaires par mètre cube est:

$$\text{Coût de fonctionnement} = \frac{\text{Coût horaire} \times \text{Temps de la Campagne}}{\text{Volume Colisé}}$$

#### 5.4.5. Validation du modèle

Les tableaux 5.43 et 5.44 montrent respectivement les résultats obtenus pour la validation des campagnes des produits principaux standards 63\*175 et 75\*225.

	Qualité	Nombre Réel	Nombre Simulé	Ecart	Volume Réel	Volume Simulé	Ecart
<b>Produits Principaux</b>	Charpente	917	915	-0.2 %	41,476	42,155	1.6 %
	Coffrage	135	137	1.5 %	5,948	6,331	6.4 %
	<b>Total</b>	<b>1 052</b>	<b>1 052</b>	<b>0.0 %</b>	<b>47,424</b>	<b>48,486</b>	<b>2.2 %</b>
<b>Produits Secondaires</b>	Charpente	1275	1265	-0.8 %	17,778	17,496	-1.6 %
	Coffrage	668	672	0.6 %	8,123	9,201	13.3 %
	<b>Total</b>	<b>1 943</b>	<b>1 937</b>	<b>-0.3 %</b>	<b>25,901</b>	<b>26,697</b>	<b>3.1 %</b>
<b>Total Tous Produits</b>		<b>2 995</b>	<b>2 989</b>	<b>-0.2 %</b>	<b>73,325</b>	<b>75,183</b>	<b>2.5 %</b>

**Tableau 5.43. Validation de la campagne 63\*175**

	Qualité	Nombre Réel	Nombre Simulé	Ecart	Volume Réel	Volume Simulé	Ecart
<b>Produits Principaux</b>	Charpente	484	483	-0.2 %	36,020	35,890	-0.4 %
	Coffrage	89	91	2.2 %	6,455	6,737	4.4 %
	<b>Total</b>	<b>573</b>	<b>574</b>	<b>0.2 %</b>	<b>42,474</b>	<b>42,626</b>	<b>0.4 %</b>
<b>Produits Secondaires</b>	Charpente	1015	1010	-0.5 %	18,819	18,118	-3.7 %
	Coffrage	500	504	0.8 %	8,152	8,874	8.9 %
	<b>Total</b>	<b>1 515</b>	<b>1 514</b>	<b>0.0 %</b>	<b>26,970</b>	<b>26,993</b>	<b>0.1 %</b>
<b>Total Tous Produits</b>		<b>2 088</b>	<b>2 088</b>	<b>0.0 %</b>	<b>69,445</b>	<b>69,619</b>	<b>0.3 %</b>

**Tableau 5.44. Validation de la campagne 75\*225**

## 5.4.6. Résultats

a) Influence sur le coût de fonctionnement du classeur de la taille du lot et du mélange de longueurs des billons lancés dans une campagne.

Le tableau 5.45 montre les données d'entrée d'une simulation pour une campagne 63\*175. La situation du classeur à la fin de la simulation est montrée par le tableau 5.46. Le tableau 5.47 donne une relation de tous les produits sortis par les fausses cases, en nombre et en volume pour chaque section, longueur et qualité.

```

*****
*   SIMULATION DU CLASSEUR DE   *
*   L'ENTREPRISE "C"           *
*****

### CAMPAGNE 63 * 175 ###

*** LES VALEURS POUR LA SIMULATION SONT:

          EPAISSEUR * LARGEUR  ID   POURCENTAGE
PRODUIT PRINCIPAL      63 * 175    1     .352
PRODUITS SECONDAIRES  25 * 100    2     .277
                    25 * 125    3     .190
                    25 * 150    4     .079
                    32 * 175    5     .076
                    63 * 150    6     .026

          LONGUEURS [mm]          BILLONS [Nb]
          2500                      0
          3000                      125
          3500                      21
          4000                      152
          4500                      151
          5000                      140
          5500                      34
          6000                      65
          6500                      12
          7000                      0
          * TOTAL BILLONS: 700

          PERTE EN LONGUEUR DU
          PRODUIT PRINCIPAL [mm]      (% DU TOTAL):
          0                            .650
          500                          .250
          1000                          .100
          1500                          .000
          2000                          .000

          PERTE EN LONGUEUR DES
          PRODUITS SECONDAIRES [mm]    (% DU TOTAL):
          0                            .300
          500                          .500
          1000                          .200
          1500                          .000
          2000                          .000

          LES POURCENTAGES POUR LES QUALITES DU PRODUIT PRINCIPAL SONT:
          1 - Menuiserie                .000
          2 - Charpente Choisie         .000
          3 - Charpente                  .872
          4 - Fermette                  .000
          5 - Coffrage                  .128

          LES POURCENTAGES POUR LES QUALITES DES PRODUITS SECONDAIRES SONT:
          1 - Menuiserie                .000
          2 - Charpente Choisie         .000
          3 - Charpente                  .656
          4 - Fermette                  .000
          5 - Coffrage                  .344
    
```

Tableau 5.45. Données d'entrée pour une campagne 63\*175

### CAMPAGNE 63 \* 175 ###

\*\*\* SITUATION DU CLASSEUR A 101.3 MINUTES (Fin de la Simulation)

CASE	EPAISS	* LARG	LONGUEUR	QUAL	COLISAGE	COLIS	QUANT	VOLUME
1	63	* 175	5500	3	60	1.267	16	4.6084
2	63	* 175	6000	3	60	1.133	8	4.4982
3	63	* 175	4000	3	60	4.467	28	11.8188
4	63	* 175	4500	3	60	3.933	56	11.7085
5	0	* 0	0	0	0	.000	0	.0000
6	63	* 175	3000	3	60	2.567	34	5.0935
7	63	* 175	5000	3	60	3.167	10	10.4738
8	63	* 175	6500	3	60	.300	18	1.2899
9	63	* 175	3000	5	60	.600	36	1.1907
10	63	* 175	3500	5	60	.400	24	.9261
11	63	* 175	4000	5	60	.400	24	1.0584
12	63	* 175	4500	5	60	.367	22	1.0915
13	63	* 175	5000	5	60	.667	40	2.2050
14	63	* 175	5500	5	60	.167	10	.6064
15	63	* 175	6000	5	60	.200	12	.7938
16	63	* 175	6500	5	60	.033	2	.1433
17	25	* 100	3000	3	220	.427	94	.7050
18	25	* 100	3500	3	220	.577	127	1.1113
19	25	* 100	4000	3	220	.695	153	1.5300
20	25	* 100	4500	3	220	.595	131	1.4738
21	25	* 100	3000	5	220	.218	48	.3600
22	25	* 100	3500	5	220	.359	79	.6913
23	25	* 100	4000	5	220	.359	79	.7900
24	25	* 100	4500	5	220	.295	65	.7313
25	25	* 100	5000	3	0	.000	159	2.1200
25	25	* 100	5500	3	0	.000	159	2.1200
25	25	* 100	6000	3	0	.000	159	2.1200
25	25	* 100	6500	3	0	.000	159	2.1200
26	25	* 100	5000	5	0	.000	83	1.1037
26	25	* 100	5500	5	0	.000	83	1.1037
26	25	* 100	6000	5	0	.000	83	1.1037
26	25	* 100	6500	5	0	.000	83	1.1037
27	25	* 125	3000	3	180	.333	60	.5625
28	25	* 125	3500	3	180	.428	77	.8422
29	25	* 125	4000	3	180	.617	111	1.3875
30	25	* 125	4500	3	180	.417	75	1.0547
31	25	* 125	3000	5	180	.189	34	.3188
32	25	* 125	3500	5	180	.200	36	.3938
33	25	* 125	4000	5	180	.344	62	.7750
34	25	* 125	4500	5	180	.239	43	.6047
35	25	* 125	5000	3	0	.000	86	1.4656
35	25	* 125	5500	3	0	.000	86	1.4656
35	25	* 125	6000	3	0	.000	86	1.4656
35	25	* 125	6500	3	0	.000	86	1.4656
36	25	* 125	5000	5	0	.000	43	.7328
36	25	* 125	5500	5	0	.000	43	.7328
36	25	* 125	6000	5	0	.000	43	.7328
36	25	* 125	6500	5	0	.000	43	.7328
37	32	* 175	3000	3	120	.192	23	.3864
38	32	* 175	3500	3	120	.283	34	.6664
39	32	* 175	4000	3	120	.358	43	.9632
40	32	* 175	4500	3	120	.300	36	.9072
41	32	* 175	5000	3	120	.150	18	.5040
42	32	* 175	5500	3	0	.000	17	.5432
42	32	* 175	6000	3	0	.000	17	.5432
42	32	* 175	6500	3	0	.000	17	.5432
43	63	* 175	3500	3	60	2.000	0	4.6305
44	0	* 0	0	0	0	.000	0	.0000
45	0	* 0	0	0	0	.000	0	.0000
46	0	* 0	0	0	0	.000	0	.0000
47	0	* 0	0	0	0	.000	0	.0000
48	0	* 0	0	0	0	.000	0	.0000
49	0	* 0	0	0	0	.000	0	.0000
50	0	* 0	0	0	0	.000	0	.0000
51	0	* 0	0	0	0	.000	0	.0000
52	0	* 0	0	0	0	.000	0	.0000
53	0	* 0	0	0	0	.000	0	.0000
54	0	* 0	0	0	0	.000	435	9.4207
55	0	* 0	2000	0	0	.000	436	5.4227
55	0	* 0	2500	0	0	.000	436	5.4227

\*\*\* LE CLASSEUR A TRIE:

VOLUME [m3]: 99.7044 soit .9843 M3/Min  
 PRODUITS [Nb]: 3987 soit 39.4 Prod/Min  
 COLIS - [Nombre]: 16 Volume [M3]: 45.6435  
 Cases Vidangées et Reconfigurées [Nb]: 0 Temps: 0 minutes  
 \*\*\* COUT - [u.m./Colis]: 105.51 [u.m./m3]: 36.99

Tableau 5.46. Situation du classeur à la fin d'une campagne 63\*175

### CAMPAGNE 63 \* 175 ###

PRODUITS SORTIES DES FAUSSES CASES (Sortie Triage Manuel):

EPAISS	* LARGEUR	LONGUEUR	QUALITE	NOMBRE	VOLUME
25	* 125	2500	5	27	.2109
32	* 175	4000	5	21	.4704
25	* 150	5000	3	19	.3562
25	* 100	2000	5	14	.0700
25	* 150	4000	3	46	.6900
32	* 175	2500	3	20	.2800
25	* 125	2500	3	47	.3672
25	* 150	3500	5	18	.2362
25	* 150	2500	3	15	.1406
25	* 150	6000	3	8	.1800
25	* 150	4500	3	32	.5400
25	* 150	3500	3	36	.4725
63	* 175	2500	3	58	1.5986
25	* 100	2500	5	33	.2062
32	* 175	3500	5	14	.2744
25	* 150	4500	5	21	.3544
25	* 100	2500	3	58	.3625
32	* 175	4500	5	23	.5796
25	* 125	2000	3	24	.1500
25	* 150	3000	5	7	.0787
25	* 150	5000	5	9	.1688
25	* 150	2500	5	14	.1312
25	* 125	2000	5	11	.0688
63	* 150	4000	3	15	.5670
63	* 150	2500	3	10	.2362
63	* 175	2500	5	20	.5512
63	* 150	2000	3	1	.0189
25	* 150	5500	3	20	.4125
63	* 150	4500	3	6	.2551
25	* 100	2000	3	24	.1200
25	* 150	2000	3	10	.0750
63	* 150	4500	5	11	.4678
25	* 150	2000	5	5	.0375
32	* 175	5500	5	7	.2156
63	* 150	3500	3	10	.3307
25	* 150	3000	3	25	.2813
32	* 175	2000	3	8	.0896
63	* 150	3500	5	8	.2646
32	* 175	2500	5	8	.1120
25	* 150	4000	5	19	.2850
25	* 150	5500	5	5	.1031
32	* 175	3000	5	9	.1512
63	* 150	3000	5	3	.0851
63	* 150	4000	5	7	.2646
25	* 150	6000	5	5	.1125
32	* 175	2000	5	4	.0448
63	* 150	5000	3	5	.2362
63	* 175	2000	3	16	.3528
32	* 175	5000	5	7	.1960
63	* 150	5500	3	5	.2599
63	* 150	2500	5	2	.0472
63	* 175	2000	5	6	.1323
63	* 150	5000	5	3	.1417
25	* 150	6500	3	2	.0487
63	* 150	6000	3	1	.0567
32	* 175	6000	5	1	.0336
63	* 150	2000	5	1	.0189
63	* 150	3000	3	5	.1417
63	* 150	6000	5	1	.0567
63	* 150	5500	5	1	.0520

	PRODUITS [Nombre]	VOLUME [m3]	-----CADENCE----- [Nb/Min]	[m3/Min]
Produits non affect*s	435	9.4207	4.3	.0930
Produits longuers 2 et 2.5 m	436	5.4227	4.3	.0535
Totaux	871	14.8434	8.6	.1465

Tableau 5.47. Produits sortis par les fausses cases dans une campagne 63\*175

On observe dans le tableau 5.46 que les 700 billons lancés dans la campagne ont formé 16 colis, qui représentent un volume de 45,6 m<sup>3</sup>, soit 46 % du volume total passé par le classeur. Sur les 55 cases, seulement 7 ont formé de colis et des cases ont reçu très peu de produits, comme les cases 14, 15 et 16.

Le tableau 5.47 met en évidence la forte cadence de sortie de produits par les fausses cases et des références de produits sont sorties à ce niveau en plus grande nombre que certains produits pour lesquels on a attribué une case dans le classeur. Une configuration du classeur plus conforme à la campagne peut diminuer la cadence de sortie des produits par les fausses cases, diminuant donc l'encombrement au poste de triage manuel.

Chaque campagne a des résultats très particuliers en fonction du nombre de billons lancés et du mélange de longueurs du lot, les autres facteurs (qualité moyenne du lot, perte en longueurs des produits, composition en pourcentage des types de produits fabriqués) maintenus constantes.

Pour étudier l'influence de la taille du lot et du mélange de longueurs on a fait plusieurs simulations, en variant à chaque fois un de ces deux facteurs. Le tableau 5.48 présente les mélanges de longueurs observées sur site et utilisés dans les simulations.

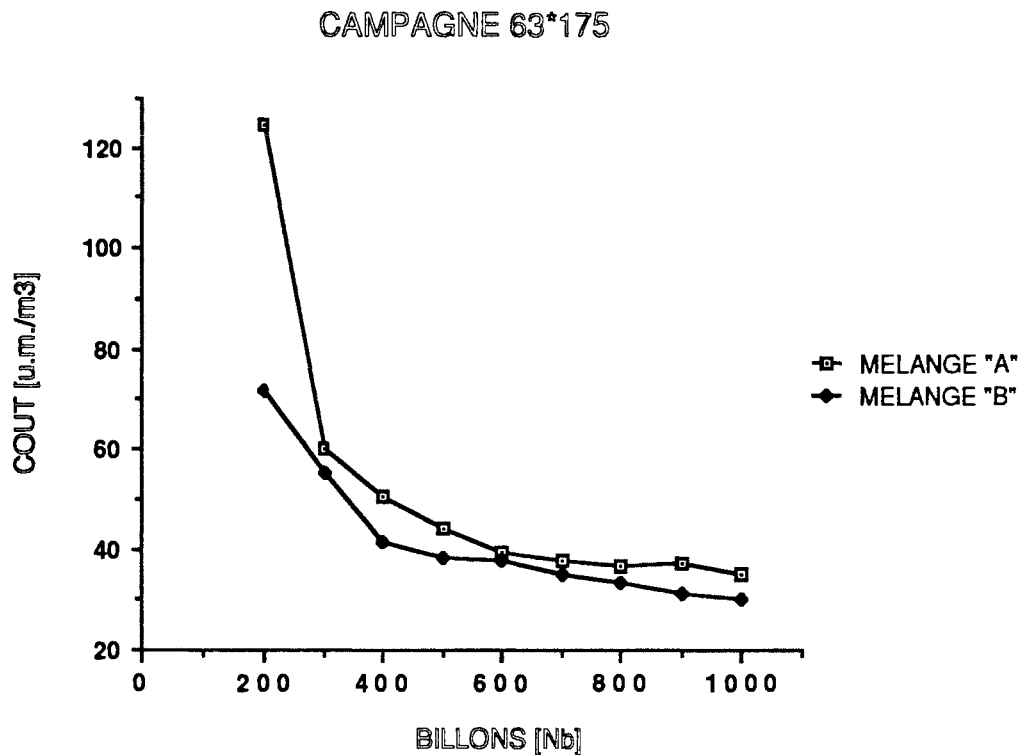
LONGUEURS DES BILLONS [mm]	COMPOSITION MELANGE "A"	COMPOSITION MELANGE "B"
3000	0.179	0.115
3500	0.030	0.017
4000	0.217	0.429
4500	0.215	0.045
5000	0.201	0.063
5500	0.048	0.014
6000	0.093	0.310
6500	0.017	0.007
<b>Total</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

**Tableau 5.48.** Quelques mélanges des longueurs qu'on trouve dans un lot de billons d'une campagne

Le tableau 5.49 présente les moyennes de plusieurs simulations des coût de fonctionnement du classeur en fonction de la taille du lot de billons lancés et du mélange de longueurs simulé, pour des campagnes de 63\*175. La figure 5.41 présente graphiquement ces mêmes résultats.

TAILLE DU LOT [Nombre]	COUT (MELANGE "A") [u.m./m <sup>3</sup> ]	COUT (MELANGE "B") [u.m./m <sup>3</sup> ]
200	124,88	72,01
300	60,07	55,18
400	50,18	41,33
500	43,94	38,22
600	39,25	37,80
700	37,41	34,72
800	36,73	33,50
900	37,24	31,01
1000	35,04	29,99

**Tableau 5.49.** Coût de fonctionnement du classeur en fonction de la taille du lot et du mélange de longueurs pour des campagnes de 63\*175



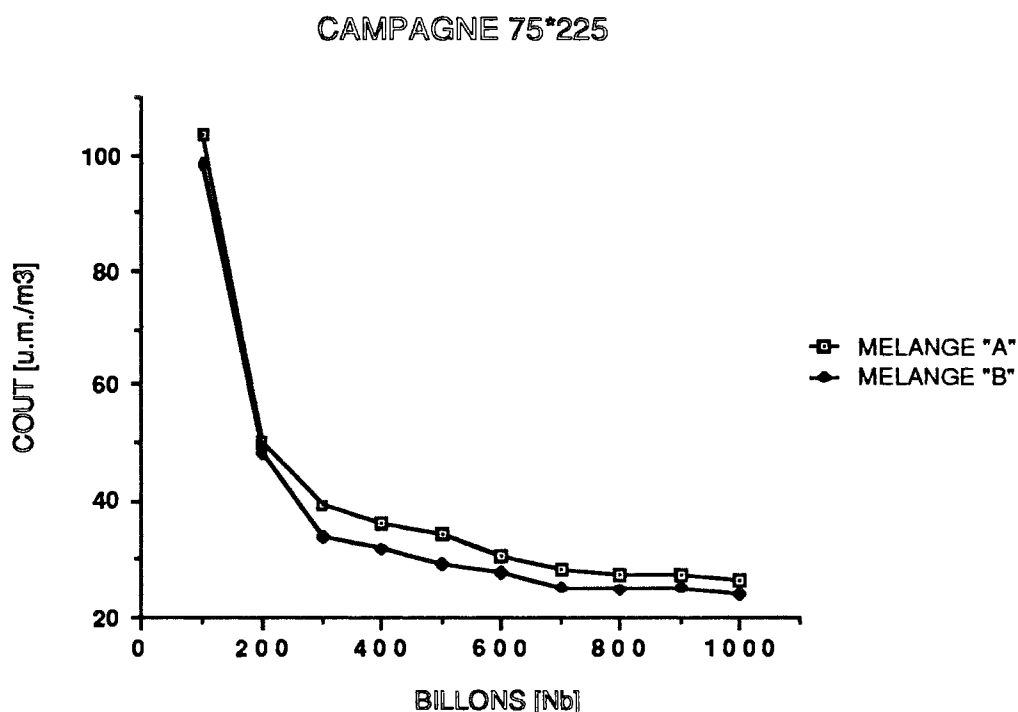
**Figure 5.41.** Coût de fonctionnement du classeur en fonction de la taille du lot et du mélange de longueurs pour des campagnes de 63\*175

Les moyennes de plusieurs simulations des coût de fonctionnement du classeur pour des campagnes de 75\*225, en fonction de la taille du lot de billons lancés et du mélange de longueurs simulé, sont présentées par le tableau 5.50. La figure 5.42 présente graphiquement ces mêmes résultats.



TAILLE DU LOT [Nombre]	COÛT (MELANGE "A") [u.m./m <sup>3</sup> ]	COÛT (MELANGE "B") [u.m./m <sup>3</sup> ]
100	103,62	98,66
200	49,99	48,58
300	39,32	34,19
400	36,01	31,61
500	34,43	29,02
600	30,43	27,68
700	28,12	25,21
800	27,42	24,88
900	27,30	25,38
1000	26,77	24,07

**Tableau 5.49.** Coût de fonctionnement du classeur en fonction de la taille du lot et du mélange de longueurs pour des campagnes de 75\*225



**Figure 5.42.** Coût de fonctionnement du classeur en fonction de la taille du lot et du mélange de longueurs pour des campagnes de 75\*225

On observe que le coût diminue avec la taille du lot des billons lancés dans une campagne, ce qui est logique. La situation idéale est celle où on ne fait qu'une seule campagne pendant tout le temps d'activité des scieries, ce qui n'est évidemment pas possible dans une situation réelle dû aux contraintes du marché. Ces courbes permettent cependant de définir une taille de lot acceptable.

On note aussi que la diminution du coût avec l'augmentation de la taille du lot de billons d'une campagne n'est pas linéaire.

Bien que le gain soit considérable au début, après une certaine taille du lot la diminution du coût du classeur ne compensera certainement plus l'augmentation de coûts entraînés par l'augmentation démesurée des stocks des produits principaux et secondaires correspondants.

En pratique, dans certains cas, on lance des campagnes de petites tailles pour satisfaire les délais établis en fonction du carnet de commandes.

Il faut donc trouver un compromis entre une taille de lot de lancement minimale, où les coûts du classeur sont raisonnables, et une taille plus grande où les coûts du classeur sont diminués sans entraîner des coûts de stockage trop élevés.

On peut donc parler d'une plage de valeurs de tailles de lots où l'opération du classeur est économiquement justifiée.

L'identification des limites en-dessous desquelles l'opération du classeur n'est pas économiquement justifiable, peut être faite par la simulation. Si par exemple le plan directeur fixe un coût maximal de triage de 50 u.m./m<sup>3</sup>, pour le mélange "A" on doit lancer un lot minimum de 400 billons pour une campagne de 63\*175 et un lot minimum de 200 billons pour une campagne de 75\*225.

Ce lot minimum peut être baissé dans les cas où on a des mélanges de longueurs plus concentrés autour d'une longueur donnée. Les figures 5.41 et 5.42. montrent cette tendance, le mélange "B" ayant un coût de triage moins grand que le mélange "A" pour une même taille de lot de billons car les longueurs sont moins dispersées dans le premier mélange que dans le dernier (voir tableau 5.48).

Ainsi, des simulations de plusieurs campagnes de 63\*175 composées uniquement des billons de 3,5 m de longueurs ont permis d'identifier le lot minimal de 200 billons pour le coût de triage établi comme limite, au lieu des 400 billons du mélange "A".

Pour mettre en évidence l'influence du mélange de longueurs sur le coût de fonctionnement du classeur on a fait plusieurs simulations de campagnes de 300 billons pour les mélanges "C" et "D" montrées par le tableau 5.50.

Les figures 5.43 et 5.44 montrent graphiquement la composition des longueurs dans le lot de billons pour les 4 types de mélanges simulés.

Le tableau 5.51 montre les résultats des simulations, en unités monétaires par mètre cube, obtenus pour le coût de fonctionnement du classeur pour des campagnes de 300 billons du produit 63\*175, pour les mélanges de longueurs "A", "B", "C" et "D". La figure 5.45 montre graphiquement les résultats .

LONGUEURS DES BILLONS [mm]	COMPOSITION MELANGE "C"	COMPOSITION MELANGE "D"
3000	0.050	0.000
3500	0.150	0.000
4000	0.600	1.000
4500	0.150	0.000
5000	0.050	0.000
5500	0.000	0.000
6000	0.000	0.000
6500	0.000	0.000
<b>Total</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

Tableau 5.50. Les mélanges "C" et "D"

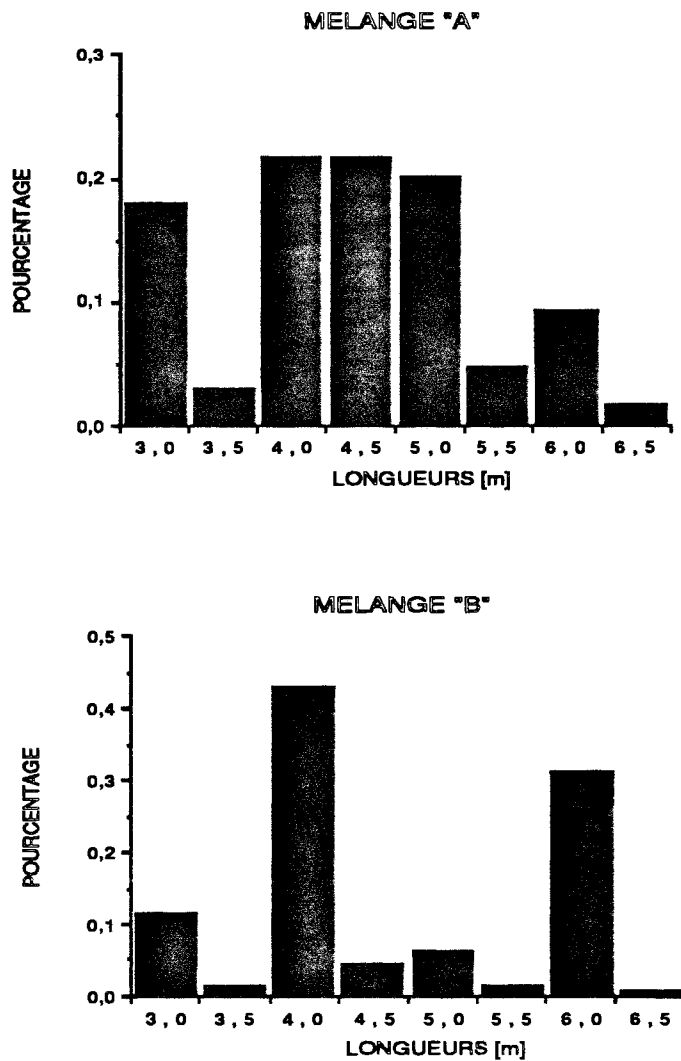


Figure 5.43. Composition des longueurs des billons pour les mélanges "A" et "B"

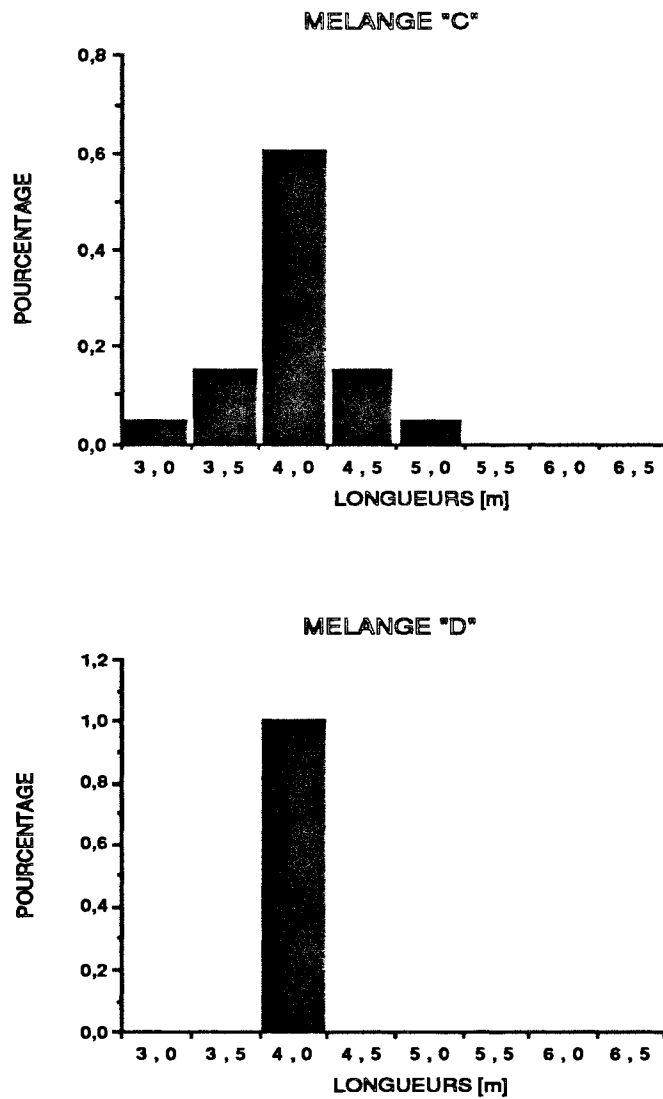
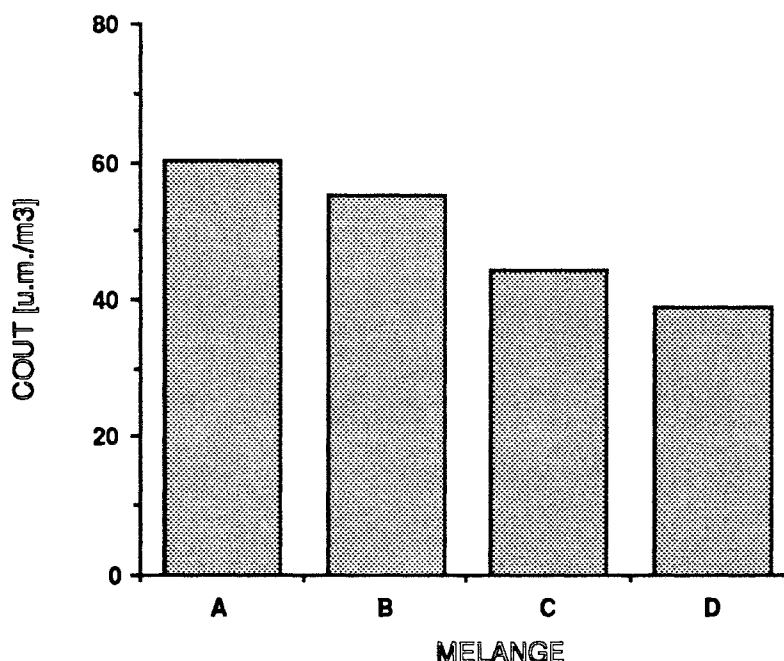


Figure 5.44. Composition des longueurs des billons pour les mélanges "C" et "D"

MELANGE	COUT[u.m./m <sup>3</sup> ]
"A"	60,07
"B"	55,18
"C"	44,17
"D"	38,66

Tableau 5.51. Coût de fonctionnement du classeur pour campagnes de 300 billons en fonction du mélange de longueurs des billons



**Figure 5.45.** Coût de fonctionnement du classeur pour des campagnes de 300 billons en fonction du mélange de longueurs des billons

**b) Influence sur le coût de fonctionnement du classeur des temps d'arrêt entre campagnes.**

Les résultats des simulations présentées ci-dessus ont été obtenus en considérant que le classeur travaille sans arrêt. En réalité, quand il y a des changements de campagne, il faut arrêter le classeur pour le vider et le reconfigurer. Le temps mort de ces arrêts a comme conséquence une baisse de productivité, ce qui entraîne des surcoûts.

Pour étudier l'influence du temps mort du classeur sur le coût de fonctionnement respectif on a simulé des campagnes enchaînées, en changeant à chaque fois le type de campagne. Ainsi, on a simulé 4 campagnes de 500 billons chacune, en alternant campagnes de 50\*150, 63\*150, 63\*175 et 75\*225.

Le tableau 5.52 présente les résultats pour la situation actuelle de fonctionnement du classeur. On observe que le temps mort dû aux arrêts entre deux campagnes consécutives est important, de l'ordre de 25% du temps total nécessaire pour finir les campagnes.

Les valeurs montrées par le tableau sont cumulatives, c'est à dire,

qu'elles montrent la situation à la fin de chaque campagne en prenant en compte les valeurs obtenues dans les campagnes antérieures.

CAMPAGNE	----TEMPS CUMULE [minutes]----			COUT CUMULE [u.m./m <sup>3</sup> ]
	ARRETS	TRAVAIL	TOTAL	
50*150		70,3	70,3	71,19
63*150	16,0	143,7	159,7	63,17
63*175	48,0	215,0	263,0	59,50
75*225	100,0	308,1	408,1	53,79

**Tableau 5.52.** Temps de travail et d'arrêt et coût de fonctionnement du classeur pour 4 campagnes enchaînées, situation actuelle

On peut beaucoup diminuer le temps mort si on programme le classeur de manière qu'il n'accepte plus les produits principaux et secondaires dans les cases prévues pour eux après avoir atteint une limite donnée de colis et/ou de produits. Les produits qui arrivent après cette limite seront, dans ce cas, envoyés aux fausses cases, et à la fin de la campagne les cases affectées au début à ces produits seront déjà vides. Ceci permet de vidanger des cases complètes en temps marqué.

Le tableau 5.53 présente les résultats pour une situation de ce type, les cases où on a des colis sont programmées pour être vides à la fin des campagnes.

CAMPAGNE	----TEMPS CUMULE [minutes]----			COUT CUMULE [u.m./m <sup>3</sup> ]
	ARRETS	TRAVAIL	TOTAL	
50*150		70,3	70,3	71,19
63*150	6,0	143,7	149,7	63,17
63*175	28,0	215,0	243,0	54,98
75*225	70,0	308,1	378,1	49,83

**Tableau 5.53.** Temps de travail et d'arrêt et coût de fonctionnement du classeur pour 4 campagnes enchaînées, avec programmation de cases

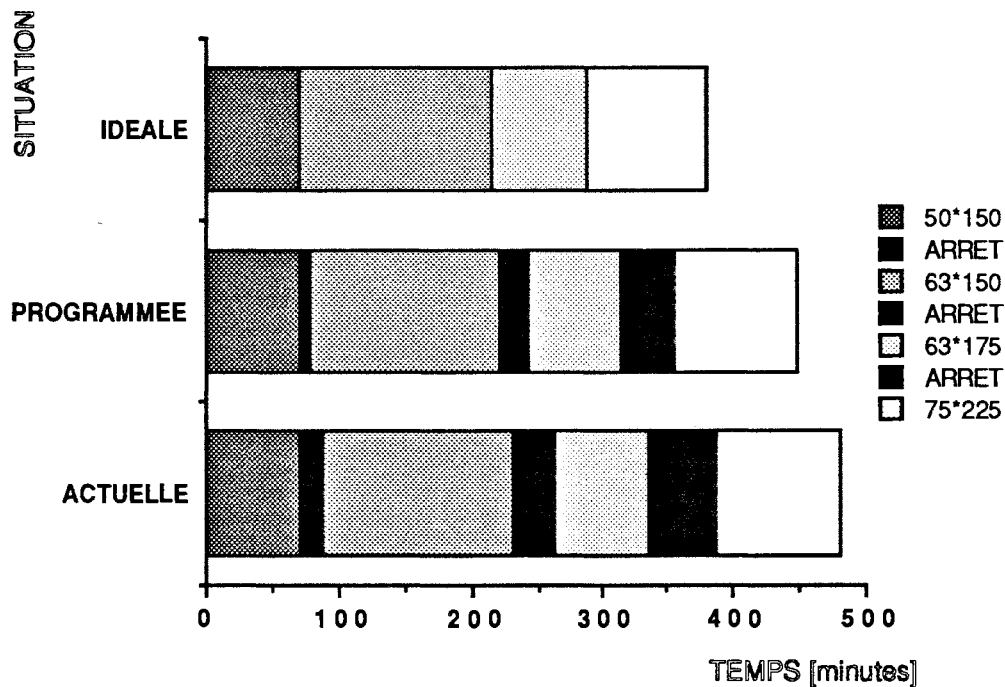
Le tableau 5.54 présente les résultats obtenus dans la situation hypothétique où il y a aucun temps mort, le classeur fonctionne sans arrêt.

Avec la programmation de toutes les cases du classeur on peut arriver à une situation proche de cette situation idéale.

CAMPAGNE	----TEMPS CUMULE [minutes]----			COUT CUMULE [u.m./m <sup>3</sup> ]
	ARRETS	TRAVAIL	TOTAL	
50*150		70,3	70,3	71,19
63*150	0,0	143,7	143,7	60,64
63*175	0,0	215,0	215,0	48,64
75*225	0,0	308,1	308,1	40,61

**Tableau 5.54.** Temps de travail et coût de fonctionnement du classeur pour 4 campagnes enchaînées, situation idéale

La figure 5.46 montre graphiquement les temps d'occupation du classeur pour les 3 situations de fonctionnement considérées (situation actuel, programmée et idéal)



**Figure 5.46.** Temps de travail et d'arrêt du classeur pour plusieurs situations de fonctionnement

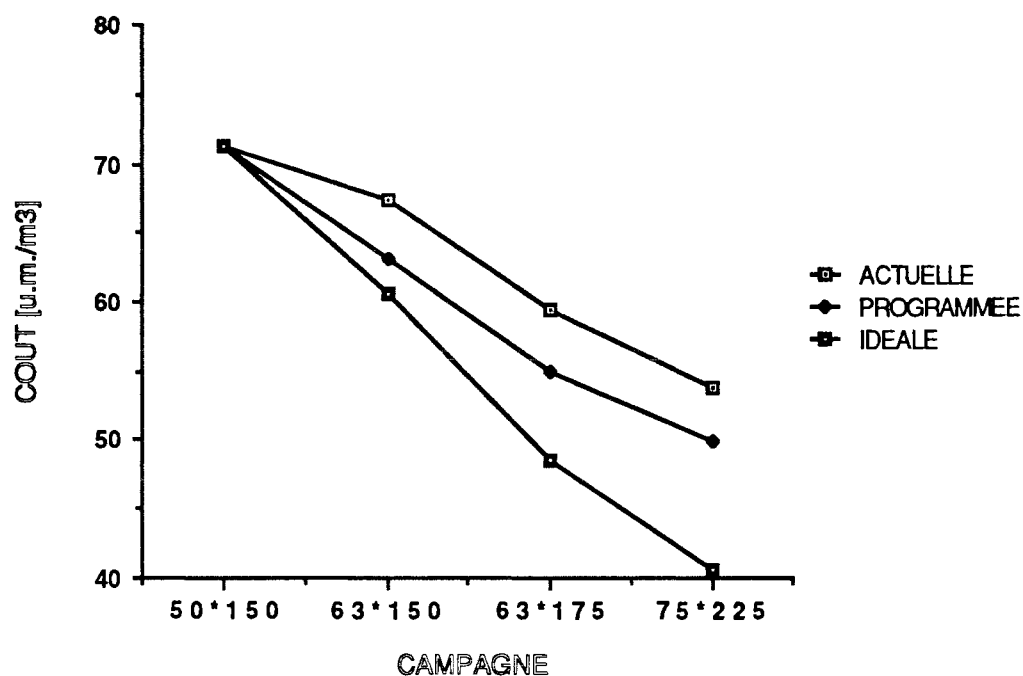
Comme le temps d'arrêt du classeur est important, cela entraîne une augmentation non négligeable sur le coût de fonctionnement qui est imputé aux produits triés.

L'évolution du surcoût entraîné par le temps mort est montrée par le tableau 5.55. Le même tableau montre les économies, en pourcentage, par l'adoption de la programmation des cases qui font des colis (gain par rapport à la situation actuelle). Comme on a considéré que le classeur était vide au début de la simulation, pour la première campagne les coûts sont identiques pour toutes les situations.

CAMPAGNE	SITUATION IDEALE	SITUATION ACTUELLE	SURCOUT	SITUATION PROGRAMMEE	GAIN
50*150	71,19	71,19		71,19	
63*150	60,64	67,39	11.1 %	63,17	6.3 %
63*175	48,64	59,50	22.3 %	54,98	7.6 %
75*225	40,61	53,79	32.5 %	49,83	7.4 %

**Tableau 5.55.** Coûts de fonctionnement du classeur pour plusieurs situations de fonctionnement [u.m./m<sup>3</sup>]

La figure 5.47 montre graphiquement l'évolution des coûts cumulés pour la série de 4 campagnes simulées, pour les 3 situations présentées ci-dessus.



**Figure 5.47.** Evolution des coûts de fonctionnement du classeur pour une série de 4 campagnes, pour plusieurs situations de fonctionnement



L'écart entre les coûts est considérable. Une amélioration de la gestion du classeur en vue de diminuer le temps mort entre 2 campagnes consécutives est donc très intéressante pour l'entreprise.

### **c) Commentaires**

Les études qui ont été faites montrent que le coût de fonctionnement du classeur est fonction de la taille du lot lancé et de la composition en longueurs des billons qui constituent ce lot.

En plus, il est influencé par la qualité des billons et par le nombre et types des produits secondaires fabriqués à chaque campagne. Ces derniers facteurs ont un comportement probabilistique, qu'on peut estimer par les simulations.

Mais en ce qui concerne la taille du lot et le mélange de longueurs, établir des "cas généraux" devient difficile car chaque campagne a des caractéristiques particulières en fonction du planning des scieries, et de la demande du marché.

Néanmoins, la simulation de quelques situations possibles a permis d'évaluer le comportement du coût de fonctionnement du classeur en fonction de ces facteurs.

Un gain important sur le coût de fonctionnement du classeur peut être obtenu en diminuant le temps d'arrêt du classeur. Cela est possible par la programmation des cases de manière qu'elles soient vides à la fin de la campagne.

La principale contrainte à une gestion du classeur de ce type est qu'on ne sait pas d'avance combien de colis pour chaque type de produit on aura dans une campagne, ceci à cause des caractéristiques particulières du lot lancé.

L'outil pour estimer ce nombre de colis est la simulation. En simulant les campagnes prévues, par exemple pour la journée, on a une estimation des produits qu'on pourra obtenir à la fin de la période compte tenu des caractéristiques des lots de billons qui seront lancés. Et le résultat sera d'autant meilleur que la connaissance des lots (taille, qualité) sera bonne.

On peut donc estimer le coût de fonctionnement du classeur, les caractéristiques, nombre et volume des produits triés. En programmant par la suite convenablement le classeur, le gain de temps sera considérable. Les conséquences de la transformation du temps d'arrêt en temps de travail se repercuteront très favorablement sur le coût de triage.

On peut estimer un gain immédiat, par rapport à la situation actuelle, d'environ 8 % par l'adoption de la programmation de vidange en temps marqué des cases des produits principaux qui font de colis. Avec la programmation des autres cases on peut arriver facilement à un gain

d'environ 25 % sur le coût de fonctionnement du classeur.

La simulation en prenant compte des données économiques est donc par excellence l'outil qu'on peut utiliser comme aide au lancement de production en vue d'une amélioration de la gestion du classeur de l'entreprise "C".

Le classeur étant déjà acquis et installé, on s'est limité à faire les études présentées ci-dessus. Mais le programme de simulation développé a été écrit dans une forme générale. Il peut donc être appliqué pour des études de dimensionnement de la taille d'un classeur pour une entreprise quelconque.

L'investissement dans un classeur automatisé étant lourd (plusieurs millions de francs français), l'utilisation de la simulation pour le dimensionnement du nombre de cases nécessaires et pour les études de viabilité technico-économique est justifié par les économies obtenues.

# **CHAPITRE VI**

## **6. CONCLUSIONS**

## CHAPITRE VI

### 6. CONCLUSIONS

Les opérations techniques en scierie présentent des caractéristiques très particulières, liées à la fois au système de production et au matériau bois.

L'évolution des scieries vers des systèmes automatisés de production est inéluctable. Les scieries de résineux, en raison des caractéristiques des bois sciés et des produits finis, présentent un système productif dont l'automatisation est plus facile à réaliser que celle des scieries de feuillus.

La gestion de production en scierie présente des particularités par rapport à une gestion de production classique. Les gestionnaires utilisent rarement tous les potentiels offerts par cette fonction. Dans la plupart des cas, elle se limite à une gestion commerciale, des stocks et d'approvisionnement de l'atelier de sciage basée sur l'expérience.

Néanmoins, on peut améliorer la performance des scieries en utilisant les techniques de la gestion de production.

La simulation a été utilisée en scieries principalement pour l'optimisation des débits. Des applications de cette technique pour l'étude de flux matière ont aussi été réalisées avec succès.

Le flux économique est méconnu dans la plupart des scieries, les méthodes utilisées pour la détermination des prix de revient sont peu approfondies et les résultats doivent être interprétés avec précaution.

Actuellement, produire à un moindre coût dans des délais minimums les produits demandés par le marché est essentiel dans le cadre très concurrentiel des scieries.

Pour bien gérer les moyens de production, il faut prendre en compte les facteurs économiques en plus des facteurs techniques.

La technique proposée dans ce mémoire permet une évaluation de tous les facteurs intervenant dans le processus de production d'une scierie, au moyen d'une simulation de ses aspects technico-économiques.

Plus qu'une analyse des résultats, on fait une analyse du comportement dynamique de l'atelier de sciage qui donne la possibilité d'identifier l'importance de tous les facteurs intervenants et leur impact sur les coûts et la production. La méthode permet aussi d'évaluer le comportement de la production et des coûts face à des changements dans l'atelier de sciage, ou dans la gestion et cela sous les contraintes les plus diverses.

Néanmoins, la simulation est une technique lourde, qui exige de nombreux jours d'intervention sur place pour la prise de données, et en bureau pour la modélisation et analyse des résultats. Ainsi, on ne l'appliquera pas pour n'importe quelle situation. La complexité du modèle et l'enjeu économique doivent être de taille pour compenser le coût de la réalisation de l'étude.

Dans une étude de simulation, à côté des bénéfices mesurables, par exemple le rapport gain/coût, il y a aussi le côté bénéfices non mesurables dont on doit tenir compte. Ainsi, la simulation des aspects technico-économiques d'une scierie permet aux gestionnaires une compréhension détaillée du fonctionnement du système de production de leur entreprise.

En se posant des questions sur le comment et le pourquoi des aspects abordés, on arrive à une perception nouvelle - et parfois surprenante - du fonctionnement de (ou d'une partie de) l'atelier de sciage.

Dans le cas de l'entreprise "A", on a étudié les prix de revient des produits pour plusieurs diamètres et on a analysé la productivité et la rentabilité de la scierie pour plusieurs politiques d'approvisionnement. Cela a donné la possibilité d'identifier la politique d'approvisionnement la plus favorable et le gain des divers produits.

Pour l'entreprise "B" on a pu faire un diagnostic précis de chaque scierie, par une évaluation du comportement des flux matière et économique dans l'atelier de sciage. L'importance de la production et de l'apport financier a été mise en évidence. On a déterminé également la participation de chacun des composants des coûts et identifié la rentabilité de chaque produit.

L'influence d'une baisse du niveau de l'activité des scieries a été étudiée pour plusieurs situations. L'impact de l'inflation d'une période donnée sur les prix de revient de chaque produit a été évalué.

L'étude réalisée à l'entreprise "C" a mis en évidence l'économie qu'on peut avoir sur le coût du fonctionnement du classeur automatisé par une amélioration dans la gestion, proportionnée par la simulation.

La simulation en prenant en compte les données économiques est l'outil qu'on peut utiliser comme aide au lancement de production dans cette entreprise.

L'imputation des coûts de production aux produits d'un processus de flux divergent est un problème que la comptabilité analytique résoud avec beaucoup d'arbitraire. La méthodologie proposée, en pondérant les coûts à partir de l'aval permet une identification fine des coûts à chaque produit.

Cette ouverture vers la comptabilité permet aussi une meilleure gestion de la qualité par l'identification des problèmes liés à chaque poste de travail.

L'identification du type, de la taille et de la localisation des stocks dans le processus de production sont des facteurs très importants à considérer dans la stratégie industrielle des scieries. De plus, cette méthodologie, qui prend en compte les facteurs technico-économiques, donne la possibilité d'identifier la rentabilité de chaque poste de travail et de chaque produit de la scierie, avec adaptation fine du couple marché-produit.

Les applications présentées ci-dessus, qui n'utilisent qu'une partie des possibilités offertes par la technique proposée, montrent bien que la prise en compte des aspects technico-économiques dans la simulation constitue un puissant outil d'aide à la décision dans les scieries.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## BIBLIOGRAPHIE

- [ADA.88] ADAMS, Edward L.  
*Testing DESIM for designing and simulating the operation of hardwood sawmills.*  
Forest Products Journal, vol. 38, n° 7/8, July/August 1988, pp. 41-45.
- [ALA.84] ALANCHE, Pierre; ANCELIN, Bruno.  
*Evaluation des simulateurs à événements discrets.*  
Le Nouvel Automatismes, mars 1984, pp. 61-68.
- [ALC.87] ALCOUFFE, Christiane.  
*Gestion des stocks. Méthodes et applications.*  
Eyrolles, Paris, 1985.
- [ALL.85] ALLORA, Franz.  
*Engenharia de custos técnicos.*  
Pioneira, São Paulo, 1985.
- [AMM.84] AMMAR, Mondher.  
*Conception et réalisation d'un macro-langage dédié à la simulation des systèmes de production.*  
Thèse Docteur Ingénieur, Ecole Nationale d'Arts et Métiers, Paris, juin 1984.
- [ATK.80] ATKINS, W. K. et all.  
*Programs for computer simulation of hardwood log sawing.*  
USDA Forest Service, Research Paper, FPL 357, september 1980.
- [AUN.74] AUNE, Jan E.  
*System simulation - a technique for sawmill productivity analyses and designs.*  
The Forestry Chronicle, April 1974, pp. 66-69.
- [BAL.84] BALDWIN, Richard F.  
*Operations management in the forest products industry.*  
Miller Freeman Publications, San Francisco, 1984.
- [BAR.90] BARTHELEMY, P. L.; MEAUSOONE, P. J.; MARTIN, P.  
*Ligne automatisée pour le débit des plateaux de qualité.*  
Actes du 3<sup>ème</sup> Colloque Sciences et Industries du Bois, Bordeaux, mai 1990, pp. 103-112.



- [BEH.88] BEHAGEL, J.  
*Maîtrise des coûts en scierie: les prix de revient.*  
Actes du 2<sup>ème</sup> Colloque Sciences et Industries du Bois. Nancy 1987,  
ARBOLOR, 1988.
- [BEL.83] BEL, Gérard.  
*Méthodes et langages de simulation pour la production automatisée: principes, choix, utilisation.*  
Congrès AFCET Productique et Robotique Intelligente, Besançon,  
novembre 1983, pp. 41-52.
- [BEL.85] BEL, G.; DUBOIS, D.  
*Modélisation et simulation de systèmes automatisés de production.*  
RAIRO, AP II, vol. 19, n° 1, 1985.
- [BEN.90] BENASSY, Jean.  
*La gestion de production.*  
Ed. Hermès, Paris, 1990.
- [BEN.91] BENASSY, Jean.  
*La gestion des stocks.*  
Editions Hermès, Paris, 1991.
- [BER.85] BERNAD, Jacques; PAKER, Marko.  
*Les plannings.*  
Les Editions d'Organisation, Paris, 1985.
- [BON.88] BONFILS, Jacques.  
*Le calcul du prix de revient.*  
Ed. Hermès, Lyon, 1988.
- [BOU.87] BOUZINEKIS, Athanassios K.; MARTIN, Patrick.  
*Simulation d'un système de production en tenant compte de la qualité des produits.*  
GAMI, Les Outils de la Productique, 1987.
- [BOU.87-2] BOUZINEKIS, Athanassios K.; MARTIN, Patrick.  
*Outils d'aide à la décision dans les scieries.*  
2<sup>ème</sup> Colloque Sciences et Industries du Bois, Nancy,  
avril 1987.
- [BOU.87-3] BOUZINEKIS, Athanassios K.  
*Outils d'aide à la décision en vue de l'amélioration de l'efficacité du système de production: cas de scieries.*  
Thèse de l'Université de Nancy I, Nancy, octobre 1987.
- [BOU.88] BOUZINEKIS, Athanassios K.; MARTIN, Patrick.  
*Simulations à événements discrets (SAED): applications dans les industries du bois.*  
Informations Bois, n° 68, Janvier 1988, pp. 40-44.

- [BOY.86] BOYER, Luc; POIREE, Michel; SALIN, Elie.  
*Précis d'organisation et de gestion de la production.*  
Les Editions d'Organisation, Paris, 1986.
- [BRU.89] BRUNNER, Charles C. et all.  
*CORY: a computer program for determining dimension stock yields.*  
Forest Products Journal, vol. 39, n° 2, February 1989, pp. 23-24.
- [CAP.XX] CAPLAIN, O.  
*Etude du rendement matière et calcul du prix de revient en scieries.*  
Rapport de DESS, Institut National du Bois, Paris.
- [CAU.81] CAUSSE, G.; LACRAMPE, S.  
*Analyse et contrôle des coûts, principes et systèmes.*  
Masson, Paris, 1981.
- [CON.83] CONWAY, Madeleine.  
*Elements de calcul des coûts et prix de revient.*  
Ed. de la Tour de Lausanne S.A., Lausanne, 1983.
- [COU.89] COURTOIS, Alain; PILLET, Maurice; MARTIN, Chantal.  
*Gestion de production.*  
Les Editions d'Organisation, Paris, 1989.
- [CRIQ.1] Centre de Recherche Industrielle du Québec (CRIQ)  
*Simulation du débitage.*  
Documentation CRIQ, Québec.
- [CRIQ.2] Centre de Recherche Industrielle du Québec (CRIQ)  
*L'ingénierie des bois.*  
Documentation CRIQ, Québec.
- [CTB.84] Cahier 124 du CTBA.  
*Les résineux français.*  
Paris, septembre 1984.
- [CUM.72] CUMMINS, L. R.; CULBERTSON, D. D.  
*Sawmill simulation model for maximizing log yield values.*  
Forest Products Journal, vol. 22, N° 10, 1972, pp. 34-40.
- [DEH.87] DEHERRIPON, Philippe.  
*Fabriquer.*  
Les Editions d'Organisation, Paris, 1987.
- [EIS.89] EISENFUHR, Franz.  
*Kostenrechnung.*  
Augustinus-Buchhandlung, Aachen, 1989.
- [EMO.86] EMOND, Fernand; LIZOTTE, Denis.  
*Etude de dimensions au sciage.*  
Rapport d'étude, Québec, mai 1986.

- [FIL.90] FILIPPINI, B.; LAMBERT, P.; MARTIN, P.; MALLICK, G.; LEBAN, J. M.  
*Investigations des propriétés du bois et des singularités par capteurs micro-ondes.*  
Actes du 3<sup>ème</sup> Colloque Sciences et Industries du Bois, Bordeaux, mai 1990, pp. 113-122.
- [FLO.88] FLORENTINO, A. M.  
*Custos - Princípios, cálculo e contabilização.*  
Editora de Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 1988.
- [FOS.73] FOSTER, Bennet B.  
*Use of simulation in decision making.*  
Journal of Forestry, June 1973, pp. 344-345.
- [GIA.88] GIARD, Vincent.  
*Gestion de la production*  
Economica, Paris, 1988.
- [GIA.90] GIARD, Vincent.  
*Une comptabilité de gestion en crise in Gestion industrielle et mesure économique. Approches et applications nouvelles.*  
Ed. Economica, Paris, 1990, pp. 135-149.
- [HAL.79] HALLOCK, Hiram; STERN, A. R.; LEWIS, D. W.  
*A look at centered vs. offset sawing.*  
USDA Forest Service, Research Paper, FPL 321, 1979.
- [HAR.77] HARPOLE, George; HALLOCK, Hiram.  
*Investment opportunity: Best Opening Face sawing.*  
USDA Forest Service, Research Paper, FPL 291, 1977.
- [HOC.86] HOCHHEIM, Norberto.  
*Análise de investimentos sob condições de risco e inflação.*  
Dissertação de Mestrado, UFSC, Florianópolis, 1986.
- [HOC.89] HOCHHEIM, Norberto  
*L'utilisation de la simulation pour l'étude du flux matière et calcul du prix de revient: cas de l'entreprise S.A. Janes Bois.*  
Rapport d'étude, LACN, Nancy, janvier 1989.
- [HOC.90] HOCHHEIM, Norberto; MARTIN, Patrick; JACQUEMIN, Benoît.  
*L'utilisation de la simulation pour le calcul des prix de revient en scieries.*  
Actes du 3<sup>ème</sup> Colloque Sciences et Industries du Bois, Bordeaux, mai 1990, pp. 619-626.
- [HOC.91] HOCHHEIM, Norberto.  
*Simulation de l'Indústria de Madeiras Nadar Morro Ltda.*  
Rapport d'étude, LACN, Nancy, janvier 1991.
- [HOC.75] HOCQUET, M.  
*Critères applicables aux décisions d'investissement en scierie.*  
Courrier de l'Exploitant et du Scieur, 1/75, 1975, pp. 1-19.

- [HOC.80] HOCQUET, M.  
*L'amélioration de la précision du sciage.*  
Les Entretiens du Bois, 1980.
- [HOM.65] HOMBERG; BECHET; VILCHIEN; GOULHOT.  
*Méthode d'établissement des prix de revient en exploitation forestière et en scierie.*  
Fédération Nationale du Bois et Centre Technique du Bois, Paris, 1965.
- [HUB.89] HUBERT, Antoine.  
*Analyse du fonctionnement de la scierie de l'entreprise KUNKEL.*  
Rapport de DESS, Institut National du Bois, Paris, juillet 1989.
- [JAC.88] JACQUEMIN, Benoît.  
*Simulation du flux matière en scierie et estimation des prix de revient.*  
Travail d'option, ENGREF, Nancy, septembre 1988.
- [JOL.80] JOLY, P.; CHEVALIER, F. M.  
*Théorie, pratique et économie du séchage du bois.*  
Ed. H. Vial, 1980.
- [KEL.83] KELLER, René.  
*Anatomie in Le matériau bois: propriétés, technologie, mise en œuvre.*  
ARBOLOR, Nancy, 1983.
- [KLI.89] KLINKHACHORN, P. et all.  
*HaLT: a computerized training program for hardwood lumber graders.*  
Forest Products Journal, vol. 39, n° 2, February 1989, pp. 38-40.
- [LAM.87] LAMY, Pierre.  
*Ordonnement et gestion de production.*  
Ed. Hermès, Paris, 1987.
- [LBN.90] Anonyme.  
*Logiciel d'optimisation de découpe Optiscie.*  
Le Bois National, mars 1990, n° 10, pp. 205.
- [LBN.91] Anonyme  
*La démarche "qualité" des scieries de "Sélection Vosges"*  
Le Bois National, juin 1991, n° 23, pp.19-21.
- [LEP.90] LEPETIT, H.; TRIBOULOT, P.; MARTIN, P.  
*Caractérisation de qualité de surface bois par analyse d'images.*  
Actes du 3<sup>ème</sup> Colloque Sciences et Industries du Bois, Bordeaux, mai 1990,  
pp. 123-132.
- [LEV.90] LEVEQUE, F.  
*Les industries françaises du bois et du papier: qu'est-ce qui a changé?*  
Actes du 3<sup>ème</sup> Colloque Sciences et Industries du Bois, Bordeaux, mai 1990,  
pp. 601-609.

- [LEW.74] LEWIS, David; HALLOCK, Hiram.  
*Best Opening Face program.*  
Australian Forest Industries Journal, novembre 1974, pp. 21-31.
- [LEW.78] LEWIS, David W.  
*Making sawmilling decisions - there is a better way.*  
International Congress for the Sawmill Industry, Munich, June 1978,  
12 pages.
- [MAR.88] MARTIN, P; BOUZINEKIS, A.; SALES, C.  
*Tools for aiding decision making in the european sawmills.*  
Ninth International Wood Machining Seminar, Berkeley, october 1988,  
11 pages
- [MAR.89] MARTIN, Patrick.  
*Productique et industries du bois.*  
Ed. Hermès, Paris, 1989.
- [MAR.91] MARTIN, Patrick.  
*Bois et productique.*  
Cepadues-Editions, Toulouse, 1991.
- [MEN.90] MENDOZA, G. A.; SPROUSE, W.; LUPPOLD, W; ARAMAN, P.; MEIMBAN, R.J.  
*An integrated management support and production control system for  
hardwood.*  
XIX World Congress, International Union of Forestry Research Organization,  
Montreal, august 1990, 21 pages.
- [MEN.91] MENDOZA, G. A.; MEIMBAN, R. J.; ARAMAN, P.; LUPPOLD, W.  
*Combined log inventory and process simulation models for the planning and  
control of sawmill operations.*  
23<sup>ème</sup> Séminaire du CIRP, Nancy, juin 1991, 8 pages.
- [MIL.87] MILITON, J.  
*Cours d'economie forestière.*  
ENGREF, Nancy, 1987.
- [MOD.85] MODOUX, Gérard; CONWAY, Madeleine; JAKOBOVITS, Daniel.  
*De l'analyse des coûts au contrôle de la gestion.*  
Editions de la Tour Lausanne, Lausanne, 1985.
- [MUD.XX] MUDATA  
*Optigrum*  
Documentation MUDATA, 5, rue Taylor, Paris.
- [NEP.87] NEPVEU, Gérard.  
*La variabilité génétique des propriétés du bois.*  
INRA, Champenoux, 1987.
- [NFB.52-001] Normes Françaises.  
*Règles d'utilisation des bois dans la construction.*

- [NFB.53-501] Normes Françaises.  
*Clasement d'aspect des bois indigènes.*
- [NOL.86] NOLLET, Jean; KELADA, Joseph; DIORIO, Mattio O.  
*La gestion des opérations et de la production - une approche systémique*  
Gaëtan Morin Editeur, Québec, 1986.
- [OLG.90] OLGATI, J. P.  
*Les techniques de sciage: état de l'art et perspectives d'avenir.*  
Actes du 3<sup>ème</sup> Colloque Sciences et Industries du Bois, Bordeaux, mai 1990,  
pp. 1-45.
- [PAT.87] PATUREL, Robert.  
*La comptabilité analytique. Système d'information pour le diagnostic et la prise de décisions.*  
Ed. Eyrolles, Paris, 1987.
- [PEG.83] PEGDEN, Dennis.  
*Introduction to SIMAN.*  
Systems Modeling Corporation, State College, PA, 1983.
- [PET.62] PETER, R.; BAMPING, J. H.  
*Theoretical sawing of pine logs.*  
Forest Products Journal, vol. 12, n° 11, 1962, pp. 549-557.
- [PIE.90] PIERREVAL, Henri.  
*Les méthodes d'analyse et de conception des systèmes de production.*  
Ed. Hermès, Paris, 1990.
- [POU.86] POURCEL, C.  
*Systèmes automatisés de production.*  
Cepadues-Editions, Toulouse, 1986.
- [PRI.79] PRITSKER, A. A. B.; PEGDEN, C. D.  
*Introduction to simulation and SLAM.*  
John Willey and Sons, New York, 1979.
- [QUE.69] QUENTIN, M.  
*Les méthodes de calcul des prix de revient.*  
Centre Technique du Bois, Paris, 1969.
- [RES.89] RESCH, Helmuth; KANG, Hoyang; HOAG, Michael L.  
*Drying douglas-fir lumber: a computer simulation.*  
Wood and Fiber Science, vol. 21, n° 3, July 1989, pp. 207-208
- [REY.69] REYNOLDS, H. W.; GATCHELL, C. J.  
*Sawmill simulation: concepts and computer use.*  
US Forest Service Northeast. Forest EXP. Sta. Res. Note NE-100, 1969,  
5 pages.
- [RIC.77] RICHARDS, D. B.  
*Value Yield from simulated hardwood log sawing.*  
Forest Products Journal, vol.27, n° 12, december 1977, pp. 47-50.

- [RIC.80] RICHARDS, D.B.; ADKINS, W. K.; HALLOCK, H.; BULGRIN, E. H.  
*Lumber values from computerized simulation of hardwood log sawing.*  
USDA Forest Service, Research Paper, FPL 356, January 1980.
- [SAN.90] SANDOZ, J. L.  
*Mechanical assessments of conical roundwood for Swiss spruce.*  
Actes du 3<sup>ème</sup> Colloque Sciences et Industries du Bois, Bordeaux, mai 1990,  
pp. 145-157.
- [SAV.89] SAVALL, Henri; ZARDET, Véronique.  
*Maîtriser les coûts et les performances cachés.*  
Ed. Economica, Paris, 1989.
- [SCH.85] SCHMITT, Christian.  
*Modélisation d'une scierie et gestion de l'information.*  
Rapport de DEA, Université de Nancy I, Nancy, 1985.
- [SCH.90] SCHWEHM, C. J.; KLINKHACHORN, P.; McMILLIN, C. W., HUBER, H. A.  
*HaRem: Hardwood lumber remanufacturing program for maximizing value based on sized, grade and current market prices.*  
Forest Products Journal, vol. 40, n° 7/8, 1990, pp. 27-30.
- [SIL.XX] SILVA, Argens; COIMBRA, Rubens R.  
*Manual de tempos e métodos: princípios e técnicas do estudo de tempos.*  
Hemus Editora Ltda, São Paulo.
- [TER.85] TERRY, Geirge R.; FRANKLIN, Stéphen G.  
*Les principes du management.*  
Economica, Paris, 1985.
- [VEN.86] VENET, J.  
*Le bois, matériau et matière première.*  
GREF, 1986
- [WOD.66] WODINSKI, C.; HAHM, E.  
*A computer program to determine yields of lumber.*  
USDA Forest Service, Forest Prod. Lab., Madison, 1966.
- [WAN.88] WANG, Steve.  
*A new dimension sawmill performance measure.*  
Forest Products Journal, October 1988, vol. 38, n° 10, pp. 64-68.

# **ANNEXE**

## **A1. PRESENTATION DE LA MODELISATION DES DECOUPES UTILISEES DANS LES SIMULATIONS DES SCIERIES DE L'ENTREPRISE "B"**

### **A1.1. INTRODUCTION**

### **A1.2. LES PROGRAMMES DES SCIERIES "CANELA", "ESSENCE TENDRE", "ESSENCE DURE" ET "FAIBLE DIAMETRE"**

### **A1.3. LE PROGRAMME DE LA SCIERIE "BILLONS COURTS"**



## **ANNEXE**

Tous les programmes ont été écrits en langage de simulation SIMAN. Chaque entreprise a des caractéristiques propres et les objectifs des simulations étaient différents pour chacune d'elles.

Il a fallu donc développer des programmes pour chaque cas particulier. Les programmes sont longs (plusieurs milliers de lignes d'instructions), nous n'allons pas les lister ici.

Nous allons seulement présenter par la suite, comment ont été modélisées les découpes utilisées dans les simulations des scieries de l'entreprise "B".

### **A1. PRESENTATION DE LA MODELISATION DES DECOUPES UTILISEES DANS LES SIMULATIONS DES SCIERIES DE L'ENTREPRISE "B"**

#### **A1.1. Introduction**

Les attributs des clients ( $a(i)$ ) et les variables du système de simulation ( $x(i)$ ) sont présentés avec la même désignation qu'ils ont dans les programmes.

Les attributs caractérisent un client et changent de valeur quand il y a une modification dans l'état du client. Les attributs "suivent" le client respectif tout au long de la simulation.

Les variables du système de simulation ont une valeur pour l'ensemble du système et changent de valeur quand il y a un changement de l'état du système.

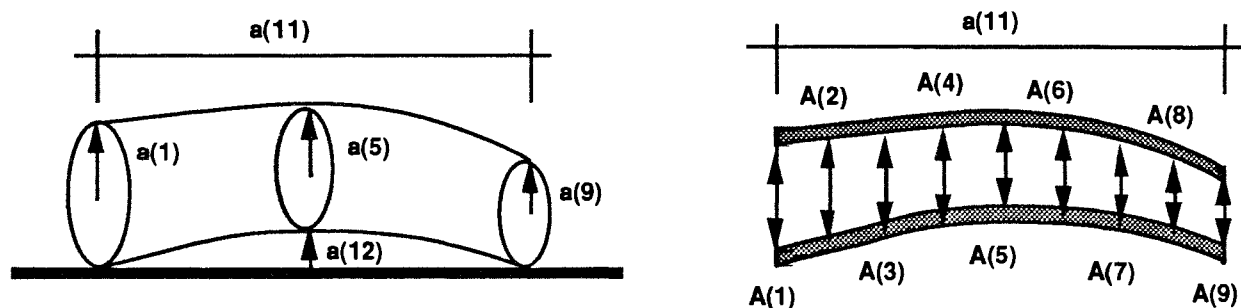
#### **A1.2. Les programmes des scieries "CANELA", "ESSENCE TENDRE", "ESSENCE DURE" et "FAIBLE DIAMETRE".**

Dans ces programmes, les clients sont "discrétisés" en 8 morceaux, caractérisés par divers attributs. La figure A1.1 donne la signification des ces attributs.

La figure A1.2 donne la signification de quelques variables du système de simulation.

La position de la ligne de découpe est mesurée à partir de l'axe du billon à la position du rayon moyen ( $a(5)$ ).

Pour la première et deuxième position du billon sur le chariot de la scie de tête, la courbure n'influence pas le calcul de la ligne de découpe et de la largeur du billon qui reste à découper, car on considère qu'elle est parallèle à l'axe de découpe (figure A1.3a et A1.3b). Dans ces cas on a:



$a(1) \dots a(9)$  = rayons (pour les billons) ou largeurs (pour les autres clients) du fin au gros bout, respectivement. Les attributs sont mesurés à d'intervalles constantes, cet-à-dire, les longueurs entre deux attributs sont les mêmes pour un même client.

$a(10)$  = épaisseur

$a(11)$  = longueur

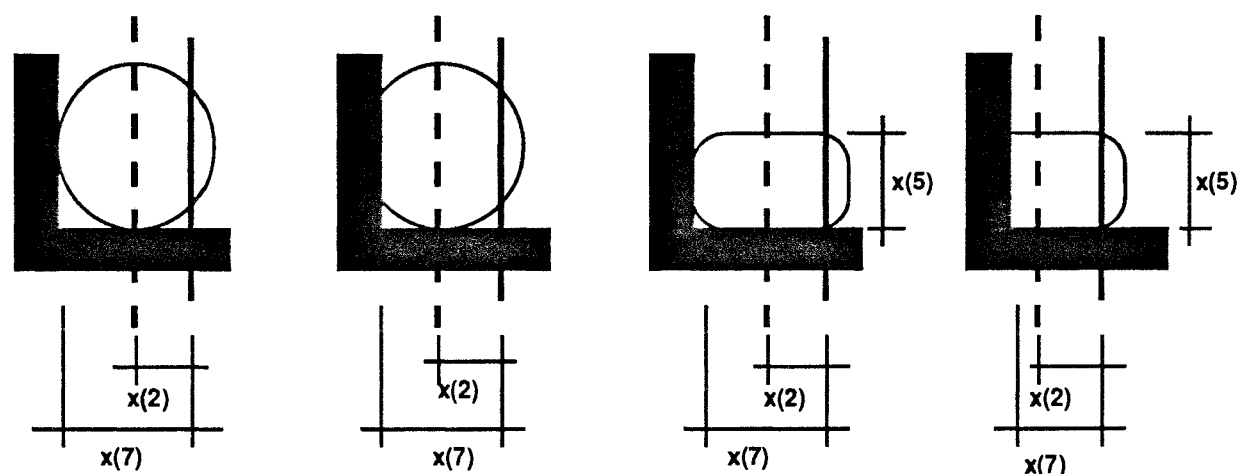
$a(12)$  = courbure du billon d'origine du client

$a(13)$  = type du client (dosse, plateaux, délignure, déchet, etc)

$a(14)$  = attribut de temps

$a(15)$  = type d'essence

Figure A1.1. Attributs des clients



$x(2)$  = position de la ligne de découpe à partir de l'axe du billon

$x(7)$  = largeur du billon qui reste à découper

$x(5)$  = épaisseur du noyau

Figure A1.2. Quelques variables de système

$$x(2) = a(9) - a(10) - p(10,1) \quad (1)$$

$$x(7) = 2 * a(9) - a(10) - p(10,1) \quad (2)$$

où:  $a(10)$  = épaisseur de la dosse  
 $p(10,1)$  = épaisseur du trait de scie

pour la position de la ligne de découpe et de la largeur à découper après le sciage de la première dosse. A chaque fois qu'on tire un plateau, les nouvelles positions seront:

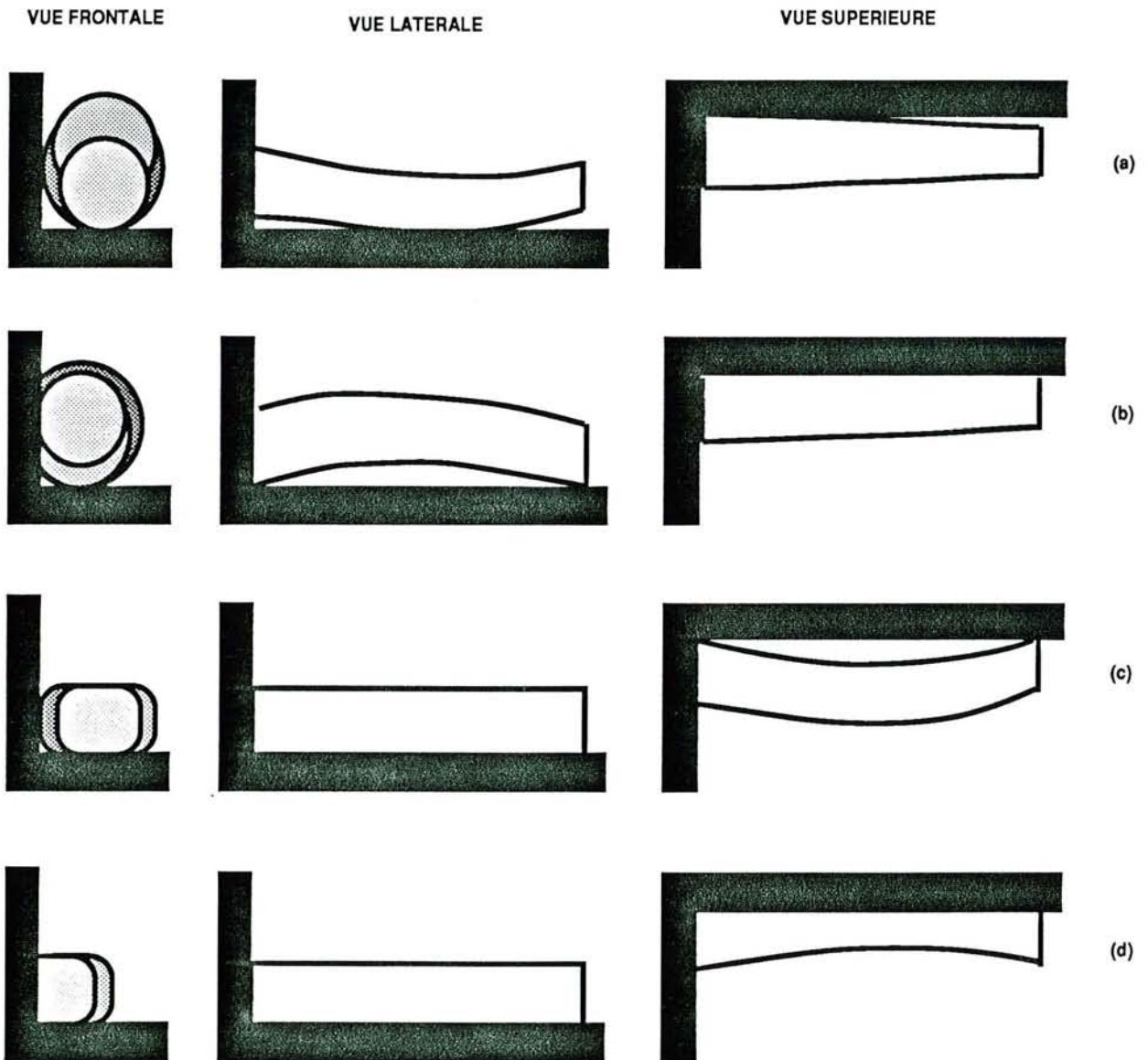


Figure A1.3. Positions du billon sur le chariot de la scie-de-tête

$$x(2) = x(2) - a(10) - p(10,1) \quad (3)$$

$$x(7) = x(7) - a(10) - p(10,1) \quad (4)$$

où:  $a(10)$  = épaisseur du plateaux tiré

Pour la 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> position du billon sur le chariot de la scie-de-tête (figure A1.3c et A1.3d), on doit prendre en considération l'influence de la courbure du billon.

Dans le cas montré par la figure A3c on a:

$$x(2) = a(5) - a(10) - p(10,1) \quad (5)$$

$$x(7) = 2 * a(5) + a(12) - a(10) - p(10,1) \quad (6)$$

où:  $a(10)$  = épaisseur de la dosse

Dans les cas montré par la figure A3d on a:

$$x(7) = \text{entier}((x(7) - a(10)) / (a(10)+p(10,1))) * (a(10) + p(10,1)) - p(10,1) \quad (7)$$

$$x(2) = x(7) - x(2) \quad (8)$$

Après qu'on tire la dosse, les nouvelles valeurs de  $x(2)$  et  $x(7)$  sont calculées d'après les formules (3) et (4) respectivement.

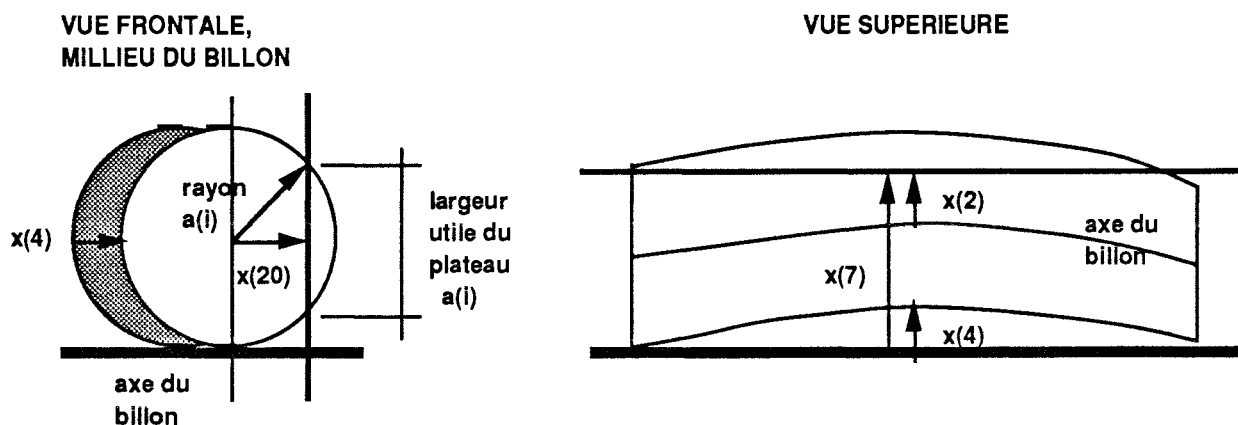


Figure A1.4. Elements pour le calcul des largeurs des plateaux

Dans une section donnée d'un plateau on peut avoir deux largeurs différentes. Le programme retient toujours la largeur la plus petite puisque c'est effectivement la largeur utile pour en tirer des produits.

Les largeurs utiles des plateaux, sont déterminées par les formules suivantes:

$$a(i)_p = 2 * \text{SQRT}(a(i)_b^2 - \text{ABS}(x(20) + (\text{COEF} * x(4))^2) \quad (9 \text{ à } 17)$$

où:  $a(i)_p$  = i-ème largeur utile du plateau,  $i = 1, \dots, 9$

$a(i)_b$  = i-ème rayon du billon,  $i = 1, \dots, 9$

SQRT = racine carré

ABS = valeur absolue

$x(20) = x(2)$ ,  $x(2) > 0$

$= \text{ABS}(x(2) - a(10))$ ,  $x(2) \leq 0$

COEF = 1,3/4,1/2,1/4,0,1/4, ...,1 pour  $a(1), \dots, a(9)$

$x(4)$  = courbure

Dans les cas où la ligne de découpe ne touche pas le billon (voir l'extrémité droite de la figure A1.4) on a:

$$\text{ABS}(x(20) + \text{COEF} * x(4)) > a(i)_b$$

et le programme fait  $a(i)_p = 0$ .

Pour les situations montrées par la figure A1.3c et A1.3d on peut avoir une largeur calculée pour le plateau qui est plus grande que l'épaisseur du noyau, ce qui est physiquement impossible:

$$a(i)_p > x(5).$$

Dans ce cas le programme fait  $a(i)_p = x(5)$ .

La courbure a une influence dans le calcul des largeurs des plateaux qui est fonction de la position du billon sur le chariot de la scie de tête (figure A1.3). Pour prendre en compte cet influence, dans les formules (9) à (17) on doit faire:

$$x(4) = 0 \text{ pour la } 1^{\text{ère}} \text{ et } 2^{\text{ème}} \text{ position} \quad (9a \text{ à } 17a)$$

$$x(4) = a(12) \text{ pour la } 3^{\text{ème}} \text{ position} \quad (9b \text{ à } 17b)$$

$$x(4) = -a(12) \text{ pour la } 4^{\text{ème}} \text{ position} \quad (9c \text{ à } 17c)$$

Le programme retient comme longueur d'un plateau la longueur du billon d'origine. La différenciation entre les longueurs des plateaux se fera donc avec les largeurs, les plateaux plus courts ayant des largeurs nulles.

Le nombre de traits de scie que reçoit une dosse ou un plateau sans bord à la station TRON1 pour son tronçonnage est établi aléatoirement par le programme en fonction des fréquences observées sur terrain.

Pour les semi-dosses les deux situations générales montrées par la figure A1.5 sont possibles.

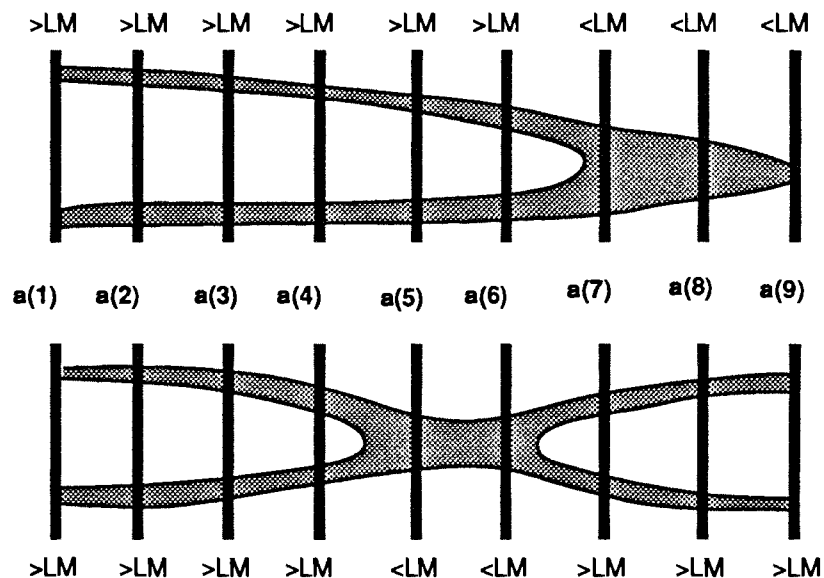


Figure A1.5. Semi-dosses

Pour qu'une semi-dosse soit tronçonnée en un petit plateau qui à son tour sera déigné, elle doit avoir une largeur minimale (LM). Le programme compare les largeurs de la semi-dosse, représentées par ses attributs a(1) à a(9), avec cette largeur minimale. Pour la comparaison, les largeurs sont prises 2 à 2 et en ordre croissant de la numération des attributs. Ainsi, la largeur minimale est comparée d'abord avec les attributs a(1) et a(2), ensuite avec a(2) et a(3), etc. Chaque fois qu'un duo d'attributs attend la condition d'être plus grand que la largeur minimale, un compteur (x(40)) est augmenté d'une unité. Si la condition n'est pas satisfaite et si le compteur a une valeur non nulle on fait un tronçonnage.

Après le tronçonnage on a deux produits: un qui va vers la station DEL pour être déigné (petit-plateau) et le morceau restant qui pourra ou non donner origine à d'autres petits plateaux. Le produit qui va vers la station DEL est défini par les attributs de largeur a(i) de valeur réelle tant que la largeur est supérieure à la valeur minimale, et nul dans le cas contraire.

Pour le second produit, le programme donne la valeur zéro aux attributs correspondant à la partie éliminée.

L'algorithme de la figure A1.6 montre cette procédure.

```
Si a(i) et a(i+1) > LM
  x(40) = x(40) + 1
  Prochaine comparaison
Sinon
  Si x(40) > 0
    coupe n
    coupe nn
  Sinon
    Prochaine comparaison
  Fin Si
Fin Si

coupe n a(j) = 0 , j ≥ i+1 (client suit à la station DEL)
        coupe

coupe nn a(j) = 0 , j < i (client qui reste)
        prochaine comparaison

coupe calculer longueur en fonction de x(40)
      x(40) = 0
      vérifier type du client
      acheminer client
```

**Figure A1.6.** Algorithme pour le traitement des semi-dosses à la station TRON1

Pour le délignage d'un plateau le programme calcule d'abord la position des bords les plus à droite en relation à un système cartésien qui a son origine à 100 cm d'un axe rectiligne fictif décalé de la valeur de la courbure de l'axe du plateau au milieu de la pièce (figure A1.7). La valeur 100 a été choisie pour ne pas avoir à travailler avec des ordonnées négatives. De cette façon on a:

$$x(j) = a(i) / 2 + \text{COEF} * a(12) / 4 + 100 \quad (18 \text{ à } 26)$$

où:  $x(j)$  = ordonnée de la  $i$ -ème largeur du plateau,  $j = 31, \dots, 39$   
 $a(i)$  =  $i$ -ème largeur du plateau,  $i = 1, \dots, 9$   
 $\text{COEF} = 0, 1/4, 1/2, 3/4, 1, 3/4, \dots, 0$  pour  $a(1), \dots, a(9)$   
 $a(12)$  = courbure du billon qui a donné origine au plateau

On fait:

$$x(30) = \text{valeur maximale } x(i), i = 31, \dots, 39 \quad (27)$$

et on obtient la position de la ligne de découpe par:

$$x(30) = x(30) - LD - TS \quad (28)$$

où: LD = largeur de la délignure.

Les largeurs du plateau qui restent à déligner sont:

$$a(i) = a(i) - (x(j) - x(30)), i = 1, \dots, 9 \quad (29)$$

$j = 31, \dots, 39$   
 $x(j) > x(30)$

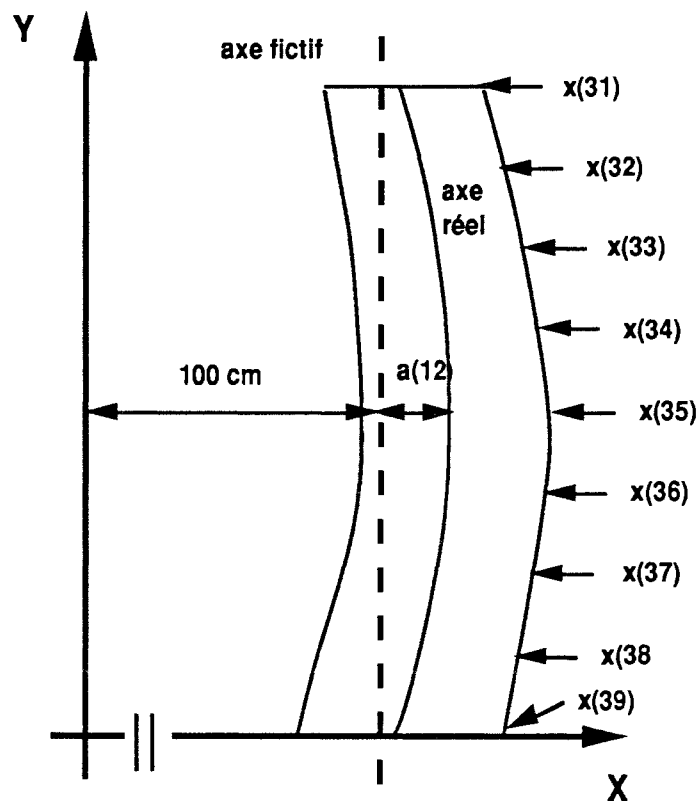


Figure A1.7. Eléments pour le délignage d'un plateau



Les largeurs des délignures respectives seront:

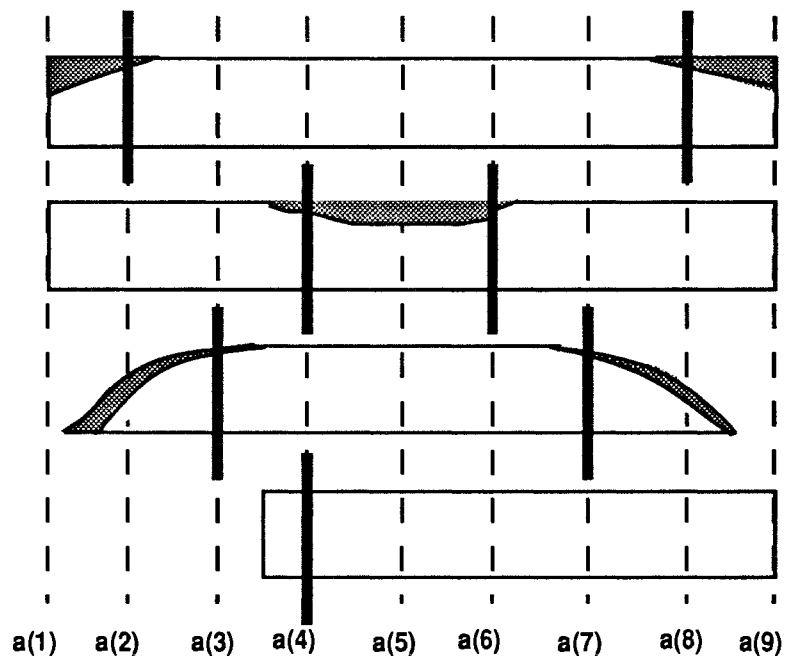
$$a(i) = x(j) - x(30) - TS, \quad x(j) > x(30) \quad (30a)$$

ou  $a(i) = 0, \quad x(j) \leq x(30) \quad (30b)$

Les délignures gardent la longueur du plateau dont elles sont originaires, les plus courtes ayant une ou plusieurs largeurs nulles.

A l'entrée de la station TRON2 il y a 2 files d'attente: une pour les bords et l'autre pour les délignures. L'opérateur de la station donne priorité au tronçonnage des délignures.

La figure A1.8 montre quelques possibilités de tronçonnage pour quelques types de délignures.



**Figure A1.8.** Possibilités de délignage à la station TRON2

Pour le tronçonnage d'une délignure, le programme vérifie d'abord quelle est sa largeur. Cette largeur ( $x(49)$ ) est donnée pour l'attribut qui a la valeur la plus élevée parmi les attributs  $a(1)$  jusqu'à  $a(9)$ :

$$x(49) = \max(a(1), a(2), \dots, a(9)) \quad (31)$$

Ensuite, la largeur de la délignure est comparée avec  $a(9)$  et  $a(8)$ , avec  $a(8)$  et  $a(7)$ , etc. Chaque fois qu'un duo d'attributs satisfait la condition d'être plus grand que la largeur de la délignure diminuée d'une tolérance pour les flaches (TF), un compteur ( $x(50)$ ) est augmenté d'une unité. Si la condition n'est pas satisfaite et si le compteur n'a pas la valeur zéro, le programme fait un tronçonnage.

A chaque coupe le programme attribue la valeur zéro pour les attributs de numéro pair qui sont déjà passés par les comparaisons, c'est à dire, pour la partie de la délignure qui va être transformée soit en déchet soit en produit fini, et le cycle de comparaisons recommence. La procédure est bouclée jusqu'à ce que tous les couples d'attributs soient comparés.

L'algorithme de la figure A1.9 montre cette procédure.

```
boucle           $x(50) = 0$ 
Si     $a(i)$  et  $a(i-1) > X(49) - TF$ 
         $x(50) = x(50) + 1$ 
        Prochaine comparaison
Sinon
  Si     $x(50) > 0$ 
         $a(j) = 0$  pour tous  $j > i - 1$  pairs
        coupe
  Sinon
        S'il n'y a plus de comparaisons à faire
        Sortir de la boucle
        Sinon Prochaine comparaison
        Fin Si
  Fin Si
Fin Si

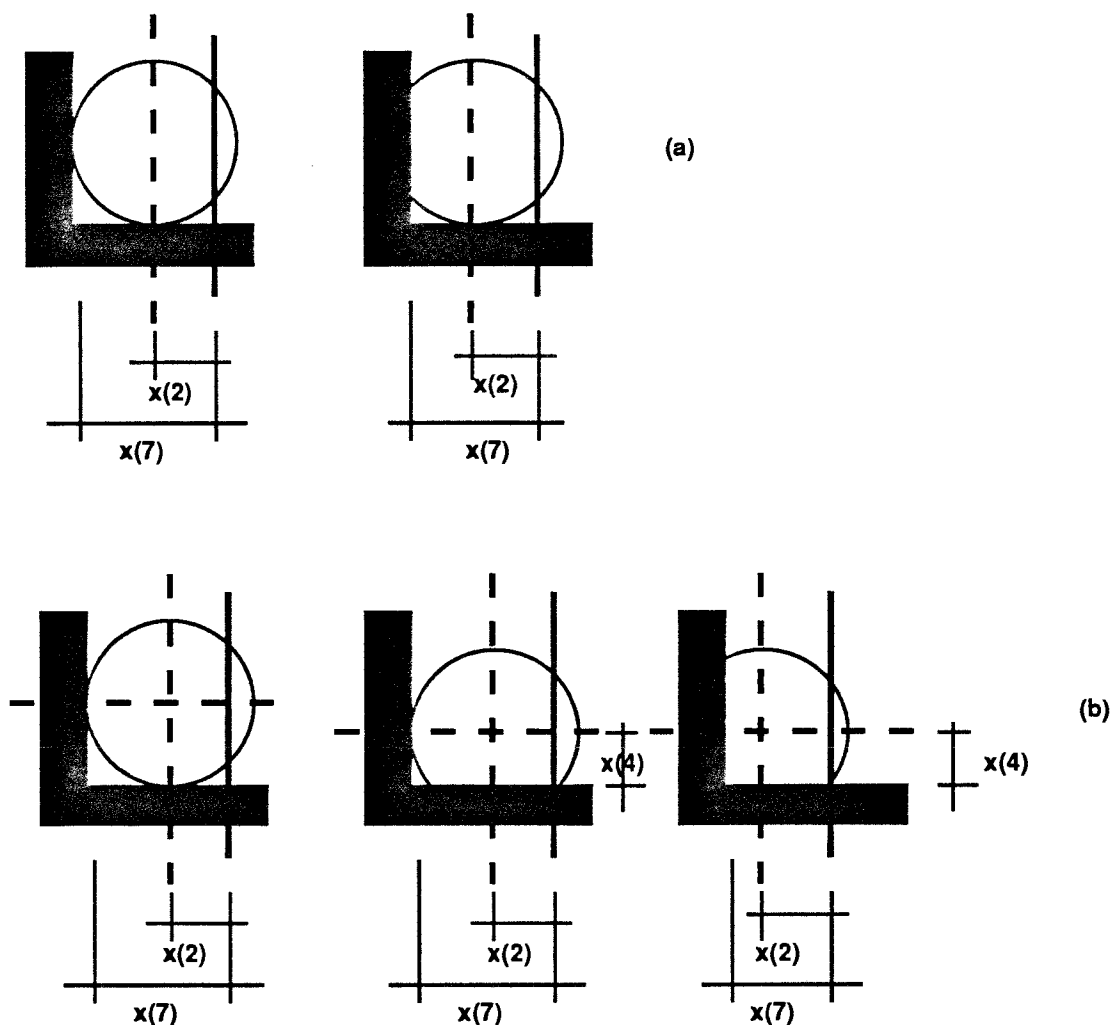
coupe    calculer la longueur en fonction de  $x(50)$ 
           vérifier type du client
           acheminer client
boucle
```

**Figure A1.9.** Algorithme pour le Traitement des Délignures à la Station TRON2

### A1.3. Le programme de la scierie "BILLONS COURTS"

Dans cette scierie on découpe billons des essences dites "tendre" et "dure". Le programme détermine le diamètre, la longueur et le défilement du billon. On ne prend pas en compte la courbure du billon à cause de sa petite longueur.

La figure A1.10 montre les deux possibilités de découpe du billon à la scie-de-tête et identifie quelques variables de système.



**Figure A1.10.** Possibilités de découpe des billons pour la scierie "BILLONS COURTS"

La situation montrée par la figure A1.10a est la plus courante. La deuxième possibilité (figure A1.10b) est prise en compte seulement pour les billons qui ont un diamètre minimum. Dans ce cas, l'adoption de l'un ou de l'autre mode de découpe est faite en fonction des aléas internes au programme, établis selon les fréquences observées sur terrain.

Les billons sont représentés dans la modélisation de cette scierie par des troncs de cône. Ainsi, la demi-largeur d'un plateau sera:

$$x(1) = \text{SQRT}(a(3)^2 - \text{ABS}(x(20))^2) \quad (32)$$

$$\begin{aligned} x(20) &= x(2), \text{ pour } x(2) > -a(2)/2 \\ &= \text{ABS}(x(2) - a(2)) \end{aligned}$$

où:  $x(1)$  = demi-largeur du plateau  
 $a(3)$  = rayon du billon  
 $x(2)$  = position de la ligne de découpe par rapport au rayon  
 $a(2)$  = épaisseur du plateau

La largeur ( $a(3)$ ) du plateau sera:

$$a(3) = 2 * x(1) \quad (33a)$$

pour le cas A10a, ou

$$a(3) = x(1) + x(4) \quad (33b)$$

pour la deuxième et la troisième position du cas A1.10b. La signification de  $x(4)$  est montrée par la figure A1.10b.

Pour le délignage d'un plateau les 2 cas montrés par la figure A1.11 sont considérés par le programme.

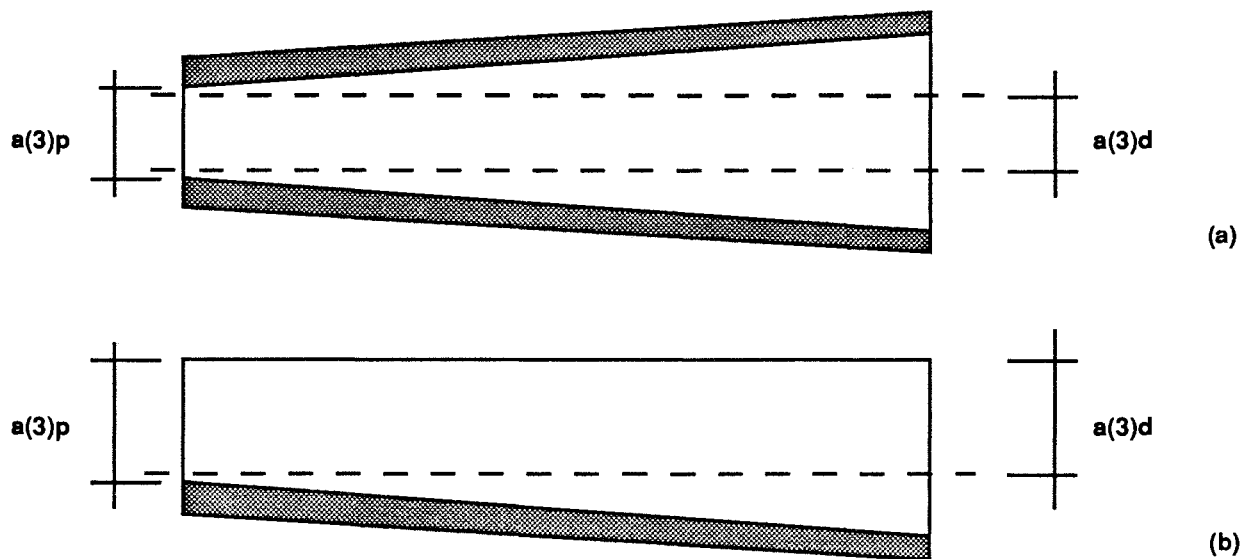


Figure A1.11. Types de plateaux dans la Scierie "BILLONS COURTS"

Pour le calcul de la largeur de la délignure le programme prend la largeur la plus petite du plateau et la diminue d'une valeur qui est fonction du type du plateau (cas A11a ou A11b) pour considérer les pertes dues aux bords:

$$a(3)_d = a(3)_p - LB \quad (34)$$

où:  $a(3)_d$  = largeur de la délignure

$a(3)_p$  = largeur la plus petite du plateau

LB = perte due aux bords, fonction du type du plateau

La station TRON fait la mise-en-longueur des produits reçus de la station DEL.

Les bords et les dosses sont découpés une fois. Les plateaux ont un ou deux bouts découpés en fonction des aléas internes au programme, établis par les fréquences observées sur terrain.

# UNIVERSITE DE NANCY I

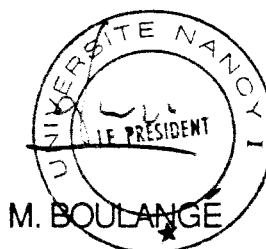
NOM DE L'ETUDIANT : HOCHHEIM Norberto

NATURE DE LA THESE : DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE NANCY I  
EN SCIENCES DU BOIS

VU, APPROUVE ET PERMIS D'IMPRIMER

NANCY, le 25 SEP. 1991 n°405

LE PRESIDENT DE L'UNIVERSITE DE NANCY I



## **PRISE EN COMPTE DES ASPECTS TECHNICO-ECONOMIQUES DANS LA SIMULATION: OUTIL D'AIDE A LA DECISION DANS LES SCIERIES**

### **Résumé:**

Dans ce mémoire nous proposons la prise en compte des aspects technico-économiques dans la simulation des scieries comme outil d'aide à la décision.

L'utilisation de la simulation pour l'analyse des variables déterminantes du processus de fabrication d'une scierie permet une compréhension détaillée du comportement des différents facteurs qui interviennent dans la production et de leurs interdépendances. Ces facteurs quantifiés économiquement et additionnés aux coûts de matières premières, d'amortissement et autres, permettent une évaluation assez fine des coûts des produits.

Des applications à trois scieries ont été effectuées.

**Mots Clés:** scierie, simulation, coûts, gestion de production.

## **FLOW SIMULATION OF MANUFACTURING SYSTEMS TAKING ECONOMICAL ASPECTS INTO ACCOUNT: TOOL FOR MANAGEMENT DECISION IN SAWMILLS**

### **Abstract:**

Process simulation is a very useful tool for analysis of determinant variables in sawmill process. A detailed understanding of the production factors can be obtained. These factors and raw materials defined in terms of cost allow a precise evaluations of end products cost prices.

Three sawmills has been modelized and simulated for the products flow and the economical study, in order to get the consequences in terms of productivity and economical yield.

**Keywords:** sawmill, simulation, cost prices, production management