

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DES PÂTES ET PAPIERS

PAR
VICTOR PEÑA

ÉTUDE SUR LE CORAFFINAGE DES MÉLANGES
DES PÂTES (BCTMP-TREMBLE ET PÂTE RECYCLÉE)

FÉVRIER 1995

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	ix
RÉSUMÉ.....	xi
LISTE DES TABLEAUX.....	xiii
LISTE DES FIGURES.....	xv
NOMENCLATURE.....	xx
1. INTRODUCTION.....	1
1.1 Objectif.....	1
1.2 Justification.....	1
1.3 Proposition de recherche.....	3
2. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE.....	5
2.1 Pâtes mécaniques.....	5
2.1.1 Généralités.....	5
2.1.2 TMP et CTMP pour papiers d'impressions.....	6
2.1.3 Séparation et développement de la fibre.....	7
2.1.4 Enlèvement d'impuretés.....	8
2.1.5 Blanchiment.....	9
2.1.6 Papiers d'impression.....	10
2.1.6.1 Papier journal.....	10

2.1.6.2	Papier impression-écriture avec fibres mécaniques.....	10
2.1.6.3	Papiers fins.....	11
2.2	Fibres recyclées	12
2.2.1	Généralités.....	12
2.2.2	Contaminants dans les vieux papiers.....	13
2.2.3	Désencrage des vieux papiers	16
2.2.3.1	Lavage.....	17
2.2.3.2	Flottation.....	17
2.3	Traitement mécanique des vieux papiers	20
2.3.1	Actions pendant le traitement mécanique du raffinage.....	20
2.3.1.1	Trituration.....	20
2.3.1.2	Fibrillation et Hydratation	21
2.3.1.3	Coupe.....	22
2.3.2	Phénomènes pendant le raffinage	22
2.3.2.1	Phénomènes primaires	22
2.3.2.2	Phénomènes secondaires	23
2.3.3	Dispersion et raffinage	24
3.	TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES.....	25
3.1	Plan expérimental	25

3.2	Matière première	26
3.3	Préparation des mélanges de pâtes	26
3.4	Traitement mécanique	27
3.5	Traitement des pâtes	29
3.5.1	Enlèvement de la latence des pâtes	29
3.5.2	Lavage des pâtes	29
3.6	Les appareils de formation	29
3.6.1	Formette anglaise	30
3.6.1.1	Description.....	30
3.6.1.2	Avantages et inconvénients.....	32
3.6.2	Formette dynamique	32
3.6.2.1	Principe	32
3.6.2.2	Avantages et désavantages.....	34
3.6.3	Machine à papier pilote	35
3.6.3.1	Spécifications générales	36
3.6.3.2	Système d'approche	36
3.6.3.3	Caisse d'arrivée	38
3.6.3.4	Table Fourdrinier	38
3.6.3.5	Presses Humides	40
3.6.3.6	Sécherie et Presse encolleuse	41
3.6.3.7	Calandre	42

3.6.3.8	Enrouleuse	42
3.6.3.9	Bobineuse	42
3.6.3.10	Avantages et Désavantages	42
3.7	Étude microscopique	43
3.8	Comptage de pointes de saleté (Tappi dirt count).....	43
3.9	Détermination de la rétention d'eau (WRV).....	44
3.10	Détermination de la composition de la pâte recyclée OW50.....	45
4.	RÉSULTATS ET DISCUSSION	46
4.1	Propriétés papetières.....	46
4.1.1	Effet d'ajouter du papier recyclé.....	46
4.1.2	Énergie de raffinage.....	48
4.1.3	Longueur des fibres (Bauer Mc Nett).....	49
4.1.4	Densité de la feuille.....	51
4.1.5	Longueur de rupture.....	53
4.1.5.1	Formette anglaise.....	53
4.1.5.2	Formette dynamique.....	55
4.1.5.3	Machine à papier pilote.....	56
4.1.6	Résistance à l'éclatement.....	57
4.1.6.1	Formette anglaise.....	57
4.1.6.2	Formette dynamique.....	59

4.1.6.3	Machine à papier pilote.....	61
4.1.7	Indice de déchirure.....	63
4.1.7.1	Formette anglaise.....	63
4.1.7.2	Formette dynamique.....	65
4.1.7.3	Machine à papier pilote.....	66
4.1.8	Propriétés optiques.....	67
4.1.8.1	Blancheur et coefficient d'absorption....	67
4.1.8.2	Opacité et coefficient de diffusion de la lumière.....	72
4.2	Valeurs de la rétention d'eau (WRV).....	77
4.3	Comptage des points de saleté (Tappi dirt count).....	79
4.4	Étude microscopique.....	82
CONCLUSION.....		88
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....		90
ANNEXE A		
	Valeurs de la classification Bauer Mc Nett.....	93
ANNEXE B		
	Distribution de particules de saleté (Tappi dirt count).....	94
ANNEXE C		
	Propriétés physicomécaniques des pâtes.....	98

ANNEXE D

Travail présenté au 7ème Congrès Latino-américain de Pâtes
et Papiers le 24 novembre 1994 à Caracas, Venezuela

105

ANNEXE E

Liste des normes utilisées.....

115

REMERCIEMENTS

Dans un premier temps, j'aimerais exprimer mes sincères remerciements à mon directeur de recherche, Dr Jacques L. Valade, professeur au Centre de recherche en pâtes et papiers, et à mon co-directeur de recherche, Dr Kwei-Nam Law, pour leur précieuse collaboration, leur soutien et leurs conseils.

Mes remerciements s'adressent également à M. Robert Lanouette, pour son aide appréciable au cours de mon travail.

À mes copains de la Maîtrise spécialement à Graciela Gavazzo , Chantal Hooper et Carlos Castro.

Je remercie également tout le personnel du Centre de Recherche en Pâtes et Papiers pour leur constante collaboration.

Un grand merci aux autorités de " L'Université de los Andes" , à la Fondation "Gran Mariscal de Ayacucho" et au Gouvernement de la province du Québec pour avoir permis et appuyé mes études au Québec.

*«Lorsque tu sens venir le vent,
plutôt que de construire un abri,
construis un moulin à vent»*

A mes fils.

RÉSUMÉ

Un nouveau concept pour l'obtention de pâte est développé lequel fait appel aux similitudes thermodynamiques qui existent entre le désencrage de vieux papiers et la mise en pâte chimicothermomécanique. Huit mélanges ont été préparés, à divers pourcentages en poids, en utilisant une pâte chimicothermomécanique de tremble (*Populus tremuloides*) et une pâte recyclée OW50. Une partie de chaque mélange a été coraffinée à pression atmosphérique, à l'aide d'une unité pilote Sunds Defibrator CD 300. Les essais sur les diverses pâtes obtenues ont été réalisés utilisant une formette anglaise, une formette dynamique de même qu'une machine à papier pilote, avec le but d'évaluer dans chaque système de formation, les effets du traitement mécanique du coraffinage. En utilisant un microscope Zeiss de laboratoire, les mélanges ont été observés avant et après d'être traités dans l'unité pilote Sunds Defibrator CD300.

Le comptage de points de saleté (Tappi dirt count) a été réalisé en utilisant des échantillons fabriqués sur la formette anglaise avec une recirculation des eaux blanches, ce qui a permis d'obtenir une courbe de distribution de la taille des particules d'encre. Les valeurs de la rétention d'eau ont été déterminées avec la technique de Lebel.

Les résultats obtenus indiquent que l'augmentation du pourcentage de la pâte recyclée OW50 dans les mélanges, qui n'ont pas été soumis au traitement de coraffinage a produit une augmentation de l'indice d'égouttage, de la longueur moyenne des fibres, de la résistance à la déchirure, de l'opacité et de la quantité de particules d'encre. Par contre elle produit une diminution de la densité, de la longueur de rupture, de l'indice d'éclatement, de l'indice de blancheur, des valeurs de la rétention d'eau et de l'énergie du raffinage. Ce comportement est dû au degré d'hornification des fibres conséquence des systèmes de préparation de la pâte BCTMP et du recyclage (dans le cas de la pâte OW50). Dans les mélanges qui ont été soumis au traitement mécanique, l'augmentation du pourcentage de la pâte recyclée OW50 produit une diminution de l'indice d'égouttage, de la blancheur des mélanges, de l'opacité et de la distribution de la taille des particules d'encre. L'addition de la pâte recyclée produit également une augmentation de la densité de la feuille, de la longueur de rupture, de l'indice d'éclatement, de l'indice de déchirure, des valeurs de la rétention d'eau et peu de variation de la longueur moyenne des fibres. Ce comportement est dû au développement de liaison entre les fibres comme conséquence du traitement mécanique du raffinage.

Les résultats obtenus indiquent que le coraffinage peut être utilisé industriellement et que des avantages forts importants sont réalisables là où il n'y a pas d'unité de désencrage.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Contaminants usuels.....	15
Tableau 2	Pourcentage en poids des mélanges utilisés.....	26
Tableau 3	Valeurs de la retention d'eau	44
Tableau A1	Bauer Mc Nett des pâtes non coraffinées.....	93
Tableau A2	Bauer Mc Nett des pâtes coraffinées.....	93
Tableau A3	Bauer Mc Nett des pâtes coraffinées avec Sommerville.....	93
Tableau B1	Dirt count Tappi Nocortoile (pâtes non raffinées, côté toile).....	94
Tableau B2	Dirt count Tappi Nocorfeutre (pâtes non raffinées, côté feutre).....	95
Tableau B3	Dirt count Tappi CorToile (pâtes raffinées, côté toile).....	96
Tableau B4	Dirt count Tappi CorFeutre (pâtes raffinées, côté feutre).....	97
Tableau C1	Papiers formés avec Formette anglaise (sans coraffinage).....	98
Tableau C2	Papiers formés avec Formette anglaise (avec coraffinage et traitement Sommerville).....	99
Tableau C3	Papiers formés avec Formette anglaise (avec coraffinage).....	100

Tableau C4	Papiers formés avec Formette dynamique (sans coraffinage).....	101
Tableau C5	Papiers formés avec Formette dynamique (avec coraffinage et traitement Sommerville).....	102
Tableau C6	Papiers formés avec Machine à papier pilote (sans coraffinage).....	103
Tableau C7	Papiers formés avec Machine à papier (avec coraffinage).....	104
Tableau E1	Liste des normes utilisées.....	115

LISTE DES FIGURES

2.1	Diagramme conventionnel de production de pâte thermomécanique.....	8
2.2	Cellule de flottation	18
3.1	Usine pilote Sunds Defibrator CD300	28
3.2	Formette Anglaise	30
3.3	Formette Dynamique	33
3.4	Machine à papier pilote	35
4.1	L'effet de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur l'indice d'égouttage pour les mélanges avec traitement Sommerville.....	47
4.2	L'effet de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur l'indice d'égouttage avec le pourcentage de la pâte OW50 pour les mélanges sans traitement Sommerville.....	47
4.3	L'effet de la pâte OW50 sur l'énergie de raffinage.....	49
4.4	Modification de la longueur de fibre (Bauer Mac Nett) en fonction du pourcentage de la pâte OW50 et du traitement mécanique.....	50
4.5	L'évolution de la densité de la feuille en fonction du pourcentage de la pâte OW50 et du traitement mécanique pour les mélanges avec le traitement Sommerville.....	51
4.6	L'évolution de la densité de la feuille en fonction du pourcentage de la pâte OW50 et du traitement mécanique pour les mélanges sans traitement Sommerville.....	52
4.7	Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur la longueur de rupture (Formette anglaise; sans traitement Sommerville).....	53

4.8	Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur la longueur de rupture (Formette anglaise; avec traitement Sommerville).....	54
4.9	Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur la longueur de rupture (Formette Dynamique).....	55
4.10	Influence de la pâte OW50 sur longueur de rupture (Machine à papier pilote).....	56
4.11	Influence de la pâte OW50 sur l'indice d'éclatement (Formette anglaise; sans traitement Sommerville).....	58
4.12	Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur l'indice d'éclatement (Formette anglaise; avec traitement Sommerville).....	59
4.13	Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur l'indice d'éclatement (Formette dynamique).....	60
4.14	Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur l'indice d'éclatement (Machine à papier pilote).....	62
4.15	Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur l'indice de déchirure (Formette anglaise; sans traitement Sommerville).....	64
4.16	Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur l'indice de déchirure (Formette anglaise; avec le traitement Sommerville).....	64
4.17	Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur l'indice de déchirure (Formette dynamique).....	65
4.18	Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur l'indice de déchirure (Machine à papier pilote).....	66
4.19	Évolution de la blancheur en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette anglaise avec le traitement Sommerville).....	68

4.20	Évolution de la blancheur en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette anglaise; sans le traitement Sommerville).....	68
4. 21	Évolution de la blancheur en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette dynamique).....	69
4.22	Évolution de la blancheur en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Machine à papier pilote).....	69
4.23	Évolution du coefficient d 'absorption de la lumière en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette anglaise; avec le traitement Sommerville).....	70
4.24	Évolution du coefficient d 'absorption de la lumière en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette anglaise; sans le traitement Sommerville).....	70
4.25	Évolution du coefficient d 'absorption de la lumière en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette dynamique).....	71
4. 26	Évolution du coefficient d'absorption de la lumière en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Machine à papier pilote).....	71
4.27	Évolution de l'opacité en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette anglaise; avec le traitement Sommerville).....	73
4.28	Évolution de l'opacité en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette anglaise; sans le traitement Sommerville).....	73
4.29	Évolution de l'opacité en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette dynamique).....	74
4.30	Évolution de l 'opacité en fonction du pourcentage de la pâte OW50 et du traitement mécanique (Machine à papier pilote).....	74

4.31	Évolution du coefficient de diffusion de la lumière en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette anglaise; avec le traitement Sommerville).....	75
4.32	Évolution du coefficient de diffusion de la lumière en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette anglaise; sans le traitement Sommerville).....	76
4.33	Évolution du coefficient de diffusion de la lumière en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette dynamique).....	76
4.34	Évolution du coefficient de diffusion de la lumière en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Machine à papier pilote).....	77
4.35	Évolution du valeur de la rétention d'eau (WRV) en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique.....	78
4.36	Évolution du nombre des points de saleté (Tappi dirt count) avec le pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique.....	79
4.37	Évolution du nombre des points de saleté (Tappi dirt count) avec le pourcentage de la pâte recyclée OW50 pour les mélanges sans raffinage (Côté feutre).....	80
4.38	Évolution du nombre des points de saleté (Tappi dirt count) avec le pourcentage de la pâte recyclée OW50 pour les mélanges avec raffinage (Côté feutre).....	80
4.39	Évolution du nombre des points de saleté (Tappi dirt count) avec le pourcentage de la pâte recyclée OW50 pour les mélanges sans raffinage (Côté toile).....	81
4.40	Évolution du nombre des points de saleté (Tappi dirt count) avec le pourcentage de la pâte recyclée OW50 pour les mélanges avec raffinage (Côté toile).....	81
4.41	Photomicrographie de la pâte BCTMP non raffinée [104X].....	84
4.42	Photomicrographie de la pâte BCTMP raffinée [104X].....	84

4.43	Photomicrographie du mélange IV (60 % BCTMP/40% Pâte Recyclée) non coraffinée [104X].....	85
4.44	Photomicrographie du mélange IV (60% BCTMP/40 % Pâte recyclée) coraffinée [104X].....	85
4.45	Photomicrographie du mélange VI (30% BCTMP/70% Pâte recyclée) non coraffinée [104X].....	86
4.46	Photomicrographie du mélange VI (30% BCTMP/70% Pâte recyclée) coraffinée [104X].....	86
4.47	Photomicrographie de la pâte recyclée OW50 non raffinée [104X].....	87
4.48	Photomicrographie de la pâte recyclée OW50 raffinée [104X].....	87

NOMENCLATURE

BCTMP	Pâte Chimicothermomécanique blanchie
TMP	Pâte Thermomécanique
CTMP	Pâte Chimicothermomécanique
WRV	Valeur de rétention d'eau {Water Retention Value}
OW50	Pâte Recyclée provenant de l'usine Scott
NOCORTOILE	Non coraffinée côté toile
NOCORFEUTRE	Non coraffinée côté feutre
CORTOILE	Coraffinée côté toile
CORFEUTRE	Coraffinée côté feutre
LWC	Papier léger couché (Light Weight Coated)
SC	Supercalandré
SM	Sens machine
ST	Sens travers
PR	Pâte raffinée
PNR	Pâte non raffinée
PRSV	Pâte raffinée avec Sommerville
CT	Côté toile
CF	Côté feutre

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

1.1 Objectif

L'objectif principal poursuivi dans le cadre de ce projet consiste à obtenir un nouveau type de pâte pouvant servir dans des papiers d'impression et écriture et ce, sans l'utilisation de produits chimiques et/ou d'équipements traditionnels de désencrage.

1.2 Justifications

Les raisons qui ont motivées ce travail de recherche sont les suivantes :

1.2.1 Abondance de matières premières

Les ressources forestières du Québec sont constituées d'environ 25% d'essences feuillues. Le tremble est actuellement l'essence la plus utilisée parmi les feuillus, lors de la mise en pâte mécanique, et ce, à cause de sa faible densité et de ses parois cellulaires relativement minces. C'est une espèce à croissance relativement rapide.

D'autre part, pour des raisons économique, technologique et environnementale, la récupération du papier usagé sera l'objectif principal à atteindre dans un avenir prochain.

1.2.2 Substitution de pâte kraft

La possibilité de substituer des pourcentages de pâte Kraft de feuillus en utilisant des mélanges de pâte blanchie à haut rendement et de papier recyclé va nous permettre de diminuer la présence de composants néfastes tel que le chlore dans les effluents provenant des usines papetières utilisant le procédé Kraft, en atténuant l'impact environnemental du procédé de mise en pâte.

1.2.3 Facteur qualité-prix.

Les pâtes BCTMP et les fibres recyclées provenant de papiers fins , ont un coût relativement bas comme matière première pour la fabrication du papier par rapport aux mélanges de pâtes chimiques vierges. Par ailleurs, ils absorbent facilement et rapidement l'encre, ce qui leur confèrent une excellente capacité d'impression. Ces propriétés leur donnent une relation optimale quant à la qualité-prix.

1.2.4 Avantages possibles du co-raffinage.

La possibilité de décrocher et de disperser l'encre des fibres de vieux papiers pendant un traitement mécanique à l'aide d'un raffineur peut simplifier ou éliminer certaines étapes du système traditionnel de désencrage. Cette opération peut être effectuée dans une ligne de production conventionnelle de pâtes mécaniques sans ou peu d'application de produits chimiques.

1.3 Proposition de recherche

La similarité, comme traitement chimicothermomécanique (produits chimiques, chaleur et action mécanique), entre le procédé de désencrage et la mise en pâte chimicothermomécanique en utilisant un raffineur, nous a amené à étudier les effets du coraffinage d'une pâte recyclée à partir de papiers fins avec une pâte mécanique commerciale. Dans un premier temps, nous regarderons les effets de l'addition de différents pourcentages en poids des pâtes de papier recyclé OW50 à une pâte BCTMP commerciale de tremble, au cours du coraffinage en utilisant un raffineur de type Sunds Defibrator CD300. Les feuilles d'essai seront confectionnées en utilisant une formette anglaise, une formette dynamique, de même qu'une machine à papier pilote pour étudier l'effet du traitement mécanique sur chaque système de formation. Dans un deuxième temps, on effectuera une étude microscopique des mélanges de pâtes obtenues, pour

observer les effets du traitement mécanique du coraffinage sur les particules d'encre.

CHAPITRE 2

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

2.1 Les pâtes mécaniques

2.2.1 Généralités

Le nombre de procédés mécaniques pour produire des pâtes à papier a augmenté rapidement pendant les dernières années. Ces types de pâtes possèdent des propriétés qui les rendent attrayantes dans beaucoup de grades de papiers. Ces propriétés résultent essentiellement dans le fait que tous les composants du bois sont retenus dans la pâte ainsi produite. La pâte est composée principalement de fibres individuelles et de fragments de fibres, dont quelques bûchettes de fibres. Le type d'éléments qui la composent et le fait de n'avoir pas enlevé la lignine confèrent à ces pâtes des propriétés désirables pour impression. Aussi, nous devons souligner que le coût de production relativement bas et le haut rendement de ces pâtes offrent des avantages intéressants. Ils ont aussi des propriétés indésirables telles qu'une résistance mécanique relativement basse, une basse stabilité de blancheur. Elles ne développent pas beaucoup de résistance pendant le traitement mécanique. De toute façon, parce qu'elles absorbent facilement et uniformément l'encre, elles donnent par conséquent, au papier une

excellente aptitude à l'impression (1).

2.1.2 TMP et CTMP pour papiers d'impression

Des nouveaux types de papier d'impression peuvent être obtenus à partir de pâtes mécaniques sans utiliser «des équipement coûteux de désencrage» et sans produits chimiques (2).

Le papier d'impression a été traditionnellement fabriqué par une combinaison de pâte mécanique et de pâte chimique. Les forces principales pour l'utilisation des pâtes mécaniques sont l'économie et la qualité. La pâte mécanique est une pâte à coût peu élevé avec des caractéristiques d'impression excellentes. Elle est le composant majeur de fabrication pour le papier journal, par contre, son taux d'utilisation dans le papier d'impression et d'écriture se limite à environ 10% à cause des réglementations commerciales. L'introduction de la pâte chimique dans la composition fibreuse sert à renforcer la résistance mécanique de la feuille (3) .

Les systèmes de pâte mécanique sont conçus pour convertir les copeaux de bois ou les rondins en fibres de pâte mécanique.

Un système de mise en pâte mécanique a trois fonctions technologiques :

1. Séparation et développement de la fibre;
2. Enlèvement d'impuretés;
3. Blanchiment.

2.1.3 Séparation et développement de la fibre

La séparation et développement de la fibre sont les caractéristiques les plus importantes dans un système de mise en pâte mécanique. Habituellement, la séparation de la fibre se produit à un stade primaire, et le développement, au cours d'un stade secondaire ou stade de raffinage de rejets (1).

Le procédé (figure 2.1) consiste à préchauffer les copeaux en utilisant de la vapeur à des températures entre 160 et 180 °C et à les défibrer tout de suite sous pression, en consommant relativement peu d'énergie. La pâte de bois obtenue a un aspect plus foncé et des particules plus grandes que les pâtes produites avec d'autres procédés, surtout en ce qui concerne le pourcentage des fibres longues par rapport à la pâte mécanique de raffineur atmosphérique (4). Très souvent, l'étuvage et le raffinage sont effectués sous pression, mais certaines installations fonctionnent à la pression atmosphérique (5).

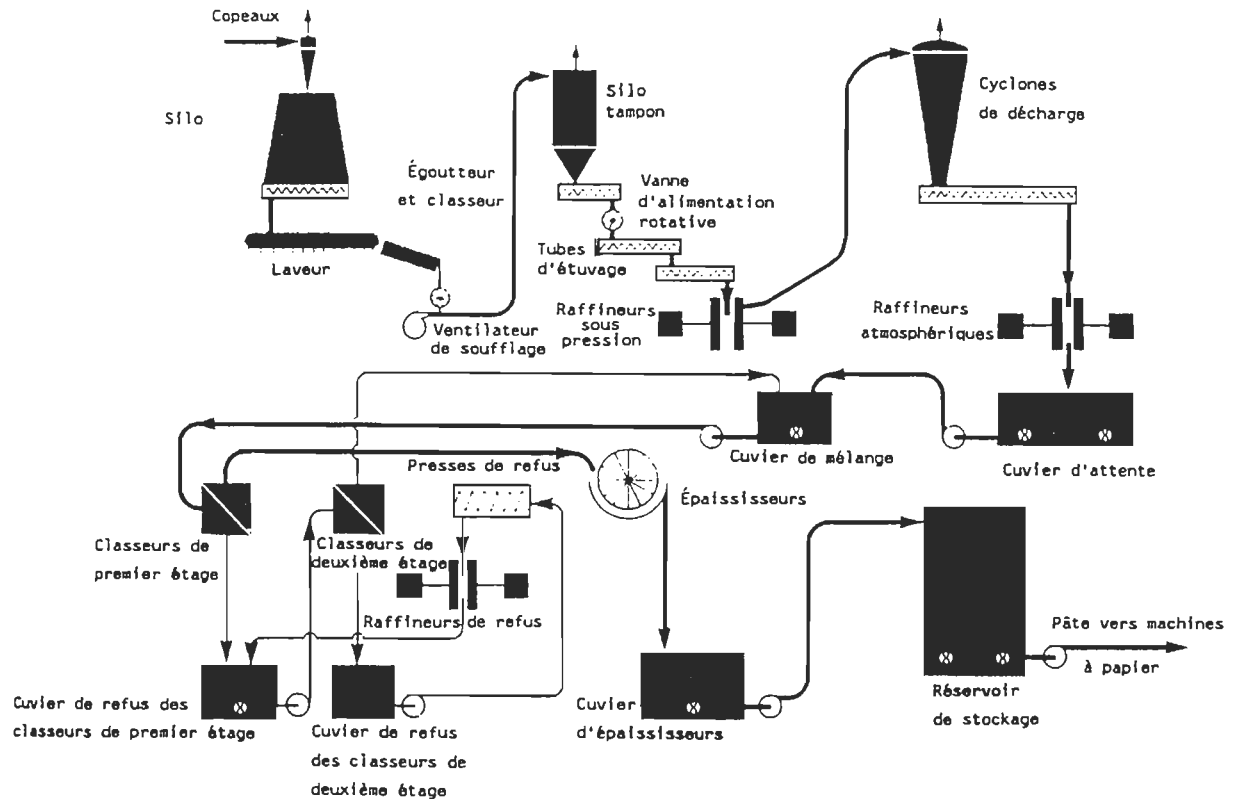


Figure 2.1 Diagramme conventionnel de production de pâte thermomécanique (5).

2.1.4 Enlèvement des contaminants

Les modules d'enlèvement d'impuretés sont les tamis et les épurateurs. La conception de ces éléments sont semblables à ceux utilisés dans les systèmes de recyclage des fibres. De toute façon, parce que le niveau de débris et d'impuretés est plus important dans le papier recyclé, la sélection des modules du nettoyage dans le système de recyclage des fibres est normalement plus complexe (1).

2.1.5 Blanchiment

Malgré que l'utilisation des pâtes thermomécaniques (TMP) a été généralement limitée au niveau d'indice d'égouttage plus basse, des modifications plus modérées de la chimie de la pâte thermomécanique dans la forme de chimicothermomécanique ont augmenté le niveau d'utilisation des pâtes de haut rendement pour une gamme plus étendue de produits. (1).

Cette technologie chimicothermomécanique (CTMP), intégrée avec le blanchiment au peroxyde, est capable de produire des pâtes convenables pour les papiers d'impression-écriture. Le traitement chimique réduit non seulement le contenu de débris, mais améliore la consolidation et les propriétés de liaison de la pâte. Il a aussi pour résultat une amélioration de la blancheur par rapport à la pâte thermomécanique et fournit ainsi une façon favorable permettant d'atteindre un haut niveau de blancheur nécessaire pour un papier d'impression-écriture, conjointement avec le blanchiment au peroxyde (1).

2.1.6 Papier d'impression

2.1.6.1 Papier journal

Traditionnellement, le papier journal a été produit par un mélange 1:4 (environ) de pâte chimique et de pâte de meule. Aujourd'hui, l'emploi de raffineur a remplacé la pâte de meule par les pâtes de haut rendement, telles la TMP et la CTMP, dans le papier journal. Il est ainsi prouvé que la pâte thermomécanique est capable d'éliminer complètement l'emploi de pâte chimique comme élément de renforcement dans le papier journal (3).

Le développement du procédé chimicothermomécanique (PCTM) a fourni un niveau additionnel de liberté quant aux possibilités de fabrication de papier journal. Il est donc possible, aujourd'hui, d'utiliser la pâte chimicothermomécanique du pin dans la fabrication du papier journal renforcée avec un niveau minimum de pâte chimique (3).

2.1.6.2 Papier d'impression-écriture avec fibres mécaniques

Ces types de papiers sont représentés principalement par les papiers supercalandrés (SC) et pour les papiers couchés légers (LWC). Les deux types de papier sont utilisés dans des produits imprimés où une haute qualité d'impression est exigée et

où les normes requises incluent une bonne performance sur la machine à papier, une grande aptitude d'impression, un haut lissé de la surface, une haute opacité et un haut niveau de résistance de la surface du papier (3).

Ces papiers doivent posséder des propriétés de la surface excellentes et maintenir une bonne résistance mécanique. La fabrication de ce deux types de papiers (SC et LWC) exige un haut contenu de pâte mécanique et utilise la pâte chimique à fibres longues comme l'élément de renforcement.

La substitution de pâte de meule et/ou la pâte chimique de renforcement par la TMP ou CTMP doit être faite en maintenant les résistances mécaniques sans compromettre les propriétés de la surface. L'exigence d'un indice d'égouttage de la pâte mécanique pour la fabrication des SC et LWC implique une grande consommation spécifique d'énergie. Récemment, le raffinage à basse consistance, en utilisant le raffineur Conflo de Sunds Defibrator, a indiqué que cette approche a apporté une économie considérable d'énergie et qu'une qualité de la pâte avantage le raffinage à haute consistance conventionnelle (6,7,8).

2.1.6.3 Papiers fins

En général, l'emploi de CTMP dans les papiers fins a progressé moins rapidement que ses utilisations dans les autres types de papier. La possibilité de blanchir au-dessus de 80 % ISO les pâtes chimicothermomécaniques de feuillus et de conifères fournit l'opportunité de substituer les pâtes chimiques dans beaucoup de papiers d'impression (3).

2.2 Fibres recyclées

2.2.1 Généralités

On désigne par fibres secondaires toute matière fibreuse qui, après avoir subi un procédé de fabrication, est recyclée comme matière première en vue de la fabrication d'un autre produit (5). On ne peut nier que, pour l'obtention de caractéristiques spécifiques pour des types de papier déterminés normalement fabriqués avec des fibres vierges, il devra y avoir une sélection rigoureuse des papiers qui se recyclent (4). Le taux d'utilisation des vieux papiers selon leur nature est le suivant (5).

Papier cannelure	43%
Papier journal	16%
Mélanges	19%
Substituts de la pâte	15%
Qualités supérieures désencrées	7%

2.2.2 Contaminants dans les vieux papiers

Le recyclage représente un grand facteur économique et social pour le secteur papetier, par sa contribution avec la conservation des ressources naturelles et énergétiques et aussi pour la protection de l'environnement. La diminution de la disponibilité du bois, a grandement augmenté le recyclage des papiers et cartons tout en élevant considérablement son coût.

Le coût d'une usine qui utilise des fibres secondaires est bien moindre que celui d'une usine intégrée, et ceci, dû principalement au besoin d'une plus grande inversion dans l'usine de traitement des effluents et aussi à une consommation d'énergie plus petite par tonne de papier produit, en comparaison avec une usine intégrée (4).

Toutes les sortes de fibres secondaires ont un point en commun : elles renferment une certaine quantité de corps étrangers tels que l'encre et des produits de couchage,

des débris divers tels que des élastiques et des trombones, ainsi que des matières thermoplastiques telles que des adhésifs, des liants et une foule de produits autocollants. Le traitement des fibres secondaires vise essentiellement à en éliminer les impuretés avant la réutilisation des fibres cellulosiques. Selon le traitement employé, les propriétés physiques des fibres seront modifiées à des degrés divers (9).

Le fractionnement du papier récupéré est un facteur important dans l'augmentation d'usage de la fibre secondaire dans l'industrie papetière (10).

Chaque sorte de vieux papiers peut renfermer un certain pourcentage de matières indésirables ou contaminants qui peuvent provoquer des difficultés de conduite du procédé.

<u>TYPE DE CONTAMINANT</u>		<u>DIFFICULTÉS DE CONDUITE DU PROCÉDÉ</u>
Produits thermofusibles Mousse de polystyrène	Adhésifs et produits de couchage	Empêchent un bon fonctionnement des épurateurs Encrassent les équipements Créent des défauts dans les produits
Pastilles de plastique denses (polystyrènes, etc.)	Cales, billes, etc. utilisées pour l'emballage	Sont difficiles à éliminer Adhèrent aux rouleaux Font des marques sur les feuilles Caused un peluchage
Pellicules de plastique (polyéthylènes, etc.)	Emballages thermoformés ou transparents	Se déchirent en petits morceaux Sont difficiles à éliminer Font des paillettes dans le papier
Agents de résistance à l'état humide	Papiers traités avec ces agents	Ralentissent la trituration Créent des défauts dans le papier
Latex	Liants à base de latex comme adhésifs y compris les étiquettes et les bandes élastiques	Diminuent la qualité des produits Sont difficiles à éliminer
Autocollants	Usages divers, aboutage de bobines, fermeture de boîtes	Adhèrent aux toiles et aux feutres Se déposent sur les toiles Provoquent des casses humides
Cires	Appliquées ou couchées sur papiers ou cartons	Ne se dispersent pas dans le tritrateur Encrassent les équipements Diminuent la qualité des produits
Bitume	Papiers ou cartons contrecollés ou couchés avec du bitume	Coagulent à la trituration Adhèrent aux toiles Forment des taches noires dans les produits
Fibres	Fibres végétales et synthétiques utilisées dans la fabrication des câbles	Provoquent des défauts dans les produits et des casses humides

Tableau 1 Contaminants usuels dans Les installations de trituration des vieux papiers (5).

2.2.3 Désencrage des vieux papiers

Le désencrage constitue essentiellement un procédé de nettoyage. Une fois l'encre séparée des fibres, d'ordinaire par voie chimique ou mécanique, on fait appel à trois méthodes fondamentales pour l'éliminer de la pâte : lavage, flottation ou une combinaison de ces deux traitements (9).

Beaucoup de pâtes désencrées sont réalisés avec seulement de l'alcali ou en combinaison avec des quantités adéquates de détergents et d'agents de dispersion, comme les huiles sulfonées, le benzonite, le métasilicate et d'autres substances tensio-actives. Les tensio-actifs modifient la tension superficielle liquide-solide (11).

Une formule de désencrage idéale inclut un alcali pour saponifier le vernis ou le véhicule d'encre d'imprimerie, un tensio-actif pour aider l'humidification du pigment de l'encre, un agent de dispersion pour éviter l'agglomération des particules de pigment après s'être détaché du papier et un agent absorbant pour garder le pigment et éviter sa redéposition sur la fibre (4).

2.2.3.1 Lavage

Il s'agit d'un procédé mécanique consistant à chasser l'encre, les cendres et les impuretés de la pâte par rinçage. L'opération peut être exécutée selon un large éventail de concentrations et de conditions d'exploitation, au moyen de matériels divers. L'efficacité du lavage est surtout fonction de la taille des particules (9). Si les pigments d'encre sont très fins (< 20 Microns), la quantité totale d'encre éliminée est, en théorie, proportionnelle à la quantité d'eau éliminée. En pratique, le réseau fibreux forme toutefois un filtre qui diminue l'efficacité réelle du lavage (5).

2.2.3.2 Flottation

La flottation est un procédé physico-chimique de séparation des matières. Elle repose sur le principe de la séparation obtenue par une modification de la mouillabilité à l'eau des particules à trier, que leur surface soit hydrophile ou hydrophobe (9).

On réalise l'opération dans la cellule de flottation. On y introduit des produits chimiques qui favorisent la formation de mousse et la floculation des pigments d'encre (une installation de flottation est illustrée à la figure 2.2) (5).

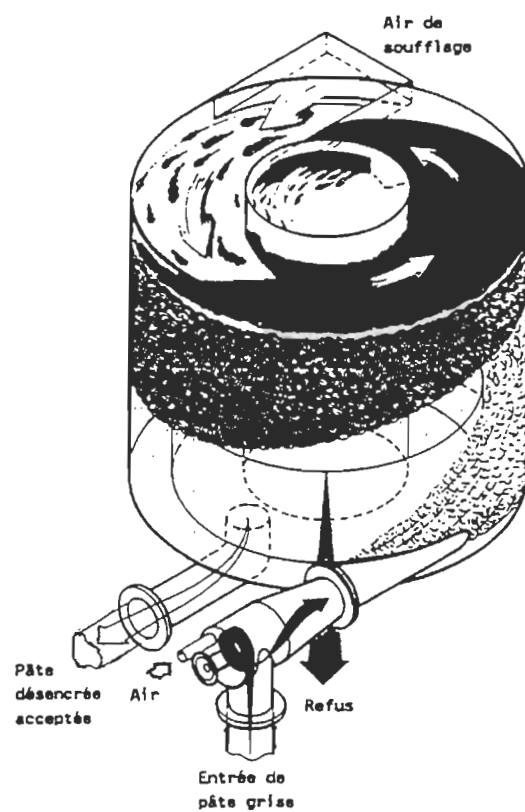


Figure 2.2 Cellule de flottation (5,9).

La flottation est un procédé de séparation très utilisé dans l'enrichissement des minéraux, et depuis quelques années, dans le traitement des eaux résiduelles (12).

Dans l'industrie papetière, le système de désencrage par flottation a été utilisé non seulement pour le papier recyclé, mais aussi dans le traitement des effluents. On a établi que l'addition de certains produits chimiques spéciaux au mélange liquide-solide, induit à la formation de floccs sur lesquels se déposent les particules solides, c'est-à-dire les fibres et les parties remplies, ce qui rend nécessaire l'introduction simultanée de petites bulles d'air, dans le but de disperser les floccs. Ensuite, la suspension est conduite vers une zone de peu de mouvement dans laquelle a lieu la flottation (13).

Au coeur du procédé, la cellule de flottation est offerte en plusieurs modèles (Figure 2.2). L'air sous forme de petites bulles, est mélangé à la suspension, les bulles d'air adhèrent aux particules d'encre et aux impuretés par écumage (5).

2.3 Traitement mécanique des vieux papiers.

Le traitement mécanique est une question fondamentale pendant la préparation des pâtes papetières. Il est indispensable pour fournir aux fibres cellulosiques, les propriétés nécessaires à l'obtention de certaines qualités telles que: souplesse, gonflement, fibrillation, aptitude à développer des liaisons interfibres, etc (14,15).

Le traitement mécanique de raffinage entraîne plusieurs transformations de la structure physique et physico-chimique de la fibre cellulosique.

2.3.1 Actions pendant le traitement mécanique du raffinage

On peut mettre en évidence 4 actions du raffinage sur les fibres, soit:

- trituration
- fibrillation
- hydratation
- coupe

2.3.1.1 Trituration

Cette action consistant à isoler les fibres les unes des autres est surtout effectuée

au cours de la phase de mise en suspension, c'est-à-dire dans les désintégateurs (pulpers). Ce travail est effectué au tout début du traitement mécanique du raffinage (14, 15).

2.3.1.2 Fibrillation et hydratation

Ces deux opérations consistent en une modification profonde de la structure physique (fibrillation) et physico-chimique (hydratation) des fibres. Elles se produisent simultanément. Elles sont l'effet de forces de frottement et d'écrasement qui vont détendre la paroi primaire de la fibre et qui rendront accessible la paroi secondaire qui, elle, sera alors soumise à un gonflement sous l'action de l'eau et sera éventuellement en partie arrachée (5, 14).

C'est l'effet le plus important du raffinage. On aura un accroissement de la surface spécifique des fibres, apparition de fibrilles et de voies de pénétration pour l'eau.

Plus le raffinage sera poussé, plus l'égouttabilité du matelas fibreux diminuera. La densité de la feuille augmentera, alors que la porosité et l'opacité diminueront. Les caractéristiques mécaniques statiques (longueur de rupture, éclatement) augmentent et les caractéristiques dynamiques (déchirure) diminuent. Par ailleurs, l'élimination de

l'eau sera rendue plus difficile aussi bien par égouttage que par pressage ou séchage (5).

2.3.1.3 Coupe

Il s'agit dans ce cas du raccourcissement des fibres, soit par rupture des points les plus allongés, soit même par une coupe nette. La coupe est généralement considérée comme néfaste à la qualité de la pâte. Cependant, elle peut être volontairement effectuée par exemple pour obtenir une feuille homogène avec de la pâte peu raffinée (papier impression, écriture). Il faut éviter la floculation et on peut être amené à couper les fibres longues (5, 15).

2.3.2 Phénomènes pendant le traitement mécanique du raffinage

Des chercheurs résument les phénomènes qui sont produits pendant le raffinage en deux classes soit primaire et secondaire (5, 14, 15).

2.3.2.1 Phénomènes primaires

1. Élimination de la paroi primaire; formation de débris de fibres ou «fines»;
2. Pénétration de l'eau dans la paroi (à la fois «broyage» et «gonflement»);

3. Rupture de certaines liaisons hydrogène intra-fibre; remplacement par des liaisons hydrogène eau-fibre;
4. Augmentation de la souplesse des fibres;
5. Fibrillation externe et développement d'une structure feuilletée;
6. Raccourcissement des fibres.

2.3.2.2 Phénomènes secondaires

1. Fractures (fissures) dans la paroi des fibres;
2. Extension et (ou) compression des fibres;
3. Solubilisation partielle des hémicelluloses de surface sous forme de «gels»;
4. Redressement des fibres (à basse consistance);
5. Vrillage des fibres (à haute concentration).

Le raffinage est une opération normalement utilisée pour l'augmentation de la capacité de liaison des fibres vierges et habituellement appliqué pour améliorer le potentiel papetier des fibres récupérées (7, 8).

Le traitement des fibres récupérées et mélangées à des pâtes mécaniques dans un stage de raffinage semble intéressant du point de vue de l'uniformité du mélange et de l'efficacité de la dispersion de l'encre (2, 16).

De nouveaux concepts de raffinage ont été développés pour obtenir une capacité de liaison des fibres avec un minimum d'augmentation de la résistance au drainage et un minimum de diminution de la longueur moyenne de la fibre (7, 8).

2.3.3 Dispersion et raffinage

Pratiquement, tous les systèmes modernes de recyclage pour la production de papier journal de qualité et papier d'impression et écriture ont une étape de dispersion, dans laquelle la fonction primaire est de disperser les contaminants tels que l'encre et matières collantes (stickies) en particules plus petites (17). Beaucoup d'usines qui ont besoin d'une amélioration dans les propriétés de résistance choisissent une étape de raffinage à basse consistance. Ceci est appelé souvent étape de post raffinage. Cette sélection est, dans bien de cas, conséquente de deux facteurs: Premièrement, la qualité du papier récupéré diminue, et ses propriétés physicomécaniques ont diminué, et deuxièmement en ajoutant du fibres recyclées au papier de plus haute qualité, les propriétés de résistance commencent à être beaucoup plus importantes (3).

CHAPITRE 3

TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES

3.1 Plan expérimental

L'objectif majeur de mon travail est d'étudier l'effet du traitement mécanique de raffinage sur les mélanges faits à partir d'une pâte BCTMP de tremble et du papier recyclé OW50.

Le plan expérimental se divise en trois volets:

1. Étude des effets sur les propriétés papetières de l'addition de papier recyclé OW50 à une pâte BCTMP du tremble et l'effet du traitement mécanique du raffinage dans le cas de les échantillons 100% pâte BCTMP de tremble et 100 % pâte recyclée et du traitement mécanique du coraffinage dans le cas de tous les autres mélanges obtenus.
2. Formation des feuilles d'essai en utilisant différent équipement pour examiner l'effet du traitement mécanique sur les différents types de formation.
3. Étude microscopique des mélanges de pâtes obtenus pour étudier l'effet du traitement mécanique sur les fibres et sur les particules d'encre.

3.2 Matière Première

L'expérimentation a consisté en la préparation de mélanges des pâtes faites à partir de huit différents pourcentages de poids (Voir tableau 2) avec des pâtes BCTMP de tremble (280 ml c.s.f. et blancheur ISO 81) et du papier recyclé OW50 (390 ml c.s.f. et blancheur ISO 74). Cette pâte recyclée avait une composition de 50 % papier du bureau et 50 % de ledger imprimé. La pâte BCTMP provient de l'usine Temcell de Témiscaming, Québec, tandis que le papier recyclé OW50 provient de Papiers Scott Limitée à Joliette, Québec.

3.3 Préparation des mélanges de pâtes

Les pourcentages en poids pour chaque mélange sont montrés dans le tableau 2

Mélange	I°	II*	III*	IV*	V*	VI*	VII*	VIII°
% BCTMP	100	80	70	60	40	30	20	0
% Pâte Recyclée	0	20	30	40	60	70	80	100

° Échantillons raffinées

* Échantillons co-raffinées

Tableau 2 Pourcentages en poids des mélanges utilisés.

Les mélanges obtenus ont été divisés en deux portions, une pour fabriquer le papier et l'autre pour le soumettre au traitement mécanique de raffinage.

3.4 Traitement mécanique

Les 8 mélanges à traiter ont été raffinés individuellement à l'aide de l'unité pilote Sunds Defibrator CD300 du Centre de Recherche en Pâtes et Papiers de l'Université du Québec à Trois-Rivières (figure 3.1). Cette unité est constituée de trois principales parties: Le système d'alimentation, le lessiveur et le raffineur. Les conditions du raffinage sont: une consistance moyenne de 10%, un débit d'alimentation de 0,5 kg/min, la pression atmosphérique et une consommation moyenne d'énergie de 250 kWh/tmsa.

Bien qu'il soit constitué de différentes parties pour la production de divers types de pâtes mécaniques, nous n'avons utilisé que le raffineur pour obtenir nos échantillons de pâte.

L'alimentation en continu du raffineur se fait par un système de convoyeur à courroie. Le système CD300 à simple disque a une capacité de production d'environ deux tonnes métriques de pâte par jour. L'espacement entre les disques plats et coniques s'ajuste indépendamment les uns des autres. Le raffinage consiste en un seul stage et les pâtes sont ensuite séparées de la vapeur à la sortie.

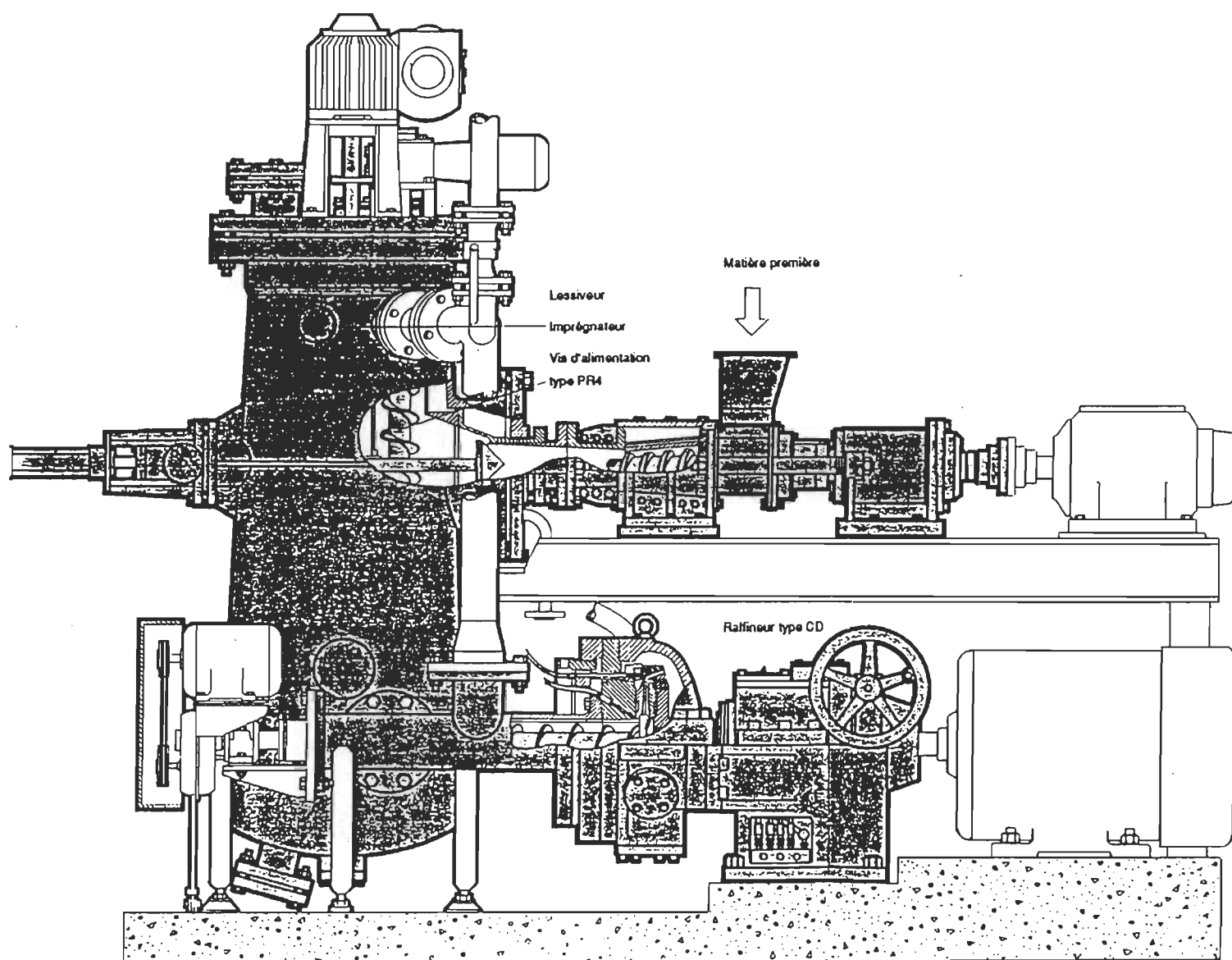


Figure 3.1 Unité pilote Sands Defibrator CD300
(d'après Sands Defibrator Inc.)

3.5 Traitement des pâtes

3.5.1 Enlèvement de la latence des pâtes :

La latence des pâtes a été enlevée à l'aide du désintégrateur Domtar, dans un milieu agité dans de l'eau chaude (95 °C) en utilisant une consistance de 3%.

3.5.2 Lavage des pâtes :

Les pâtes obtenues ont ensuite été introduites à l'intérieur d'une gaine de coton pour conserver les fibres fines lors du lavage dans une centrifugeuse (laveuse automatique adaptée). Les bûchettes ont été enlevées par traitement Sommerville, et les pâtes sont gardées au réfrigérateur à 4 °C pendant la durée des essais.

3.6 Les appareils de formation

Il est possible d'utiliser plusieurs équipements de laboratoire pour fabriquer une feuille de papier. Ils varient selon le système de formation, l'orientation des fibres, le temps pour obtenir une feuille et autres facteurs. Par ailleurs, il existe des alternatives pour fabriquer du papier au niveau industriel, en évitant de perturber les opérations quotidiennes d'une usine.

L'élaboration du papier à différentes échelles nous permet de constater les réponses de chaque équipement et découvrir l'effet du traitement mécanique du raffinage.

3.6.1 Formette anglaise

3.6.1.1 Description : Le diagramme de l'appareil est montré dans la figure 3.1

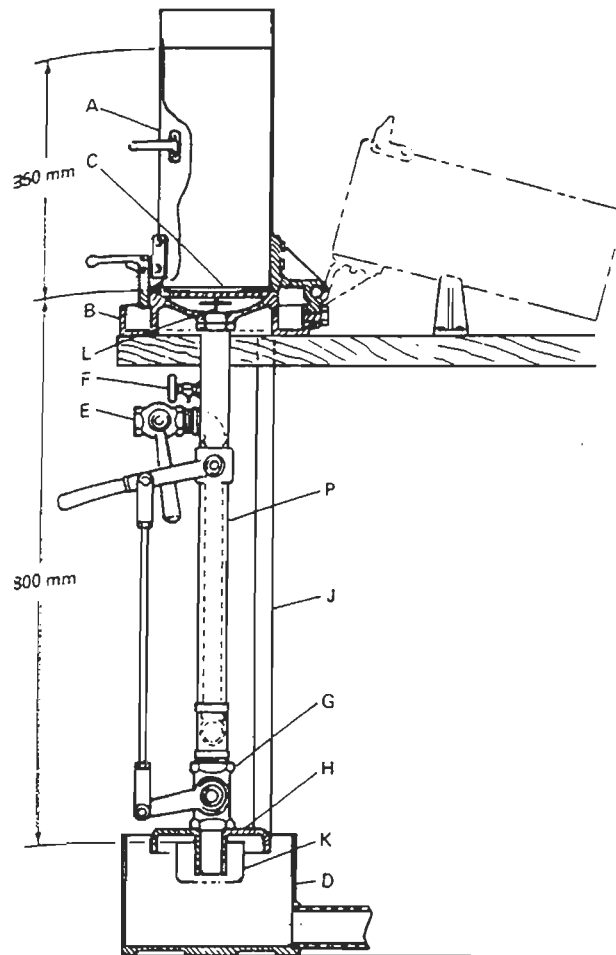


Figure 3.1 Formette Anglaise
(d'après la norme T205)

Les parties principales de la machine consistent en une base, B, réunie par un tuyau d'évacuation, P, et une valve G, à l'égout ; une plaque quadrillée recouverte d'une toile, C, sur laquelle la feuille est formée et qui repose sur la partie supérieure de la base; et un tube cylindrique, A, qui est fixée au-dessus de la plaque et de la base. La sortie externe pour le débordement de l'eau est connectée à l'égout au moyen de deux tuyaux d'écoulement en cuivre, J; Un renforcement sur lequel la plaque grillée repose est fabrique autour de la partie supérieure de l'entonnoir de la base. L'intérieur de l'entonnoir est façonné avec soin. Un déflecteur à quatre ailettes, L, fabriqué de feuilles de cuivre de 1.6 mm repose à l'intérieur. La fonction du séparateur est de prévenir tout tourbillon possible. Un disque horizontal est fixé dans le séparateur au-dessus du tuyau d'évacuation de façon à pour distribuer uniformément la succion sur toute la surface de la grille. Cette dernière consiste en une plaque cylindrique avec des perforations carrées, une toile de renforcement et une toile de formation sur laquelle la feuille mouillée est déposée pendant l'écoulement. Un anneau externe maintient la surface de formation en place. La partie supérieure de la charnière, A, est un cylindre qui peut descendre et se fixer parfaitement sur la base de la machine et porte un anneau de caoutchouc qui fait le contact autour de la grille. La distance séparant la surface du vaisseau d'inondation, K, à la partie supérieure de la grille est ajustée exactement à 800 mm. Celle-ci est la tête de succion (18).

3.6.1.2 Avantages et inconvénients :

Opération facile et rapide permettant la comparaison entre laboratoires, bas coût.
Feuille isotropique, difficulté pour retenir les fines, distribution constante des fines et charges à moins qu'on utilise la recirculation des eaux blanches.

3.6.2 La formette dynamique

La formette dynamique est un appareil de laboratoire permettant d'obtenir des feuilles de papier ayant des caractéristiques voisines de celles du papier industriel et présentant, en particulier, une orientation préférentielle des fibres (19, 20, 21).

3.6.2.1 Principe

La feuille de papier est formée par projection quasi-tangentielle d'un jet de pâte contre la paroi interne d'un tambour cylindrique en rotation, à l'intérieur duquel a été placée une toile.

La vitesse de rotation du tambour et la vitesse d'injection de la pâte sont réglables indépendamment et permettent de choisir un rapport niveau pâte/vitesse donnant l'isotropie ou l'anisotropie désirée (21).

1

a) tambour

b) cylindre perforé

c) toile

d) écope

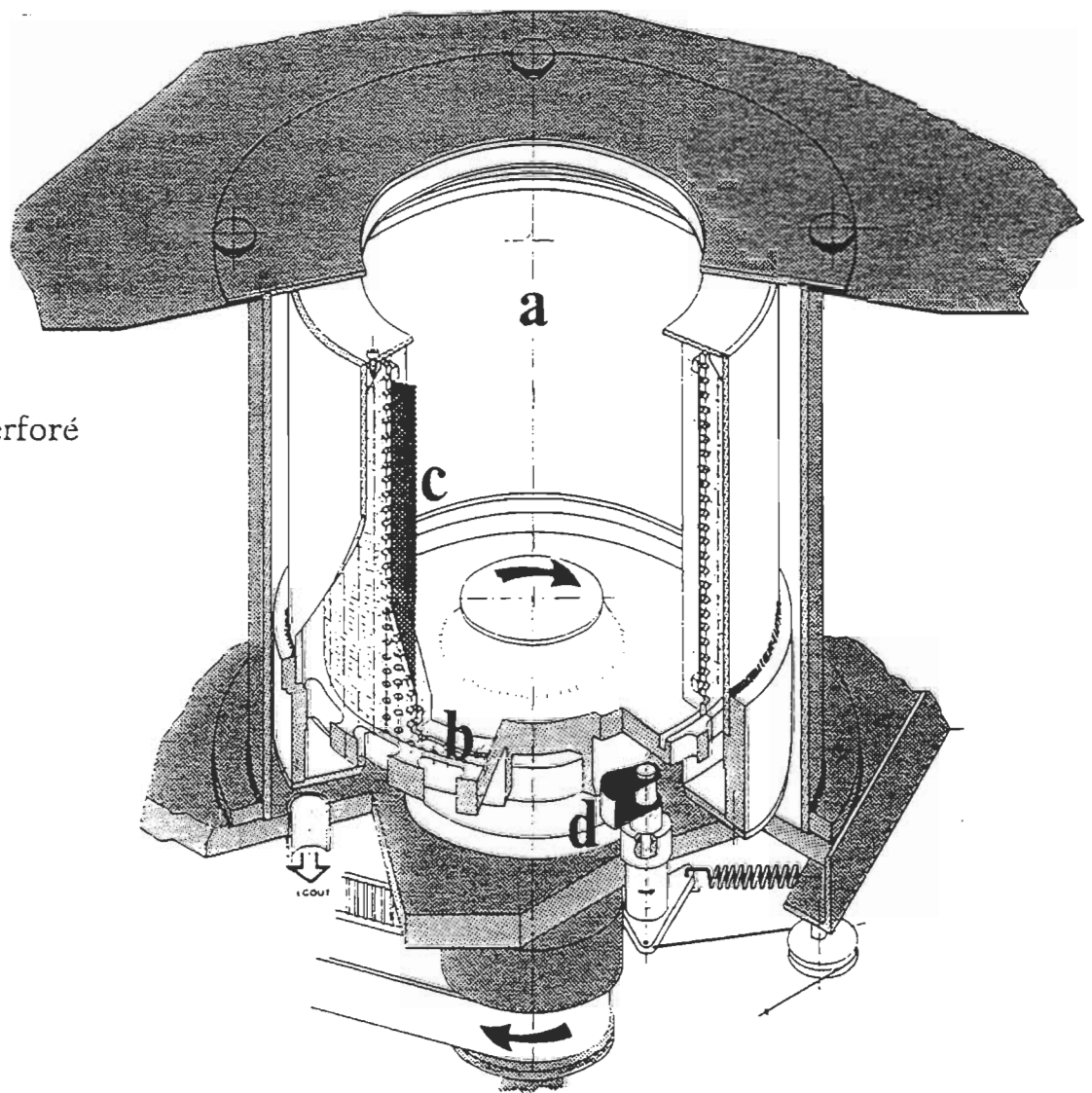


Figure 3.2 Formette Dynamique
(d'après une brochure d'Allimand)

Le tambour vertical est constitué par :

- un cylindre extérieur étanche;
- un cylindre intérieur perforé contre lequel est appliquée la toile;
- des cloisons d'extrémités permettant de maintenir, par centrifugation, un mur d'eau cylindrique d'épaisseur constante, submergeant le tambour perforé et la toile de quelques millimètres.

Une suspension de pâte est projetée sur ce mur d'eau à travers lequel elle décante sous l'action de la force centrifuge, pour venir se déposer régulièrement contre la toile.

Lorsqu'une quantité suffisante de pâte a été projetée, l'eau est éliminée par un dispositif d'écope. La pâte est alors essorée à travers la toile pour former la feuille humide qui peut être sortie avec la toile, puis pressée et séchée. La feuille formée a une dimension de 880 x 220 mm.

3.6.2.2 Avantages et désavantages:

Parmi les applications possibles de la formette dynamique, on peut citer, en particulier la reproduction de papiers de type industriel en ce qui concerne l'anisotropie (le sens de marche, le sens travers), l'envers (CF et CT), la rétention de charge élevée

(65-70%), la fabrication de papiers ou cartons multijets. Cependant, l'ajustement de l'anisotropie, c'est-à-dire l'orientation des fibres, est plus complexe qu'avec les machines à papier commercial (19).

3.6.3 La machine à papier pilote

L'utilisation de la machine à papier pilote représente une alternative intéressante, du point de vue économique à l'essai en milieu industriel.

Cette machine à papier permet de faire des expériences représentatifs de ce qui pourrait être fait à l'usine.

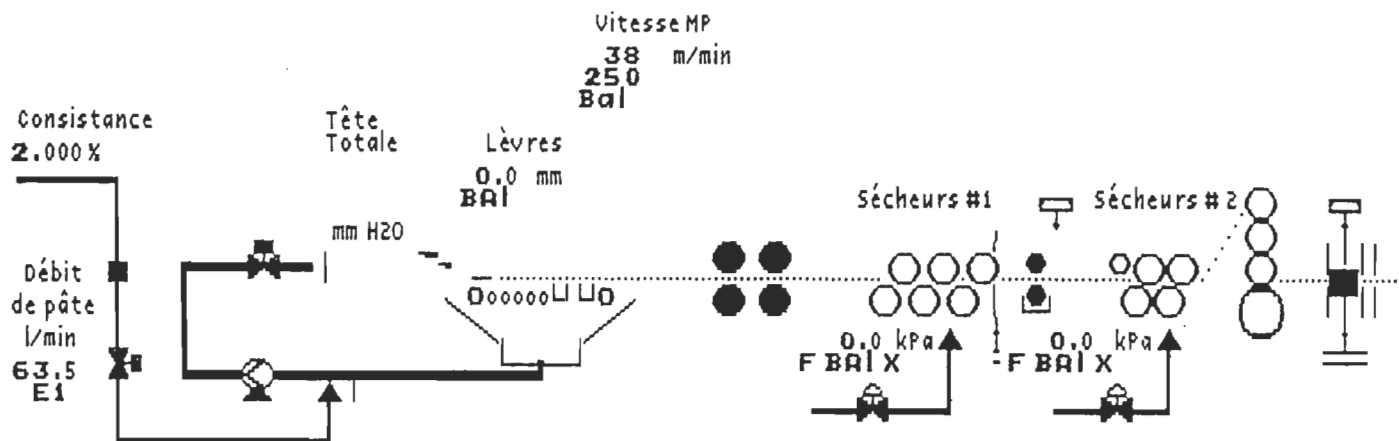


Figure 3.3 Machine à papier pilote

3.6.3.1 Spécifications générales

- Machine de type Fourdrinier fabriquée par Bagley et Swall;
- Date de la mise en marche: 1952;
- Vitesse : 15 à 90 m/min (50 à 295 pi/min);
- Largeur à la bobine : 675 mm (26.5 po);
- Largeur rognée : 610 mm (24 po);
- Grammage : 15 à 300 g/m²;
- Capacité de production de 100 kg/h (220 lb/h) limitée par la capacité de séchage de la machine.

3.6.3.2 Système d'approche

-Cuvier de machine

Cuvier cylindrique en tuile de céramique d'une capacité de 11 356 litres (3 000 gal US) pouvant contenir 284 kg (625 lb) de pâte sèche à 2.5% de concentration. L'agitateur à hélice de 185 tours/min est muni d'un moteur de 10 HP.

-Réservoir d'alimentation de pâte

Réservoir tampon à niveau constant entre le cuvier de machine et la pompe de pâte épaisse (2.5% conc.) pour une alimentation stable en fibres à la pompe de mélange via le débitmètre et la vanne de régulation du grammage du papier.

-Pompe de mélange

Pompe centrifuge Ingersol Rand;

Débit: 450 l/min. (120 USGPM)

Hauteur manométrique : 45.7 m (150 pi)

-Épuration

Système d'épuration tourbillonnaire de type cascade en deux stades composé de deux épurateurs de marque Vorject, dont l'un est au stade primaire et l'autre au stade secondaire.

-Tamisage (stade simple)

Tamis pressurisé «Selectifier» de Black & Clawson muni d'une chambre de rejets à sortie discontinue.

Paniers de tamisage disponibles avec les perforations suivantes :

-Diamètre des trous : 1.575 mm (0,062 po);

-Diamètre des trous : 2.007 mm (0.079 po);

-Diamètre des trous : 2.388 mm (0.094 po).

3.6.3.3 Caisse d'arrivée

Caisse d'arrivée de type ouverte avec chicanes, tablier flexible portant sur la toile et double règles verticales.

Largeur de la lèvre : 737 mm (29 po).

3.6.3.4 Table Fourdrinier

Table d'une longueur totale de 6.1 mètres (20 pi) avec branlement ajustable.

Marbre à deux lames de polyéthylène haute densité dont la lame principale a une largeur de 127 mm (5 po) et la secondaire 77 mm (3 po). Elles sont espacées de 100 mm (4 po).

Pontuseaux

18 pontuseaux en Bronze de 76 mm (3 po) de diamètre dont le positionnement est réglable.

Boîte à bas vide

Boîte à trois lames d'une largeur de 37.7 mm (1.5 po) espacées de 94 mm (3.7 po). Largeur totale de la boîte : 300 mm (12 po).

Caisses aspirantes

Quatre (4) caisses aspirantes de 152 mm (6 po) de largeur.

Rouleau coucheur aspirant

Rouleau de bronze d'un diamètre de 356 mm (14 po).

Rouleau preneur «Pick-up» (Si nécessaire)

Rouleau d'un diamètre de 305 mm (12 mpo) revêtu de caoutchouc d'une dureté de P & J.

Habillage

Toile synthétique Niagara Lockport NS - 1/3, 86 X 80 mailles au po (838 mm (33 po) de large X 13.41 m (44 pi) de long.

3.6.3.5 Presses humides

-Première presse

Rouleau supérieur de «Stonite» d'un diamètre de 305 mm (12 po)

Rouleau inférieur aspirant d'un diamètre de 406 mm (16 po) revêtu de caoutchouc d'une durée de P & J.

Pression linéaire d'opération : 9.6 kN/m (55 pi)

Habillage : Feutre Albany 100% synthétique Durasorb XY 8445

Largeur : 838 mm (33 po), Longueur : 4.42 m (14.5 pi)

-Deuxième presse

- Rouleau supérieur lisse chromé de 305 mm (12 po) de diamètre.
- Rouleau inférieur lisse de 305 mm (12 po) de diamètre revêtu de caoutchouc d'une dureté de P & J.
- Pression linéaire d'opération : 21 kN/m (120 pli).
- Habillage : Feutre Albany 100% synthétique Durasorb XY 8445

Largeur : 838 mm (33 po) Longueur : 6.55 m (22.5 pi)

3.6.3.6 Sécherie et presse encolleuse

-Sécheurs

Première batterie : 6 cylindres de 610 mm (24 po) de dia.

Feutre haut : Albany, style 5706, 76.2 mm (30 po) X 9.75 m (32 pi)

Feutre bas : Albany, style 5706, 76.2 mm (30 po) X 10.67 m (36 pi)

Deuxième batterie : 1 cylindre de 406 mm (16 po) de dia.

4 cylindres de 610 mm (24 po) de dia.

Feutre haut : Albany, style 5706, 76.2 mm (30 po) X 7.93 m (26 pi)

Feutre bas : Albany, style 5706, 76.2 mm (30 po) X 7.93 m (26 pi)

-Presse encolleuse (située entre les deux batteries de sécheurs)

Rouleau supérieur de bronze de 305 mm (12 po) de dia.

Rouleau inférieur caoutchouté de 305 mm (12 po) de diam. et d'une dureté de P. & J.

Bac à colle à température régulée muni d'une pompe de recyclage Moyno et d'un échangeur de température à vapeur.

3.6.3.7 Calandre

-Calandre à cadre fermé Bagley & Sewall de 8 rouleaux d'acier (7 pinces).

Rouleau porteur : 228.6 mm (9 po) de dia.

Autres rouleaux : 152.488 mm (6 po) de dia.

Troisième et cinquième rouleaux supérieurs chauffés à la vapeur.

3.6.3.8 Enrouleuse

-Enrouleuse de type axiale à deux mandrins fixes superposés servant alternativement à l'enroulage et au débobinage.

3.6.3.9 Bobineuse

-Type à deux tambours rainurés de 305 mm (12 po) de dia.

-Table de coupage à quatre (4) couteaux circulaires rotatifs.

-Mandrins de 76.2 mm (3 po) ou de 31.75 mm (1.25 po) de dia. intérieur.

-Diamètre maximum des bobines : 500 mm (20 po).

-Largeur totale des bobines rognées : 610 mm (24 po).

3.6.3.10 **Avantage:** près de la réalité. **Désavantage:** haut coût et besoin d'une grande quantité de pâte.

3.7 L'étude microscopique

Les études microscopiques ont été effectuées à partir de lamelles préparées selon les techniques usuelles en utilisant le colorant safranine.

Le microscope Zeiss III du Centre de Recherche en Pâtes et Papiers a permis leur observation et la prise de photographies.

3.8 Comptage de points de saleté (Tappi dirt count)

Avec le but de connaître la variation de distribution de la taille des particules d'encre avec le pourcentage de la pâte recyclée OW50 et le traitement mécanique du coraffinage, des feuilles standards ont été fabriquées, en utilisant la formette anglaise avec recirculation des eaux blanches.

Le nombre de points de saleté a été déterminé selon la norme Tappi 537 0m-90, ce qui a permis de déterminer le nombre de particules avec une surface entre 0.02 mm² et 0.4 mm² existant pour chaque mètre carré de papier.

3.9 Détermination de la rétention d'eau (WRV)

Le degré d'hydratation des différentes pâtes obtenues a été déterminé en suivant la méthode suggéré par Lebel (22) en utilisant une centrifugeuse de laboratoire. Les échantillons sont constitués de 50 ml de suspension de pâte à une consistance de 3 % à une température de 21°C . On a utilisé une vitesse de centrifugation de 2500 rpm pendant 12 minutes.

Les échantillons centrifugés ont été transportés au four du laboratoire jusqu' à un poids constant. Le détermination a été réalisée par duplicata pour chacun des 16 échantillons (8 sans coraffinage et 8 coraffinés). Les résultats obtenus sont montrés dans le tableau 3.

% pâte OW50	0	20	30	40	60	70	80	100
sans raffinage	194	192	192	187	175	171	154	145
raffinés	216	192	191	195	185	204	190	181

Tableau 3 Valeurs de la rétention d'eau (%).

3.10 Détermination de composition de la pâte OW50

En utilisant le norme Tappi 401 - os- 74, on a déterminé la composition de la pâte recyclée.

Les lamelles ont été préparées en suivant le procédure standard de laboratoire. On a utilisé la teinture de Herzerberg pour déterminer la quantité de pâte chimique et pâte mécanique dans la pâte recyclée OW50 ; pour déterminer le type de matière fibreuse (feuillus ou conifères) on a utilisé la teinture de Selleger. Les résultats ont été obtenus en pourcentage en poids en utilisant les facteurs de poids, fournis par la norme Tappi 401-OS- 76. La pâte recyclée contient, en moyenne, 81% de pâte chimique et 19% de pâte mécanique, en poids.

CHAPITRE 4

RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 Propriétés papetières

4.1.1 Effet d'ajouter du papier recyclé.

Cette partie évalue l'influence de la pâte recyclée OW50 dans les mélanges de pâte BCTMP de tremble avec et sans coraffinage.

Les figures 4.1 et 4.2 montrent l'effet du pourcentage de pâte recyclée OW50 dans l'indice d'égouttage.

Dans les mélanges de pâtes non co-raffinées (PNR), l'indice augmente avec le pourcentage de pâte recyclée OW50.

Les variations de cet indice sont reliées avec l'irréversible contraction diamétrale de la paroi de la fibre, ce qui implique une rétention moins importante d'eau dans la pâte recyclée OW50 en plus d'une capacité de liaison inférieure, ce qui explique pourquoi le réseau fibreux est plus ouvert.

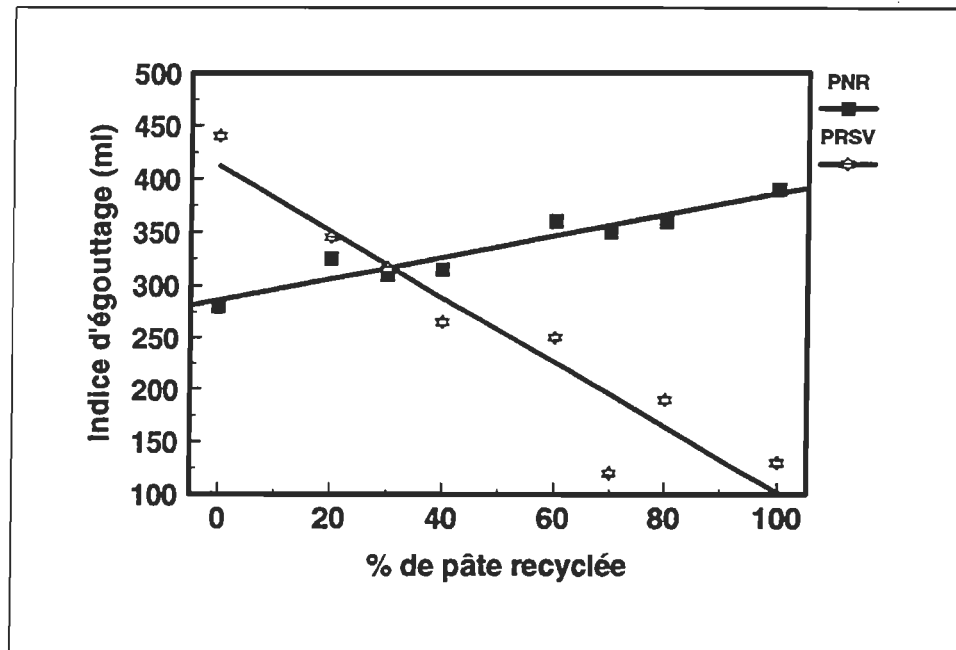


Figure 4.1 L'effet de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur l'indice d'égouttage pour les mélanges avec traitement Somerville

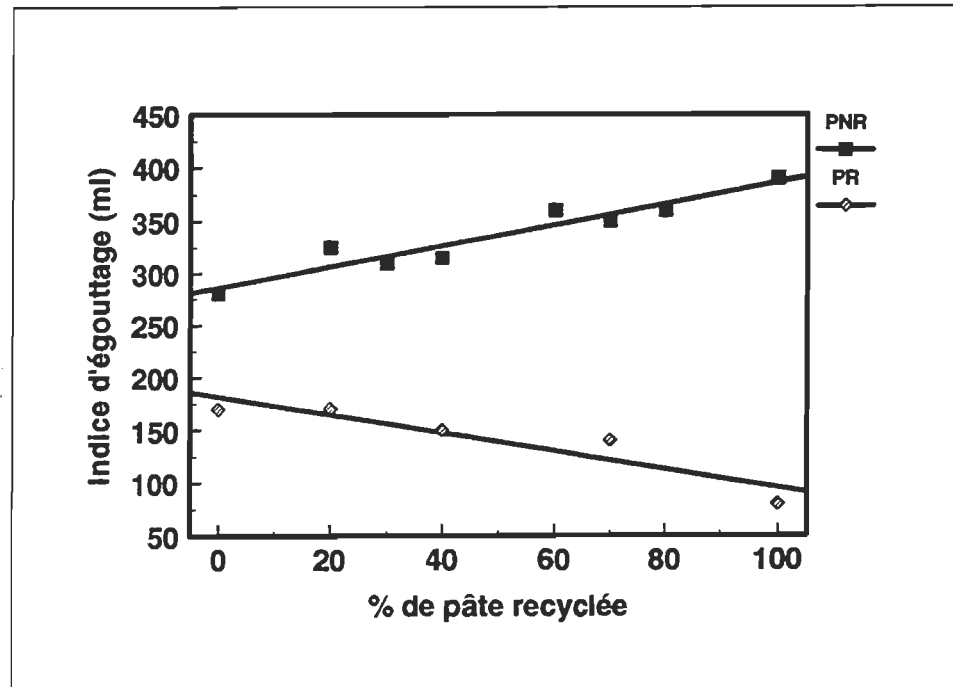


Figure 4.2 L'effet de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur l'indice d'égouttage avec le pourcentage de la pâte OW50 pour les mélanges sans traitement Somerville

Dans le cas de pâtes coraffinées, le phénomène est inverse. Les fibres recyclées suite au traitement mécanique ont développé une meilleure capacité de liaison et l'abondance de particules fines est plus grande.

Cet effet est plus important dans le cas des échantillons soumis au traitement Sommerville suivi d'un épaississement pour centrifugation dans une laveuse, à cause de l'extraction des particules fines.

4.1.2 Énergie de raffinage

La figure 4.3 présente l'évolution de l'énergie de raffinage en fonction du pourcentage de pâte recyclée OW50. On peut observer une diminution de l'énergie de raffinage avec l'augmentation du pourcentage de la pâte recyclée OW50. Nous pouvons également remarquer que le degré de la diminution de l'indice d'égouttage avec du raffinage est supérieur dans la pâte recyclée OW50 par exemple, (de 380 ml c.s.f. à 80 ml c.s.f.) par rapport à la pâte BCTMP de tremble (de 280 ml c.s.f. à 170 ml c.s.f.), malgré le fait que les besoins d'énergie pour le pâte OW50 sont inférieurs. Ceci implique que les fibres de la pâte recyclée développent plus de conformabilité que les fibres rigides du tremble. Il faut souligner que les deux pâtes utilisées ont subi un phénomène d'hornification au cours de leur production.

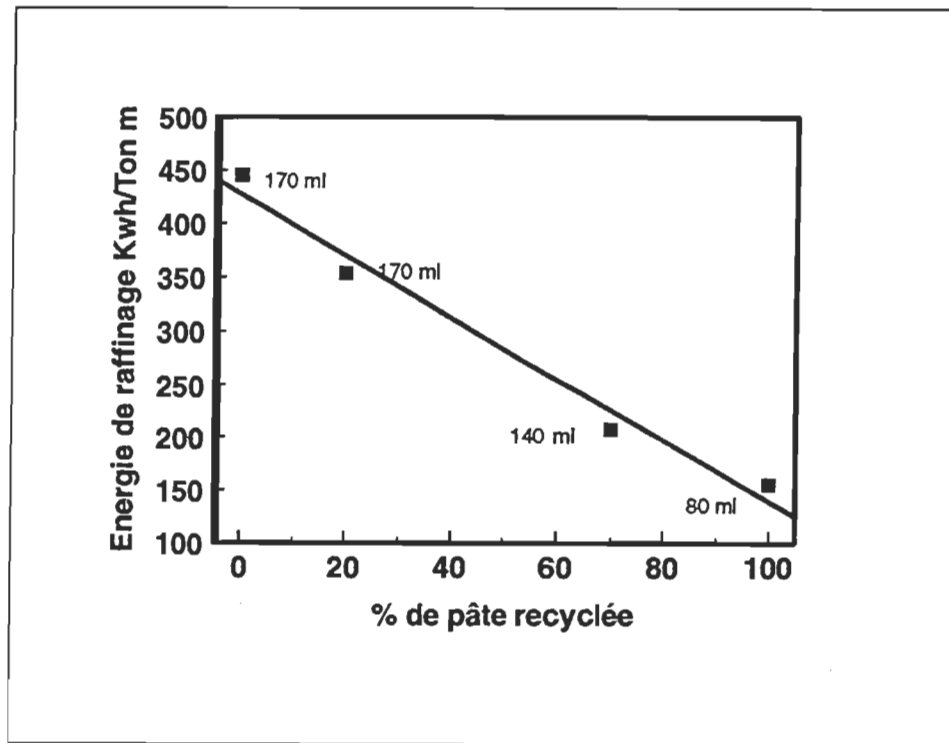


Figure 4.3 L'effet de la pâte OW50 sur l'énergie de raffinage.

4.1.3 Longueur des fibres (Bauer Mc Nett)

La longueur des fibres fut calculée avec la formule de Tasman (18) à partir des résultats de la classification Bauer Mc Nett. (Tableaux 3, 4, 5).

La Figure 4.4 présente la variation de la longueur moyenne des fibres en fonction du pourcentage de pâte recyclée OW50. La longueur moyenne des fibres augmente avec le pourcentage de pâte recyclée OW50 ce qui indique que la pâte recyclée OW50 contient davantage des fibres relativement plus longues.

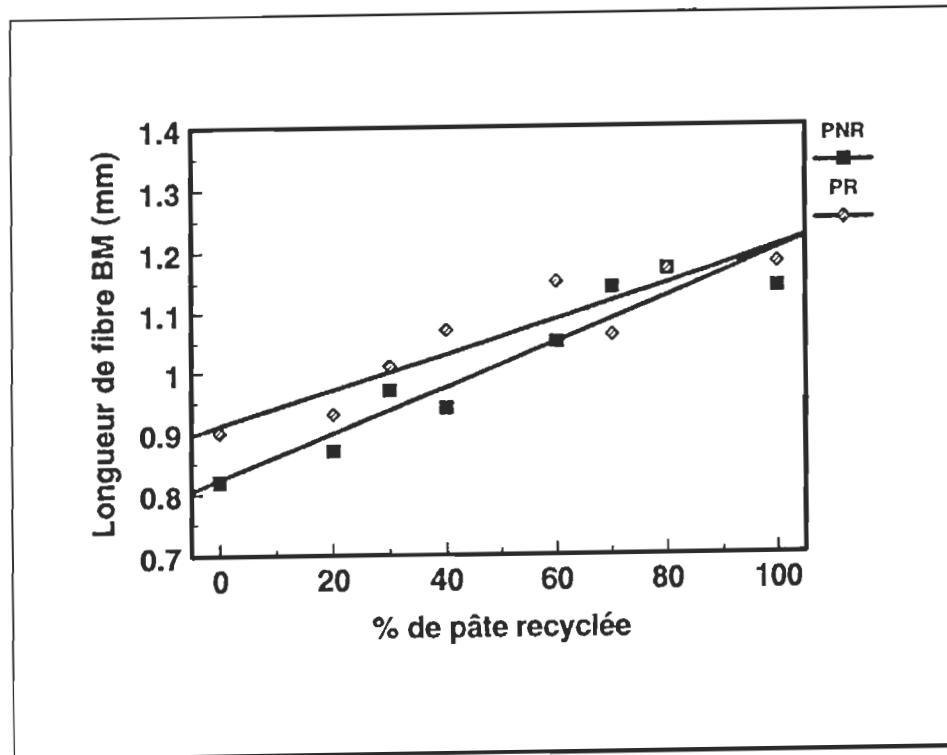


Figure 4.4 Modification de la longueur de fibre (Bauer Mc Nett) en fonction du pourcentage de la pâte OW50 et du traitement mécanique

L'étude microscopique montre que la pâte recyclée OW50 contient environ 90 % de feuillus (fibres courtes) et que la pâte BCTMP contient des fibres brisées, des fibres complètes et aussi des bûchettes.

La comparaison de la longueur des fibres avant et après le traitement mécanique met en évidence que les valeurs sont similaires ce qui indique que le raffinage n'a pas réduit sensiblement la longueur moyenne des fibres.

4.1.4 Densité de la feuille.

Les figures 4.5 - 4.6 montrent la relation entre le pourcentage de pâte recyclée et la densité de la feuille. Elles mettent en évidence la diminution de la densité avec l'augmentation du pourcentage de pâte recyclée OW50 non raffinées. Ceci est dû à ce que les différentes fractions de la pâte BCTMP forment un réseau moins compact que le réseau de pâte recyclée OW50.

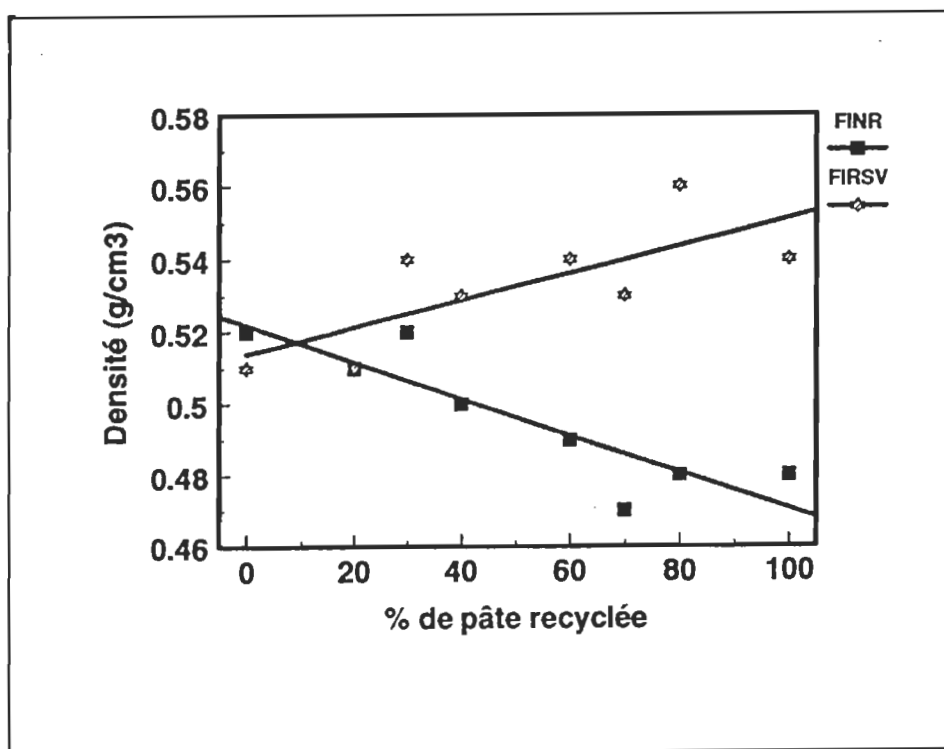


Figure 4.5 L'évolution de la densité de la feuille en fonction du pourcentage de la pâte OW50 et du traitement mécanique pour les mélanges avec le traitement Sommerville.

Les valeurs de densité de la feuille sont supérieures suite au traitement mécanique car ce traitement améliore la capacité de liaison des fibres et donne plus de conformabilité au réseau fibreux.

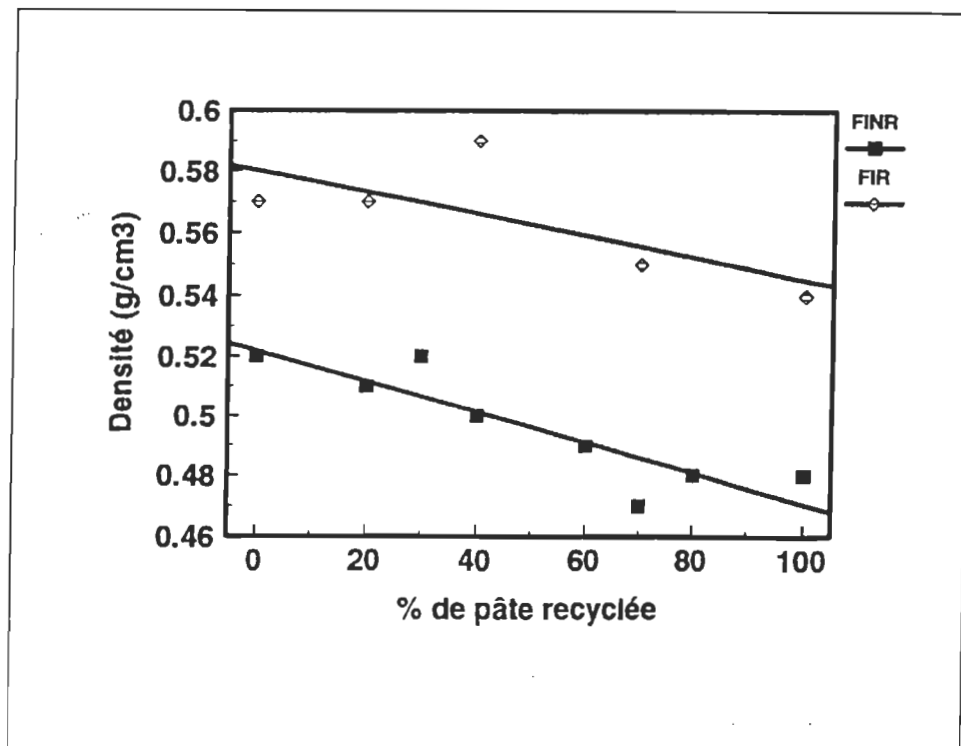


Figure 4.6 L'évolution de la densité de la feuille en fonction du pourcentage de la pâte OW50 et du traitement mécanique pour les mélanges sans traitement Sommerville.

4.1.5 Longueur de rupture.

4.1.5.1 Formette Anglaise:

La figure 4.7 montre l'influence du pourcentage de la pâte recyclée OW50 sur la longueur de rupture pour des papiers formés sur la formette anglaise.

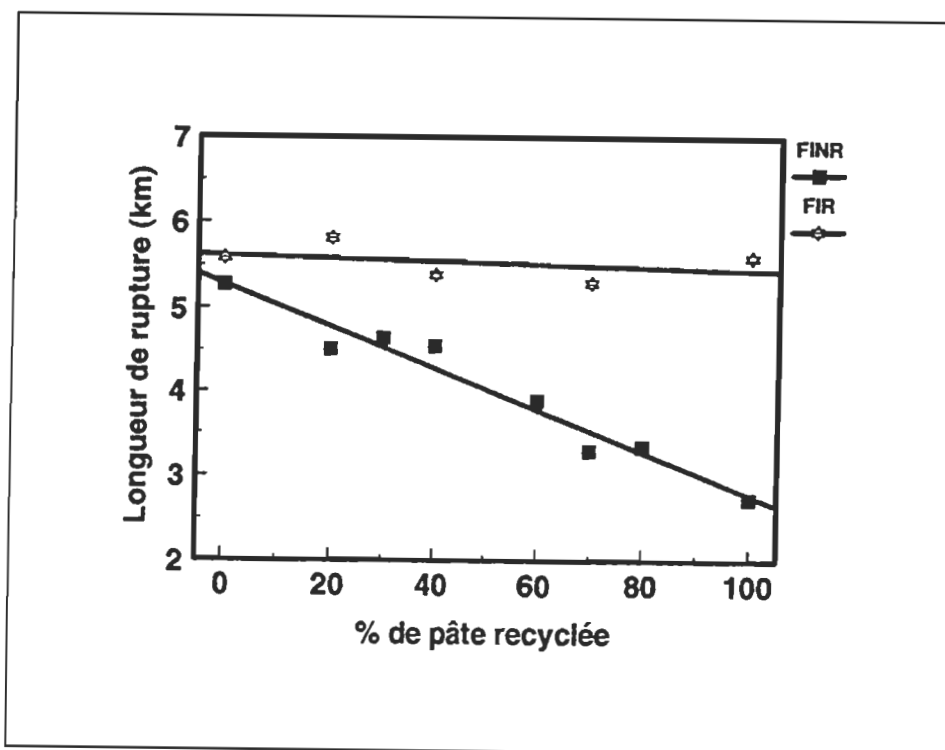


Figure 4.7 Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur la longueur de rupture (Formette anglaise; sans traitement Sommerville).

La résistance à la traction dans le cas des mélanges sans coraffinage diminue à mesure que le pourcentage de pâte recyclée OW50 augmente, même si la longueur

moyenne de la fibre est supérieure dans la pâte recyclée OW50 ce qui met en évidence la basse capacité de liaison de la pâte recyclée OW50 avant le traitement de coraffinage.

La figure 4.8 montre l'effet du traitement Sommerville suivi de l'épaississement sur la longueur de rupture. La résistance à la traction pour les mélanges avec un pourcentage supérieur de pâte BCTMP augmente à cause de la présence de fines. Par contre, les mélanges avec un pourcentage supérieur de pâte recyclée OW50, les valeurs sont restées constantes, d'où une influence moins importante des fines.

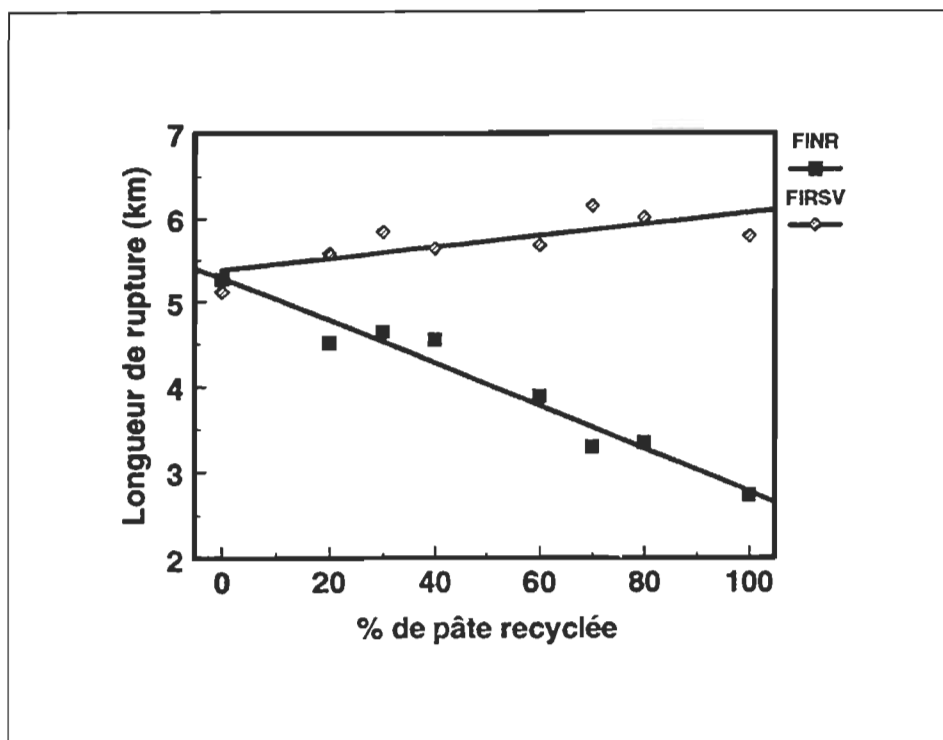


Figure 4.8 Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur la longueur de rupture (Formette anglaise; avec traitement Sommerville).

4.1.5.2 Formette dynamique

La figure 4.9 illustre l'effet du pourcentage de pâte recyclée OW50 et du coraffinage sur la résistance à la traction.

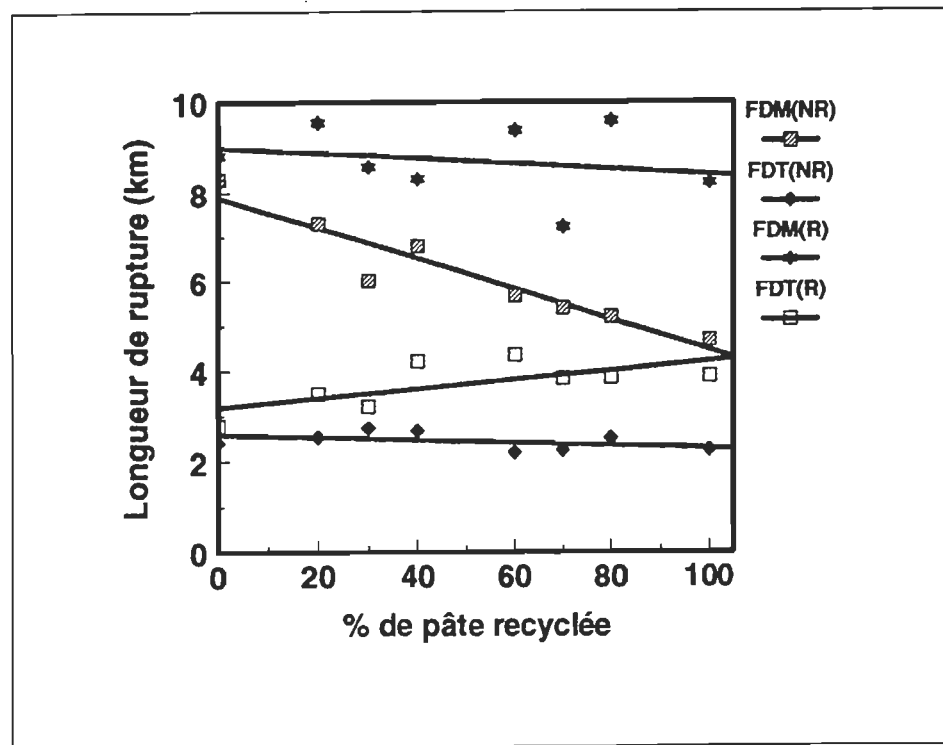


Figure 4.9 Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur la longueur de rupture (Formette Dynamique).

La résistance à la traction dans le sens machine pour les mélanges de pâte sans raffinage, diminue avec le pourcentage de pâte recyclée OW50. Ce comportement est similaire à celui observé avec les papiers formés par la formette anglaise.

Le pourcentage de pâte recyclée OW50 modifie peu la résistance à la traction dans le sens transversal pour les mélanges des pâtes sans raffinage. Suite au coraffinage des mélanges, les valeurs de résistance à la traction dans le sens machine se sont maintenus constantes, tandis que dans le sens travers, elles augmentent. Ceci met en évidence le développement de la capacité de liaison obtenu avec le traitement du coraffinage.

4.1.5.3 Machine a papier pilote.

La figure 4.10 montre l'évolution de la résistance à la traction avec le pourcentage de pâte recyclée OW50 et le traitement mécanique du coraffinage.

Dans le sens machine, la résistance à la traction diminue à mesure que le pourcentage augmente dans les cas des pâtes avec ou sans raffinage mais les valeurs sont supérieures dans le cas des mélanges coraffinés ce qui met en évidence l'effet positif du traitement mécanique.

Dans le sens travers, on n'observe pas de différence entre les pâtes avec et sans traitement mécanique de coraffinage. Elles diminuent légèrement avec le pourcentage de pâte recyclée OW50. Ceci est dû au fait que l'influence de la surface spécifique sur la résistance à la traction est supérieure à l'influence de la longueur des fibres.

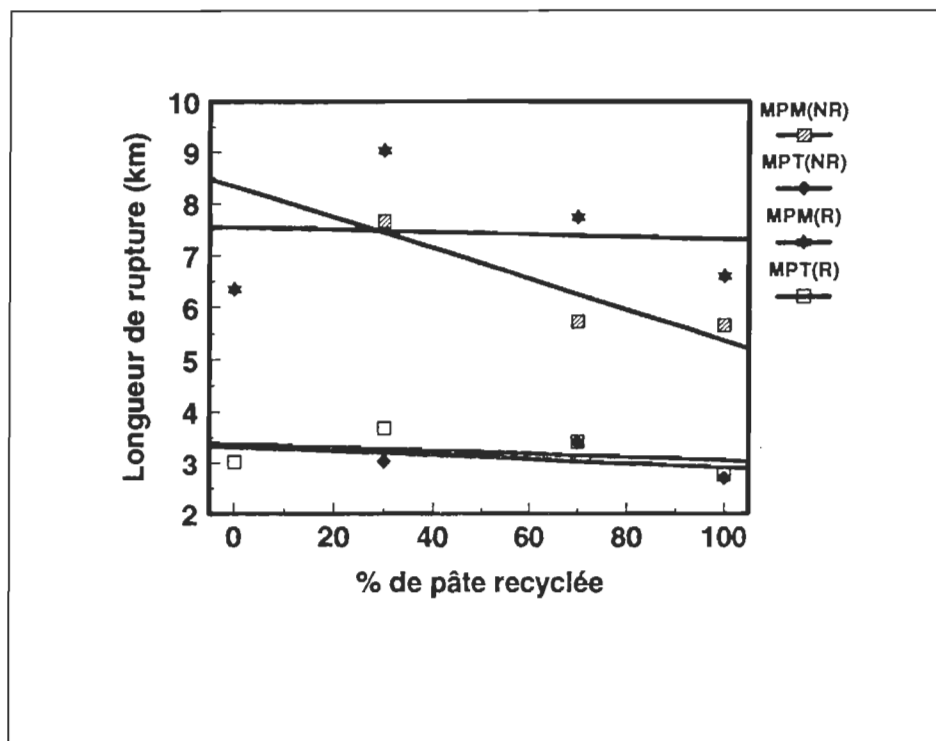


Figure 4.10 Influence de la pâte OW50 sur longueur de rupture (Machine à papier pilote).

L'alignement des fibres dans le sens machine explique le fait que les valeurs de la résistance à la traction est supérieur dans ce sens dans tous les cas.

4.1.6 Résistance à l'éclatement

4.1.6.1 Formette anglaise.

Les figures 4.11 - 4.12 montrent la résistance à l'éclatement pour les pâtes sans raffinage. Elles diminuent légèrement avec le pourcentage de pâte recyclée OW50. Dans

le cas de la pâte 100% BCTMP la diminution est due à ce que le traitement Sommerville suivi d'un épaississement par centrifugation dans une laveuse élimine les fines.

Les figures 4.11 - 4.12 montrent que dans tous les mélanges, il y a une augmentation de l'indice d'éclatement après le traitement mécanique parce que le raffinage produit une fibrillation qui affecte positivement la liaison fibre-fibre.

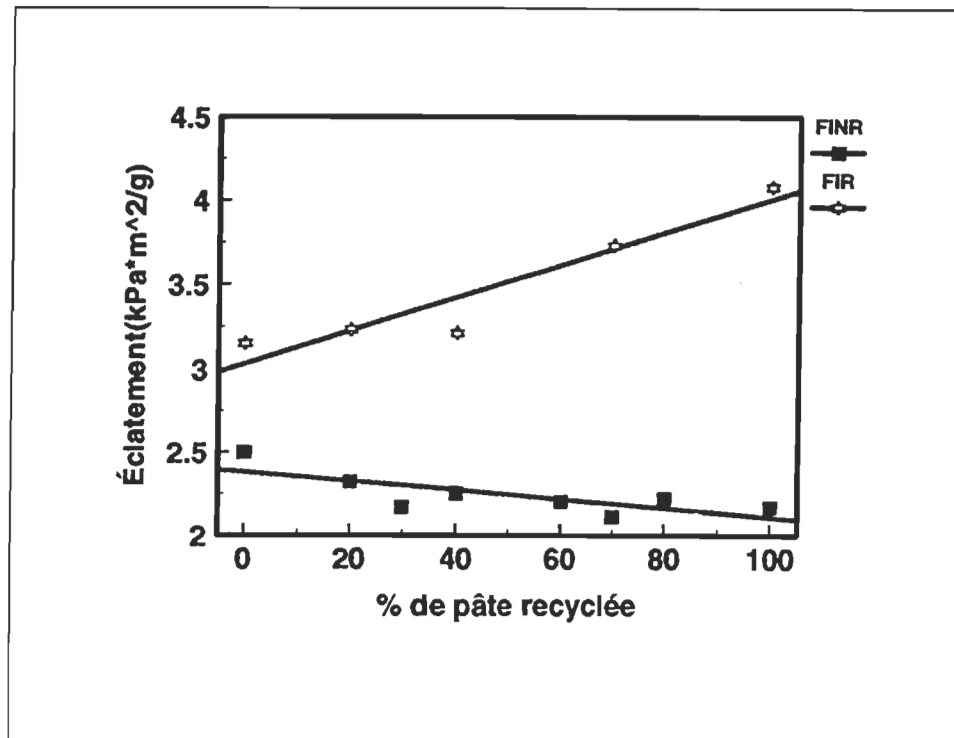


Figure 4.11 Influence de la pâte OW50 sur l'indice d'éclatement (Formette anglaise; sans traitement Sommerville).

La figure 4.11 montre que dans les mélanges non soumis au traitement Sommerville, l'indice d'éclatement après raffinage est supérieur à ceux qui n'ont pas été soumis à ce traitement. Ceci implique que la présence des fines affecte positivement cette résistance.

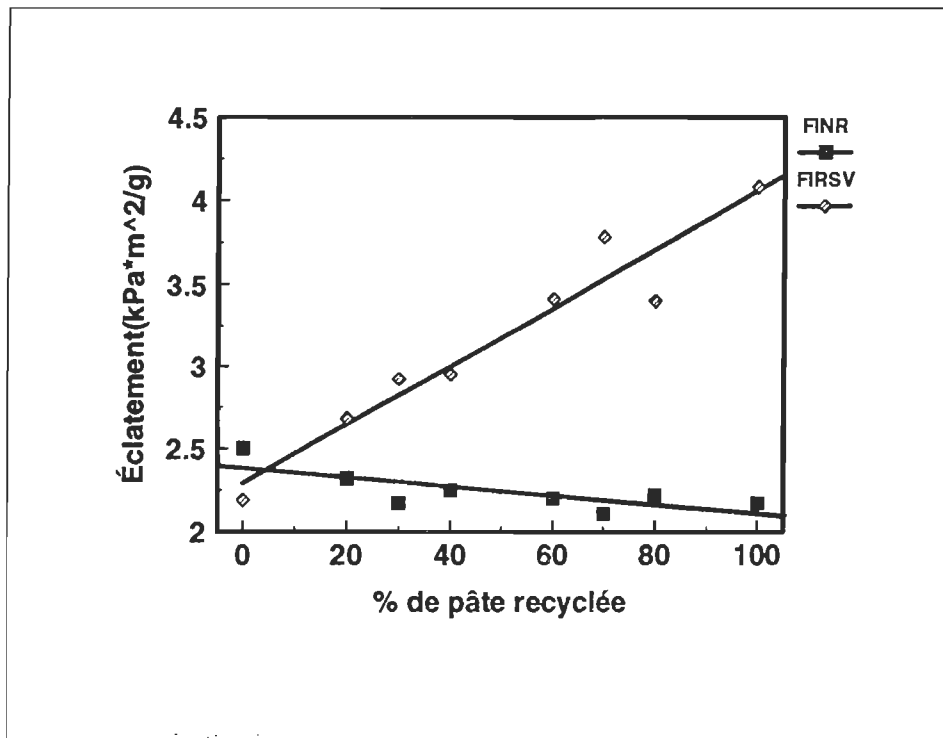


Figure 4.12 Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur l'indice d'éclatement (Formette anglaise; avec traitement Sommerville).

4.1.6.2 Formette Dynamique

La figure 4.13 montre la variation de la résistance à l'éclatement pour les échantillons provenant de la formette dynamique.

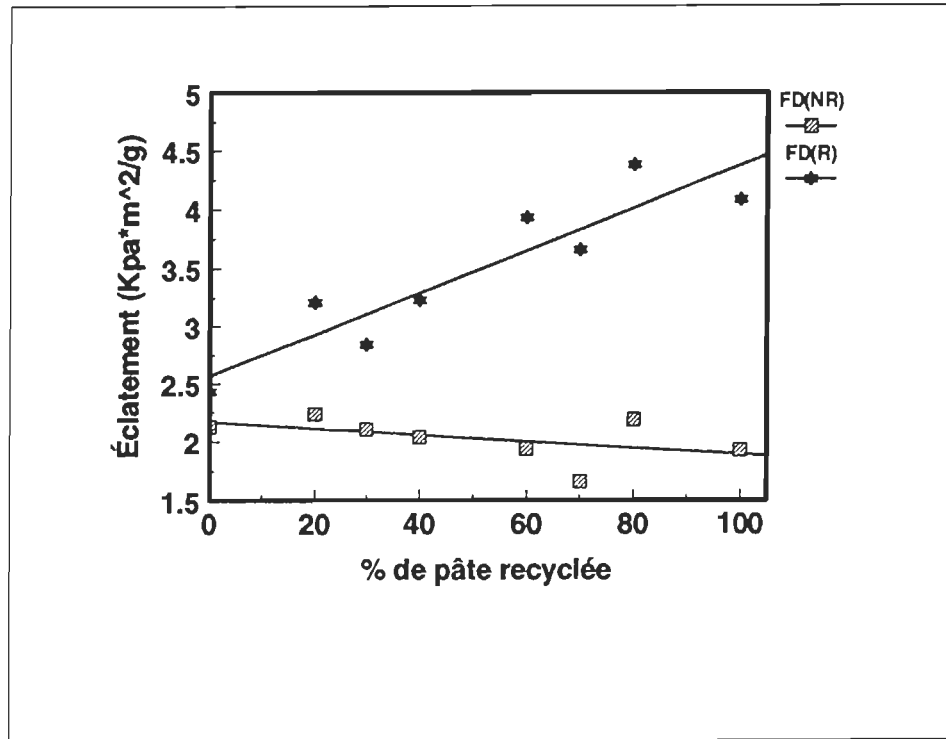


Figure 4.13 Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur l'indice d'éclatement (Formette dynamique).

Comme dans le cas de feuilles d'essai formées par la formette anglaise, la résistance à l'éclatement des mélanges sans raffinage diminue avec le pourcentage de pâte recyclée OW50, parce que la capacité de liaison interfibre est inférieure dans la pâte recyclée OW50, même si la longueur moyenne des fibres est supérieure dans la pâte recyclée OW50.

Suite au traitement mécanique, on observe une augmentation de l'indice d'éclatement pour tous les mélanges. Cette augmentation est favorisée par l'augmentation du pourcentage de pâte recyclée OW50 ce qui met en évidence l'effet

positif du traitement mécanique dans l'augmentation de la capacité de liaison interfibre.

Les valeurs sont semblables à celles obtenues sur la formette anglaise avec traitement Sommerville.

4.1.6.3 Machine à papier pilote.

La figure 4.14 montre les valeurs de l'indice d'éclatement en fonction du pourcentage de pâte recyclée OW50 pour les mélanges obtenues avec la machine à papier pilote.

L'indice de résistance à l'éclatement pour les mélanges sans raffinage diminue avec le pourcentage de pâte recyclée de façon similaire à ce qui a été observé dans les formettes anglaise et dynamique.

Quand les mélanges sont soumis au traitement mécanique de raffinage, les valeurs de résistance à l'éclatement augmentent dans tous les cas indiquant ainsi l'effet positif du coraffinage.

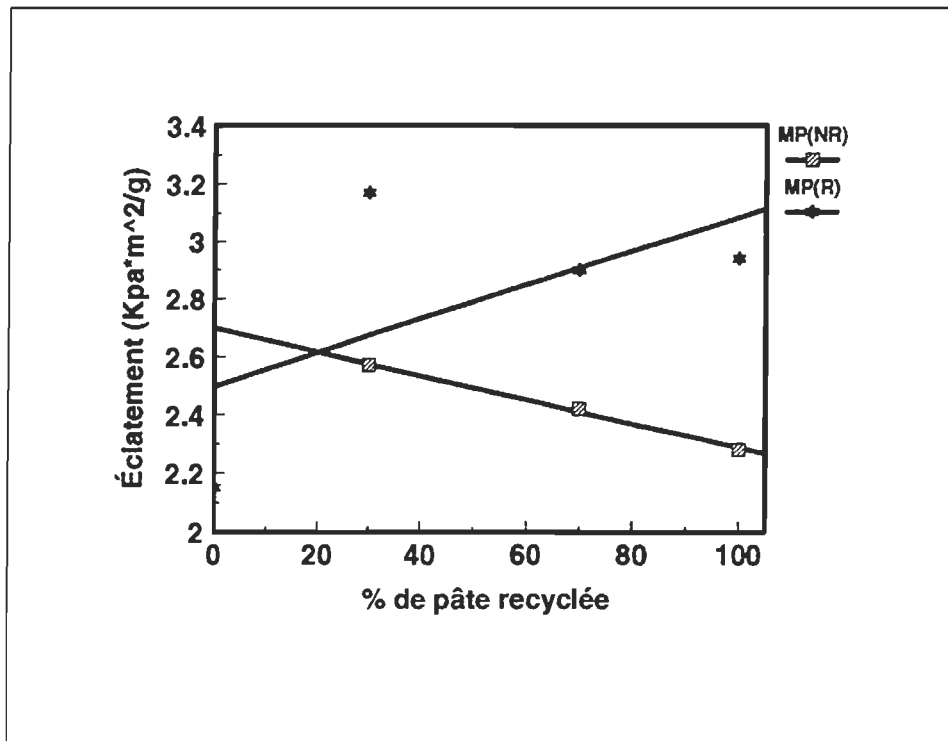


Figure 4.14 Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur l'indice d'éclatement (Machine à papier pilote).

Au contraire, dans les formettes anglaise et dynamique, la résistance à l'éclatement pour les mélanges non raffinés de la machine papier pilote diminuent légèrement à mesure qu'augmente le pourcentage de pâte recyclée OW50. Ceci indique que l'adhésion fibre-fibre n'était pas favorisée avec l'augmentation du pourcentage de pâte recyclée OW50 ou bien que il n'y a pas eu un enlèvement efficace de la latence des fibres.

4.1.7. Indice de déchirure

4.1.7.1 Formette anglaise

Les figures 4.15 - 4.16 montrent les valeurs de résistance à la déchirure pour les échantillons obtenues avec la formette anglaise pour les pâtes avec et sans le traitement Sommerville suivi d'une épaisseur pour centrifugation dans une laveuse.

On peut observer que la résistance à la déchirure pour les mélanges sans traitement mécanique augmente avec le pourcentage de pâte recyclée OW50 ce qui s'explique par l'influence directe de la longueur moyenne des fibres. Dans notre cas la longueur moyenne supérieure est dans la pâte recyclée OW50. Ce résultat a été semblable dans le cas des échantillons avec et sans traitement Somerville fig.4.15 - 4.16. Ceci met en évidence l'influence peu significative des fines sur cet indice dans les mélanges non raffinés.

Après traitement mécanique, on observe une légère diminution de la résistance à la déchirure due à la diminution de la longueur moyenne des fibres suite au raffinage. Toutefois cette diminution est peu importante tel qu'illustré à la figure 4.4.

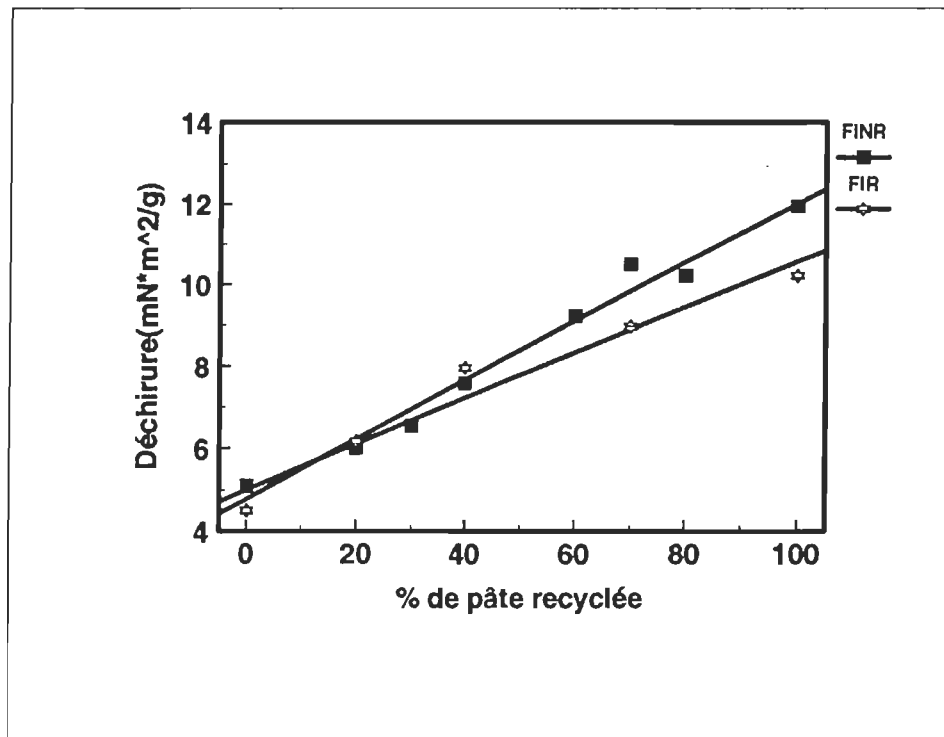


Figure 4.15 Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur l'indice de déchirure (Formette anglaise; sans traitement Sommerville).

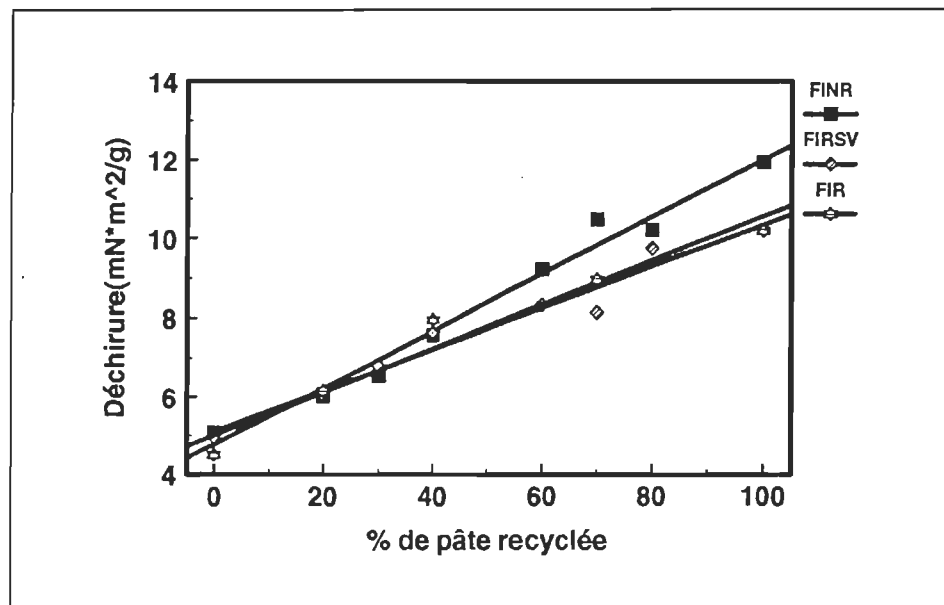


Figure 4.16 Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur l'indice de déchirure (Formette anglaise; avec le traitement Sommerville).

4.1.7.2 Formette Dynamique

La figure 4.17 montre l'évolution de la résistance à la déchirure dans le cas de la pâte obtenue avec la formette dynamique. L'indice de déchirure dans le sens machine et dans le sens travers augmentent avec le pourcentage de pâte recyclée OW50 tant pour les pâtes sans raffinage comme pour les pâtes coraffinées. Ceci est dû à l'augmentation du nombre de contacts fibre-fibre dans le sens transversal et à la longueur moyenne supérieure dans le sens machine.

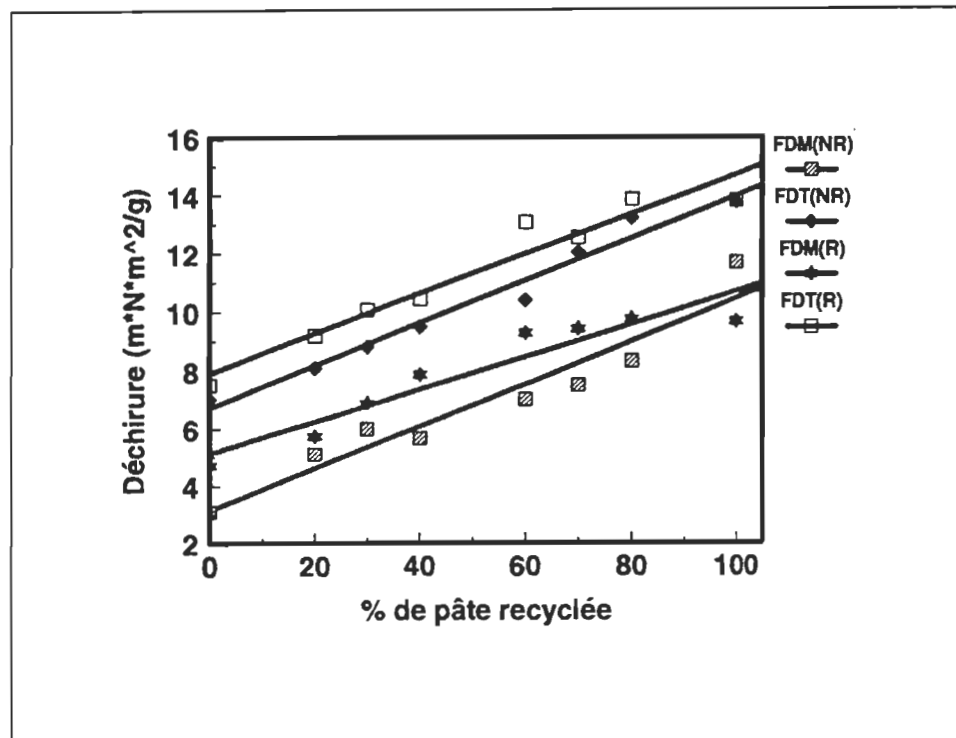


Figure 4.17 Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur l'indice de déchirure (Formette dynamique).

Après raffinage, on observe une augmentation de l'indice de déchirure pour tous les échantillons à l'exception des fibres 100% recyclées ou l'effet est contraire dans le sens machine.

4.1.7.3 Machine à papier pilote.

La figure 4.18 montre les valeurs de résistance à la déchirure pour les échantillons produits avec la machine à papier pilote. Les valeurs dans le sens transversal sont supérieures à ceux dans le sens machine dans tous les cas. La force nécessaire à la déchirure dans le sens transversal s'applique davantage aux fibres qu'aux unions fibres-fibres.

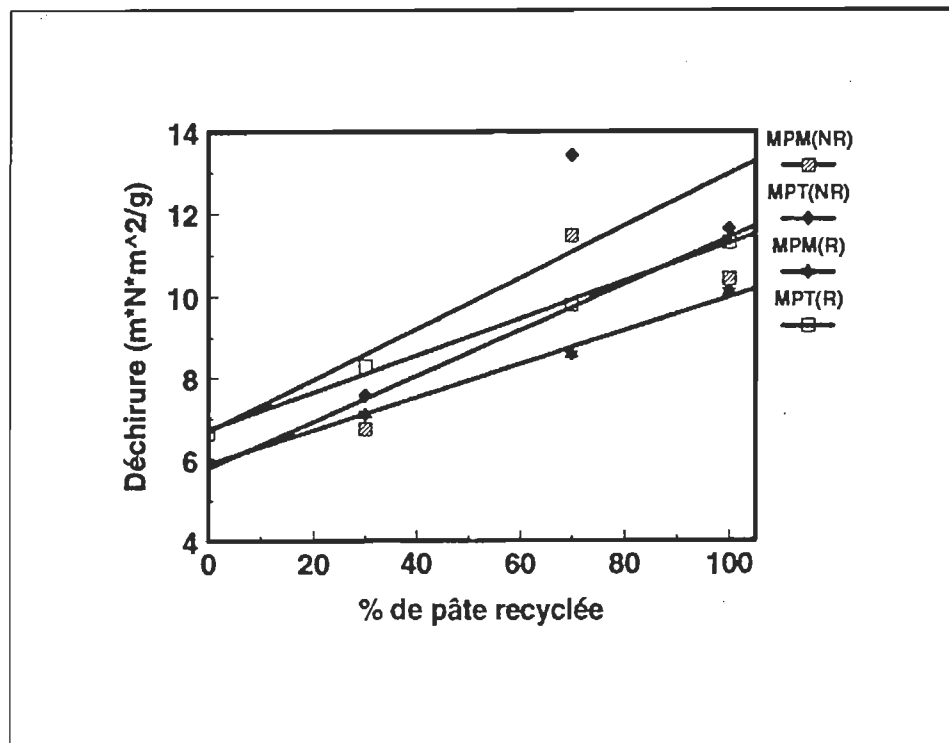


Figure 4.18 Influence de la pâte OW50 et du traitement mécanique sur l'indice de déchirure (Machine à papier pilote).

4.1.8 Propriétés optiques

4.1.8.1 Blancheur et coefficient d'absorption.

Les figures 4.19 - 4.26 montrent les valeurs de la blancheur et le coefficient d'absorption pour les pâtes avec et sans traitement mécanique de raffinage. La blancheur des mélanges diminue avec le pourcentage de pâte recyclée OW50 tant dans les mélanges sans traitement ou avec traitement mécanique de raffinage. Ceci est attribuable à la plus grande quantité d'encre dans la pâte recyclée OW50 .

Après le raffinage, toutes les pâtes ont subi une perte de blancheur de l'ordre de 1 à 3 points. Ceci est dû au changement dans la distribution de la taille des particules d'encre.

La figure 4.26 qui montre le comptage de points de saleté (Tappi dirt count) vérifie cette affirmation. Ces résultats sont semblables pour la formette anglaise et dynamique. Dans les pâtes soumises au traitement Sommerville suivi d'une épaisseur par centrifugation dans une laveuse, ce phénomène est accentué.

Dans le cas de la machine à papier pilote, la blancheur diminue avec le traitement mécanique et le pourcentage de pâte recyclée OW50.

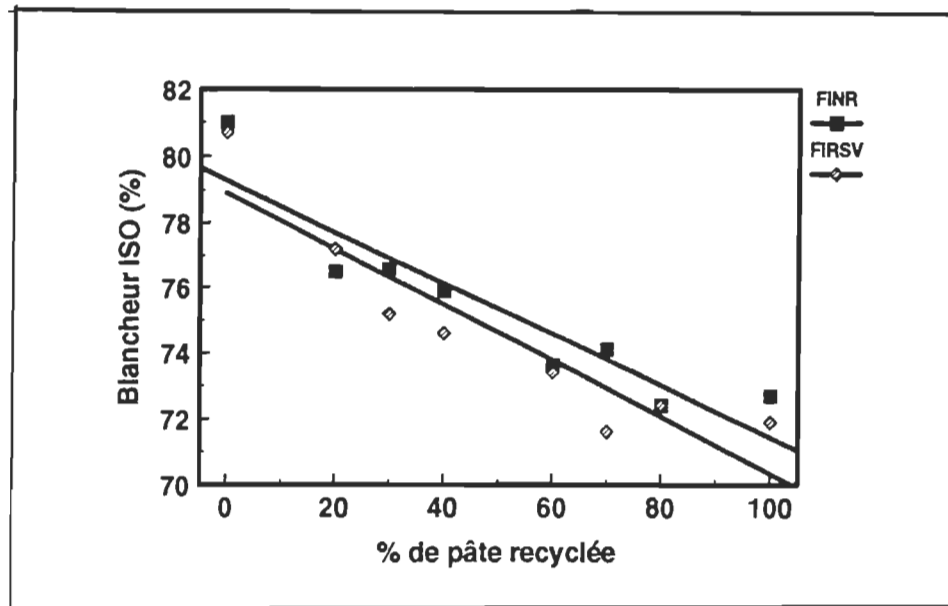


Figure 4.19 Évolution de la blancheur en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette anglaise avec le traitement Somerville).

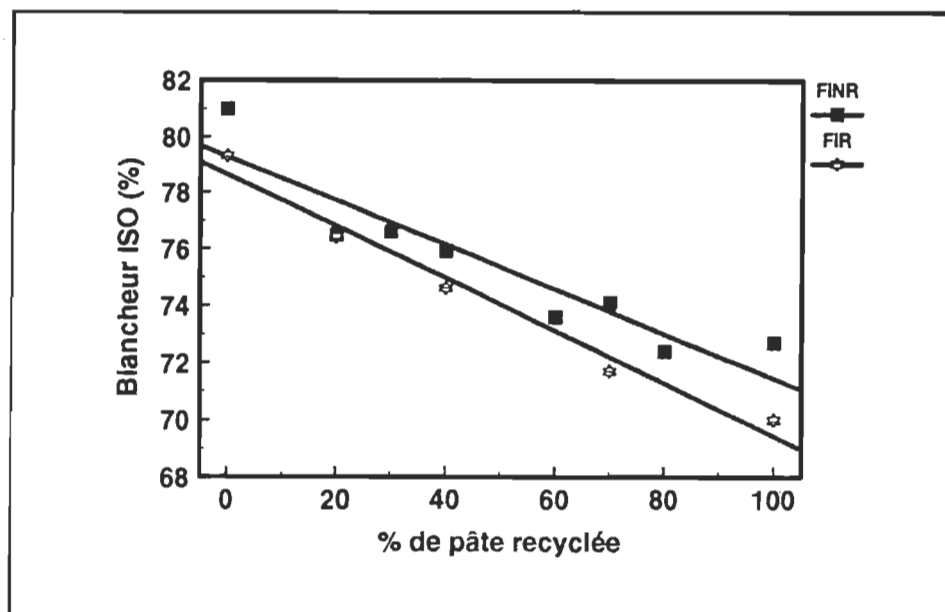


Figure 4.20 Évolution de la blancheur en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette anglaise; sans le traitement Somerville).

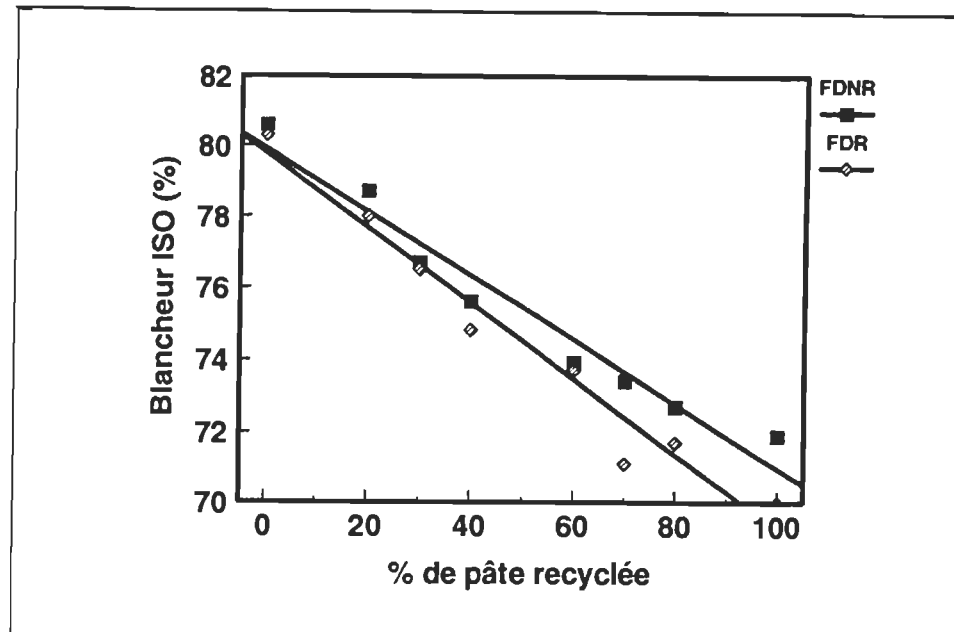


Figure 4.21 Évolution de la blancheur en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette dynamique).

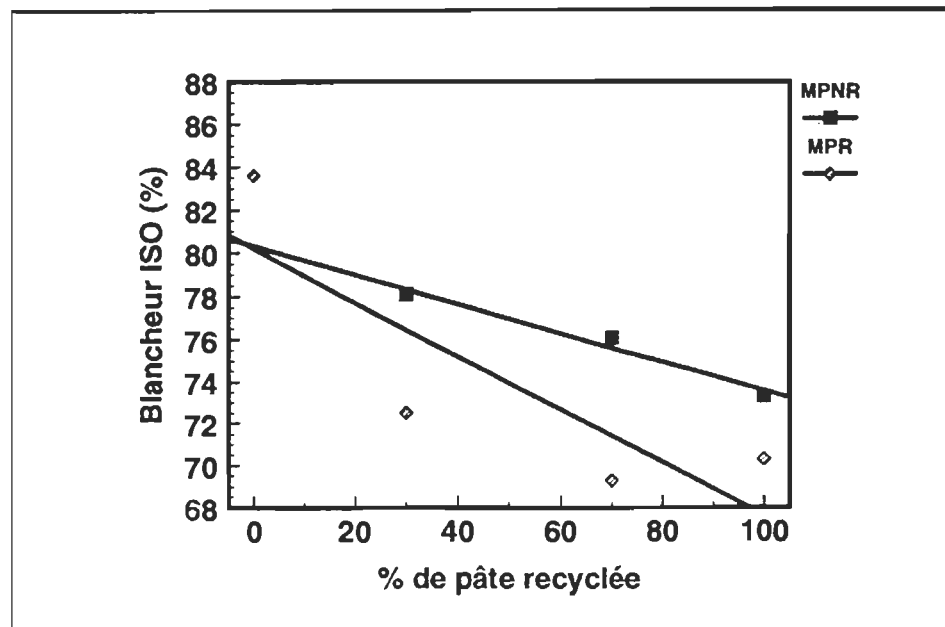


Figure 4.22 Évolution de la blancheur en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Machine à papier pilote).

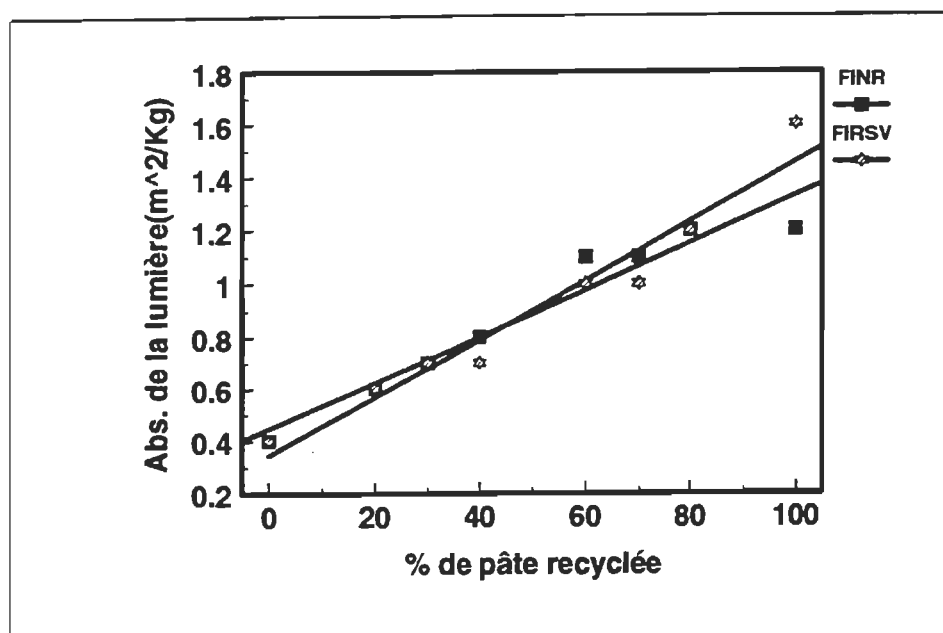


Figure 4.23 Évolution du coefficient d'absorption de la lumière en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette anglaise; avec le traitement Sommerville).

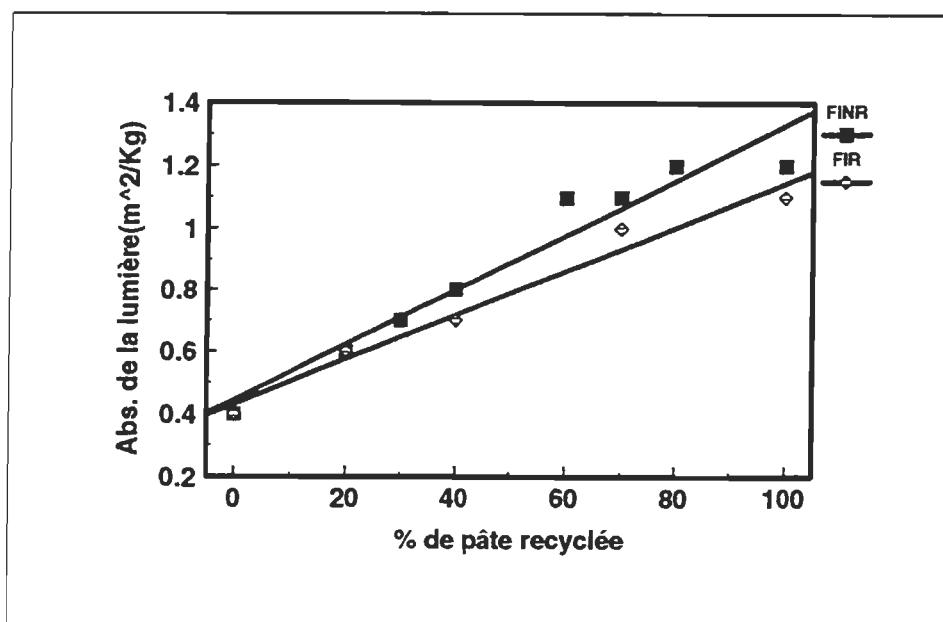


Figure 4.24 Évolution du coefficient d'absorption de la lumière en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette anglaise; sans le traitement Sommerville).

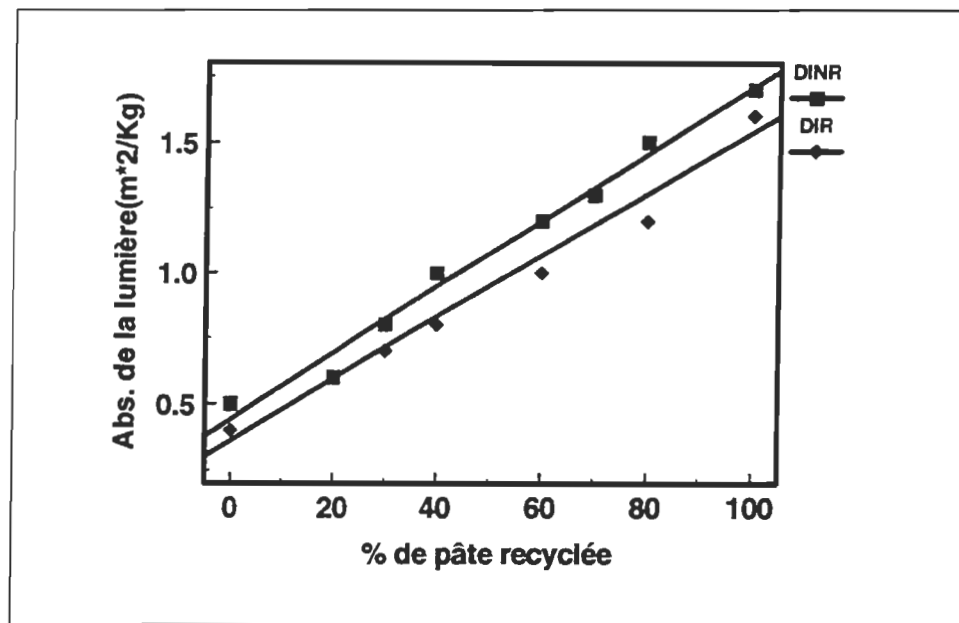


Figure 4.25 Évolution du coefficient d'absorption de la lumière en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette dynamique).

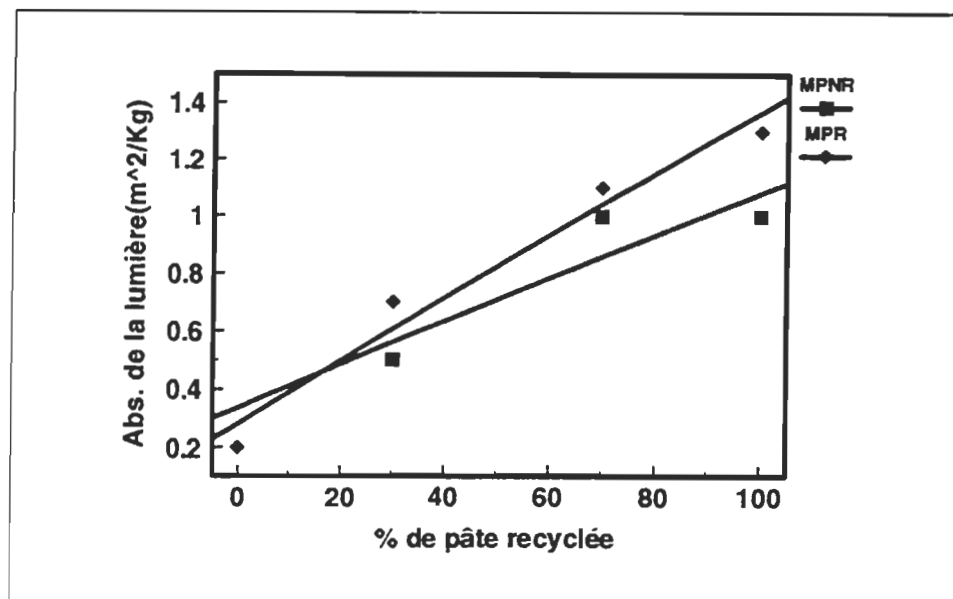


Figure 4.26 Évolution du coefficient d'absorption de la lumière en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Machine à papier pilote).

Les valeurs du coefficient d'absorption de la lumière augmentent avec le pourcentage de pâte recyclée OW50 dû à la quantité supérieure d'encre et il n'y pas de grandes variations avec le traitement mécanique du coraffinage .

4.1.8.2 Opacité et coefficient de diffusion de la lumière.

Les figures 4.27 - 4.30 montrent les valeurs d'opacité pour les mélanges avec et sans traitement mécanique. On peut observer une augmentation de l'opacité avec le pourcentage de pâte recyclée OW50 pour les mélanges avec et sans traitement mécanique du raffinage.

On observe aussi que l'opacité des mélanges non raffinés est supérieure à celle des mélanges raffinés parce que le raffinage augmente le nombre d'interfaces air-eau ce qui donne une meilleure diffusion de la lumière à l'intérieur de la feuille. Ce qui produit un papier moins transparent et plus opaque.

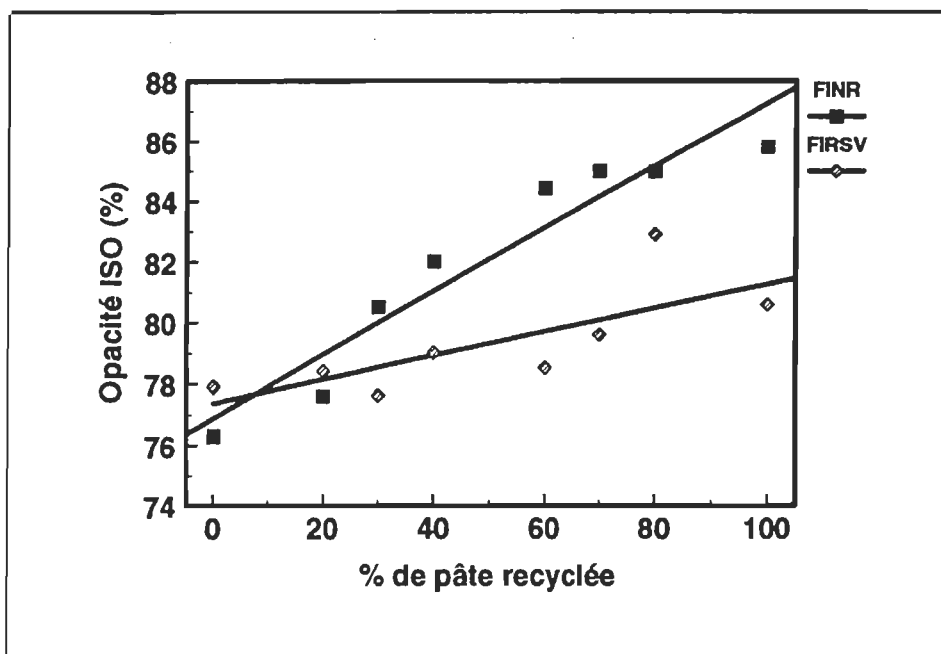


Figure 4.27 Évolution de l'opacité en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette anglaise; avec le traitement Sommerville).

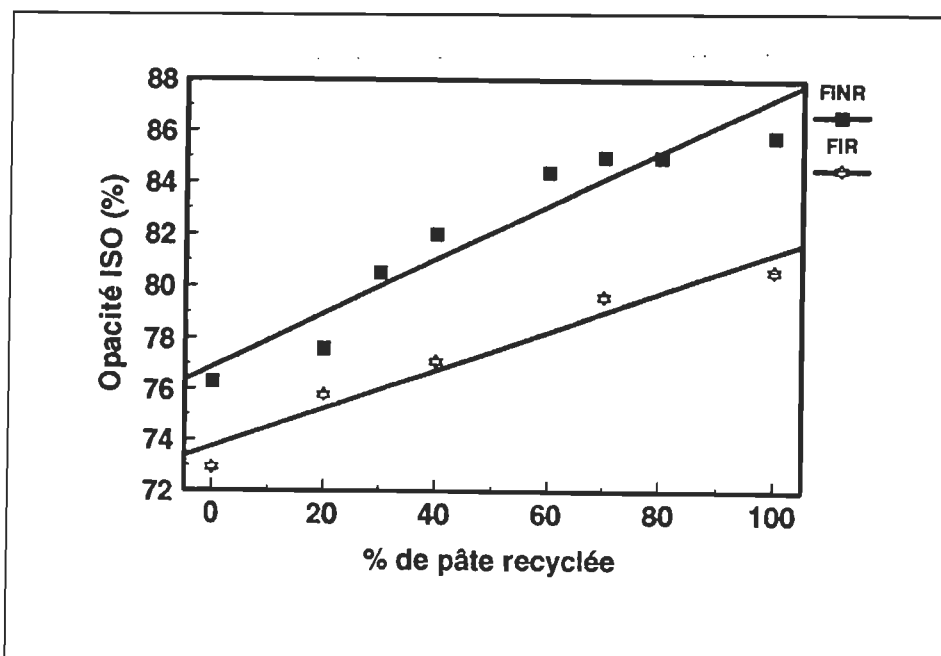


Figure 4.28 Évolution de l'opacité en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette anglaise; sans le traitement Sommerville).

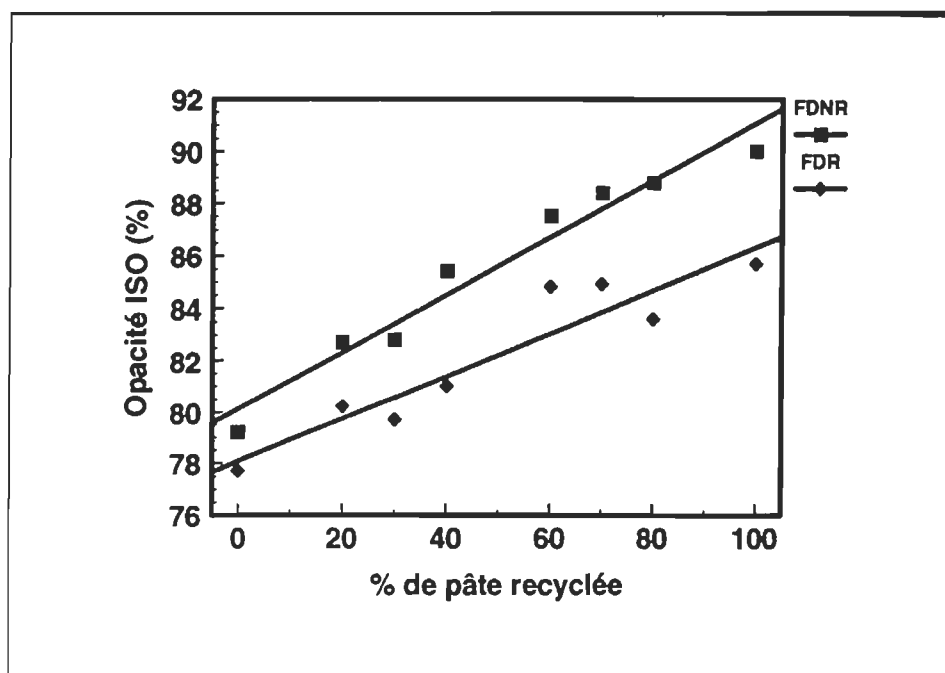


Figure 4.29 Évolution de l'opacité en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette dynamique).

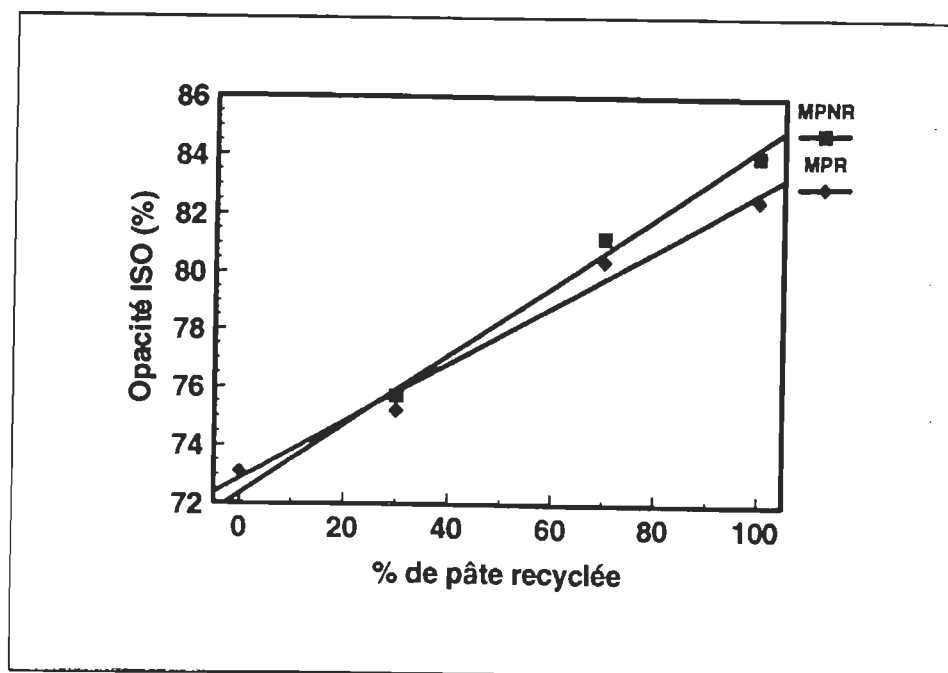


Figure 4.30 Évolution de l'opacité en fonction du pourcentage de la pâte OW50 et du traitement mécanique (Machine à papier pilote).

Les figures 4.31 - 4.34 montrent la diminution du coefficient de diffusion de la lumière avec le degré du raffinage. Ceci est attribuable à la diminution de la surface non liée à l'intérieur de la feuille de papier.

Ce comportement est semblable pour les échantillons produits avec la formette anglaise, la formette dynamique et la machine à papier pilote.

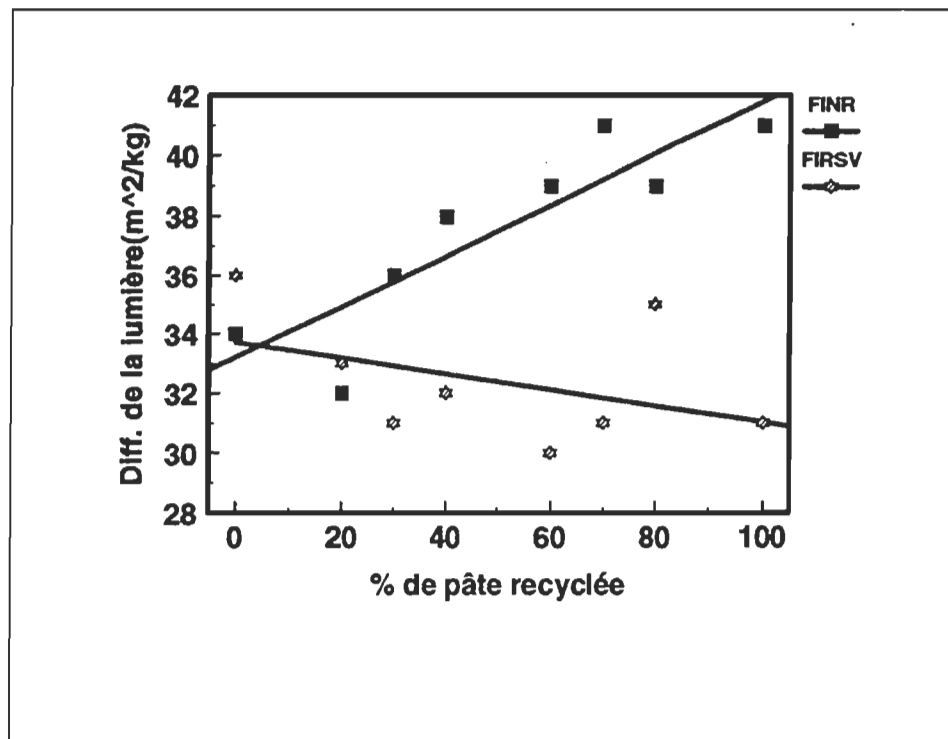


Figure 4.31 Évolution du coefficient de diffusion de la lumière en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette anglaise; avec le traitement Sommerville).

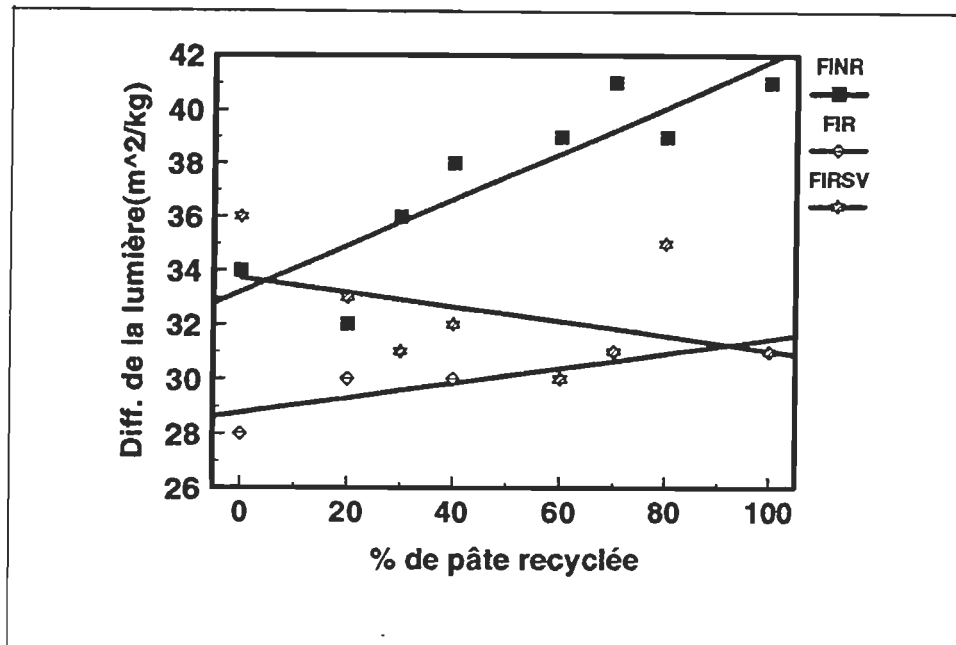


Figure 4.32 Évolution du coefficient de diffusion de la lumière en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette anglaise; sans le traitement Sommerville).

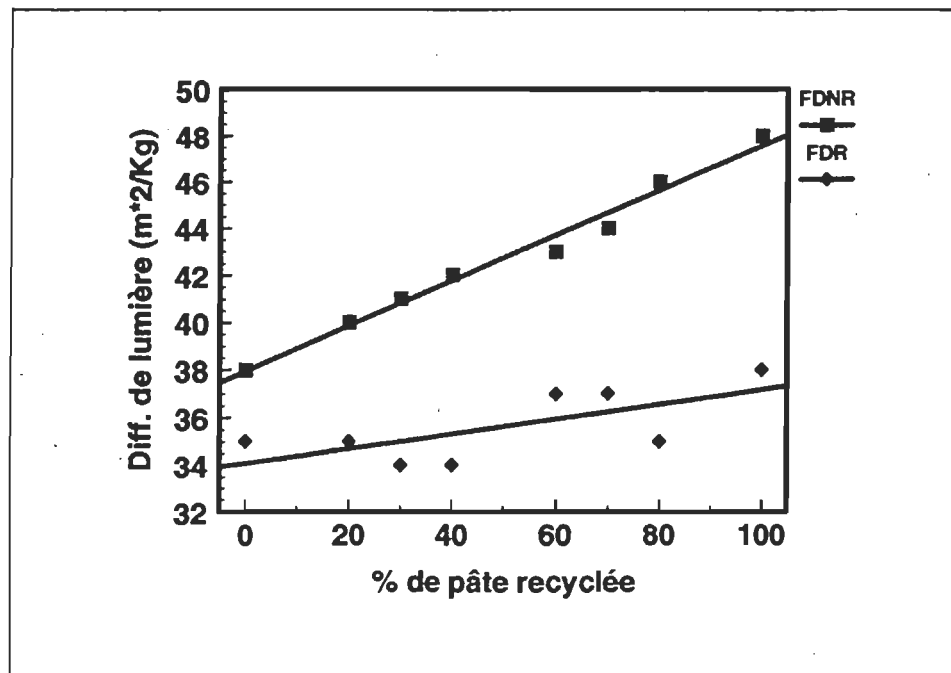


Figure 4.33 Évolution du coefficient de diffusion de la lumière en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Formette dynamique).

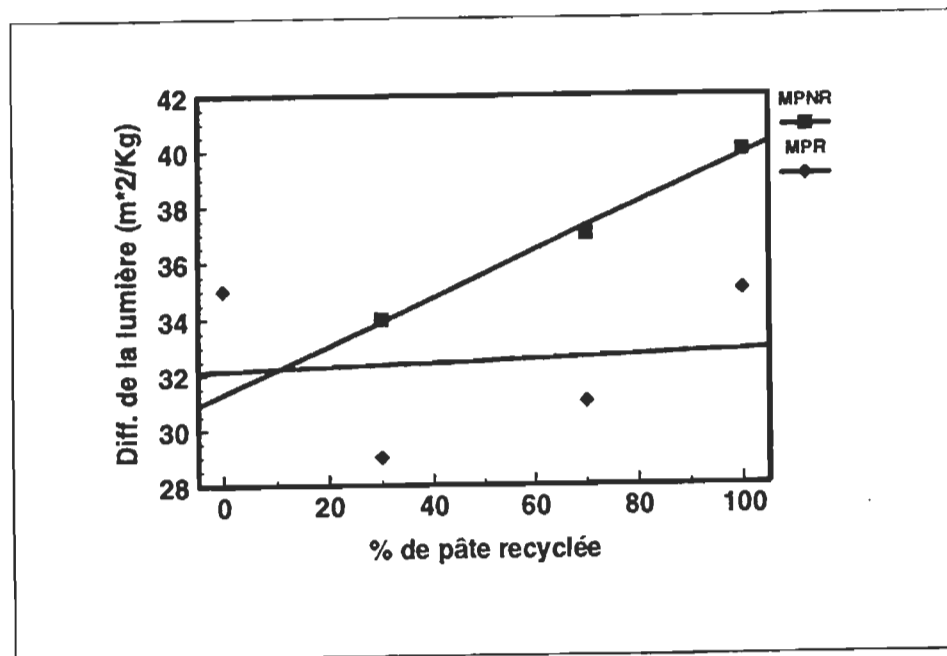


Figure 4.34 Évolution du coefficient de diffusion de la lumière en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique (Machine à papier pilote).

4.2 Valeurs de la rétention d'eau. (WRV)

La figure 4.35 montre les valeurs de la rétention d'eau pour les mélanges avec et sans traitement mécanique de raffinage.

L'augmentation du pourcentage de la pâte recyclée OW50 diminue les valeurs de rétention d'eau pour les mélanges avec ou sans traitement mécanique de raffinage, dû au fait que les fibres recyclées ont réduit leur capacité de faire des liaisons inter-fibres comme conséquence de leur hornification (23, 24).

Ceci montre que la pâte BCTMP a une capacité d'absorption supérieure à celle de la pâte recyclée OW50 qui a été hornifiée. La figure 4.35 montre aussi que le raffinage produit un gonflement supérieur et en conséquence une augmentation du degré de rétention d'eau .

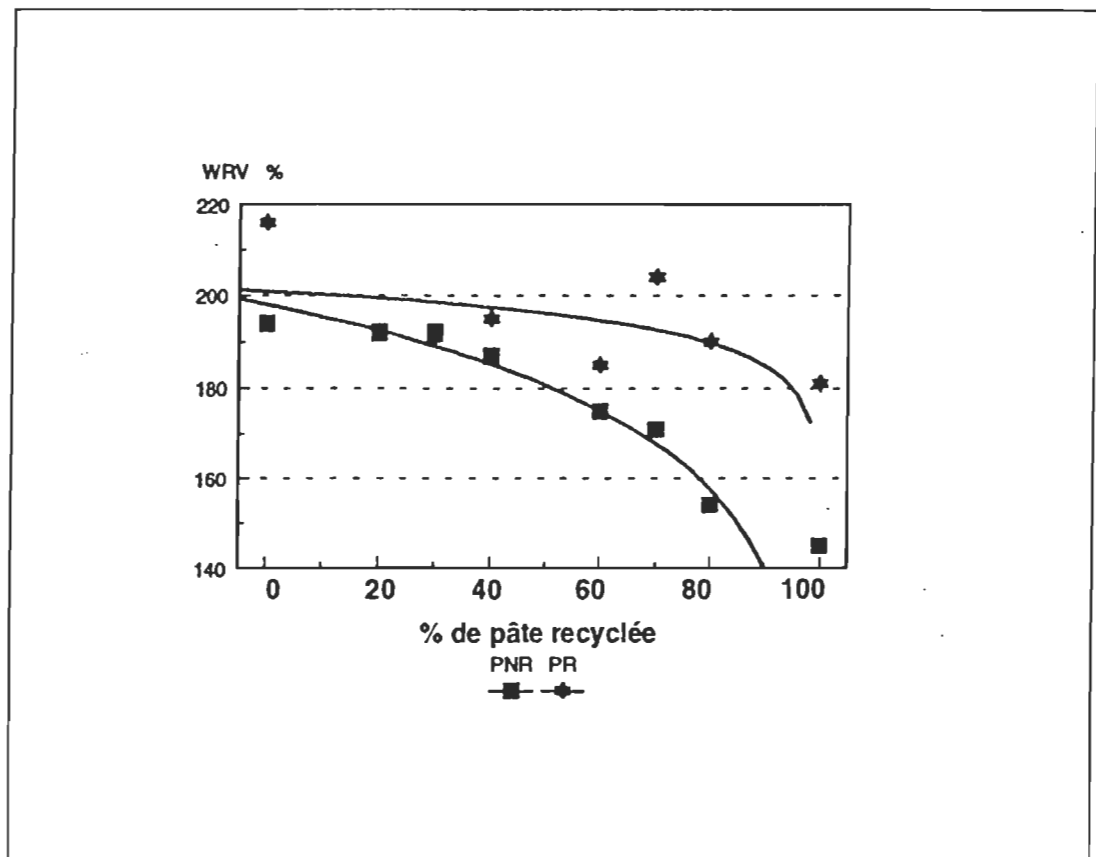


Figure 4.35 Évolution du valeur de la rétention d'eau (WRV) en fonction du pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique.

4.3 Comptage des points de saleté (Tappi dirt count)

La figure 4.36 montre la quantité et la distribution de la taille des particules d'encre.

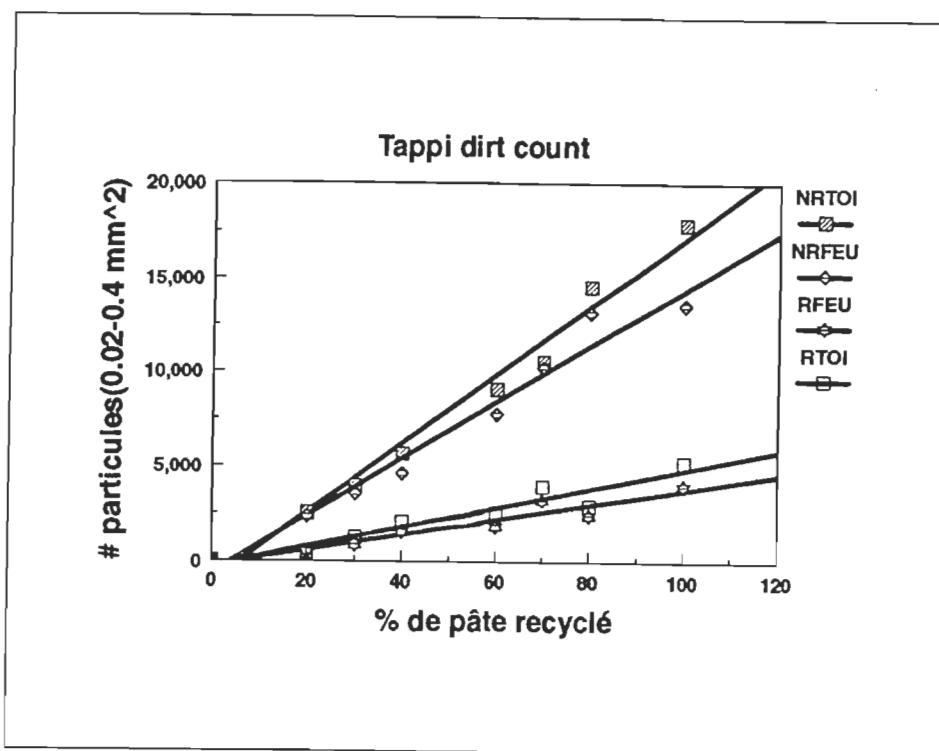


Figure 4.36 Évolution du nombre des points de saleté (Tappi dirt count) avec le pourcentage de la pâte recyclée OW50 et du traitement mécanique.

On peut observer aux figures 4.37 - 4.40 que la quantité des particules d'encre est supérieure dans le côté maille (Inférieur) que dans le côté feutre (Supérieur) (Formette anglaise avec recirculation des eaux blanches)

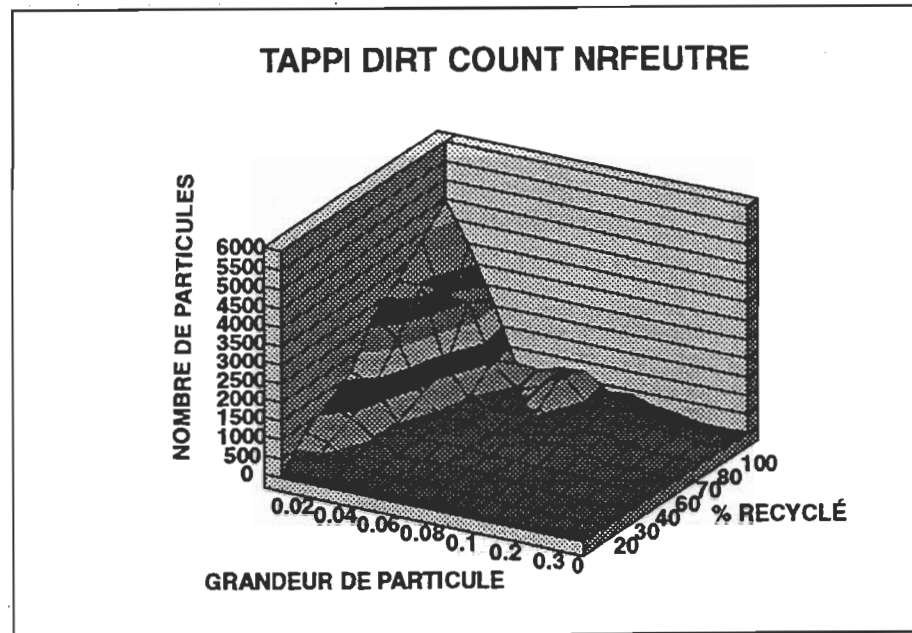


Figure 4.37 Évolution du nombre des points de saleté (Tappi dirt count) avec le pourcentage de la pâte recyclée OW50 pour les mélanges sans raffinage (Côté feutre).

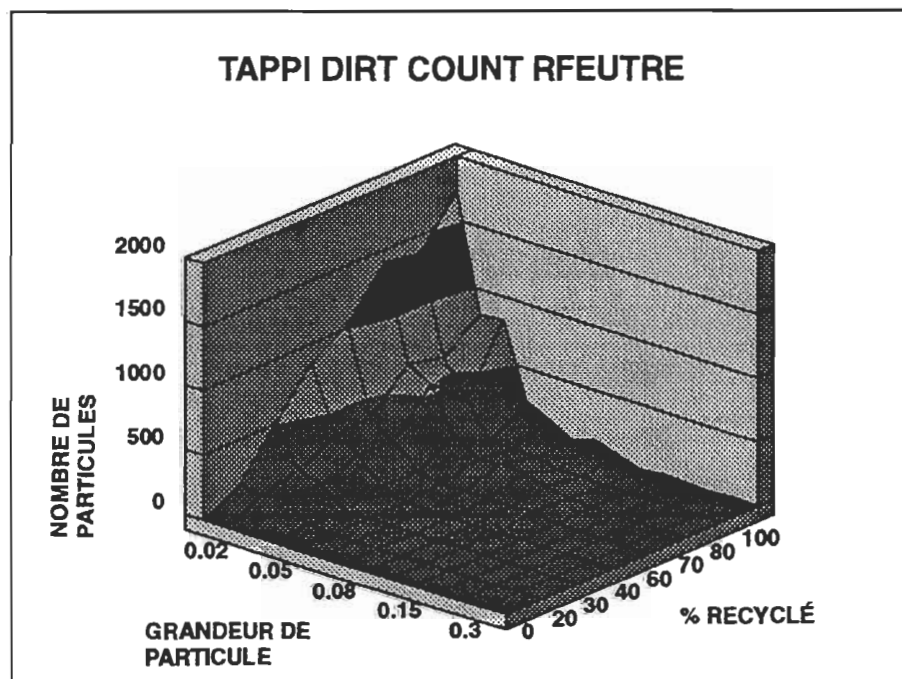


Figure 4.38 Évolution du nombre des points de saleté (Tappi dirt count) avec le pourcentage de la pâte recyclée OW50 pour les mélanges avec raffinage (Côté feutre).

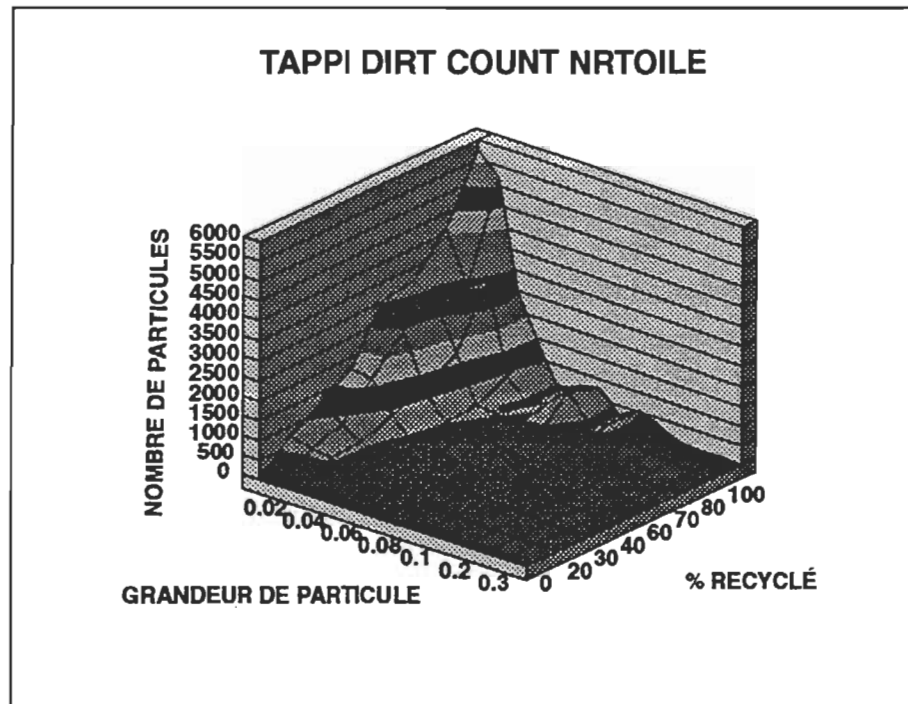


Figure 4.39 Évolution du nombre des points de saleté (Tappi dirt count) avec le pourcentage de la pâte recyclée OW50 pour les mélanges sans raffinage (Côté toile).

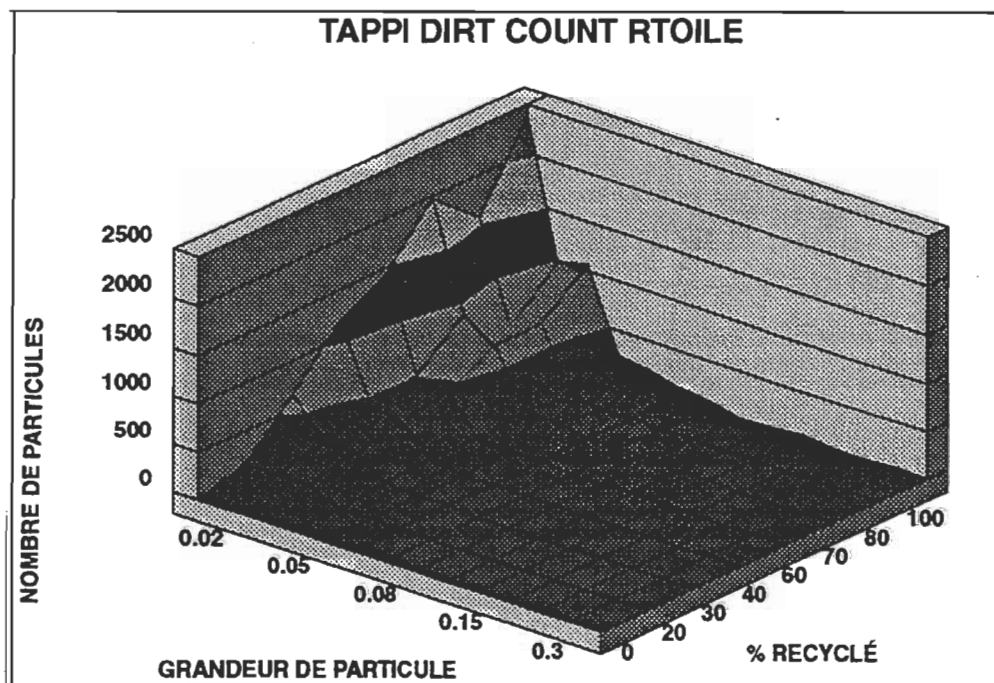


Figure 4.40 Évolution du nombre des points de saleté (Tappi dirt count) avec le pourcentage de la pâte recyclée OW50 pour les mélanges avec raffinage (Côté toile).

Également, on peut voir que la quantité des particules diminue avec le traitement mécanique du raffinage. Ceci s'explique parce que les particules brisées pendant le coraffinage sont de taille inférieure à 0.02 mm^2 , lesquels ne sont pas inclus dans le comptage (Tappi dirt count).

4.4 Étude microscopique

L'observation microscopique de la pâte BCTMP du tremble avant (figure 4.41) et après (figure 4.42) le traitement mécanique du raffinage met en évidence le peu de fibrillation superficielle des fibres avec le raffinage, ce qui est dû à la rigidité des fibres de tremble. Également, on peut voir la présence de grands vaisseaux qui contribuent en partie à la formation des fines après le traitement mécanique.

L'observation microscopique du mélange composé de 40 % de pâte recyclée OW50 et 60 % de pâte BCTMP de tremble avant (figure 4.43) et après (figure 4.44) le coraffinage, permet d'apprécier l'aplatissement des parois des fibres de la pâte recyclée OW50. Les parois des fibres de tremble montrent peu de fibrillation après le raffinage.

L'observation microscopique du mélange composé de 30 % de pâte BCTMP de tremble et de 70 % de pâte recyclée OW50 avant (figure 4.45) et après (figure 4.46) le coraffinage démontre une meilleure fibrillation dans le mélange coraffiné, spécialement

dans la pâte recyclée OW50, ce qui est principalement l'origine d'une liaison supérieure entre les fibres, résultant en une amélioration des propriétés mécaniques du papier.

L'observation microscopique de la pâte OW50 avant (figure 4.47) et après (figure 4.48) le traitement mécanique du raffinage, permet de constater une augmentation élevée du degré de fibrillation après le raffinage ce qui explique le changement favorable des propriétés de la pâte OW50 avec le traitement dû à l'augmentation des liaisons entre les fibres. On peut voir aussi que les particules d'encre ont des tailles diverses. Il est difficile d'apprécier, avec cette observation, s'il y a un changement de la grandeur des particules. Nous pouvons observer également un aplatissement des parois des fibres de la pâte recyclée OW50 après le raffinage, ce qui implique augmentation de la surface spécifique et par conséquent de degré de liaison.



Figure 4.41 Photomicrographie de la pâte BCTMP non raffinée [104X].

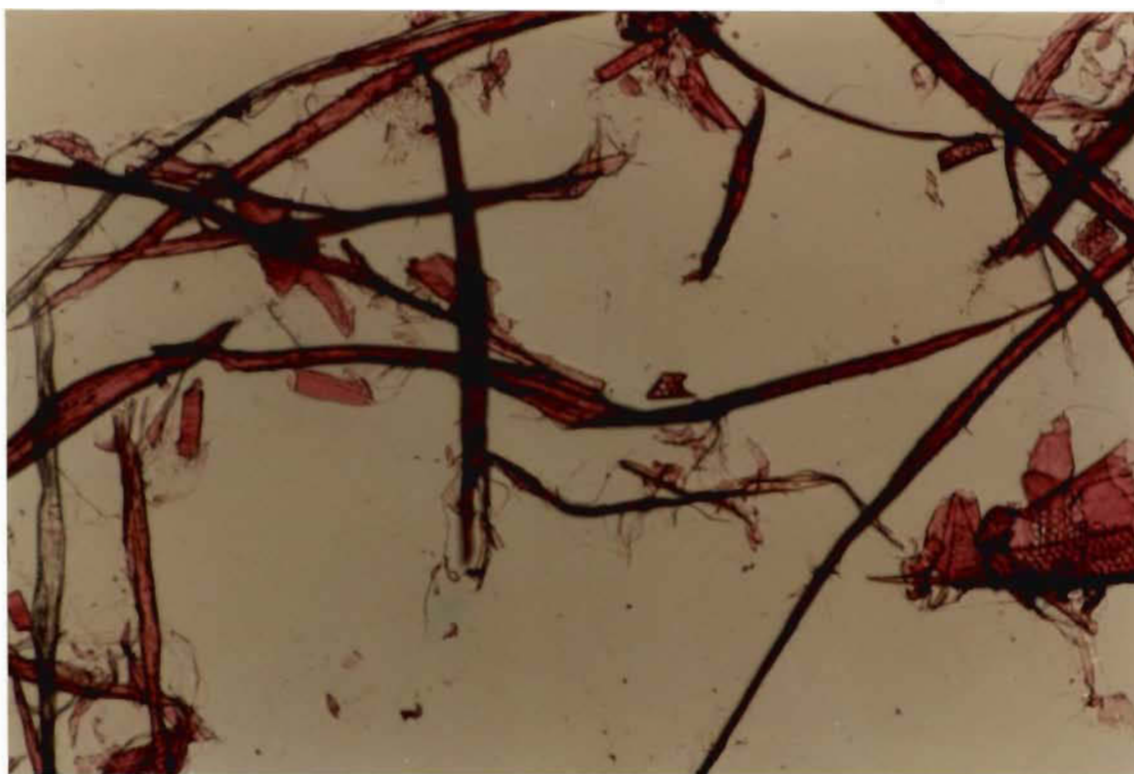


Figure 4.42 Photomicrographie de la pâte BCTMP raffinée [104X].

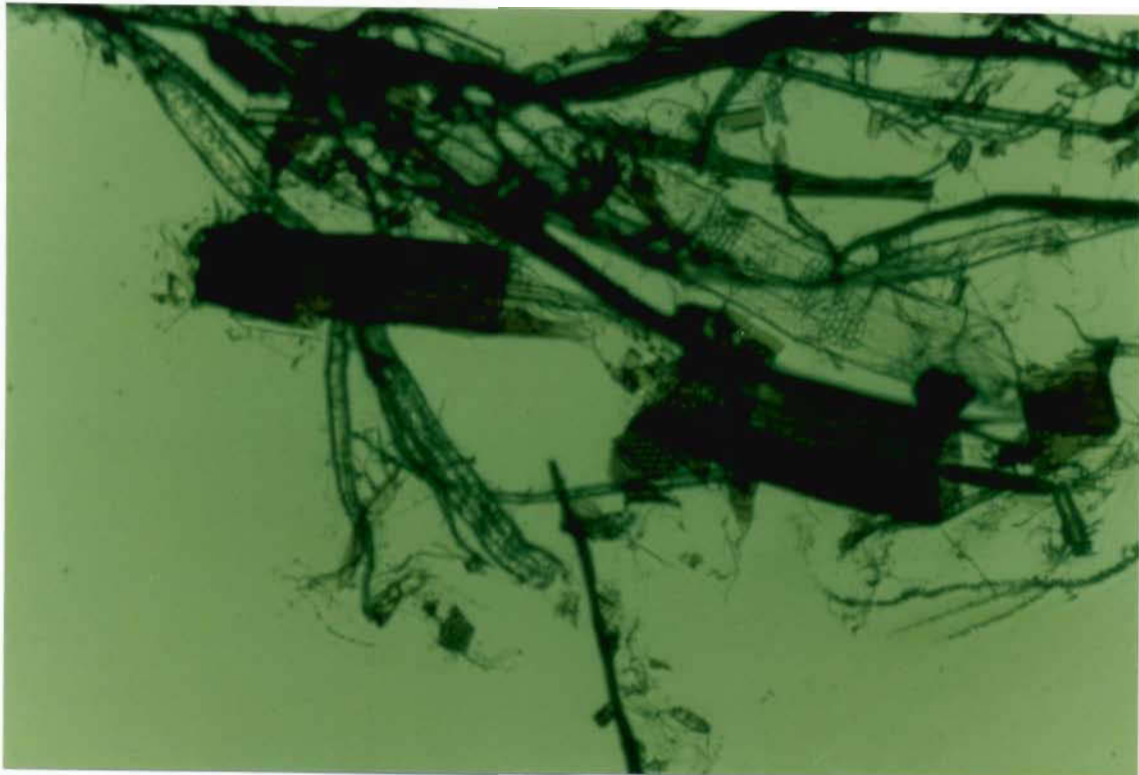


Figure 4.43 Photomicrographie du mélange IV (60 % BCTMP/40% Pâte Recyclée) non coraffinée [104X].



Figure 4.44 Photomicrographie du mélange IV (60% BCTMP/40 % Pâte recyclée) coraffinée [104X].

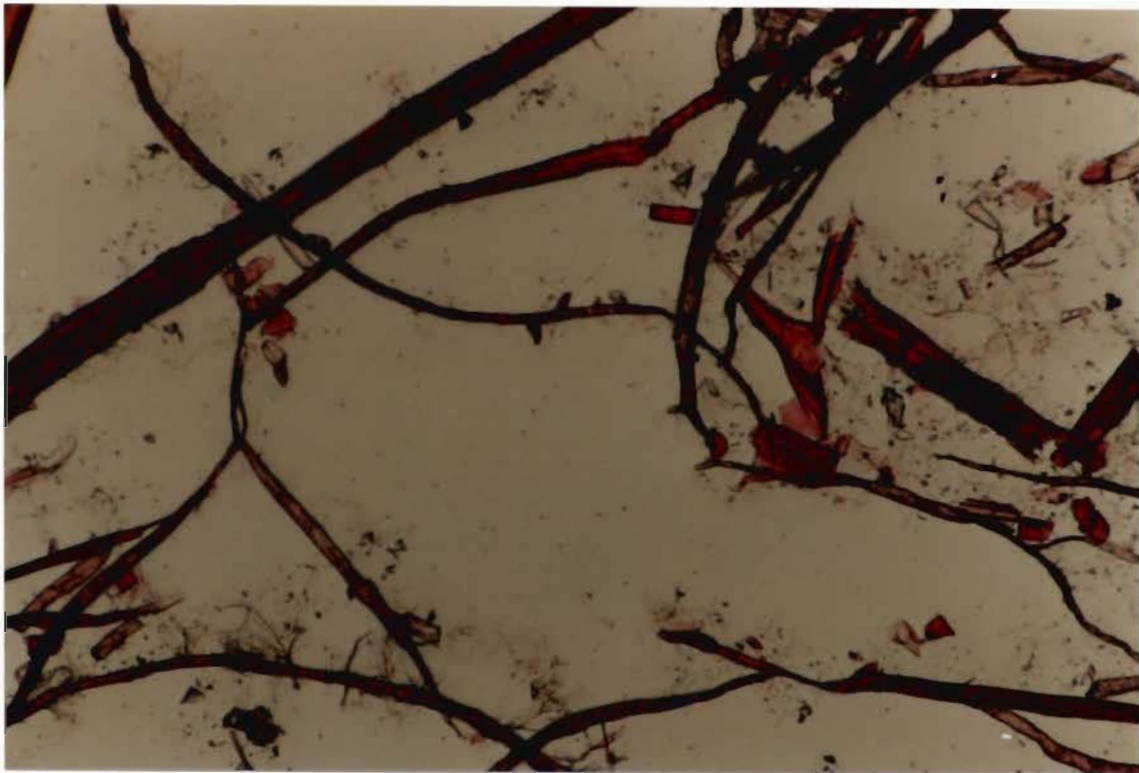


Figure 4.45 Photomicrographie du mélange VI (30% BCTMP/70% Pâte recyclée) non coraffinée [104X].

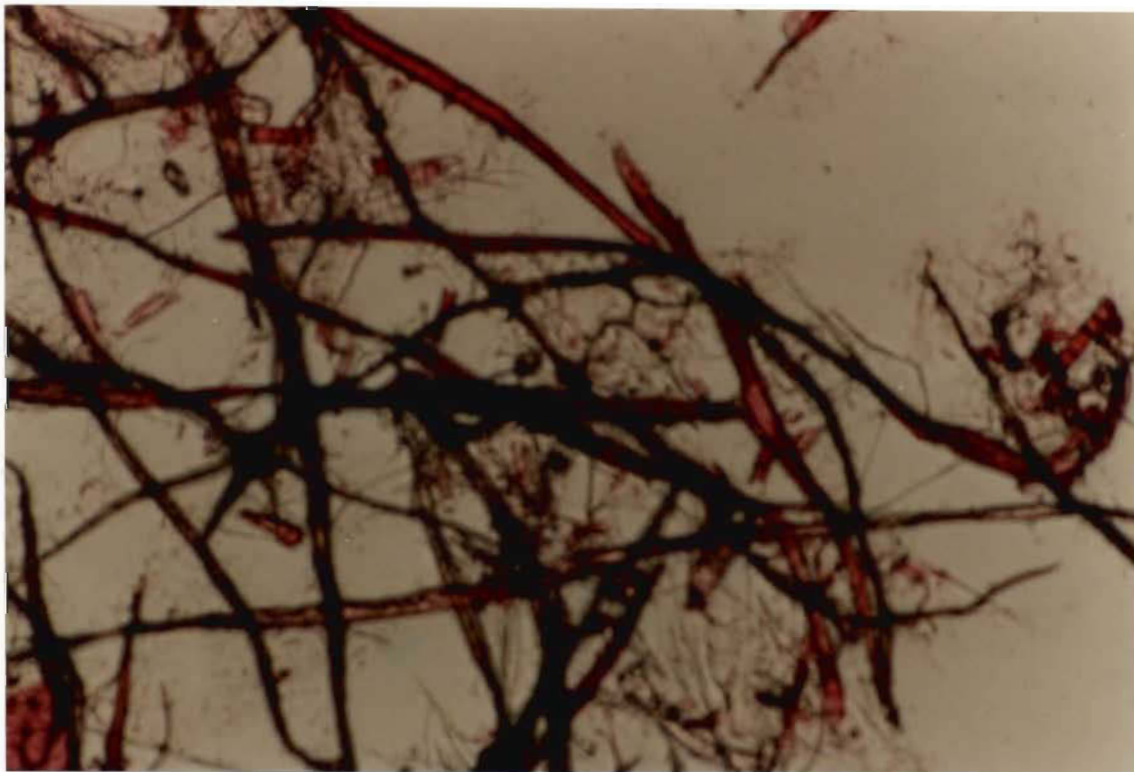


Figure 4.46 Photomicrographie du mélange VI (30% BCTMP/70% Pâte recyclée) coraffinée [104X].

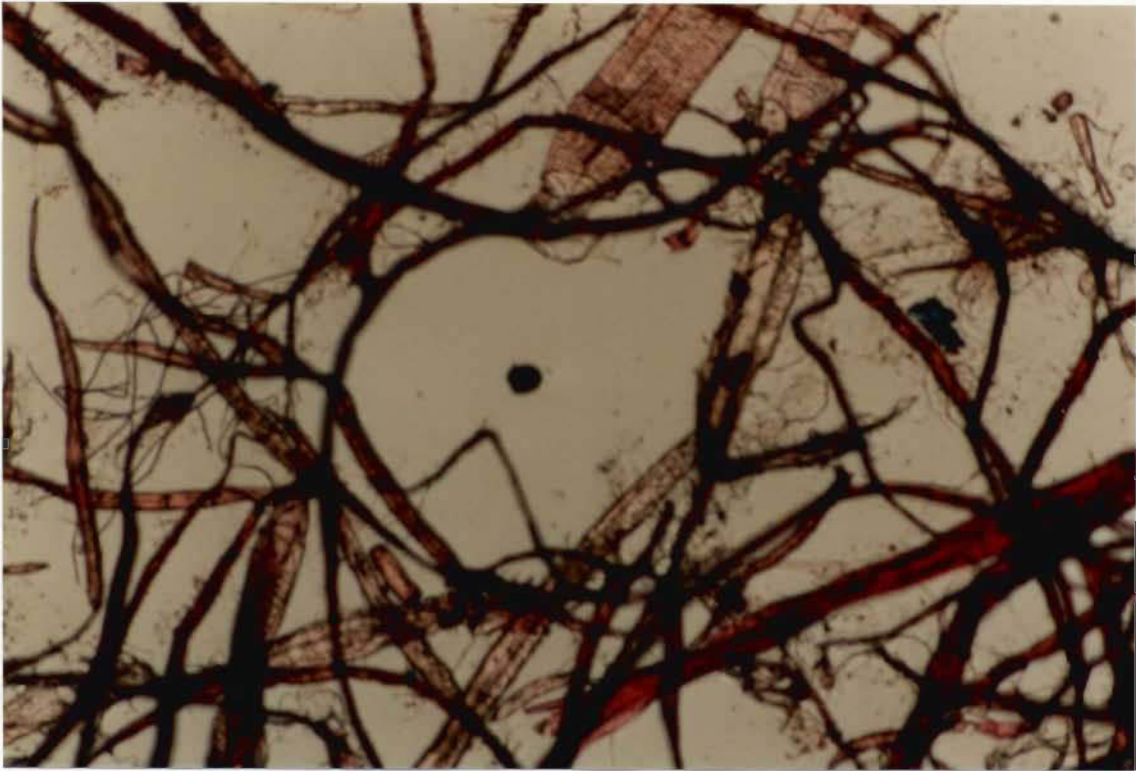


Figure 4.47 Photomicrographie de la pâte recyclée OW50 non raffinée[104X].

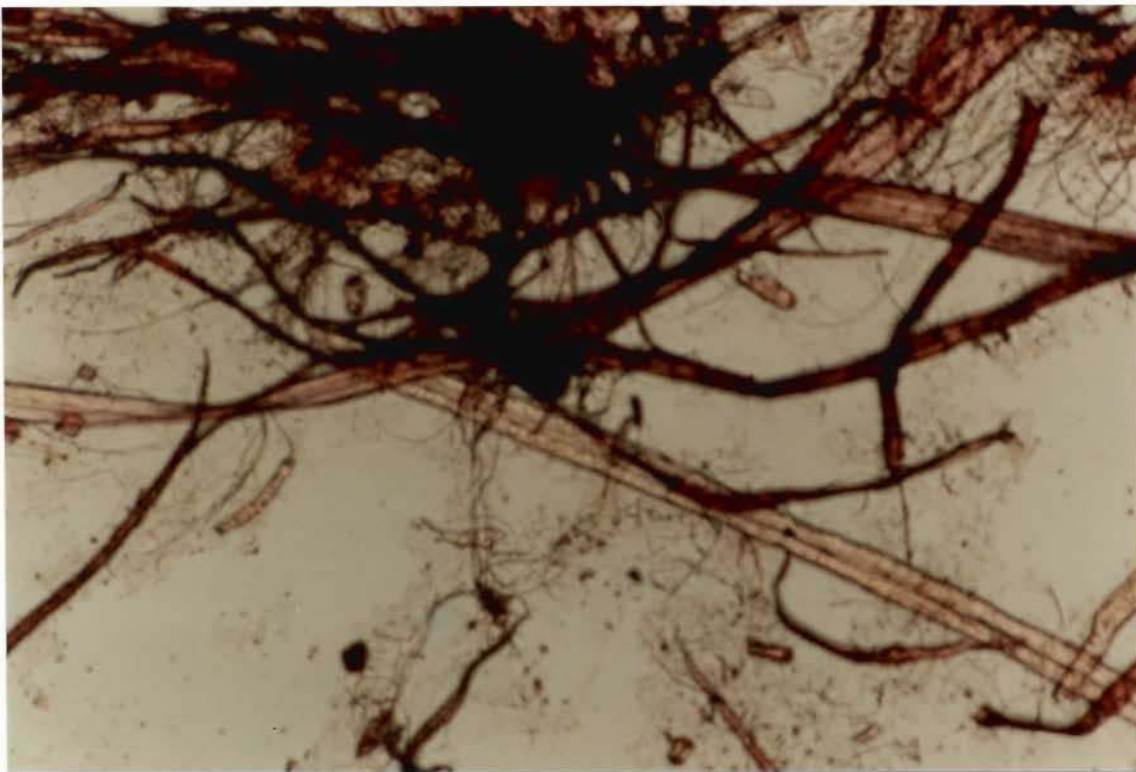


Figure 4.48 Photomicrographie de la pâte recyclée OW50 raffinée [104X].

CONCLUSION

Suite aux résultats de la présente étude, on a démontré que l'utilisation du traitement mécanique du coraffinage a permis l'amélioration du potentiel papetier des pâtes recyclées utilisées.

Les essais montrent des changements des importants des propriétés avec le coraffinage, comme la diminution de l'indice d'égouttage, de la blancheur, de l'opacité et de la taille des particules d'encre, avec une augmentation de la densité de la feuille, les propriétés physiques et la valeur de la rétention d'eau, sans modification appréciable de la longueur moyenne des fibres.

Nous avons vu également que l'augmentation du pourcentage de pâte recyclée OW50 dans les mélanges étudiés a produit une diminution de la densité de la feuille, de la blancheur, de la valeur de la rétention d'eau et de l'énergie de raffinage; et une augmentation de l'opacité, de la longueur moyenne des fibres et de la quantité des particules d'encre.

En ce qui concerne les systèmes de formation utilisés : la formette anglaise, la formette dynamique et la machine à papier pilote, les trois ont confirmé l'effet du coraffinage.

Les résultats obtenus indiquent que le coraffinage peut être utilisé industriellement et que des avantages forts importants sont réalisables là où il n'y pas d'unité de désencrage.

Comme recommandation pour des travaux futurs sur l'optimisation du procédé de raffinage, il faudrait essayer d'utiliser un raffineur plus approprié pour ces traitements, tels que le Conflo de Sunda Defibrator.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. LEASK , R. A. ; Pulp and Paper Manufacture, Vol 2 "Mechanical Pulping" , Third Edition, Éditeurs: R.A. Leask and M.J. Kocurek ; Tappi /CPPA , 1987, p: 1- 18
2. VALADE, J. L. ; LAW, K. N. " Production of New Grades of Mechanical Pulps", Pulp and Paper Canada, 95(4) : 23-29 (1994)
3. RYRBERG, K. G. ; JACKSON, M. and MC COOL, M.A.; "The Challenge of the Growth of Recycled Fiber Addition to TMP and CTMP Mechanical Pulp Furnishes for the Production of Printing Paper Grades", Publication Sunds Defibrator , p : 8 - 17 (1994).
4. Escola SENAI Theobaldo de Nigris, Institute de Pesquisas Tecnologicas de Estado de Sao Paulo, IPT; Tecnologia de fabricacao da pasta celulosica, Sao Paulo, Brasil. 1988.
5. SMOOK, G.A. ; Handbook for Pulp and Paper Technologists , Tappi- ACPPP, p : 230 - 239 (1982)
6. LUMIAINEN, J.J. ; "Refining Recycled Fibers: Advantages and Disadvantages", Tappi Journal, (8) : 92- 97 (1992)
7. LUMIAINEN, J.J ; " Do Recycled Fibres Need Refining" Paperi Ja Pu- Paper and Timber, 74 (4) : 319- 322 (1992)
8. LUMIAINEN, J.J. ; "Refining of recycled Fiber- A Key to Upgrading of Fiber Potential for Papermaking" , Publication Sunds Defibrator, Jylhä Oy, Finland p: 2-7 (1993) .
9. CLARK, E.D.; DOSHI, M.R.; HAMILTON, F.R.; HORACEK, R.G.; KLEINAU, J.H.; ORTNER, H.E., Les fibres secondaires, Cégep de Trois-Rivières, 1991.
10. BLISS, T. ; " Models Can Predict Centrifugal Cleaner Fractionation Trends", Pulp and Paper , 61(5) : 131 - 135 (1987).

11. HORACEK, R. ; "Deinking Manual", Beloit Manuals, Beloit Corporation, p : 10 - 16 (1979)
12. SALAGER, J.L.; ROJAS, O., «Fenomenos interfaciales en el destintado de Papel de Desperdicio», Laboratorio FIRP, Universidad de los Andes, 1991, 26 p.
13. BRICENO, O., «Descripcion del Proceso de Destintado por flotacion», Revista Acotepac (7) : 39-44 (1990).
14. ELLIS, R. ; SEDLACHEK, K. ; "Recycled Vs. Virgin Fiber Characteristics a Comparison", Tappi Journal, 76(2) : 157-161 (1993)
15. DEFOE, R.J. ; "Optimal Refining Conditions for Development of OCC Pulp Properties", Tappi Journal , 76 (2) : 143-146 (1993)
16. VALADE, J.-L. ; LAW,K.N. ; " Corefining of Wastepaper and Mechanical Pulp", Congreso Latinoamericano de Celulosa y Papel, Torremolinos, España, Junio de 1992. Preprints. p: 293-304
17. DEFOE, R. ; DEWER,C. "Some Typical Considerations for Secondary Fiber Refining", Progress in Paper Recycling , (11) : 31 - 36 (1992)
18. Tappi Test Methods, 1991, Vol. 1 "Fibrous materials and Pulp Testing", T 537 0m - 90
19. TREPANIER, R.J. ; "Dynamic forming : Parameters for Making Oriented Sheets in the Laboratory"; Pulp and Paper Canada , 90:4, 1989, p. 45-48
20. KORAN, Z. ; SYLVY, J. ; PRUD,HOMME, R.E. "Network Structure and Fiber Orientation in Paper", Tappi Journal : 69(5) : 126 - 128 (1986).
21. JOURDAIN, J.P. "La Formette Dynamique", Publication Allimand Machines à Papier, p : 1-5 (1985)
22. LEBEL, R.G. ; NOBLEZA , G . C. ; PAQUET, R. ; "Water retention value indicates machine runnability of pulp", Pulp and Paper Canada 80 (5) : 64-68 (1979)
23. MINOR, J.L.; "Hornification - Its origin and Meaning", Progress in Paper Recycling (2): 93-95 (1994)

24. LAIVINS, G.V. ; SCALLAN, A.M. ; "The mechanism of hornification of wood pulps", Fundamental Research Symposium, Oxford , (9) : 1235 - 1260 (1993)

ANNEXE A

VALEURS DE LA CLASSIFICATION BAUER MC NETT

% Pâte Recyclée	0	20	30	40	60	70	80	100
R14	0	.03	0.9	1	2.7	5.2	5.7	6.7
14/28	4	8.3	12.1	13.1	17.1	19.4	19.9	20.2
28/48	36.4	34.1	35.2	31.8	31.1	30.2	30	26
48/100	30.4	28.6	28.5	26.7	25.7	24.2	24.8	21.7
100/200	11.3	10.9	11	9.3	10.4	9.5	7.7	8.8
P200	17.9	17.8	12.2	18.1	13	11.5	11.9	16.6

Tableau A1 Bauer Mc Nett des pâtes non coraffinées

% Pâte Recyclée	0	20	40	70
R14	5.9	1	2.5	0.2
14/28	6.1	10.2	14.5	5.5
28/48	39.6	33.7	32.6	38.1
48/100	22.7	26.8	22.6	29.4
100/200	7	8.8	11	9.4
P200	18.7	19.5	16.8	17.4

Tableau A2 Bauer Mc Nett des pâtes coraffinées

% Pâte Recyclée	0	20	30	40	60	70	80	100
R14	0.2	0.6	1.7	2.5	5.1	4.4	6.4	7.7
14/28	5.2	10.5	13.3	16.1	19	17.5	18.5	20.7
28/48	41.3	35.6	35.4	34.8	30.8	27.8	31.6	25.6
48/100	32	29	27.8	26.4	26.4	24.5	23.5	21.6
100/200	12.2	7.8	9.6	9.9	9.6	9.7	9	8.6
P200	9.1	16.5	12.2	10.3	9.1	16.1	11	15.8

Tableau A3 Bauer Mc Nett des pâtes coraffinées avec Sommerville

ANNEXE B

DISTRIBUTION DE PARTICULES DE SALETÉ (TAPPI DIRT COUNT)

% de recyclée	particles (mm2)														TOTAL
	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	750	600	550	130	90	60	100	40	50	60	30	10	30	10	2510
30	1300	840	590	200	140	180	260	120	150	60	60	20	10	10	3940
40	1700	1640	900	270	250	230	230	190	110	120	10	10	0	0	5660
60	3030	2450	1200	500	338	413	300	225	300	212	50	25	25	0	9068
70	3180	2790	1700	583	516	366	283	316	383	250	150	17	17	0	10551
80	4110	2800	3100	950	375	575	1075	400	575	350	150	100	25	0	14585
100	5740	5200	2475	1375	375	675	775	275	550	325	50	25	50	0	17890
TOTAL	19810	16320	10515	4008	2084	2499	3023	1566	2118	1377	500	207	157	20	64204

Tableau B1 Dirt count Tappi Nocortoile (pâtes non raffinées, côté toile).

% de recyclée	particles (mm2)														TOTAL
	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	800	650	230	80	120	110	70	110	70	40	10	0	10	20	2320
30	1150	900	500	170	130	190	190	140	70	60	10	10	0	0	3520
40	1610	1360	490	190	200	190	130	140	90	100	80	10	0	0	4590
60	2720	2180	838	313	388	175	413	150	325	175	38	38	0	0	7753
70	3230	3190	1217	467	300	267	550	317	250	233	117	50	49	0	10237
80	3820	2190	2500	1050	450	600	1125	475	475	150	175	100	25	25	13160
100	4450	3420	2125	575	525	700	750	325	375	200	125	0	0	25	13595
TOTAL	17780	13890	7900	2845	2113	2232	3228	1657	1655	958	555	208	84	70	55175

Tableau B2 Dirt count Tappi Nocorfeutre (pâtes non raffinées, côté feutre).

% de recyclée	particles (mm2)														TOTAL
	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	150	140	150	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	450
30	650	250	250	50	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	1230
40	1200	400	350	80	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	2040
60	1440	500	430	50	30	30	0	0	20	10	0	0	0	0	2510
70	1970	900	690	120	100	50	50	30	10	30	0	0	0	0	3950
80	1560	550	690	50	0	20	20	10	0	0	0	0	0	0	2900
100	2390	980	1070	250	200	120	90	10	20	50	10	0	20	10	5220
TOTAL	9360	3720	3630	600	330	260	160	50	50	90	10	0	30	10	18300

Tableau B3 Dirt count Tappi CorToile (pâtes raffinées, côté toile).

% de recyclée	particles (mm2)														TOTAL
	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	150	130	160	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	460
30	500	200	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	840
40	850	350	250	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1520
60	1030	360	240	60	20	30	20	20	40	0	0	0	0	0	1820
70	1400	660	560	200	90	110	100	50	10	10	0	0	0	0	3190
80	1350	590	320	50	40	40	0	10	0	0	0	0	0	0	2400
100	1720	800	820	240	160	50	110	50	0	20	10	0	10	0	3990
TOTAL	7000	3090	2490	640	310	230	230	130	50	30	10	0	10	0	14220

Tableau B4 Dirt count Tappi CorFeutre (pâtes raffinées, côté feutre).

ANNEXE C

PROPRIÉTÉS PHYSICOMÉCANIQUES DES PÂTES

% de recyclée	0	20	30	40	60	70	80	100
I. d'égouttage, mL	280	325	310	315	360	350	360	390
Longueur de fibre, mm	0.82	0.87	0.97	0.94	1.05	1.14	1.17	1.14
I. Tension, N.m/g	51.68	44.23	45.5	44.62	38.15	32.27	32.76	26.77
Éclatement, kPa.m ² /g	2.5	2.32	2.17	2.25	2.2	2.11	2.22	2.17
Déchirure, mN.m ² /g	5.09	6.01	6.54	7.57	9.23	10.49	10.21	11.94
Blancheur ISO, %	81	76.5	76.6	75.9	73.6	74.1	72.4	72.7
Coef. diffusion, m ² /kg	34	32	36	38	39	41	39	41
Coef. absorption, m ² /g	0.4	0.6	0.7	0.8	1.1	1.1	1.2	1.2
Opacité, %	76.3	77.6	80.5	82	84.4	85	85	85.8
Kajaani, mm	1.17	1.41	1.45	1.66	1.74	1.31	1.35	1.55
WRV, %	194	192	192	187	175	171	154	145
Densité, kg/m ³	0.52	0.51	0.52	0.5	0.49	0.47	0.48	0.48
Grammage, g/m ²	61	55	60	60	63	61	60	60

Tableau C1 Papiers formés avec Formette anglaise (sans coraffinage).

% de recyclée	0	20	30	40	60	70	80	100
I. d'égouttage, mL	440	345	316	265	250	120	190	130
Longueur de fibre, mm	0.9	0.93	1.01	1.07	1.15	1.06	1.17	1.18
Tension, N.m/g	50.21	54.72	57.27	55.31	55.7	60.31	58.94	56.78
Éclatement, kPa.m ² /g	2.19	2.68	2.92	2.95	3.41	3.78	3.4	4.08
Déchirure, mN.m ² /g	4.95	6.04	6.79	7.62	8.33	8.14	9.74	10.2
Blancheur ISO, %	80.7	77.2	75.2	74.6	73.4	71.6	72.4	71.9
Coef. diffusion, m ² /kg	36	33	31	32	30	31	35	31
Coef. absorption, m ² /g	0.4	0.6	0.7	0.8	0.8	1	1.1	1.1
Opacité, %	77.9	78.4	77.6	79	78.5	79.6	82.9	80.6
Kajaani, mm	1.33	1.37	1.44	1.44	1.5	1.75	1.75	1.87
WRV, %	216	192	191	195	185	204	190	181
Densité, kg/m ³	0.51	0.51	0.54	0.53	0.54	0.53	0.56	0.54
Grammage, g/m ²	64	61	61	62	59	59	65	60

Tableau C2 Papiers formés avec Formette anglaise (avec coraffinage et traitement Sommerville).

% de recyclée	0	20	40	70	100
I. d'égouttage, mL	170	170	150	140	80
Longueur de fibre, mm	1.01	0.91	1	0.86	1.18
I. de Tension, N.m/g	62.08	59.82	57.27	55.61	56.78
Éclatement, kPa.m2/g	3.15	3.23	3.21	3.73	4.08
Déchirure, mN.m2/g	5.11	6.45	8.61	9.39	10.2
Blancheur ISO, %	79.3	76.4	74.6	71.7	71.9
Coef. diffusion, m2/kg	28	30	29	31	31
Coef. absorption, m2/g	0.4	0.6	0.7	1	1.1
Opacité, %	72.9	75.8	77.1	79.6	80.6
Kajaani, mm	1.15	1.23	1.08	1.97	1.87
Densité, kg/m3	0.57	0.57	0.59	0.55	0.54
Grammage, g/m2	57	59	57	57	60

Tableau C3 Papiers formés avec Formette anglaise (avec coraffinage).

% de recyclée	0	20	30	40	60	70	80	100
I. d'égouttage, mL	280	325	310	315	360	350	360	390
I. deTension SM, N.m/g	81.5	71.59	58.94	66.49	55.61	52.96	51.09	45.9
I. deTension ST, N.m/g	23.68	24.81	26.68	26.09	21.48	21.97	24.52	21.97
Éclatement, kPa.m2/g	2.13	2.24	2.11	2.04	1.94	1.66	2.19	1.93
Déchirure SM, mN.m2/g	3.1	5.1	5.98	5.65	7.01	7.5	8.32	11.68
Déchirure ST, mN.m2/g	7.02	8.09	8.81	9.48	10.4	12.03	13.2	13.74
Blancheur ISO, %	80.6	78.7	76.7	75.6	73.9	73.4	72.7	71.9
Coef. diffusion, m2/kg	38	40	41	42	43	44	46	48
Coef.absorption,m2/g	0.5	0.6	0.8	1	1.2	1.3	1.5	1.7
Opacité, %	79.2	82.7	82.8	85.4	87.5	88.4	88.8	90
Densité, kg/m3	0.43	0.45	0.41	0.45	0.49	0.47	0.46	0.47
Grammage, g/m2	60	63	60	61	60	60	60	58

Tableau C4 Papiers formés avec Formette dynamique (sans coraffinage).

% de recyclée	0	20	30	40	60	70	80	100
I. d'égouttage, mL	440	345	316	265	250	120	190	130
I. de Tension SM, N.m/g	86.6	93.75	84.14	81.5	91.99	70.81	94.05	80.61
I. de Tension ST, N.m/g	27.26	34.23	31.48	41.29	42.66	37.66	37.76	37.95
Éclatement, kPa.m ² /g	2.43	3.21	2.84	3.23	3.93	3.66	4.38	4.08
Déchirure SM, mN.m ² /g	4.71	5.72	6.88	7.85	9.27	9.41	9.75	9.65
Déchirure ST, mN.m ² /g	7.53	9.19	10.07	10.43	13.06	12.54	13.86	13.8
Blancheur ISO, %	80.3	78	76.5	74.8	73.7	71.1	71.7	70
Coef. diffusion, m ² /kg	35	35	34	34	37	37	35	38
Coef. absorption, m ² /g	0.4	0.6	0.7	0.8	1	1.3	1.2	1.6
Opacité, %	77.7	80.2	79.7	81	84.8	84.9	83.6	85.7
Densité, kg/m ³	0.47	0.5	0.51	0.52	0.5	0.53	0.51	0.55
Grammage, g/m ²	60	63	60	61	64	60	60	58

Tableau C5 Papiers formés avec Formette dynamique (avec coraffinage et traitement Sommerville).

% de recyclée	30	70	100
I. d'égouttage, mL	316	120	130
I. de Tension SM, N.m/g	75.12	56.19	55.51
I. de Tension ST, N.m/g	29.81	33.44	26.58
Éclatement, kPa.m ² /g	2.57	2.42	2.28
Déchirure SM, mN.m ² /g	6.74	11.47	10.43
Déchirure ST, mN.m ² /g	7.57	13.42	11.63
Blancheur ISO, %	78.1	76.1	73.3
Coef. diffusion, m ² /kg	34	37	40
Coef. absorption, m ² /g	0.5	1	1
Opacité, %	75.7	81.2	84
Densité, kg/m ³	0.49	0.48	0.49
Grammage, g/m ²	56	55	58

Tableau C6 Papiers formés avec Machine à papier pilote (sans coraffinage).

% de recyclée	0	30	70	100
I. d'égouttage, mL	170	160	140	80
I. de Tension SM, N.m/g	62.27	88.56	75.91	64.73
I. de Tension ST, N.m/g	29.62	36.09	33.54	27.07
Éclatement, kPa.m ² /g	2.15	3.17	2.9	2.94
Déchirure SM, mN.m ² /g	5.96	7.1	8.58	10.11
Déchirure ST, mN.m ² /g	6.64	8.29	9.8	11.31
Blancheur ISO, %	83.6	72.5	69.3	70.3
Coef. diffusion, m ² /kg	35	29	31	35
Coef. absorption, m ² /g	0.2	0.7	1.1	1.3
Opacité, %	73.1	75.2	80.4	82.5
Densité, kg/m ³	0.41	0.51	0.53	0.5
Grammage, g/m ²	57	57	60	57

Tableau C7 Papiers formés avec Machine à papier (avec coraffinage).

V.M. Peña *; J.L. Valade** ; K.N. Law**

*Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela

**Universidad de Québec en Trois-Rivières, Québec, Canada

PALABRAS CLAVES:

Refinación, fibra secundaria, reciclado, pulpa BCTMP

Resumen:

En base a la semejanza, como proceso termodinámico, entre el destintado de papel de desperdicio y la fabricación de pulpa quimotermomecánica, se ensaya un nuevo concepto de obtención de pulpa, mediante la corefinación atmosférica de papel de desperdicio con pulpa BCTMP, utilizando un refinador Sunds Defibrator CD300.

Se busca como objetivo la obtención, en una línea normal de producción TMP, de un nuevo tipo de pulpa para fabricar papeles de impresión, sin utilizar ni equipos, ni reactivos para el destintado.

Los ensayos se realizan a tres niveles, utilizando la formadora inglesa, la formadora dinámica y la máquina papelería piloto. Los resultados obtenidos muestran los efectos de la corefinación y la posibilidad de incorporar reciclado en fábricas que no posean un sistema de destintado.

Summary

Based on thermodynamical similarities between the production of mechanical pulps and deinking of waste papers, a new concept for the production of a new type of pulp to be used in printing and writing grades is proposed. Two industrial pulps, a bleached chemithermomechanical pulp (BCTMP) made from aspen and a recycled not deinked pulp were corefined at atmospheric pressure using a Sunds Defibrator CD300 pilot unit. The main objective of the project was to produce a new pulp while eliminating chemical reactives as well as traditional deinking equipment. Testing of the pulps were done using a British former, a dynamic former and a pilot paper machine. From the results obtained, it would appear that there are large advantages of using such a technique especially where no deinking units are in place.

Résumé

Un nouveau concept pour l'obtention de pâte est développé lequel fait appel aux similitudes

thermodynamiques qui existent entre le désencrage de vieux papiers et la mise en pâte thermomécanique. Deux pâtes industrielles, soit une pâte chimiothermomécanique blanchie (BCTMP) de tremble et une pâte recyclée non désencrée ont été coraffinées à pression atmosphérique à l'aide d'une unité pilote de raffinage Sunds Defibrator CD300. L'objectif principal poursuivi dans le cadre de ce projet consiste à obtenir un nouveau type de pâte pouvant servir dans des papiers impression et écriture et ce sans l'utilisation de réactifs chimiques et/ou d'équipements traditionnels de désencrage. Les essais sur les diverses pâtes obtenues ont été réalisés en utilisant la formette anglaise, la formette dynamique de même qu'une machine à papier pilote. Les résultats obtenus indiquent que le coraffinage peut être utilisé industriellement et que des avantages forts importants sont réalisables là où il n'y a pas d'unité de désencrage.

INTRODUCCION

Las principales razones del crecimiento del mercado de la fibra secundaria son de tipo económico, tecnológico o ambiental.(1)

Tradicionalmente en muchos países, la mayor fuerza ha sido la económica, especialmente en aquellos sin recursos forestales significativos, donde la fibra reciclada es mucho más barata que la fibra virgen. La segunda fuerza es tecnológica. La tecnología del reciclado ha avanzado en forma rápida, especialmente en las tecnologías de destintado. Estos desarrollos han mejorado tanto la calidad de la pulpa como su desempeño y rendimiento en el sistema. Las fábricas están produciendo ahora una pulpa reciclada de muy alta calidad, similar a la pulpa virgen, que se ha venido incorporando cada vez más a los papeles de alta calidad.

El tercer factor, la legislación ambiental, ha comenzado a ser más significativo en los últimos años y será el más importante factor en el futuro próximo, dadas las nuevas legislaciones en materia ambiental que imponen contenidos de pulpa reciclada en los distintos tipos de papeles y cartones. En un sistema de reciclado la remoción de los contaminantes es el factor más importante. El reciclaje de papel es esencialmente un proceso de separación de los dos componentes mayores del papel de desperdicio: las fibras utilizables y los contaminantes. La separación de estos dos elementos se hace en

base a sus diferencias. Un contaminante es mas facil de remover cuando una propiedad dada es mucho mas diferente en la fibra que en el. Cuando el tamaño de la impureza se aproxima al de la fibra, el grado de dificultad de remocion aumenta rapidamente, por lo tanto la tinta y los pegotes son impurezas dificiles a remover.

En el proceso de separacion es deseable reducir el tamaño de partícula de la tinta a un pequeño rango, llevando al minimo los procesos necesarios para una optima remocion. La dispersion a alta consistencia ha demostrado ser efectiva para reducir el tamaño de la partícula de tinta. La refinacion es una atrayente operacion que permite la dispersion de las partículas, a la vez que mejora las propiedades de resistencia de las fibras, lo cual puede ser una solucion viable para los pequeños productores de papel, que no puedan realizar la costosa inversion que significa una nueva planta de destintado. (2,3,4)

En el presente estudio, se realiza una corefinacion de mezclas de pulpa BCTMP con diferentes proporciones de papel reciclado para observar el efecto en las propiedades fisicomecanicas y en la dispersion de la tinta.

PARTE EXPERIMENTAL

MATERIA PRIMA

Se utilizo una pulpa BCTMP de Alamo (*Populus tremuloides*), la cual fue mezclada en diferentes porcentajes en peso con una pulpa reciclada OW50 sin destintado real (solo etapa de lavado). Esta pulpa OW50 tuvo una composicion de 50 % papel de oficina (office waste) y 50 % de ledger impreso.

MEZCLA INICIAL	MEZCLA COREFINADA	BCTMP %	RECICLADO %
I	1	100	0
II	2	80	20
III	3	70	30
IV	4	60	40
V	5	40	60
VI	6	30	70
VII	7	20	80
VIII	8	0	100

Una parte de cada una de las mezclas fue refinada a consistencia del 10 % y energia promedio de refino de 250 kwh/tma, utilizando para ello un refinador Sunds Defibrator CD 300, obteniendose de esta manera 8 mezclas sin refinar y 8 mezclas refinadas. A partir de cada una de las mezclas obtenidas se fabricaron hojas de prueba en tres equipos diferentes.

EQUIPO	CARACTERISTICAS
Formadora Inglesa	Hojas de 1.2 gramos Peso basico 60 g/m ²
Formadora Dinamica	Velocidad de la Tela 950 m/min Velocidad del Jet 1250 m/min Peso basico 60 g/m ²
Maquina Papelera Piloto	Velocidad 15-100 m/min Peso basico 60 g/m ²

Se evaluaron propiedades fisicomecanicas a las hojas obtenidas en cada equipo, siguiendo los metodos standar de la Asociacion Canadiense de Pulpa y Papel (ACPP) y las normas TAPPI.

Se estudio la variacion de la longitud promedio de las fibras de cada mezcla utilizando para ello el clasificador de fibras Bauer Mc Nett y el Kajaani.

El valor de retencion de agua (WRV) de cada una de las mezclas de pulpas fue determinado por centrifugacion, mediante el metodo de Lebel (5) y de acorde a Tappi UM 256.

Posteriormente se fabricaron hojas de prueba, a partir de las pulpas obtenidas, utilizando la formadora de hojas inglesa, con recirculacion. A estas hojas se les realizo el conteo de puntos sucios segun la norma Tappi 537.

Laminas de laboratorio fueron preparadas para observacion microscopica mediante stereomicroscopio Zeiss.

Siguiendo el procedimiento Beloit (7) se fabricaron miliporos para estudio de las partículas de tinta, mediante el analizador de imagen

Resultados y Discusion

Drenado:

El escurrimiento de las pulpas sin refinar aumenta con el porcentaje de reciclado, presentandose lo contrario en las pulpas refinadas, como consecuencia de la aparicion de finos y de una estructura con mayor fibrilacion. Cuando las pulpas refinadas fueron sometidas a una clasificacion Somerville, el escurrimiento de las pulpas refinadas aumento considerablemente, debido a la remocion de los finos, los cuales cambian las condiciones de drenado de la red fibrosa. Figura 1.

Retencion de agua (WRV):

El valor de retencion de agua de las pulpas disminuyo al aumentar el contenido de reciclado en las mezclas, lo cual se debe a la contraccion diametrica de la pared de la fibra con el reciclado. Cuando se

refinaron las mezclas su valor de retención de agua aumento, como resultado del efecto positivo de la refinación. Figura 2.

Longitud de fibra (Bauer Mc Nett):

La longitud de fibra aumento al aumentar el porcentaje de fibra reciclada en las mezclas, evidencia de que las fibras mas largas estan contenidas en el reciclado y las mas cortas en la pulpa BCTMP. Figura 3.

Densidad:

La densidad de las hojas de prueba disminuyo al ir aumentando el porcentaje de reciclado, tanto para las mezclas no refinadas, como para las corefinadas, debido a la mayor densificación de la pared de las fibras contenidas en el reciclado, igualmente contribuye a este efecto la acción de compresión - descompresión que durante el refinado produce el aplastamiento de las fibras. Figura 4.

Propiedades ópticas:

La opacidad aumenta con el porcentaje de pulpa reciclada como consecuencia de la mayor cantidad de color negro (tinta) en el reciclado. Con el corefinado la opacidad disminuye debido al aumento de superficie enlazada al interior de la hoja, esto se refleja en la disminución en los valores del coeficiente de difusión de la luz, que es una medida de la superficie no ligada al interior de la hoja. La blancura disminuye con el porcentaje de pulpa reciclada como resultado del aumento del color negro (tinta), y cambia muy poco luego de la refinación, pues las partículas de tinta de menor tamaño se desprenden mas fácilmente de la red fibrosa. Figuras 5- 6 - 7 - 8.

Energía:

En todos los casos la incorporación de reciclado a la pulpa BCTMP resultó en una disminución del consumo específico de energía.

Formadora inglesa:

Las propiedades índice de tensión y de explosión aumentaron con el corefinado. Este aumento fué mayor en las mezclas con más alto porcentaje de reciclado, lo cual indica la tendencia de la fibra reciclada a crear enlaces como resultado de su contenido de pulpa química. Esta resistencia disminuye al aumentar el porcentaje de pulpa reciclada debido a que la habilidad de enlace de las fibras recicladas ha sido afectada por el reciclo. Esta habilidad de enlace mejora sensiblemente luego del

refino.

El índice de rasgado disminuyó levemente con la refinación. Esto indica poca acción de corte sobre las fibras, efecto que se comprueba con la leve variación de la longitud promedio de fibras, apreciada luego del corefinado. También el aumento del número de contactos fibra-fibra favorece esta tendencia. El índice de rasgado aumentó con el porcentaje de reciclado en las muestras, tanto en las pulpas sin refinar como en las pulpas refinadas, pues está influenciado altamente por la longitud de fibras y la fracción de fibras mas largas esta localizada en el reciclado. Tablas I - II - III

Formadora dinámica:

La resistencia a la tensión sentido máquina de las pulpas no corefinadas disminuyó al aumentar el porcentaje de reciclado. Para las mezclas corefinadas se mantuvo constante. La resistencia a la tensión sentido transversal de las pulpas no corefinadas se mantuvo constante al aumentar el porcentaje de reciclado, y en las pulpas refinadas aumentó ligeramente con la refinación. Este cambio fué superior en sentido máquina.

El índice de rasgado, tanto en sentido máquina como en sentido transversal, aumentó con el porcentaje de reciclado en la mezcla. La refinación aumentó el índice de rasgado en los dos sentidos, siendo mayor en el sentido máquina.

El índice de estallido aumentó con la refinación para todas las mezclas, siendo mayor en aquellas con mayor porcentaje de reciclado. En las mezclas sin refinar, la variación del índice de estallido con el porcentaje de reciclado fué poca, siendo mayor la variación observada en las mezclas corefinadas. Tablas IV - V.

Máquina papelera:

La resistencia a la tensión sentido máquina, tanto de las pulpas no corefinadas como de las pulpas corefinadas, disminuyó al aumentar el porcentaje de reciclado en la mezcla. La resistencia sentido transversal, tuvo poca variación.

El índice de estallido aumentó con la refinación y disminuyó con el porcentaje de pulpa reciclada.

El índice de rasgado sentido máquina y sentido transversal aumentó con el contenido de pulpa reciclada, tanto para las pulpas no corefinadas como para las corefinadas, como resultado de la influencia de la mayor longitud promedio de fibras en el reciclado y al contenido de fibras químicas de éste. El índice de rasgado en los dos sentidos disminuyó con la refinación. Tablas VI - VII

CONCLUSIONES

El corefinado de mezclas de pulpa BCTMP de Alamo y papel reciclado OW50 produce disminucion del drenado y de la opacidad, aumenta la densidad de la hoja y las propiedades fisicomecanicas, con poca variacion en la longitud promedio de las fibras y en la blancura de las pulpas.

El aumento en el contenido de reciclado en las mezclas obtenidas produce disminucion de la densidad la hoja y de la blancura de las pulpas ,aumentando la opacidad y la longitud promedio de las fibras.

La corefinación de mezclas de pulpa ofrece la posibilidad de incorporar reciclado en fábricas que no posean un sistema de destintado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1 - Ryrberg K.J.; Jackson, M.; Mc Coll M.A., The challenge of the growth of recycled fiber addition to TMP and CTMP Mechanical Pulp furnishes for the production of Printing Paper Grades ,Asian Paper , Singapur 1994.
- 2 - Valade, J.L.; Law, K.N. ; Production of new grades of mechanical pulp. Pulp and Paper Canada 95:4 (1994) p 23-29.
- 3 - Lumiainen, J.J. ; Refining Recycled Fibers : Advantages and Disadvantages, Tappi Journal, vol 75, No 8 , August 1992.
- 4 - Valade, J.L.; Law, K.N. ; Peng, Y.X. Influence of Blending Virgin Pulp on the Papermaking Potential of Reslashed Fibers. Progress in Paper Recycling, Vol 3, No 2, 1160-67 February 1994.
- 5- Lebel, R.G.; Nobleza, G.C.; Paquet, R. ; Water retention value indicates machine runnability of pulp. Pulp and Paper Canada, Vol 80, No 5, May 1979.
- 6 - Paper Recycler, Analyzing Trends in the Paper, Paperboard and Packaging Industry, January 1994, vol 5, No 1.
- 7- Beloit Corporation; Modified Procedure for Millipores. February 1989.

TABLA I
PROPIEDADES DE LAS PULPAS SIN REFINAR VS % DE RECICLADO EN LAS MEZCLAS
FORMADORA INGLESA

109

% de reciclado	0	20	30	40	60	70	80	100
Escurrecimiento, mL	280	325	310	315	360	350	360	390
Longitud de fibra, mm	0.82	0.87	0.97	0.94	1.05	1.14	1.17	1.14
Tension, N.m/g	51.68	44.23	45.5	44.62	38.15	32.27	32.76	26.77
Estallido, kPa.m ² /g	2.5	2.32	2.17	2.25	2.2	2.11	2.22	2.17
Rasgado, mN.m ² /g	5.09	6.01	6.54	7.57	9.23	10.49	10.21	11.94
Blancura ISO, %	81	76.5	76.6	75.9	73.6	74.1	72.4	72.7
Coef. difusion, m ² /kg	34	32	36	38	39	41	39	41
Coef. absorcion, m ² /g	0.4	0.6	0.7	0.8	1.1	1.1	1.2	1.2
Opacidad, %	76.3	77.6	80.5	82	84.4	85	85	85.8
Kajaani, mm	1.17	1.41	1.45	1.66	1.74	1.31	1.35	1.55
WRV, %	194	192	192	187	175	171	154	145
Densidad, kg/m ³	0.52	0.51	0.52	0.5	0.49	0.47	0.48	0.48
Peso base, g/m ²	61	55	60	60	63	61	60	60

TABLA II
PROPIEDADES DE LAS PULPAS REFINADAS VS. % DE RECICLADO EN LAS MEZCLAS
FORMADORA INGLESA

% de reciclado	0	20	30	40	60	70	80	100
Escurrecimiento, mL	440	345	316	265	250	120	190	130
Longitud de fibra, mm	0.9	0.93	1.01	1.07	1.15	1.06	1.17	1.18
Tension, N.m/g	50.21	54.72	57.27	55.31	55.7	60.31	58.94	56.78
Estallido, kPa.m ² /g	2.19	2.68	2.92	2.95	3.41	3.78	3.4	4.08
Rasgado, mN.m ² /g	4.95	6.04	6.79	7.62	8.33	8.14	9.74	10.2
Blancura ISO, %	80.7	77.2	75.2	74.6	73.4	71.6	72.4	71.9
Coef. difusion, m ² /kg	36	33	31	32	30	31	35	31
Coef. absorcion, m ² /g	0.4	0.6	0.7	0.8	0.8	1	1.1	1.1
Opacidad, %	77.9	78.4	77.6	79	78.5	79.6	82.9	80.6
Kajaani, mm	1.33	1.37	1.44	1.44	1.5	1.75	1.75	1.87
WRV, %	216	192	191	195	185	204	190	181
- Densidad, kg/m ³	0.51	0.51	0.54	0.53	0.54	0.53	0.56	0.54
Peso base, g/m ²	64	61	61	62	59	59	65	60

TABLA III
PROPIEDADES DE LAS PULPAS REFINADAS VS % DE RECICLADO EN LAS MEZCLAS
FORMADORA INGLESA SIN SOMMERVILLE

% de reciclado	0	20	40	70	100
Escurrecimiento, mL	170	170	150	140	80
Longitud de fibra, mm	1.01	0.91	1	0.86	1.18
Tension, N.m/g	62.08	59.82	57.27	55.61	56.78
Estallido, kPa.m ² /g	3.15	3.23	3.21	3.73	4.08
Rasgado, mN.m ² /g	5.11	6.45	8.61	9.39	10.2
Blancura ISO, %	79.3	76.4	74.6	71.7	71.9
Coef. difusion, m ² /kg	28	30	29	31	31
Coef. absorcion, m ² /g	0.4	0.6	0.7	1	1.1
Opacidad, %	72.9	75.8	77.1	79.6	80.6
Kajaani, mm	1.15	1.23	1.08	1.97	1.87
Densidad, kg/m ³	0.57	0.57	0.59	0.55	0.54
Peso base, g/m ²	57	59	57	57	60

TABLA IV
PROPIEDADES DE LAS PULPAS SIN REFINAR VS % DE RECICLADO EN LAS MEZCLAS
FORMADORA DINAMICA

111

% de reciclado	0	20	30	40	60	70	80	100
Escurrecimiento, mL	280	325	310	315	360	350	360	390
Tension SM , N.m/g	81.5	71.59	58.94	66.49	55.61	52.96	51.09	45.9
Tension ST ,N.m/g	23.68	24.81	26.68	26.09	21.48	21.97	24.52	21.97
Estallido,kPa.m2/g	2.13	2.24	2.11	2.04	1.94	1.66	2.19	1.93
Rasgado SM, mN.m2/g	3.1	5.1	5.98	5.65	7.01	7.5	8.32	11.68
Rasgado ST, mN.m2/g	7.02	8.09	8.81	9.48	10.4	12.03	13.2	13.74
Blancura ISO, %	80.6	78.7	76.7	75.6	73.9	73.4	72.7	71.9
Coef. difusion, m2/kg	38	40	41	42	43	44	46	48
Coef.absorcion,m2/g	0.5	0.6	0.8	1	1.2	1.3	1.5	1.7
Opacidad,%	79.2	82.7	82.8	85.4	87.5	88.4	88.8	90
Densidad, kg/m3	0.43	0.45	0.41	0.45	0.49	0.47	0.46	0.47
Peso base, g/m2	60	63	60	61	60	60	60	58

TABLA V
PROPIEDADES DE LAS PULPAS REFINADAS VS % DE RECICLADO EN LAS MEZCLAS
FORMADORA DINAMICA

% de reciclado	0	20	30	40	60	70	80	100
Escurrecimiento, mL	440	345	316	265	250	120	190	130
Tension SM , N.m/g	86.6	93.75	84.14	81.5	91.99	70.81	94.05	80.61
Tension ST ,N.m/g	27.26	34.23	31.48	41.29	42.66	37.66	37.76	37.95
Estallido,kPa.m2/g	2.43	3.21	2.84	3.23	3.93	3.66	4.38	4.08
Rasgado SM, mN.m2/g	4.71	5.72	6.88	7.85	9.27	9.41	9.75	9.65
Rasgado ST, mN.m2/g	7.53	9.19	10.07	10.43	13.06	12.54	13.86	13.8
Blancura ISO, %	80.3	78	76.5	74.8	73.7	71.1	71.7	70
Coef. difusion, m2/kg	35	35	34	34	37	37	35	38
Coef.absorcion,m2/g	0.4	0.6	0.7	0.8	1	1.3	1.2	1.6
Opacidad,%	77.7	80.2	79.7	81	84.8	84.9	83.6	85.7
Densidad, kg/m3	0.47	0.5	0.51	0.52	0.5	0.53	0.51	0.55
Peso base, g/m2	60	63	60	61	64	60	60	58

TABLA VI
PROPIEDADES DE LAS PULPAS SIN REFINAR VS % DE RECICLADO EN LAS MEZCLAS
MAQUINA PAPELERA PILOTO

% de reciclado	30	70	100
Escurrecimiento, mL	316	120	130
Tension SM , N.m/g	75.12	56.19	55.51
Tension ST ,N.m/g	29.81	33.44	26.58
Estallido,kPa.m2/g	2.57	2.42	2.28
Rasgado SM, mN.m2/g	6.74	11.47	10.43
Rasgado ST, mN.m2/g	7.57	13.42	11.63
Blancura ISO, %	78.1	76.1	73.3
Coef. difusion, m2/kg	34	37	40
Coef.absorcion,m2/g	0.5	1	1
Opacidad,%	75.7	81.2	84
Densidad, kg/m3	0.49	0.48	0.49
Peso base, g/m2	56	55	58

TABLA VII
PROPIEDADES DE LAS PULPAS REFINADAS VS % DE RECICLADO EN LAS MEZCLAS
MAQUINA PAPELERA PILOTO

% de reciclado	0	30	70	100
Escurrecimiento, mL	170	160	140	80
Tension SM , N.m/g	62.27	88.56	75.91	64.73
Tension ST ,N.m/g	29.62	36.09	33.54	27.07
Estallido,kPa.m2/g	2.15	3.17	2.9	2.94
Rasgado SM, mN.m2/g	5.96	7.1	8.58	10.11
Rasgado ST, mN.m2/g	6.64	8.29	9.8	11.31
Blancura ISO, %	83.6	72.5	69.3	70.3
Coef. difusion, m2/kg	35	29	31	35
Coef.absorcion,m2/g	0.2	0.7	1.1	1.3
Opacidad,%	73.1	75.2	80.4	82.5
Densidad, kg/m3	0.41	0.51	0.53	0.5
Peso base, g/m2	57	57	60	57

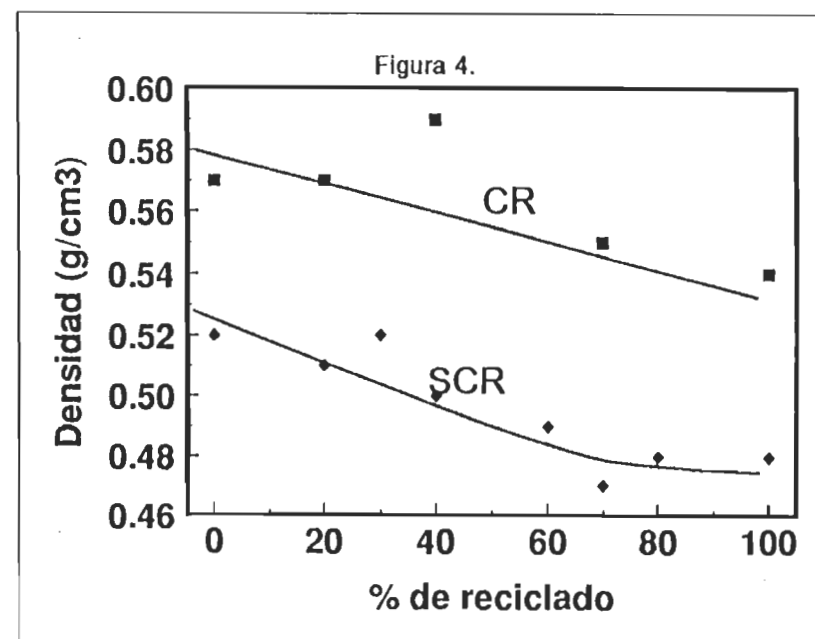
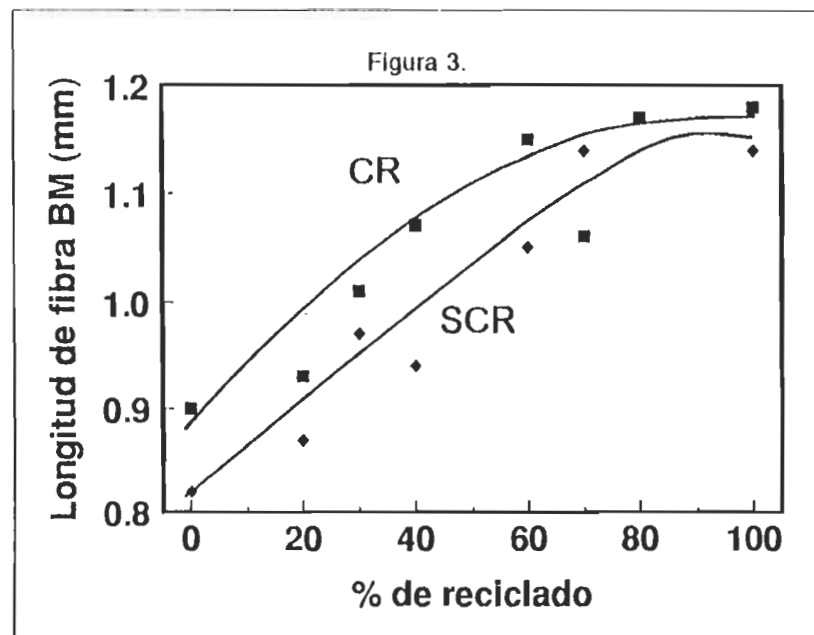
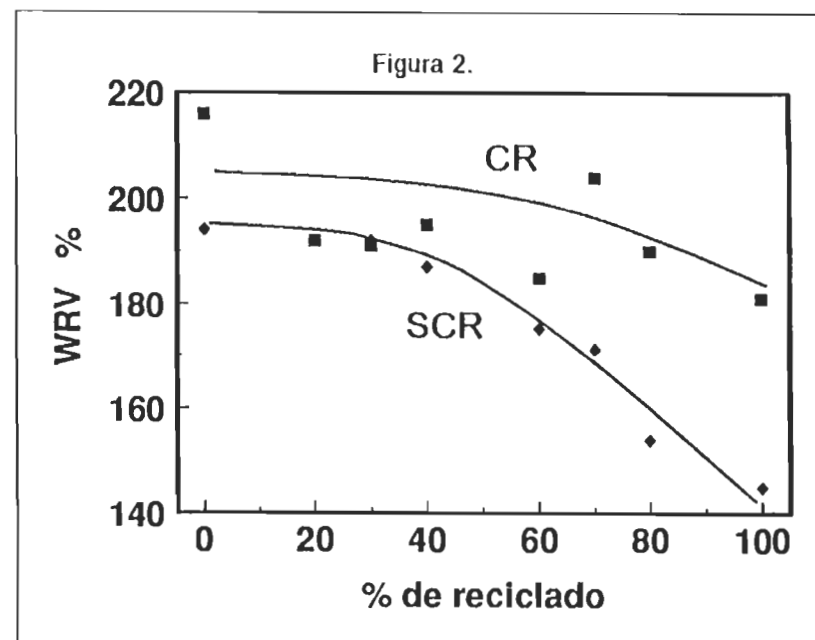
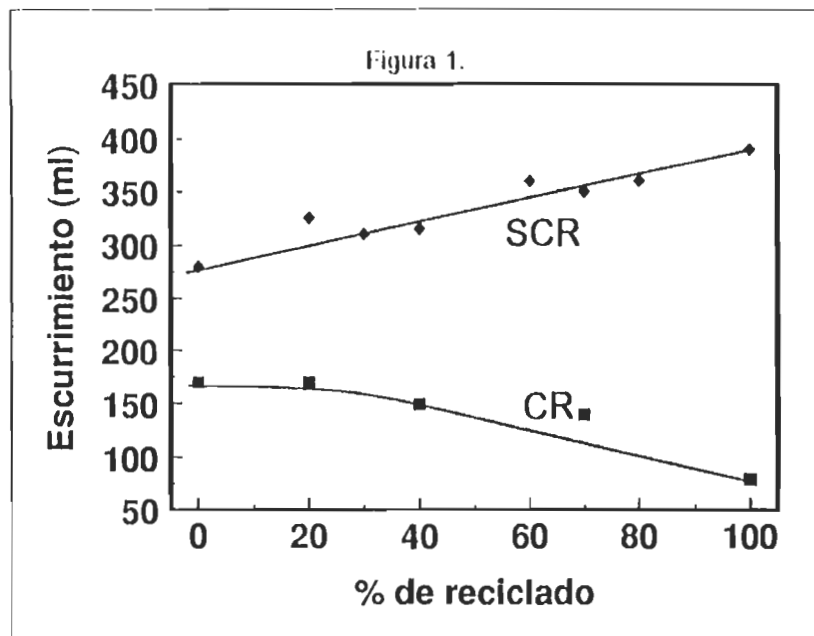


Figura 5.

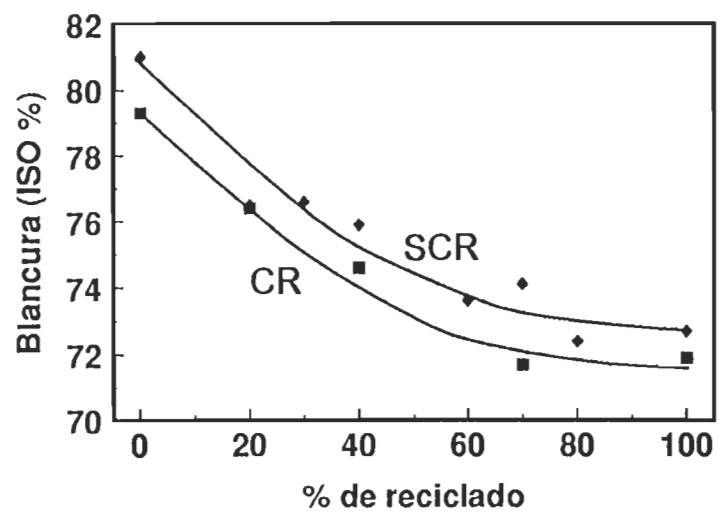


Figura 6.

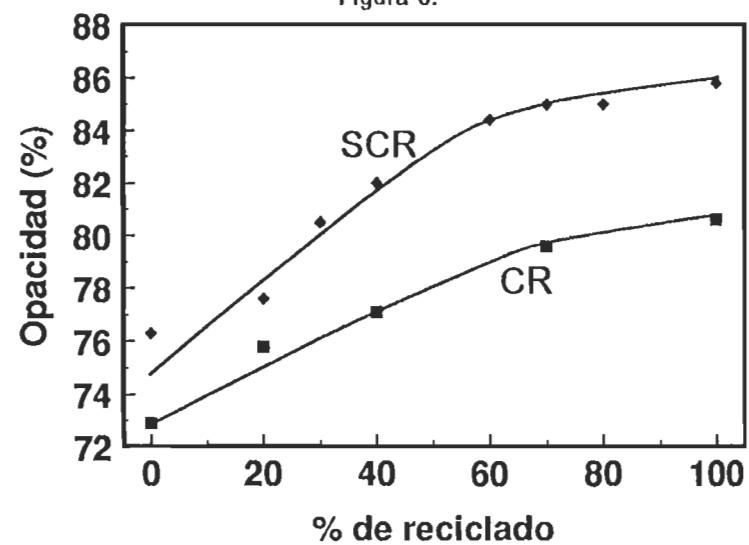


Figura 7.

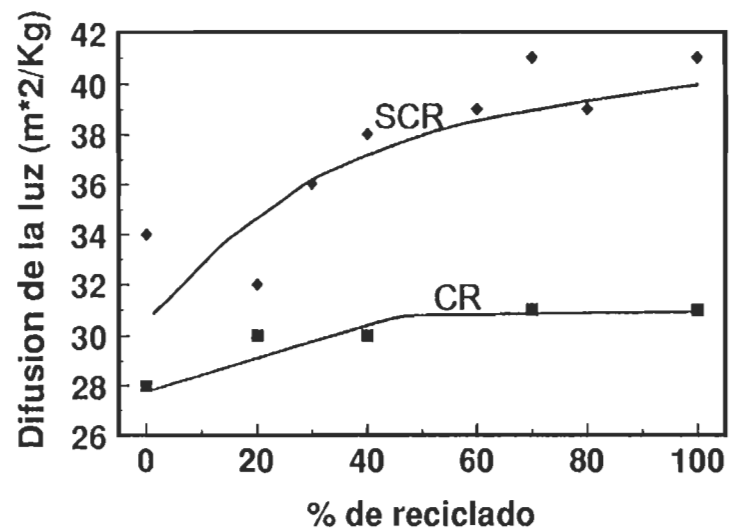
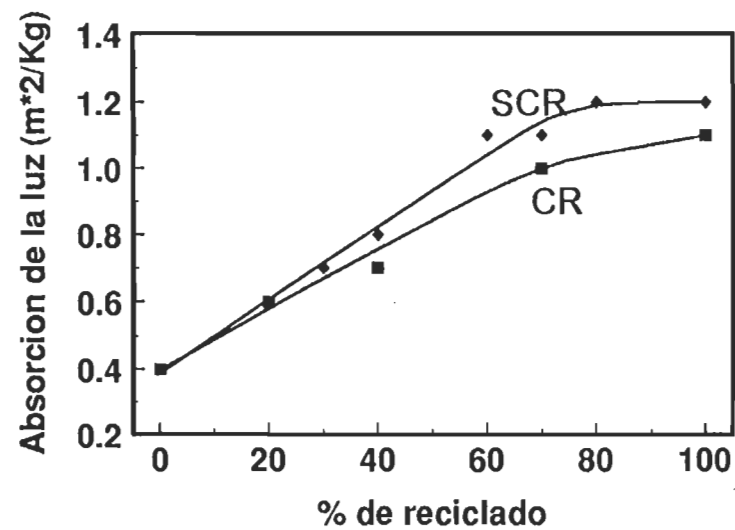


Figura 8.



ANNEXE E

Essais	Normes ACPP	Normes TAPPI
Enlèvement de la latence par désintégration a chaud	C. 8 P	T- 240
Indice d'égouttage	C.1	T 227
Concentration de la pâte	D.16	T 240
Classification Bauer Mac Nett		T 233
Confection des feuilles pour essais physiques	C.4	T 205
Conditions standards et atmosphère contrôlée	A.4	
Grammage du papier	D.3	T 410
Épaisseur	D.4	T 411
Longueur de rupture	D.6 H	T 494
Indice d'éclatement "Mullen"	D.8	T 403
Indice de déchirure "Elmendorf"	D.9	T 414
Blancheur ISO	E.1	T 452
Opacité ISO	E.2	T 425
Valeur de la rétention d'eau		UM 256
Comptage des points de saleté		T 537
Composition des pâtes		T 401

Tableau E1 Liste des normes utilisées.