

Préface

L'étape contemporaine du développement de l'économie mondiale se caractérise par une forte augmentation de la part du travail intellectuel, par le passage de la reproduction simple vers la reproduction innovante.

Les innovations deviennent la puissance la plus importante de l'entreprise dans sa lutte pour la rentabilité et la compétitivité. En outre, les changements novateurs et les innovations technologiques sont considérés par de nombreuses entreprises comme un moyen de résoudre divers problèmes, y compris la prévention des crises.

L'innovation existe depuis l'antiquité, toute l'histoire de la civilisation mondiale est une histoire de l'innovation : de la roue, la poudre, l'imprimerie jusqu'à la radio, la télévision, l'informatique moderne et la nanotechnologie. Aujourd'hui, l'utilisation des produits de haute technologie, le développement et l'innovation dans tous les domaines d'activité sont les principaux facteurs qui déterminent la compétitivité. Les processus d'innovation peuvent non seulement répondre à la demande actuelle du marché, mais aussi ils agissent sur sa formation. L'expérience mondiale montre que l'innovation est une alternative formidable, contribuant à la résolution des crises et des conflits.

Dans l'environnement économique actuel, l'activité d'innovation de l'entreprise est un facteur majeur dans la survie de la concurrence pour le consommateur. De plus, l'innovation est devenue une caractéristique intégrale de l'économie moderne, et le terme « innovation » et ses dérivés sont probablement les plus utilisés dans le lexique

professionnel. Pendant l'élaboration de la stratégie de la société, de nombreuses sociétés considèrent l'innovation comme une formule de la croissance. Ainsi, dans les conditions de la concurrence féroce, la plupart des entreprises sont confrontées à une pénurie de croissance et elles résoudront, souvent, ce problème par des méthodes conventionnelles : augmentation des ventes grâce au marketing, amputation des coûts, etc. En pratique, ces méthodes ne conduisent toutefois pas toujours à une réduction significative du déficit. L'innovation est une alternative efficace pour résoudre le problème de croissance et elle est considérée comme un facteur clé de la rentabilité. L'innovation n'est pas seulement une mode de solution des tâches tactiques et stratégiques de l'entreprise, il présente une signification historique absolue, car il permet d'expliquer les raisons de changement des époques différentes de la vie de la société. L'alternance des époques économiques est associée à des découvertes et inventions scientifiques importantes, c'est-à-dire par des innovations dans tous les domaines de l'activité. L'analyse de l'évolution des structures technologiques montre qu'à la fin du XVIII^e siècle, un rôle décisif dans le développement des forces productives a joué des inventions dans l'industrie textile, notamment les métiers à filer et à tisser.

Dans toute l'histoire, le développement de l'industrie textile a été toujours transféré d'une région du monde et d'une civilisation à une autre.

Les premières techniques ont été développées dans les grandes civilisations du monde antique : la Chine, l'Inde, la Grèce, Rome,

l'Égypte. Au milieu des siècles, le développement de la technique de production textile s'est déplacé vers les royaumes développés de l'Europe : l'Espagne, l'Angleterre, la France, l'Allemagne, la Belgique. Au cours de la première révolution industrielle, l'Angleterre est devenue le leader de la production textile. Le plus grand nombre de découvertes et d'inventions sont alors réalisées par les entreprises produisant des textiles.

Au XX^e siècle, le leadership dans la production des fibres, notamment des fibres chimiques, passe aux États-Unis où l'on produit et où l'on consomme plus des produits textiles. Cela continue jusqu'à la fin du XX^e et au début XXI^e siècle, quand la production du textile s'est considérablement et rapidement déplacée vers l'Asie du sud-est (Chine, Inde et Pakistan), l'Amérique du Sud (Brésil) et le Proche-Orient (Turquie). C'est-à-dire vers les pays à bas cout de la main-d'œuvre. La production textile est revenue alors à ses origines géographiques.

L'industrie textile est un incubateur d'innovation technologique. Cela se manifeste, d'abord, dans la création et la production des fibres synthétiques ultraminesces à base de carbone ayant des propriétés physicochimiques exceptionnelles. Il existe, aussi, des matériaux textiles équipés de détecteurs (senseurs) et de régulateurs électroniques de la température corporelle.

Il est également à noter l'utilisation de nouvelles techniques dans l'ennoblissement de la matière textile. C'est le cas de la technologie laser, de la radiotechnologie, du photoplasma, etc. Plus récemment, on aperçoit une large diffusion des nanofibres, des nanoémulsions, de

l'impression numérique, et plus largement de l'emploi des systèmes automatiques pour la reproduction des nuances et la préparation des recettes de teinture et d'impression.

Le développement de la production et l'emploi du textile dans les différents domaines sont liés étroitement au développement des sciences techniques. La 1^{re} et la 2^e révolution des sciences et des techniques conduisaient en effet directement aux progrès révolutionnaires de l'industrie textile.

Plus récemment, l'ennoblissement du textile cellulosique a connu plusieurs innovations importantes, parmi les plus remarquables, on peut citer :

1. Prétraitement enzymatique.
2. Mercerisage dans l'ammoniaque.
3. Colorants réactifs bifonctionnels.
4. Lavage avec parcours horizontal de tissus.
5. Traitement hydrofuge avec les composés fluorés Scotchgard.

La description de ces techniques révolutionnaires est prescrite dans les cinq chapitres du présent ouvrage.

Le premier chapitre est en effet consacré à l'étude structurale et physicochimique du support textile cellulosique, afin de pouvoir comprendre la relation fibre-colorant et les conditions de leur adhérence. Le 2^e chapitre traite toutes les opérations essentielles de prétraitement de la matière cellulosique à savoir, flambage, désencollage, débouillissage, mercerisage et blanchiment. Ainsi que la technique d'appareillage utilisé.

Dans le 3^e chapitre, on présente une synthèse générale sur la théorie de teinture de la matière textile (classification du colorant, isotherme d'adsorption, diffusion, fixation) suivie d'un contrôle de qualité appelé « solidité de teinture » où l'on décrit les normes ISO pour les différents tests de solidité de teinture (solidité au lavage, à la sueur, aux agents de blanchiment, au frottement, à la lumière, etc.) ainsi que les tests de dégradation et de dégorgement par la fameuse échelle de gris.

On procède ensuite à la description de la teinture avec différentes classes de colorants : colorants directs, réactifs, de cuve et au soufre qui sont les plus utilisés dans l'industrie de teinture des matières cellulosiques. On finit ce chapitre par une description détaillée des différents types de machines de teinture utilisées dans la dernière décennie.

Distinctement, cet ouvrage consacre tout un chapitre pour les différentes techniques de lavage utilisées pendant tous les traitements d'ennoblissement de la matière textile. Le lavage présente la phase déterminante de la qualité du traitement et du cout de revient de l'ensemble des traitements d'ennoblissement.

Pour terminer les opérations d'ennoblissement, la matière textile subit un traitement d'apprêtage pour améliorer ses propriétés (toucher, douceur...) ou de lui en conférer de nouvelles plus spécifiques (l'infroissabilité, l'ignifugation, l'hydrofugation, etc.) qui rejoignent ainsi les exigences du marché textile.

Chapitre I

1. Étude sur le support textile

1.1. La cellulose, structure et propriétés

La cellulose est le constituant essentiel de tous les organismes végétaux, et de plus c'est la substance organique la plus abondante dans la nature. On estime en effet qu'un arbre produit 10 g de cellulose par jour. La cellulose se compose de trois éléments chimiques : le carbone (44,4 %), l'oxygène (49,4 %) et l'hydrogène (6,2 %).

Cette composition chimique permet de la classer dans le groupe des polysaccharides. L'hydrolyse complète de la cellulose dans les solutions des acides minéraux (sulfuriques ou chlorhydriques) donne 96-98 % de D-glucose (ou D-glucopyranose : $C_6H_{12}O_6$) qui peut être considéré comme l'élément primaire de sa structure.

On sait bien que le D-glucose peut exister sous deux formes isomères : α -D-glucose et β -D-glucose. La figure 1 exprime cette différence :

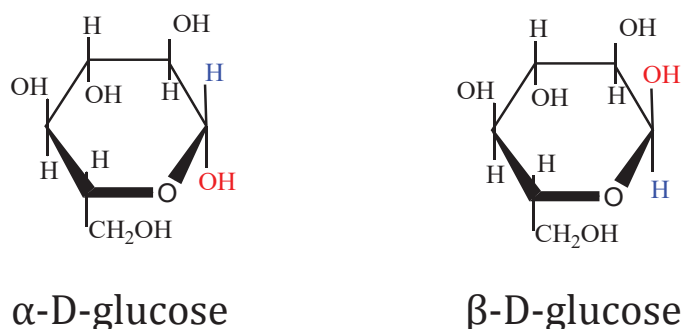


Figure 1 : Forme isomère de D-glucose.

Nous pouvons actuellement confirmer que la cellulose se compose des molécules de β -D-glucose, tandis que l'amidon se compose de α -D-glucose.

On a également trouvé que le polysaccharide se produit par une polycondensation des unités de glucose au cours de la synthèse biologique dans les cellules végétales.

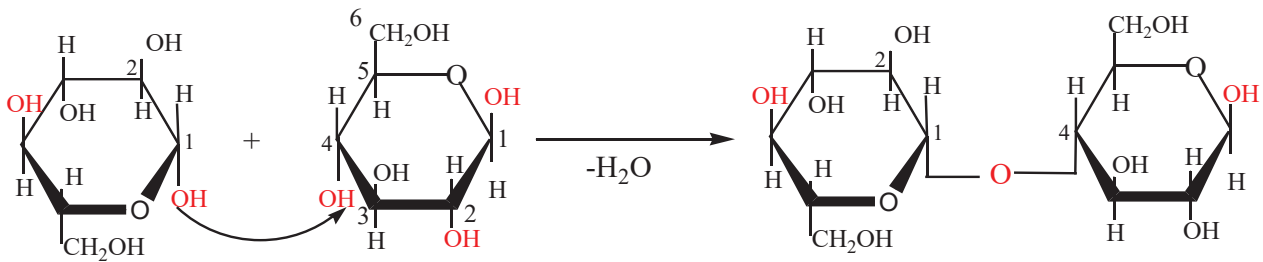


Schéma 1 : Réaction de polycondensation des D-glucoses.

Chimiquement, la cellulose est donc un polyglucoside composé d'unités glucopyranose liées entre elles par les liaisons β -glucosidique 1-4. La numérotation 1-4 se rapporte à la liaison des deux cycles qui s'établit entre le carbone de l'un et de l'autre. L'énergie de cette liaison est de 320-360 kJ/mol.

En tenant compte de toutes ces particularités structurales, la formule développée de la cellulose peut être présentée suivant le modèle de Meyer & Mische :

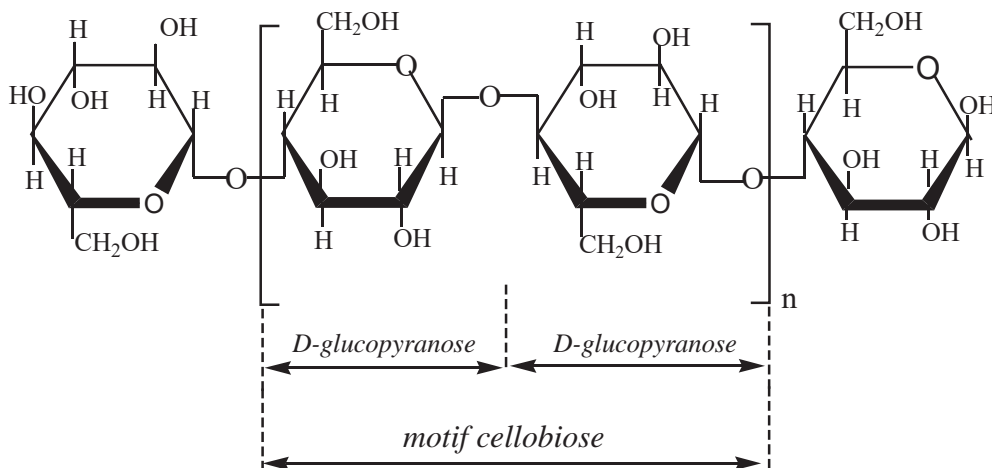


Figure 2 : Structure chimique d'une chaîne cellulosique.

Le motif cellobiose a en effet été retrouvé parmi les autres produits de l'hydrolyse de la cellulose. Elle est toutefois également constituée d'autres unités de sucre comme le galactose, le mannose et le xylose. Ce

dernier est considéré comme responsable de la fragilité des liaisons glucosidiques dans les chaînes cellulosiques.

1.1.1. Degré de polymérisation de la cellulose

La cellulose est caractérisée par son degré de polymérisation (DP) qui correspond au nombre moyen des motifs de glycopyranose dans les chaînes macromoléculaires.

La cellulose n'est en effet pas isomoléculaire, mais elle possède une faible polydispersité. Les chaînes macromoléculaires n'ont pas la même longueur ; il s'ensuit que le degré de polymérisation n'exprime qu'une valeur moyenne. Il dépend fortement de la nature et de l'état des fibres (fibres blanchies, mercerisées, teintées, etc.).

Dans le tableau 1, nous illustrons les DP pour les différentes fibres cellulosiques. Plus le DP est bas, plus la fibre est fragile mécaniquement et chimiquement.

Fibres cellulosiques	Degré de polymérisation (DP)
Coton	2 000 – 3 000
Ramie	2 700
Lin	2 500
Fibranne	700 – 1 300
Rayonne-viscose	250 – 700
Rayonne-cuproammoniacal	400 – 600
Rayonne d'acétate	200 – 300

Tableau 1 : Degrés de polymérisation de différentes fibres cellulosiques.

Durant les opérations d'ennoblissement, les fibres cellulosiques subissent des dégradations chimiques plus ou moins importantes. Ces dégradations sont manifestées par la rupture des liaisons intramoléculaires et la diminution du DP de la cellulose. La différence entre le DP mesuré sur un échantillon avant et après l'ennoblissement représente le critère le plus précis du niveau de dégradation de la matière textile au cours des traitements.

1.1.2. Sites actifs de la cellulose

Le motif de glucopyranose qui constitue les chaînes macromoléculaires de la cellulose comporte trois groupes hydroxyles : un hydroxyle d'alcool primaire (-CH₂OH) et deux autres d'alcool secondaire (-CHOH-). À l'extrémité de chaque chaîne macromoléculaire existe toutefois deux motifs terminaux de glucopyranose qui contiennent quatre groupes hydroxyles.

L'importance de ces extrémités est pourtant négligeable dans les 2 000-3 000 motifs de la glucopyranose.

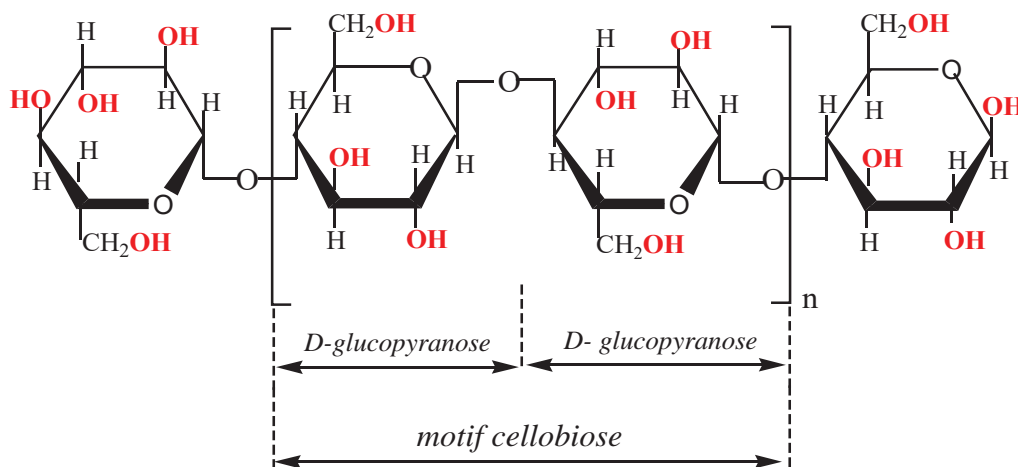


Figure 3 : Sites réactifs de la cellulose.

Pour les colorants réactifs, les recherches ont confirmé que ces colorants réagissent principalement avec -OH primaire de la sixième position.

1.1.3. Interactions intermoléculaires

Les plus fortes interactions qui peuvent exister entre les molécules cellulosiques sont dues aux liaisons hydrogène entre les groupes hydroxyles, à condition que la distance entre ces groupes ne dépasse pas 2,6 Å. L'énergie de cette liaison est de 20,9 à 30,4 kJ/mol.

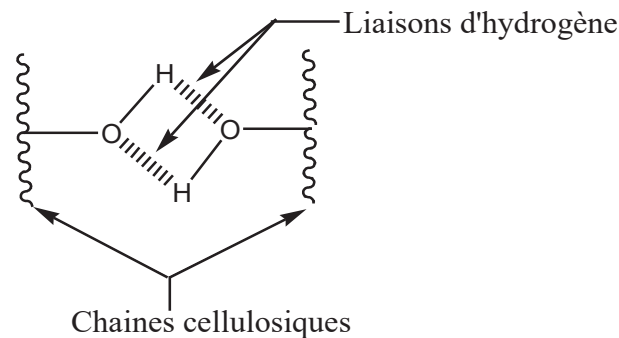


Figure 4 : Interaction intermoléculaire dans la cellulose.

Ce type d'interaction intermoléculaire constitue des ponts d'hydrogène qui stabilisent la structure de la fibre. Ils assurent aux fibres des propriétés mécaniques assez élevées, notamment une forte ténacité. Les interactions d'hydrogène et le blocage mutuel des hydroxyles confèrent à la cellulose son caractère d'insolubilité dans l'eau, ce qui est paradoxal pour un triacool.

1.1.4. Morphologie de la cellulose

On suppose actuellement que les « paquets » de macromolécules de la cellulose sont agrégés entre eux pour former des microfibrilles. Le diamètre des microfibrilles est de l'ordre de 24 à 6 nm. Les

microfibrilles de longueur variable ne sont pas disposées chaotiquement dans la fibre, mais forment des fibrilles arrangées sous forme des spirales autour de l'axe de la fibre. L'épaisseur de ces fibrilles est de 20-30 nm et au moins 10 000 nm de longueur. La direction de spirale est inversée plusieurs fois tout au long de la seule fibre.

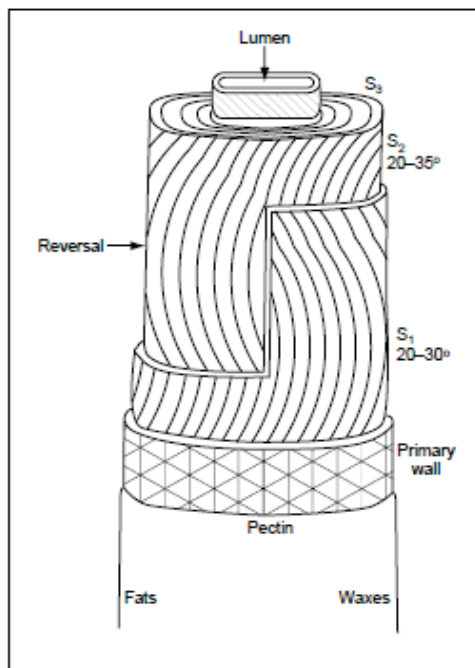


Figure 5 : Morphologie de la fibre du coton.

Sur la fig. 5, on voit bien que la fibre du coton constitue une structure fibreuse, sa morphologie représente trois principales structures : 1^{re} couche, 2^e couche et le lumen.

— **1^{re} couche** : constituée d'un réseau fibreux de la cellulose couverte d'une sous-couche de pectine, protéine, matières minérales et la cire, qui peut être éliminée par un traitement à la soude caustique (débouillissage).

— **2^e couche** : représente le volume majeur de la matière fibreuse mure, constituée presque entièrement de la cellulose arrangée sous forme des fibrilles en spirale autour de l'axe de la fibre. La direction du

spiral est inversée plusieurs fois tout au long de la seule fibrille (elle varie entre la torsion S et la torsion Z).

— Le **lumen** est défini comme le reste du canal central où les chaînes de la cellulose sont développées et relaxées vers la seconde couche de la fibre. Il contient encore le reste de quelques protéines.

1.1.5. Structure fine

La structure fine de la cellulose a été déterminée par la méthode de diffraction des rayons X et par des méthodes fondées sur la polarisation du rayonnement infrarouge.

Dans les microfibrilles, les macromolécules forment des zones cristallines où elles sont alignées et serrées les unes contre les autres en formant une structure très compacte semblable à celle d'un cristal. Les macromolécules peuvent passer d'une microfibrille à une autre, ce qui peut constituer un lien fort entre ces fibrilles.

On estime que la structure des zones cristallines est tellement serrée que la diffusion même de petites molécules dans ces zones n'est pas possible (voir également la fig. 8).

Table des matières

Préface	10
1. Étude sur le support textile	15
1.1. La cellulose, structure et propriétés	16
1.1.1. Degré de polymérisation de la cellulose	18
1.1.2. Sites actifs de la cellulose	19
1.1.3. Interactions intermoléculaires	20
1.1.4. Morphologie de la cellulose	20
1.1.5. Structure fine	22
1.1.6. Accessibilité de la fibre	24
1.1.7. Action des acides	26
1.1.8. Mécanisme de l'hydrolyse acide	27
• Protonation de la liaison β -glucosidique	27
• Dissociation de l'ion formé	27
• Réaction de l'ion glucosyl avec de l'eau	28
1.1.9. Produits de l'hydrolyse acide	28
1.1.10. Différents degrés de la destruction acide	29
1.1.11. Précautions contre l'hydrolyse acide de la cellulose	30
1.1.12. Action des oxydants	30
• Par action du dioxyde d'azote NO_2	32
• Par action des solutions de l'acide tétraoxoiodique (HIO_4) ou de ses sels	32
1.1.13. Action des alcalis	34
• Par formation d'un alcoolate	35
• Par formation d'un composé moléculaire de l'alcali-cellulose :	35
1.1.14. Action des sels	36
1.1.15. Solvant de la cellulose	36
1.1.16. Action de l'eau	37
1.1.17. Action de la chaleur	38
1.1.18. Action des microorganismes	39
2. Prétraitement de la matière textile	41
Généralité	42

2.1. Flambage des tissus	45
2.1.1 Principe de flambage des tissus	46
2.1.2. Description des types de flambeuses	47
2.1.3. Défauts de flambage	53
2.1.4. Précautions et remèdes aux défauts de flambage	53
2.2. Désencollage	55
2.2.1. Encollage	55
2.2.2. Classification des colles	56
• Les produits amylicés :	56
• Les produits chimiques sur la base de la cellulose :	56
• Les produits synthétiques :	57
2.2.3. Caractéristiques des produits d'encollage	58
• Encollage avec les amidons et les produits amylicés	58
• Encollage avec les alcools polyvinyliques hydrolysés (PVA)	59
• Encollage avec les polyacrylates (PAC)	59
• Encollage avec les carboxyméthylcelluloses (CMC)	60
2.2.4. Désencollage	60
• Élimination de l'amidon	60
2.2.5. Méthodes de désencollage	61
• Désencollage bactérien	61
• Désencollage chimique	62
❖ L'hydrolyse acide de l'amidon	62
❖ Désencollage par oxydation	63
• Désencollage par alcalis	64
• Désencollage enzymatique	64
❖ Les amylases d'origine végétale	67
❖ Les amylases d'origine animale :	67
❖ Les amylases d'origine bactérienne :	67
2.2.6. Mécanisme de réaction des enzymes	67
2.2.7. Facteurs agissant sur l'activité des amylases	68
2.2.8. Technique de désencollage	70
• Procédé en discontinu de longue durée	70
• Procédé en discontinu de longue durée	70
• Procédé en continu	71
2.2.9. Contrôle de désencollage	71

2.2.10. Élimination des colles solubles	72
2.3. Débouillissage	73
2.3.1. Description des composants du coton	74
• Matières cireuses	74
• Matières pectiques	75
• Matières azoteuses	76
• Sels minéraux et matières colorantes	76
2.3.2. Principe de débouillissage	78
• Action de l'agent alcalin	78
• Action des agents de tension actifs (ATA)	80
• Action des agents réducteurs et séquestrants	81
2.3.3. Technique de débouillissage	83
2.3.4. Contrôle de débouillissage	84
2.4. Mercerisage et caustification	87
2.4.1. L'augmentation du brillant	89
2.4.2. L'amélioration des propriétés mécaniques	92
2.4.3. L'amélioration des propriétés tinctoriales	92
2.4.4. Contrôle de la qualité de mercerisage	93
2.4.5. Caustification	95
2.4.6. Le mercerisage à l'ammoniaque liquide	95
2.4.7. Équipement et procédés de mercerisage	97
• Le mercerisage des tissus	97
• Le mercerisage en filés	100
2.5. Le blanchiment	101
2.5.1. Le blanchiment à l'hypochlorite de sodium (l'eau de Javel)	102
2.5.2. Procédé de blanchiment	106
2.5.3. Blanchiment au chlorite de sodium	108
2.5.4. Procédé de blanchiment au chlorite	112
2.5.5. Le blanchiment au peroxyde d'hydrogène	113
2.5.6. Avantages et inconvénients du blanchiment au peroxyde d'hydrogène	114
2.5.7. Mécanisme et conditions favorables de blanchiment	115
• Formation des précipitations en réagissant avec les sels de dureté d'eau (calcium et magnésium) :	117
• Formation des précipités en réagissant avec le gaz carbonique qui se trouve sur les parois des machines :	117
• Effets de l'alcali sur le blanchiment au peroxyde d'hydrogène	118

2.5.8. Recette et procédure de blanchiment _____	119
2.5.9. Combinaison des opérations de prétraitement du textile _____	120
• Procédé d'oxydation _____	120
❖ Principe _____	120
❖ Avantages du procédé _____	121
❖ Inconvénients du procédé _____	122
• Procédé Flash steam _____	122
❖ Principe _____	122
❖ Procédé et recette _____	123
❖ Avantages du procédé _____	123
❖ Inconvénients du procédé _____	123
• Procédé de débouillissage enzymatique _____	123
❖ Principe _____	123
❖ Procédé et recette _____	124
❖ Avantages du procédé _____	124
❖ Inconvénients du procédé _____	125

2.6. Machines pour le prétraitement _____ 126

2.6.1. Prétraitement au boyau en continu _____	126
2.6.2. Prétraitement au large en continu _____	129
• Traitement au Jigger _____	129
• Vaporisation dans un Conveyor _____	129
• Procédure _____	129
• Vaporisation dans U-Box _____	132

3. Teinture de la matière textile _____ 134

3.1. Théorie de la teinture des matières textiles _____ 135

3.1.1. Matières colorantes _____	135
• Partie chromophore _____	135
• Partie auxochrome _____	136
• Partie des solubilisants _____	136
3.1.2. Classification des matières colorantes _____	137
3.1.3. Matières textiles _____	137
3.1.4. Milieu de teinture _____	138
3.1.5. Les étapes de la teinture _____	139
• Diffusion des colorants de la solution à la surface des fibres textiles _____	140

• Adsorption des colorants sur les fibres textiles _____	141
❖ Isotherme d'adsorption linéaire _____	141
❖ Isotherme d'adsorption hyperbolique _____	142
❖ Isotherme d'adsorption parabolique _____	143
❖ Application _____	145
• Diffusion à la surface de la fibre _____	148
❖ Diffusion par courant tubulaire _____	151
❖ Rôle de l'hydrodynamique dans le processus de teinture _____	152
• Diffusion des colorants dans les fibres textiles _____	154
• Fixation du colorant réactif dans les fibres _____	159
❖ Principaux facteurs influençant la fixation du colorant dans les fibres _____	159
❖ Équation générale de fixation du colorant _____	159
❖ Équation générale de fixation du colorant réactif _____	160
❖ Résolution de l'équation de fixation _____	161
❖ Intensification du processus de teinture _____	162
3.2. Solidité des teintures _____	164
Généralités _____	164
3.2.1. Les solidités _____	165
3.2.2. Échelles de GRIS _____	166
• Échelle d'évaluation de dégradation _____	166
❖ Spécifications colorimétriques des bandes d'échelles de gris pour dégradation _____	166
• Échelle d'évaluation de dégorgement _____	168
❖ Spécifications colorimétriques des bandes d'échelles de gris pour dégorgement _____	168
3.2.3. Tissus témoin _____	169
3.3. La teinture avec les colorants directs _____	171
3.3.1. Classification des colorants directs _____	173
• Groupe A _____	174
• Groupe B _____	174
• Groupe C _____	174
3.3.2. Influence de la température _____	175
3.3.3. Influence du pH _____	177
3.3.4. Influence du rapport de bain _____	178
3.3.5. Influence d'électrolytes _____	179
3.3.6. La fixation des colorants directs _____	180
3.3.7. Post-traitement _____	181

3.3.8. Technique de teinture avec les colorants directs	182
• Teinture par épuisement	183
• La teinture en continu par foulardage	184
3.4. La teinture avec colorants réactifs	186
3.4.1. Colorant réactif monofonctionnel (classique)	187
• Dichlorotriazines	190
• Monochlorotriazines	190
• Pyrimidines	190
• Vinylsulfones	190
3.4.2. Colorants réactifs bifonctionnels	192
• Bis (monochlorotriazine)	194
• Bis (aminonicotinotriazine)	195
• Monochlorotriazine – sulphatoéthylsulfone (MCT/SES)	196
3.4.3. Classification des colorants réactifs	198
• Groupe 1 : Colorants réactifs à alcali contrôlé	198
• Groupe 2 : Colorants réactifs à sel contrôlé	198
• Groupe 3 : Colorants réactifs à température contrôlée	198
• Les sites réactifs des fibres cellulosiques	198
3.4.4. Mécanisme réactionnel des colorants réactifs	200
• Substitution nucléophile SN2	200
• Addition nucléophile	201
3.4.5. Technique de teinture avec les colorants réactifs	204
• La teinture par épuisement (en plein bain)	204
• Méthode du tout en bain « All in »	208
• Méthode de l'accroissement progressif de température « Improved New All in »	208
• Méthode à l'isotherme « Isotherme method »	209
3.4.6. Les procédés de teinture par foulardage	209
• Procédé Pad Steam	209
• Procédé Pad Dry/Pad Steam	210
• Procédé Pad Batch	211
3.4.7. Post-traitement des fibres teintes	211
3.5. Teinture avec les colorants de cuve	213
3.5.1. Classification des colorants de cuve	213
• Colorants indigoïdes	214
• Colorants anthraquinoniques	215

3.5.2. Principe de teinture avec les colorants de cuve _____	218
3.5.3. Oxydation des colorants de cuve (insolubilisation et fixation) _____	222
3.5.4. Savonnage des colorants de cuve oxydés (purification et vivacité de la couleur) _____	223
• Action de l'eau dure _____	223
• La surréduction _____	224
• L'Hydrolyse _____	224
3.5.5. Technique de teinture avec les colorants de cuve _____	224
• Procédé Pad Jig _____	225
• Procédé Pad Steam _____	225
• Procédé Pad Dry/Pad Steam _____	226
3.6. La teinture avec les colorants au soufre _____	228
3.6.1. Techniques pratiques de réduction et d'oxydation _____	231
• Réduction _____	231
• Oxydation _____	232
3.6.2. Technique de teinture avec les colorants au soufre _____	233
• Teinture par épuisement du bain _____	233
• Teinture en Pad Steam _____	234
• Procédé Pad Dry/Pad Steam _____	234
3.6.3. Colorants au soufre solubles dans l'eau _____	235
3.7. Machine de teinture _____	237
3.7.1. Machines pour la teinture des tissus en boyau _____	237
• Barques à tourniquet _____	237
• Machines de teinture, type Jet _____	241
• Machines Overflow _____	245
• Machines Airflow _____	248
3.7.2. Machines pour la teinture des tissus au large _____	250
• Jigger _____	250
• Installation « Pad Roll » _____	253
• Installation « Pad Batch » _____	255
• Installation Pad Steam _____	257
4. Lavage de la matière teinte _____	263
Généralité _____	264
4.1. Type d'appareillage de lavage _____	267
4.1.1. Procédés de lavage _____	267

• Lavage en discontinu _____	268
4.1.2. Lavage au large en continu _____	271
• Machine de lavage aux parcours verticaux des tissus _____	271
• Machines de lavage aux parcours horizontaux des tissus _____	281
5. Apprêts physicochimiques et chimiques _____	286
Généralité _____	287
5.1 Apprêts physicochimiques _____	289
5.1.1. Calandrage _____	289
• Le repassage _____	289
• Le similisage _____	292
• Le brillantage _____	294
• Le gaufrage _____	294
5.1.2. Retrait compressif contrôlé _____	296
• Préparation de présanforisage _____	297
• Principe et technique de sanforisage _____	298
5.1.3. Grattage et émerisage _____	301
• Principe du grattage _____	301
• Principe de l'émerisage _____	304
5.1.4. Tondage _____	305
• Principe du tondage _____	305
• Techniques de tondage _____	306
5.2. Apprêts chimiques _____	308
5.2.1. Apprêts ignifuges/antifeu _____	308
• Principes d'inflammation et de combustion de la matière textile _____	308
• Principes d'action des produits d'ignifugation _____	310
5.2.2. Hydrophobisation des matières textiles _____	312
• Traitement imperméable _____	312
• Traitement hydrofuge (hydrofugation) _____	313
❖ Procédé technologique _____	317
❖ Contrôle de traitement hydrofuge _____	319
5.2.3. Apprêts modifiant le toucher _____	322
• Les adoucissants _____	322
❖ Les adoucissants anioniques _____	323
❖ Les adoucissants cationiques _____	323

❖	Les adoucissants non ioniques _____	324
❖	Les adoucissants amphotères _____	324
•	Les élastomères polysiloxanes et polyuréthanes _____	325
•	Les produits de charge _____	326
5.2.4.	Apprêts infroissables _____	328
•	Traitement par les autocondensables _____	329
•	Traitement par des produits réticulant (pontage) _____	330
•	Technique de traitement d'infroissabilité _____	334
❖	Application des précondensats sur tissu _____	334
❖	La mise en forme du tissu _____	335
❖	Le séchage du tissu foulardé _____	335
❖	Le traitement thermique du tissu _____	336
•	Traitement des tissus à la rame _____	337
Conclusion	_____	341
Bibliographie	_____	343
Annexes	_____	347
Tableaux	_____	347
Schémas	_____	347
Équations	_____	349
Figures	_____	350

Bibliographie

ABETA, S. et coll. ; *J. S. D. C*, 107, 12, 1991.

ANDROSOV, Petrova, U. N. ; « Synthetic dyes in Textile Industry », Éd. Legprombitizdat, Moscow, 1989.

ANDROSOV, V. F., PETROVA, U. N. “Synthetic dyes in textile industry”, Ed. Legprombitizdat, Moscow, 1989.

ASPLAND, J. R. ; JOHNSON, A., *J. Soc. Dyers Colour*, 81 p. 425, 477, 1965.

BANKS, C. K. ; *J. Am. Chem. Soc.*, vol.66, 1944.

BAUMGARTE, U. ; *Melliand Textilber*, vol.44, 1963.

BENZ, J. ; *J. Soc. Dyers & Colourists*, vol.77, 724, 1976.

BLACKWELL, J. ; KOLPAK, F. J. ; GADNER, K. H. ; “Cellulose chemistry and Technology”, J. C. Arthur, Ed., ACS Symposium series N°48, DC: American Chemical Society, Washington, 1977.

BOHNERT, E. ; *Melliand Textilber*, vol. 42, 1961.

DUPONT, Gaston ; « La teinture », Éd. Les Éditions de L'industrie Textile.

GARDNER, T. S., *J. Am. Chem. Soc.*, Vol.64, 1942.

HAIGLER, C. H., in « Cellulose chemistry and its applications », Nevell T.P, Zeronian S. H. Éd. Chichester : Ellies Horwood, 1985.

HEARLE, J. W. S., in « Fibre structure », J. W. S. Hearle and R. H. Peters, Éd., Textile Institute and Butterworths, Manchester and London, chap. 6, 1963.

- HEIN**, Thomas ; **KOSCHELLA**, Andreas ; *Polímeros*, São Carlos, vol.15, 2005.
- HERMANS**, P. H. ; “Physics and chemistry of cellulose fibers”, Elseiver, New York, 1949.
- HOWSMON**, J. A. ; **SISSON**, W. A. ; in « Cellulose and cellulose derivatives », 2^e édition, part 1, Ott et coll., Éd. Wiley-Interscience, New York, 1954.
- IMADA**, K. ; **SASAKURA**, M. ; **YOSHIDA**, T. ; *Text. Chem. Colorist*, 22,1990.
- INGAMELLS**, W. ; **SUMNER**, H. H., **WILIAMS**, G. ; *J Soc. Dyers Colour*, 78, 274, 1962.
- KRITCHEIVSKY**, G. E. ; **KORTCHAGUINE**, M. V. ; **SINAKHOV**, A. V. ; « Chemical Technologie of Textile Materiel », Éd. Legprombitizdat, Moscow, 1985.
- KRITCHEVSKY**, G. E., « Diffusion et absorption des colorants dans le processus de teinture et d'impression », Éd. Legprombitizdat, Moscow, 1981.
- MARX-FIGINI**, M., in « Cellulose and other natural polymer systems », R M brown, Éd. Plenum Press, New York, 1982.
- MELNIKOV**, B. H. ; **ZAKHAROVA**, T. D. ; **KIRILOVA**, M. H. ; « Physico-chimical Principles of Finishing Process », Éd. Legprombitizdat, Moscow, 1982.
- MEYER**, U. ; **MULLER**, S. ; *Text. Chem. Colorist*, 22, 1990.

- NEVELL, T. P.** ; « Cellulosics Dyeing », Wood Head Publishing, p. 14, 15, 1995.
- PETERS, R. H.** ; « Textile Chemistry », trad. de l'anglais par M. N. Emelyanova, L. G. Kafton, A. G. Novaradovsky, Éd., Legprombitizdat, Moscow, Vol.2, 1989.
- POPIKOV, I. V.** ; **TIMATKOV, A. G.**, « Technologie et appareillage de l'ennoblissement du textile », Éd. Legprombitizdat, Moscow, 1993.
- RATEE, I. D.** ; *J. Soc. Dyers. Colour*, 85, 23, 1969.
- ROWLAND S. P.** ; **ROBERTS, E. J.** ; *J. Polym. Sci.*, A1, 10, 2447, 1972.
- SAALWÄCHTER, K.** ; **BURCHARD, W.** ; **KLÜFERS P.** ; **KETTENBACH, G.** ; **MAYER, P.** ; **KLEMM, D.** ; **DUGARMAA, S** ; *Macromolecules*, 33 (11), 2000.
- SAFONOV, V. V** ; « Technologie chimique et appareillage de l'ennoblissement du coton », Éd. Université d'État de Textile à Moscou (MGTY), nommée Kociguine, Moscow, 2012.
- SHORE, J.** ; « Colorants and auxiliaries », Vol.1 Colorants, Éd. Soc. Dyers. Col., 1990.
- SHORE, J.** ; «Cellulosics Dyeing», Éd.Wood Head Publishing, 1995.
- SUGIMOTO, T.** ; *J.S.D.C.*, 108, 1992.
- SUMITOMO CHEMICAL COMPANY** ; « Sumifix Supra and Sumifix Dyes, Exhaust dyeing », Éd. Sumitomo Chemical Company, Osaka, 1993.
- SUMNER, H. H.** ; **WESTON, C. D.**, *Amer. Dyers Colour*, 52, 442, 1963.

VICKERSTAFF, T. ; *Sen-i*, vol. 12, (1960).

VICKERSTAFF, T. ; *Senshoku Kogoyo*, vol. 8, 1960.

ZOLLINGER, H. ; *Angew.Chem.*, vol. 71, 1958.

ZOLLINGER, H. ; HELV. ; *Chem. Acta*, vol. 43, 1960.

ZOLLINGER, H., *Melliand Textilber*, vol. 44, 1963.

« The theory of textiles coloration », Éd. C.Bird, W.Boston. London 1975.

Annexes

Tableaux

TABLEAU 1 : DEGRES DE POLYMERISATION DE DIFFERENTES FIBRES CELLULOSIQUES.....	18
TABLEAU 2 : PRINCIPAUX PRODUITS D'ENCOLLAGE UTILISES EN INDUSTRIE.	57
TABLEAU 3 : COMPOSITION DU COTON ECRU.	73
TABLEAU 4 : CONDITIONS DE PRETRAITEMENT POUR LES TROIS PROCEDES TECHNOLOGIQUES.....	83
TABLEAU 5 : INFLUENCE DE L'AMMONIAQUE SUR LA STRUCTURE DE LA CELLULOSE.....	97
TABLEAU 6 : COMPOSITION DE LA SOLUTION DE BLANCHIMENT EN HYPOCHLORITE DE SODIUM ET EN FONCTION DU PH MILIEU.	104
TABLEAU 7 : POTENTIEL ELECTRIQUE DES PRINCIPALES MATIERES TEXTILES.	138
TABLEAU 8 : CORRESPONDANCE ENTRE L'INDICE DE SOLIDITE A LA DEGRADATION ET LA DIFFERENCE CIELAB.....	167
TABLEAU 9 : CORRESPONDANCE ENTRE L'INDICE DE SOLIDITE AU DEGORGEMENT ET LA DIFFERENCE CIELAB.	169
TABLEAU 10 : QUANTITE DU SEL AJOUTE EN FONCTION DE L'AFFINITE DU COLORANT.	180
TABLEAU 11 : STRUCTURE ET NOMS COMMERCIAUX DE DIFFERENTS TYPES DE COLORANTS REACTIFS.	190
TABLEAU 12 : STRUCTURE ET NOMS COMMERCIAUX DE DIFFERENTS TYPES DE COLORANTS REACTIFS BIFONCTIONNELS.....	194
TABLEAU 13 : LES REDUCTEURS DE COLORANTS DE CUVE.	219
TABLEAU 14 : INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LE POTENTIEL DES REDUCTEURS.	220
TABLEAU 15 : TRAITEMENT THERMIQUE DU TISSU.....	336

Schémas

SCHEMA 1 : REACTION DE POLYCONDENSATION DES D-GLUCOSES.	17
SCHEMA 2 : PROTONATION DE LA LIAISON B-GLUCOSIDIQUE.....	27
SCHEMA 3 : RUPTURE DE LA LIAISON B-GLUCOSIDIQUE.....	27
SCHEMA 4 : REACTION D'ADDITION DE L'EAU SUR L'ION GLUCOSYL.....	28
SCHEMA 5 : REACTION D'HYDROLYSE ACIDE DE LA CELLULOSE.....	28
SCHEMA 6 : PRODUITS DE L'OXYDATION DE LA CELLULOSE.	31
SCHEMA 7 : OXYDATION DE LA CELLULOSE PAR LE DIOXYDE D'AZOTE.....	32
SCHEMA 8 : OXYDATION DE LA CELLULOSE PAR L'ACIDE TETRAOXOIODIQUE.....	33
SCHEMA 9 : OXYDATION DE LA CELLULOSE PAR LE CHLORITE DE SODIUM.....	33
SCHEMA 10 : FORMATION DE L'ALCOOLATE DE CELLULOSE PAR ACTION D'ALCALI.	35
SCHEMA 11 : FORMATION DE L'ALCALI-CELLULOSE.....	35
SCHEMA 12 : ACTION DE LA CHALEUR SUR LA CELLULOSE.....	39
SCHEMA 13 : REACTION D'HYDROLYSE DE LA PROTEINE PAR ACTION DE LA SOUDE CAUSTIQUE.	76
SCHEMA 14 : HYDROLYSE DE L'ESTER METHYLIQUE EN SEL D'ACIDE PECTIQUE.....	79

SCHEMA 15 : RÉACTION D'ÉLIMINATION DE L'OXYGÈNE DE L'AIR.....	81
SCHEMA 16 : SOLUBILISATION DE L'HYDROXYLE DE CALCIUM.....	82
SCHEMA 17 : REACTION DE FORMATION DE L'HYPOCHLORITE DE SODIUM.....	103
SCHEMA 18 : DISSOCIATION DE L'HYPOCHORITE DE SODIUM.	103
SCHEMA 19 : ACTION DE L'ACIDE SUR L'ACIDE HYPOCHLOREUX.....	103
SCHEMA 20 : DISSOCIATION DE L'HYPOCHLORITE DE SODIUM EN MILIEU ALCALIN.	103
SCHEMA 21 : AUTOOXYDATION DE L'HYPOCHLORITE DE SODIUM.	106
SCHEMA 22 : REACTIONS DE FORMATION DU CHLORITE DE SODIUM.	108
SCHEMA 23 : FORMATION DE CHLORITE DE SODIUM PAR REACTION DU DIXIDE DE CHLORE AVEC LE PEROXYDE D'HYDROGENE.....	108
SCHEMA 24 : DISSOCIATION DU CHLORITE DE SODIUM.....	109
SCHEMA 25 : DECOMPOSITION DU CHLORITE DE SODIUM.....	109
SCHEMA 26 : REACTION DE FORMATION DU DIOXYDE DE CHLORE (EN FORMANT DE L'EAU).	110
SCHEMA 27 : REACTION DE FORMATION DU DIXYDE DE CHLORE.....	110
SCHEMA 28 : FORMATION D'UN EQUILIBRE D'ACIDE ACETIQUE ET D'ACIDE FORMIQUE.	111
SCHEMA 29 : DISSOCIATION DU PEROXYDE D'HYDROGENE.....	115
SCHEMA 30 : DISSOCIATION DU PEROXYDE D'HYDROGENE EN MILIEU ALCALIN.....	115
SCHEMA 31 : DECOMPOSITION DE L'ION PERHYDROXYL.	116
SCHEMA 32 : DECOMPOSITION DU PEROXYDE D'HYDROGENE.....	116
SCHEMA 33 : REACTION DE PRECIPITATION DU SILICATE DE SODIUM AVEC LE DICHLORURE DE CALCIUM.	117
SCHEMA 34 : REACTION DE PRECIPITATION DE SILICATE DE SODIUM AVEC LE GAZ CARBONIQUE.	117
SCHEMA 35 : REACTION DE DISSOCIATION DU COLORANT DANS L'EAU.	173
SCHEMA 36 : REACTION DE CALCINATION DU COLORANT DIRECT.	174
SCHEMA 37 : IONISATION DE LA CELLULOSE EN MILIEU ALCALIN.	199
SCHEMA 38 : SUBSTITUTION NUCLEOPHILE SN2.....	200
SCHEMA 39 : REACTION D'ACTIVATION DU COLORANT SULFATOETHYLSULFONE EN MILIEU ALCALIN.....	201
SCHEMA 40 : REACTION DE FIXATION DU COLORANT VINYLSULFONE AVEC LA CELLULOSE.....	201
SCHEMA 41 : REACTION D'HYDROLYSE DU COLORANT VINYLSULFONE AVEC LA CELLULOSE.....	201
SCHEMA 42 : ÉQUATION D'IONISATION DE L'EAU.....	202
SCHEMA 43 : REACTION ONNEL DE LA REDUCTION DU COLORANT DE CUVE.....	218
SCHEMA 44 : REACTION DE SURREDUCTION DU COLORANT DE CUVE.....	221
SCHEMA 45 : RREACTION NEL DE LA REDUCTION DU COLORANT AU SOUFRE.....	230
SCHEMA 46 : REACTION DE L'OXYDATION DU COLORANT AU SOUFRE.....	231
SCHEMA 47 : REACTION DE POLYCONDENSATION DES PRODUITS SILICONES.....	318
SCHEMA 48 : REACTION D'ELECTROFLUORATION D'UN GROUPEMENT ALIPHATIQUE.....	319
SCHEMA 49 : REACTION DE FORMATION DE DIMETHYLOLUREE (DMU).....	329
SCHEMA 50 : REACTION DE POLYCONDENSATION DE DIMETHYLOLUREE (RESINE ELASTIQUE).....	329

Équations

ÉQUATION 1 :	94
ÉQUATION 2	142
ÉQUATION 3	142
ÉQUATION 4	142
ÉQUATION 5	143
ÉQUATION 6	143
ÉQUATION 7	145
ÉQUATION 8	145
ÉQUATION 9	146
ÉQUATION 10	146
ÉQUATION 11	146
ÉQUATION 12	147
ÉQUATION 13	148
ÉQUATION 14	149
ÉQUATION 15	149
ÉQUATION 16	149
ÉQUATION 17	150
ÉQUATION 18	150
ÉQUATION 19	150
ÉQUATION 20	154
ÉQUATION 21	155
ÉQUATION 22	155
ÉQUATION 23	155
ÉQUATION 24	158
ÉQUATION 25	159
ÉQUATION 26	160
ÉQUATION 27	160
ÉQUATION 28	161
ÉQUATION 29	162
ÉQUATION 30	220

Figures

FIGURE 1 : FORME ISOMERE DE D-GLUCOSE.	16
FIGURE 2 : STRUCTURE CHIMIQUE D'UNE CHAINE CELLULOSIQUE.....	17
FIGURE 3 : SITES REACTIFS DE LA CELLULOSE.....	19
FIGURE 4 : INTERACTION INTERMOLECULAIRE DANS LA CELLULOSE.....	20
FIGURE 5 : MORPHOLOGIE DE LA FIBRE DU COTON.	21
FIGURE 6 : STRUCTURE DES CHAINES MOLECULAIRES DANS LA FIBRE DE LA CELLULOSE (AMORPHE – CRISTALLINE).	23
FIGURE 7 : STRUCTURE FIBRILLAIRE DU COTON.	24
FIGURE 8 : FIBRILLES DU COTON.	26
FIGURE 9 : IMAGE MICROSCOPIQUE DU TISSU AVANT FLAMBAGE (A) ET APRES FLAMBAGE (B).	45
FIGURE 10 : PRINCIPE DE FLAMBAGE DU TISSU.	46
FIGURE 11 : BRULEUR.....	48
FIGURE 12 : POSITIONS DU BRULEUR PAR RAPPORT AU TISSU.	50
FIGURE 13 : STRUCTURE CHIMIQUE DE LA PECTINE.	75
FIGURE 14 : STRUCTURES CHIMIQUES DE QUELQUES COLORANTS NATURELS DANS LE COTON.....	77
FIGURE 15 : ÉLIMINATION DES CIRES PAR L'ACTION D'UN AGENT DE TENSION ACTIF.	81
FIGURE 16 : TEST D'HYDROPHILIE AU LABORATOIRE.....	85
FIGURE 17 : TRANSFORMATION DE LA CELLULOSE I EN CELLULOSE II EN FONCTION DE LA CONCENTRATION DE LA SOUDE CAUSTIQUE.	89
FIGURE 18 : VUE MICROSCOPIQUE DU COTON MERCERISE (A) ET NON MERCERISE (B).....	90
FIGURE 19 : REFLEXION DE LA LUMIERE AVANT ET APRES LE MERCERISAGE.	90
FIGURE 20 : INFLUENCE DE LA CONCENTRATION NAOH SUR L'INDICE DE BARYTE.	94
FIGURE 21 : MERCERISEUSE A CHAINE DE LA SOCIETE KIOTO.	98
FIGURE 22 : MERCERISEUSE SANS CHAINE DE LA SOCIETE BENNINGER.....	99
FIGURE 23 : PRINCIPES DU MERCERISAGE DES FILS DU COTON.....	100
FIGURE 24 : VITESSE DE DEGRADATION DES IMPURETES COLOREES EN FONCTION DU PH SOLUTION.....	105
FIGURE 25 : CONCENTRATION DES ELEMENTS DE DECOMPOSITION DU CHLORITE DE SODIUM EN FONCTION DU PH MILIEU.	111
FIGURE 26 : EFFET DE L'ALCALI SUR LE BLANCHIMENT AU PEROXYDE D'HYDROGENE.	119
FIGURE 27 : SECTION DE PRETRAITEMENT DANS LE J-BOX.....	126
FIGURE 28 : INSTALLATION D'UN J-BOX DE PRETRAITEMENT EN CONTINU DES TISSUS EN COTON.	128
FIGURE 29 : VAPORISAGE DES TISSUS AU LARGE DANS LE CONVEYOR.	130
FIGURE 30 : PRINCIPE DE VAPORISAGE DES PLIS DANS LE CONVEYOR.....	131
FIGURE 31 : VAPORISAGE DES TISSUS AU LARGE DANS U-BOX.	132
FIGURE 32 : PRINCIPE DE VAPORISAGE DES PLIS DANS L'U-BOX.	133
FIGURE 33 : STRUCTURE CHIMIQUE D'UNE MOLECULE TYPE DE COLORANT.	136

FIGURE 34 : STRUCTURE MOLECULAIRE DE L'EAU.	139
FIGURE 35 : ISOTHERME LINEAIRE REPRESENTANT L'ADSORPTION DES COLORANTS DISPERSES SUR LES FIBRES EN POLYAMIDE.	143
FIGURE 36 : ISOTHERME LINEAIRE REPRESENTANT L'ADSORPTION DES COLORANTS DISPERSES SUR LES FIBRES EN POLYESTER.	144
FIGURE 37 : ISOTHERME DE LANGMUIR REPRESENTANT L'ADSORPTION DES COLORANTS REACTIFS.	144
FIGURE 38 : ISOTHERME DE FREINDLEKH REPRESENTANT L'ADSORPTION DES COLORANTS DISPERSES SUR LES FIBRES DE POLYESTER.	144
FIGURE 39 : DESCRIPTION DE LA COUCHE LIMITE DE DIFFUSION TUBULAIRE SUR UNE SURFACE PLANE DE LA FIBRE.	152
FIGURE 40 : DIFFUSION DU COLORANT A L'INTERIEUR DES FIBRES.	156
FIGURE 41 : DIFFUSION DU COLORANT DIRECT DANS LES FIBRES CELLULOSIQUES EN FONCTION DE LA TEMPERATURE.	157
FIGURE 42 : DIFFUSION DU COLORANT DIRECT DANS LES FIBRES EN FONCTION DE LA CONCENTRATION DE TRIETHANOLAMINE.	157
FIGURE 43 : STRUCTURE CHIMIQUE DU COLORANT ROUGE CONGO.	171
FIGURE 44 : INFLUENCE DE LA TEMPERATURE DE TEINTURE SUR L'ADSORPTION DU COLORANT.	176
FIGURE 45 : INFLUENCE DE DEPASSEMENT DE LA TEMPERATURE SUR L'ADSORPTION DU COLORANT.	177
FIGURE 46 : DISTANCE ENTRE LES AUXOCHROMES DU COLORANT ROUGE CONGO.	181
FIGURE 47 : DISTANCE ENTRE LES GROUPEMENTS HYDROXYLES DU COLORANT.	181
FIGURE 48 : PROCEDES DE TEINTURE PAR EPUISEMENT.	184
FIGURE 49 : LES DIFFERENTES PARTIES DU COLORANT REACTIF.	188
FIGURE 50 : DIAGRAMME DE REACTIVITE DES DIFFERENTS TYPES DU COLORANT.	191
FIGURE 51 : STRUCTURE DU COLORANT C.I. BLEU REACTIF 171.	195
FIGURE 52 : STRUCTURE DU COLORANT C.I ROUGE REACTIF 221.	196
FIGURE 53 : STRUCTURE DU COLORANT C.I. ROUGE REACTIF 194.	196
FIGURE 54 : LES TROIS SITES ACTIFS DE LA MOLECULE D-GLUCOPYRANOSE.	199
FIGURE 55 : VITESSE DE REACTION DU COLORANT REACTIF.	203
FIGURE 56 : CINETIQUE D'ÉPUISEMENT ET DE FIXATION DU COLORANT REACTIF.	207
FIGURE 57 : DIAGRAMME DE TEINTURE PAR METHODE DU TOUT EN BAIN.	208
FIGURE 58 : DIAGRAMME DE TEINTURE PAR METHODE AMELIOREE DE L'ACCROISSEMENT PROGRESSIF DE TEMPERATURE.	208
FIGURE 59 : DIAGRAMME DE TEINTURE PAR METHODE A L'ISOTHERME.	209
FIGURE 60 : STRUCTURE DE L'INDIGO ET DU THIOINDIGO.	214
FIGURE 61 : STRUCTURE DE L'INDIGO MODIFIE.	214
FIGURE 62 : STRUCTURE DU DIBROMOINDIGO.	215
FIGURE 63 : STRUCTURE DE L'ALIZARINE ET DE L'INDANTHRONE.	216
FIGURE 64 : STRUCTURE DES DERIVES ANTHRAQUINONIQUES DES COLORANTS DE CUVE.	217
FIGURE 65 : PROCEDE PAD JIG POUR LA TEINTURE AVEC LES COLORANTS DE CUVE.	225
FIGURE 66 : PROCÉDÉ PAD DRY/PAD STEAM.	227
FIGURE 67 : STRUCTURE DE QUELQUES COLORANTS AU SOUFRE.	229
FIGURE 68 : STRUCTURE DU COLORANT AU SOUFRE : JAUNE IMMEDIAT GG.	229
FIGURE 69 : BARQUE A TOURNIQUET EN PRESSION ATMOSPHERIQUE.	238

FIGURE 70 : BARQUES A TOURNIQUET A HOTTE DE PROTECTION.	239
FIGURE 71 : BARQUE DE TEINTURE A HAUTE TEMPERATURE DE THIESS.	240
FIGURE 72 : PRINCIPE DE LA MACHINE DE TEINTURE JET.	242
FIGURE 73 : MACHINE DE TEINTURE JET DE TYPE KRANZ.	243
FIGURE 74 : MACHINES DE TEINTURE JET DE TYPE KRANZ (A) ET OBERMAYER (B).	244
FIGURE 75 : PRINCIPE DE LA MACHINE DE TEINTURE OVERFLOW.	246
FIGURE 76 : A) MACHINE DE TEINTURE OVERFLOW, B) MACHINE DE TEINTURE COMBINEE OVERFLOW-JET.	248
FIGURE 77 : MACHINE DE TEINTURE AIRFLOW DE THEN.	249
FIGURE 78 : A) PRINCIPE DE TEINTURE DANS UN JIGGER, B) JIGGER AVEC HOTTE DE PROTECTION.	251
FIGURE 79 : JIGGER A HOTAUTE DE PROTECTION DE TWIN JIG 1000/1300.	252
FIGURE 80 : INSTALATION PAD – ROLL.	254
FIGURE 81 : INSTALLATION PAD BATCH.	256
FIGURE 82 : PRINCIPE DE FOULARDAGE.	258
FIGURE 83 : LES DIFFERENTS PASSAGES DU TISSU DANS LE FOULARD.	259
FIGURE 84 : VAPORISEUR A ROULETTES.	260
FIGURE 85 : LIGNE DE TEINTURE PAD STEAM.	261
FIGURE 86 : PRINCIPE DE LAVAGE SUR ROTOWA.	268
FIGURE 87 : PRINCIPAUX ORGANES DE LA LAVEUSE ROTOWA.	269
FIGURE 88 : VUE GENERAL DE ROTOWA KLEINWEFERS-JAEGGLI.	271
FIGURE 89 : COMPARTIMENT CLASSIQUE A PARCOURS VERTICAL DES TISSUS.	273
FIGURE 90 : BAIN DE LAVAGE ACTIF.	274
FIGURE 91 : COMPARTIMENT DE LAVAGE A ESSORAGE REPETE.	275
FIGURE 92 : CUVE A ROULETTES DE LA SOCIETE BENNINGER.	277
FIGURE 93 : DEPENDANCE DE L'AMPLITUDE (λ) DE LA GEOMETRIE DU ROULEAU PROFILE.	278
FIGURE 94 : CUVE DE LAVAGE DE LAVEUSE « COMPACT DL-24 » DE LA SOCIETE BENNINGER.	279
FIGURE 95 : SECTION DE LAVEUSE « DRAGNAUGHT-SATELLITE » DE LA SOCIETE RIGGS AND LOMBARD INC.	280
FIGURE 96 : LAVAGE AVEC PARCOURS HORIZONTAL.	282
FIGURE 97 : LAVEUSE BMC WASHER DE LA FIRME KYOTO.	284
FIGURE 98 : CALANDRE A DEUX ROULEAUX (KUSTERS).	290
FIGURE 99 : CALANDRE A TROIS ROULEAUX.	292
FIGURE 100 : CALANDRE GAUFREUSE.	296
FIGURE 101 : PRINCIPE DE SANFORISAGE.	298
FIGURE 102 : LIGNE DE SANFORISAGE.	300
FIGURE 103 : SCHEMA DES ROULEAUX DE GRATAGE.	302
FIGURE 104 : SCHEMA D'UNE GRATTEUSE CLASSIQUE.	303
FIGURE 105 : PRINCIPE DE TONDAGE.	305

FIGURE 106 : TECHNIQUES DE TONDAGE.....	306
FIGURE 107 : STRUCTURE DU PYROVATEX CP.	311
FIGURE 108 : STRUCTURE DU SEL D'ALUMINE.	314
FIGURE 109 : STRUCTURE DU SEL DE ZIRCONIUM.	314
FIGURE 110 : STRUCTURE DES DERIVES POLYVINyliQUES.	315
FIGURE 111 : STRUCTURE DE STEARAMIDE DE METHYLOLUREE.	316
FIGURE 112 : STRUCTURE D'UN DERIVE DE METHOXYMETHYLMELAMINE (FOTEX FTC).....	317
FIGURE 113 : PERMEABILIMETRE.....	320
FIGURE 114 : CONTROLE PAR SPRAY TEST.	321
FIGURE 115 : STRUCTURE DE LA TRIMETHYLOLMELAMINE.....	330
FIGURE 116 : STRUCTURE DE DIMETHYLOLETHYLENE UREE (DMEU).	331
FIGURE 117 : STRUCTURE DU DIMETHYLOLDIHYDROXYETHYLENE UREE (DMDHEU).....	333
FIGURE 118 : STRUCTURE D'UNE RESINE REACTIVE SANS FORMOL.	334
FIGURE 119 : RAME D'APPRET DES TISSUS DE TYPE WAKAYAMA.	338
FIGURE 120 : DISPOSITIF DE SURALIMENTATION.	339