



UNIVERSITE DE HAUTE ALSACE

Habilitation à Diriger des Recherches

Présentée par

Richard FRYDRYCH

Chercheur au Cirad-ca

**Les polluants du coton :
cas du collage et des débris de coque**

Soutenue le 13 décembre 2002 devant le jury composé de

Rapporteurs

Jean KNOTT
Michel SOTTON
Bernard THIBAUT

Examineurs

Jean-Yves DREAN
Jean-Luc KHALFAOUI
Jacques PAGES
Marc RENNER

REMERCIEMENTS

C'est avec un grand plaisir que j'adresse mes remerciements aux responsables successifs du Laboratoire de Technologie Cotonnière du Cirad-ca, Messieurs J. Gutknecht., S. Goebel, E. Héquet, J.L.Chanselme, J.P. Gourlot et B. Bachelier, pour m'avoir systématiquement encouragé à poursuivre dans les études engagées sur les cotons collants et les débris de coque et s'y être impliqués.

La majorité des études s'est déroulée au laboratoire et l'équipe technique composée de Mesdames M.Vialle, C.Brunissen, A.Thibaut, V. Vialette, V. Fallet, F. Thierry, S. Duplan, M.E. Lapeyre, B. Favreau et Messieurs S. Lassus, J.C. Nieweadowski, P. Francalanci, G. Morel, a participé à des degrés divers à leur réalisation. Je les remercie bien vivement pour leur aide et l'enthousiasme à la réussite des projets. Que Mesdames H. Guillemain, et D. Braye-Evesque, successivement secrétaires du laboratoire, reçoivent toute ma gratitude pour leur efficacité et leur sérieux.

Un grand merci aux chercheurs, Messieurs J. Fournier, J. Massat, J. Bourely, G. Gawryasiak, C. Aymard, J. Lecomte, et Mesdames N. Roehrich, C. Marquié pour leurs encouragements ainsi qu'aux étudiants, ingénieur, F. Langlois, DEA et thésards O. Fonteneau-Tamime, M. Krifa, A.A. Amara, qui ont participé très activement et avec énormément d'enthousiasme aux projets qu'ils avaient en charge et qu'ils ont menés à terme.

Mes remerciements s'adressent à l'ensemble de la Direction du Cirad-ca et celle du Programme Coton, pour la confiance qu'ils ont accordée à l'ensemble des recherches menées, les financements accordés et ainsi contribué à la réussite de celles-ci.

Des coopérations ont été engagées dès 1992 avec Monsieur le Professeur J.Y. Dréan de l'ENSITM. Je tiens à le remercier chaleureusement de m'avoir encouragé à valoriser mes travaux par une thèse en 1996 et à présenter ce document récapitulatif des travaux engagés sur les pollutions de la fibre de coton. Ses conseils et son aide m'ont été précieux. J'ai beaucoup apprécié son amicale attention.

Je remercie également Monsieur le Professeur M. Renner, Directeur de l'ENSITM, des fructueuses collaborations entre l'ENSITM et le Cirad, et de s'être toujours intéressé à mes travaux.

Je suis très sensible à l'honneur que me font Monsieur le Professeur J. Knott de CENTEXBEL, Monsieur M. Sotton, Conseiller Scientifique de l'IFTH, Monsieur B. Thibaut, Directeur de Recherches au CNRS, en acceptant de juger ce travail et d'en être les rapporteurs.

Il m'est agréable de remercier Messieurs J.L. Kalfaoui, Directeur Scientifique du Cirad-ca et J. Pagès, Responsable du Programme coton, d'avoir cautionné ce travail et accepté d'être membres du jury.

J'exprime ma gratitude à Monsieur C. Lebrun, Directeur de la Sercom, pour la construction du thermodétecteur, du détecteur rapide des cotons collants, de Trashcam, ainsi qu'à B. Lebrun, électronicien et automaticien. Je les remercie pour leur dynamisme, leur grande disponibilité, et pour s'être investis pleinement dans ces réalisations en m'accompagnant tout au long de ces travaux si passionnants. Que Monsieur G. Cornuejols, Directeur de la Société Scanera, spécialiste dans l'analyse d'image sur support brillant, et son équipe soient remerciés pour le partenariat fructueux en matière de comptage des points collants.

Mes remerciements vont également à l'équipe de biométrie-informatique, Monsieur E. Gozé, pour ses conseils, son implication dans les projets et les interprétations statistiques, Madame J. Chaume, ainsi qu'à Messieurs M. Giner, A. Joly, J. Parriaud pour l'aide informatique, et E. Jallas pour ses encouragements et conseils, dès le début des recherches.

Je voudrais également remercier Messieurs B. Hau et M. Vaissayre, responsables respectivement des équipes traitant de l'amélioration variétale et d'entomologie ainsi que les chercheurs ayant participé aux projets. Mes remerciements s'adressent également à J. P. Deguine pour les échanges très fructueux sur le collage.

Ce travail est le fruit de nombreuses collaborations avec notamment, Cotton Incorporated, l'International Textile Center, Zellweger-Uster, l'IFTH, la SCC, l'ARC, le Ministère de l'Industrie et l'Anvar. C'est avec grand plaisir que j'ai travaillé avec eux.

A toutes les autres personnes qui se sont intéressées à ces recherches, un grand merci.

Enfin, toute mon affectueuse reconnaissance va à mon épouse Danielle Frydrych, pour ses encouragements durant ces nombreuses années de recherche. Je souhaite lui dédier ce travail ainsi qu'à mes filles, et à mes parents.

Liste des abréviations utilisées pour les travaux

[T]	: thèse
[DES]	: diplôme d'étude supérieure d'université
[P]	: publication
[C]	: communication
[CR]	: contrat de recherche

[B]	: brevet
[MT]	: manuel technique
[E]	: encadrement
[N]	: normalisation
[F]	: formation

Liste des abréviations utilisées pour les Institutions

ANVAR	: Agence Nationale de Valorisation de la Recherche
ARC	: Agriculture Research Corporation (Soudan)
CENTEXBEL :	: Centre Textile Belge
CFC	: Commun Fund for Commodities ou Fonds Commun des Matières Premières
Cirad	: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CI	: Cotton Incorporated
Cirad-ca	: Département Cultures Annuelles du Cirad
Cirad-IRCT	: ex-Département coton du Cirad
ENSITM	: Ecole Nationale Supérieure des Industries Textiles de Mulhouse
ICAC	: International Cotton Advisory Committee
ICCTM	: International Committee on Cotton Testings Methods
IFTH	: Institut Français du Textile et de l'Habillement
IRAD	: Institut de la Recherche Agronomique pour le Développement (Cameroun)
ITMF	: International Textile Manufacturer Federation
ITC	: International Textile Center
SCAT	: Sticky Cotton Action Team
SCC	: Sudan Cotton Compagny
SGICF	: Syndicat Général de l'Industrie Cotonnière Française
SDL	: Shirley Developements Limited
USDA	: United States Department of Agriculture

LISTE DES FIGURES

Figure A-1 . Zone de culture cotonnière dans le monde (Matthews, 1989).....	17
Figure A-2 . Evolution de la surface cotonnière, du rendement et de la production mondiale de fibre selon l'ICAC, 1999.....	18
Figure A-3 . Principaux pays producteurs et exportateurs de coton en 1999-2000 (source ICAC).	18
Figure B-1 . Un champ de coton (photo R. Frydrych)	21
Figure B-2 . Coupe longitudinale de deux graines de coton, avec glandes à gossypol et sans glande (archive Cirad-ca).	22
Figure B-3 . Diagramme du développement des fibres (Parry, 1982).	23
Figure B-4 . Schéma d'une coupe longitudinale d'une fibre de coton (Parry, 1982).....	23
Figure B-5 . Propreté du coton selon 3 modes de récolte (photos Chanselme).	26
Figure B-6 . Récolteuses mécaniques (photos Chanselme).	27
Figure B-7 . Schéma d'une égreneuse à scies (Paris, 1982).....	28
Figure B-8 . Schéma d'une égreneuse à rouleaux (Parry, 1982).....	28
Figure B-9 . Evaluation de la longueur selon la méthode du pulling (cliché Gutknecht).	30
Figure B-10 . Evaluation de la longueur selon le fibrogramme (Gourlot, 1997).	30
Figure B-11 . Aspect de fibres selon leur maturité (Parry, 1982).	31
Figure B-12 . Schéma d'une minicarde.	32
Figure B-13 . Formation de la torsion du fil en filature : à anneaux (1) ; à rotor (2) (Renner)	33
Figure B-14 . Principe du dynamomètre fil à fil (Zellweger-Uster).	34
Figure B-15 . (1) Principe d'un gradient de force constant (CRL) et (2) principe d'un gradient d'allongement constant (CRE), (Zellweger-Uster).....	35
Figure B-16 . Diagramme force-allongement (Zellweger-Uster).	36
Figure B-17 . Diagramme de masse.	37
Figure B-18 . Courbe variance-longueur.....	38
Figure B-19 . Spectrogramme d'un fil de coton normal sur régularimètre Zellweger-Uster. ..	39
Figure B-20 . Spectrogramme d'un fil avec un défaut périodique sur régularimètre Zellweger-Uster.	39
Figure C-1 . Manifestation du collage (photos Cirad 1-2-3-4 ;Frydrych-Erwin, 5-6-7-8).....	48
Figure C-2 . Types de neps sur le fil (photos R. Frydrych).....	54
Figure C-3 . Recherches menées pour réduire ou éliminer les contaminants du coton : les miellats d'insectes et les débris de coque.	56
Figure D-1 . Etude chimique des sucres et détections (photos Bourely).	64
Figure D-2 . Détection du collage à la minicarde (photo R. Frydrych).	64
Figure D-3 . Procédure hiérarchisée des recherches sur la détection au thermodétecteur SCT	

(photos R. Frydrych)	65
Figure D-4 . Procédure hiérarchisée des recherches sur la mesure du collage au High Speed Stickiness Detector (photos R. Frydrych 1, 2 ; C. Frydrych 3).....	66
Figure D-5. Faisabilité d'une classification des balles d'après le collage.....	67
Figure D-6 . Détermination d'un seuil critique économique de collage en filature.....	68
Figure D-7 . Etudes menées pour utiliser et neutraliser les cotons collants.....	69
Figure D-8 . Les degrés de collage à la minicarde au Cirad (photos R. Frydrych).....	72
Figure D-9 . Evolution du degré de collage en fonction de l'humidité relative.....	73
Figure D-10 . Principe de la thermodétection (R. Frydrych, 1986).	75
Figure D-11 . Le thermodétecteur SCT (photos R. Frydrych - Photovision).....	75
Figure D-12 . Influence de l'humidité relative sur la mesure du collage.....	79
Figure D-13 . Relation entre les résultats obtenus à la minicarde et ceux au thermodétecteur.	81
Figure D-14 ; Principe du H2SD, détecteur rapide des cotons collants (Frydrych, 1992).....	82
Figure D-15 . Opérations de mise au point du H2SD.	83
Figure D-16 . Faisabilité des parties mécanique et électronique (photo R. Frydrych).....	84
Figure D-17 . Schéma du système de prise d'image (R. Frydrych, 1992).....	84
Figure D-18 . Résultats affichés à l'écran du détecteur rapide H2SD.	85
Figure D-19 . Relation entre les résultats obtenus par comptage visuel et ceux par AI.....	86
Figure D-20 . Relation entre le H2SD prototype et le SCT.	86
Figure D-21 . Le H2SD commercial : (1) vue avant ; (2) vue arrière (photos R. Frydrych). ..	87
Figure D-22 . Quelques résultats obtenus avec le H2SD.	89
Figure D-23 . Types de miellats rencontrés : (1) miellat moyen ; (2) gros miellat (photos R. Frydrych).....	90
Figure D-24 . Relation moyenne-variance du nombre de points collants H2SD.....	95
Figure D-25 . Exemple d'évolution du risque de litige en fonction de la moyenne de collage de la balle.....	96
Figure D-26 . Evaluation du collage pour 8 usines d'égrenage.	97
Figure D-27 . Relations entre 3 répétitions : moyenne de 10 mesures par balle.....	100
Figure D-28. Procédure expérimentale pour les essais de mélange en laboratoire.	102
Figure D-29. Evolution du nombre de points collants H2SD et de la dispersion vs nombre d'ouvertures.....	103
Figure D-30. Procédure de mélange industriel.....	104
Figure D-31. Evolution du nombre de points collants H2SD et de la dispersion vs nombre de passage au batteur.....	105
Figure D-32 . Schéma de production et des tests en filature cardée	108
Figure D-33 . En filature cardée, casses et rendements vs H2SD	109

Figure D-34 . En cycle cardé, critères de qualité du fil vs H2SD	110
Figure D-35 . Schéma de production et des tests en filature peignée	112
Figure D-36 . Echantillon de référence : résultats H2SD vs temps.....	115
Figure D-37 . Evolution de la proportionnalité des mélanges au H2SD	115
Figure D-38 . Prototype de neutralisation à humidité ambiante (photo R. Frydrych)	117
Figure D-39 . Neutralisation des miellats à la vapeur (photo R.Frydrych).....	119
Figure D-40. Evolution du potentiel de collage selon la masse surfacique traitée	120
Figure D-41. Evolution des neps collage sur fil après traitement à la vapeur.....	120
Figure D-42 . Collage des miellats de pucerons et mouches blanches à la minicarde.....	121
Figure D-43 . Etalement des films de sucre et du tissu (photo Amara)	122
Figure D-44 . Fixation du substrat dans le mors inférieur (1) et le tissu dans le mors supérieur (2) (photo Amara).....	123
Figure E-1. Représentation schématique du principe de fonctionnement de l'AFIS (d'après Jones et Baldwin, 1995)	130
Figure E-2. Comptage des SCF sur le fil (photos R. Frydrych).....	133
Figure E-3. Comptage des SCF sur nappe de carde et voile de carde (photos R. Frydrych). 134	
Figure E-4. Une nouvelle méthodologie pour la microfilature à fibres courtes (photos R. Frydrych).....	135
Figure E-5 . Identification et comptage du nombre de défauts sur le fil (photo R. Frydrych).	136
Figure E-6 . Dispositif d'identification des imperfections du fil sur régularimètre GGP	136
Figure E-7. Sur 43 cotons, relation sur fil entre neps totaux et les neps identifiés	137
Figure E-8 . Relation sur le fil entre les neps totaux et les débris de coque ou SCF.....	138
Figure E-9. Quatre grades de régularimétrie sur plaquettes de fil, fond noir.....	141
Figure E-10. 4 Grades de débris de coque ou SCF sur fil, sur plaquettes fond blanc (photo R. Frydrych).....	142
Figure E-11 : Principe de reconnaissance des impuretés sur Trashcam (Krifa, 2001).	144
Figure E-12 : Écran de résultats Trashcam (Krifa, 2001).	145
Figure E-13 : Paramètres morphologiques mesurés par Trashcam (Krifa, 2001).....	146
Figure E-14. Mallette Trashcam pour l'analyse des SCF sur fil et fibre (photos R. Frydrych).	147
Figure E-15. Unité de microfilature : minicarde, banc d'étirage , continu à filer, Open-end (photo R. Frydrych).....	148
Figure E-16. Schéma des étapes en microfilature au CIRAD (R. Frydrych, 2000).....	149
Figure E-17. Minicarde pour cardage de 50 g à 100 g de fibres (photo R. Frydrych).	150
Figure E-18. Banc d'étirage (photo R. Frydrych).....	152
Figure E-19. Filature à anneaux (photo R. Frydrych).	152

Figure E-20. Longueurs de fils disponibles en fonction des masses filées et du titre du fil. .	153
Figure E-21. Régularimètre UT3 (photo R. Frydrych).	154
Figure E-22. Relation entre la force de rupture en cN /tex du fil et la ténacité HVI. en cN/tex.	157
Figure E-23. Force de rupture filature à anneaux (RS) vs force de rupture open-end (OE)..	158
Figure E-24. Neps totaux filature à anneaux (RS) vs neps totaux open-end (OE)	159
Figure E-25. SCF filature à anneaux (RS) vs SCF open-end (OE).....	160
Figure E-26. Neps fibre filature à anneaux (RS) vs neps fibre open-end (OE).	161
Figure E-27. Nombre de neps coque sur fil RS 20 tex (UT3) vs comptage Trashcam. EVM 1995/1996 et 1996/1997.....	164
Figure E-28. Relation entre le comptage des SCF par Trashcam et des SCN par AFIS.....	166
Figure E-29 : Analyse détaillée du nombre neps sur UT3 pour fil RS et OE en 20tex.....	168
Figure E-30 : Variation du comptage AFIS des SCN après individualisation des fibres par l'ouvreur OE.....	168
Figure E-31. Relation entre les neps coque détectés sur le fil par l'UT3 et fibres par Trashcam (1) et AFIS (2).	169
Figure E-32. Relation entre les points gros sur fil et Trashcam sur nappe de carte : Fil RS (1) ; fil OE (2).	170
Figure E-33 : Exemples des divers types de SCF rencontrés dans le voile de carte au cours des expérimentations (photo Krifa, 2001).....	170
Figure E-34 : Quelques exemples de SCF ayant provoqué des neps et des points gros dans le fil RS (photo Krifa, 2001)	171
Figure E-35. Charge spécifique à la rupture vs Trashcam sur nappe de carte.	171
Figure E-36 : SCF sur le fil, casse sur dynamomètre fil à fil (photo Krifa, 2001).....	172
Figure E-37 : Relation entre les comptages visuel et par analyse d'image des SCF sur voile de carte	172
Figure E-38. Comparaison des moyennes des comptages Trashcam sur nappe et voile de carte.	173
Figure E-39. Relation entre les comptages Trashcam et visuel réalisés sur plaquettes de fil RS et OE de 20 tex.	174
Figure E-40. Relation entre le nombre de neps coque détectés à l'UT3 et le comptage Trashcam : fil RS et OE en 20 tex.....	175
Figure E-41. Relation entre la résistance du fil (RS 20 tex) et la quantité de SCF détectée par Trashcam sur plaquette de fil : (1) 105 cotons ; (2) 35 cotons de « basse qualité ; (3) 70 cotons bonne qualité.....	177

SOMMAIRE

SOMMAIRE

CHAPITRE A :INTRODUCTION.....	16
CHAPITRE B :LE COTON : DE LA PLANTE AU FIL.....	20
B.1. LA PLANTE ET SES PRODUITS.....	20
B.1.1. Botanique.....	20
B.1.2. Morphologie et physiologie	20
B.1.3. La graine.....	21
B.1.4. La fibre.....	22
B.1.4.1. Formation.....	22
B.1.4.2. Composition chimique.....	23
B.2. CONDUITE ET PROTECTION DES CULTURES	24
B.2.1. Conduite des cultures.....	24
B.2.2. Protection des cultures.....	24
B.3. LA RECOLTE	25
B.3.1. La récolte manuelle.....	25
B.3.2. La récolte mécanique.....	26
B.4. L'EGRENEGE.....	27
B.4.1. Les égreneuses à scies.....	27
B.4.2. Les égreneuses à rouleaux.....	28
B.5. LES CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES DES FIBRES	29
B.5.1. Le grade.....	29
B.5.2. La longueur.....	29
B.5.3. La résistance à la rupture de la fibre.....	30
B.5.4. La finesse et la maturité :.....	30
B.6. LA FILATURE	31
B.6.1. La préparation des fibres.....	32
B.6.2. La parallélisation des fibres.....	32
B.6.3. La filature proprement dite.....	33
B.7. CARACTÉRISATIONS TECHNOLOGIQUES DES FILS.....	33
B.7.1. Les essais de résistance sur fil	34
B.7.1.1. La résistance fil à fil.....	34
B.7.1.1.1. Méthodes utilisées	34
B.7.1.1.2. Définitions.....	35
B.7.1.1.3. Réalisation des tests.....	35
B.7.1.2. La résistance à échevette.....	36
B.7.2. La régularimétrie du fil.....	36
B.7.2.1. L'indice d'irrégularité.....	36
B.7.2.2. Variations de masse	37
B.7.2.3. Le diagramme de masse.....	37
B.7.2.4. La courbe variance-longueur.....	37
B.7.2.5. Le spectrogramme.....	38
B.7.2.6. Imperfections du fil.....	39

B.7.2.7.	Grosseurs et finesses du fil.....	39
B.7.2.7.1.	Neps ou boutons.....	40
B.8.	CONCLUSION.....	41
B.9.	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	41

CHAPITRE C :CONTAMINANTS DE LA FIBRE ET MOYENS DE LUTTE..... 44

C.1.	LE PROBLEME DU COLLAGE DES COTONS EN FILATURE.....	44
C.1.1.	<i>L'origine géographique</i>	44
C.1.2.	<i>Processus et causes du collage</i>	44
C.1.3.	<i>Les débris divers</i>	45
C.1.4.	<i>Les sucres d'origine physiologique</i>	45
C.1.4.1.	Au stade de la fibre.....	45
C.1.4.2.	Les sucres du cotonnier.....	46
C.1.5.	<i>Les sucres d'origine entomologique</i>	46
C.1.5.1.	Causes et conséquences.....	46
C.1.5.2.	Types de sucres.....	47
C.1.6.	<i>Lutte contre les cotons collants</i>	49
C.1.6.1.	Stade du champ.....	49
C.1.6.1.1.	Traitements phytosanitaires.....	49
C.1.6.1.2.	Facteurs agissant sur les populations d'insectes.....	49
C.1.6.1.3.	Solutions envisagées.....	51
C.1.6.2.	Stades de la transformation de la fibre.....	51
C.2.	LES FRAGMENTS DE COQUE.....	52
C.2.1.	<i>Formation des fragments de coque ou SCF</i>	52
C.2.2.	<i>Effet des SCF sur le filage et sur le fil</i>	52
C.2.3.	<i>Lutte contre les SCF</i>	54
C.2.3.1.	Au champ.....	54
C.2.3.2.	Stades de la transformation de la fibre.....	55
C.3.	CONCLUSION.....	55
C.4.	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	56

CHAPITRE D :MOYENS D'ETUDE DU COLLAGE : METHODES MECANIQUES ET THERMOMECAINIQUES..... 60

D.1.	INTRODUCTION.....	60
D.2.	LES METHODES DE MESURE DES COTONS COLLANTS.....	60
D.2.1.	<i>Méthodes chimiques</i>	60
D.2.2.	<i>La méthode physique : la spectroscopie infra-rouge</i>	61
D.2.3.	<i>Les méthodes mécaniques</i>	61
D.2.3.1.	Le test à l'aide de la carte de laboratoire ou minicarde.....	61
D.2.3.2.	Le test Lintronics.....	62
D.2.3.3.	Le test "Shenkar".....	62
D.2.4.	<i>Les méthodes thermomécaniques</i>	62
D.2.4.1.	La méthode par chauffage à l'étuve.....	62
D.2.4.2.	Le système par inspection directe (DIS).....	62
D.2.4.3.	La méthode par thermodétection.....	62
D.3.	PRESENTATION DES RECHERCHES.....	63
D.4.	MISES AU POINT DE METHODES DE MESURE DU COLLAGE.....	70
D.4.1.	<i>La détection chimique</i>	70
D.4.2.	<i>La détection mécanique à la minicarde</i>	70
D.4.2.1.	Description du test.....	70
D.4.2.2.	Conditions d'utilisation de la minicarde pour les tests de collage.....	71
D.4.2.3.	Conclusion.....	74
D.4.3.	<i>La thermodétection</i>	74
D.4.3.1.	Principe de la thermodétection.....	74
D.4.3.2.	Conditions opératoires.....	75
D.4.3.2.1.	Distribution des points collants et précision des résultats.....	75
D.4.3.2.2.	Effet du temps de repos de l'échantillon sur la lecture des points collants.....	76
D.4.3.2.3.	Effet de l'humidité relative sur les résultats de collage.....	77
D.4.3.2.4.	Relation entre les résultats obtenus à la minicarde et ceux au thermodétecteur.....	80
D.4.3.3.	Conclusion.....	81
D.4.4.	<i>Le détecteur rapide H2SD</i>	81
D.4.4.1.	Principe.....	82
D.4.4.2.	Schéma de la procédure hiérarchisée pour la mise au point du procédé H2SD.....	82

D.4.4.3.	Mise au point de la détection rapide des cotons collants.....	83
D.4.4.3.1.	Faisabilité du procédé mécanique de dépôt des points collants.....	83
D.4.4.3.2.	Faisabilité du système d'analyse d'image.....	84
D.4.4.3.3.	Relation des résultats au H2Sd et au thermodétecteur.....	86
D.4.4.4.	Mise au point du H2SD commercial.....	86
D.4.4.4.1.	Conception de l'appareil.....	87
D.4.4.4.2.	Résultats obtenus avec l'appareil.....	87
	Distribution de la taille des points collants.....	89
D.4.4.5.	Conclusions sur le test au détecteur rapide H2SD.....	90
D.5.	CLASSIFICATION DE LA PRODUCTION.....	90
D.5.1.	<i>Choix du type de classement et de l'appareil de mesure.....</i>	90
D.5.2.	<i>Variabilité du collage et faisabilité d'une classification commerciale avec le H2SD.....</i>	92
D.5.2.1.	Distribution intra-balle du collage sur des échantillons de coton en provenance du Soudan.....	92
D.5.2.1.1.	Protocole expérimental.....	92
D.5.2.1.2.	Loi de répartition des points collants.....	92
D.5.2.1.3.	Estimation des paramètres m et k de la loi binomiale négative.....	93
D.5.2.2.	Classement et risque de litige à l'expertise des balles.....	94
D.5.2.2.1.	Risque de litige par balle individuelle.....	94
D.5.2.2.2.	Risque de litige pour toute une production de balles.....	96
D.5.2.2.3.	Classification d'une production de 480 balles.....	96
D.5.2.3.	Evaluation d'une classification H2SD au Soudan.....	98
D.5.2.4.	Distribution intra-balle du collage sur des échantillons provenant des Etats-Unis.....	99
D.5.2.4.1.	Protocole expérimental.....	99
D.5.2.4.2.	Resultats et discussion.....	99
D.5.3.	<i>Mise au point d'une méthodologie pour l'obtention de cotons de référence.....</i>	100
D.5.3.1.	Objectif.....	100
D.5.3.2.	Essais de faisabilité en laboratoire.....	100
D.5.3.2.1.	Mode opératoire.....	101
D.5.3.2.2.	Résultats et discussion.....	101
D.5.3.3.	Préparation industrielle.....	103
D.5.3.3.1.	Protocole de prélèvement et de mélange des balles :.....	103
D.5.3.3.2.	Résultats et discussion.....	104
D.5.4.	<i>Conclusion.....</i>	105
D.6.	IMPACT DU COLLAGE SUR LA FILATURE.....	106
D.6.1.	<i>Objectif.....</i>	106
D.6.2.	<i>Mesure du collage et relation avec les problèmes en filature.....</i>	106
D.6.2.1.	Filature en cycle cardé.....	106
D.6.2.2.	Filature en cycle peigné.....	111
D.6.3.	<i>Influence de l'humidité relative sur la manifestation du collage.....</i>	112
D.6.3.1.	Filature industrielle.....	112
D.6.3.2.	Microfilature.....	112
D.6.4.	<i>Proportionnalité entre la densité des points collants et les résultats H2SD : dérive dans le temps, dépendance des mesures successives.....</i>	113
D.6.4.1.	Objectif.....	113
D.6.4.2.	Matériels et méthodes.....	113
D.6.4.3.	Résultats et discussion.....	114
D.6.4.4.	Conclusion.....	116
D.6.5.	<i>Conclusion.....</i>	116
D.7.	UTILISATION DES COTONS COLLANTS EN FILATURE.....	116
D.7.1.	<i>Utilisation possible des cotons collants dans certaines conditions.....</i>	116
D.7.2.	<i>Neutralisation des miellats.....</i>	116
D.7.2.1.	Méthode mécanique.....	116
D.7.2.2.	Méthode thermomécanique.....	117
D.7.2.3.	Détermination du pouvoir collant du coton.....	120
D.7.2.3.1.	Premiers tests empiriques.....	120
D.7.2.3.2.	Tests d'adhérence des sucres.....	121
D.8.	CONCLUSION.....	125
D.9.	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	126

CHAPITRE E : MOYENS DE DÉTECTION DES DÉBRIS DE COQUES OU SEED COATFRAGMENTS (SCF) 128

E.1.	INTRODUCTION.....	128
E.2.	LES METHODES DE MESURE DES FRAGMENTS DE COQUE OU SCF.....	128
E.2.1.	<i>Les méthodes visuelles.....</i>	128

E.2.1.1.	Méthodes par extraction des déchets.....	129
E.2.1.2.	Méthodes chimiques	129
E.2.1.3.	Méthodes optoélectroniques.....	130
E.2.1.3.1.	Mesure dans la fibre : Zellweger AFIS.....	130
E.2.1.3.2.	Mesure sur le fil : Régularimètres Uster Tester	131
E.2.1.4.	Méthodes par analyse d'image.....	131
E.2.1.4.1.	Le « Fiber Contamination Tester » (FCT)	131
E.2.1.4.2.	Le « Nep Control » de Trützschler GMBH & CO (NCT)	131
E.2.1.4.3.	Trashcam – CATI.....	131
E.3.	PRESENTATION DES RECHERCHES	132
E.4.	MISE AU POINT DE METHODES DE MESURE DES FRAGMENTS DE COQUE OU SCF	135
E.4.1.	<i>Analyse des SCF sur fil</i>	135
E.4.1.1.	Analyse des SCF avec le régularimètre Zellweger-Uster.....	135
E.4.1.1.1.	Description de la méthode d'identification et de comptage des imperfections sur fil à l'aide du GGP	136
E.4.1.2.	Premiers résultats.....	137
E.4.1.2.1.	Vérification de l'efficacité du système d'identification de la nepposité sur GGP.....	137
E.4.1.2.2.	Evaluation d'une formule de prévision des débris de coque sur fil.....	138
•	Sur cotons non collants.....	138
E.4.1.3.	Comptage des SCF sur une plaquette de fil	139
E.4.1.3.1.	Evaluation qualitative.....	139
E.4.1.3.2.	Evaluation par comptage sur plaquette photocopiée.....	140
E.4.1.3.3.	Comptage des SCF sur plaquette de fil par Trashcam	140
E.4.2.	<i>Analyse des SCF sur nappe de fibres</i>	143
E.4.2.1.	Comptage des SCF sur nappe de fibres photocopiée : méthodologie et premiers résultats.....	143
E.4.2.2.	Comptage des SCF sur voile de carte par l'outil de mesure Trashcam	143
E.4.3.	<i>Mise au point d'une mallette pour l'évaluation des SCF sur un voile et sur le fil</i>	146
E.5.	NOUVELLE METHODOLOGIE UTILISABLE PAR LES CHERCHEURS ET LES FILATEURS POUR LA MICROFILATURE DE FIBRES COURTES	147
E.5.1.	<i>Introduction</i>	147
E.5.2.	<i>Méthodologie</i>	148
E.5.2.1.	La préparation des fibres.....	149
E.5.2.1.1.	L'ouverture et le mélange de l'échantillon	149
E.5.2.1.2.	Le cardage	150
E.5.2.2.	La phase d'étirage.....	150
E.6.	APPLICATIONS DES METHODOLOGIES DE MICROFILATURE ET DE COMPTAGE DES SCF	153
E.6.1.	<i>Filature de 500 g de fibres au continu à filer et à l'open-end</i>	153
E.6.1.1.	Introduction.....	153
E.6.1.2.	Microfilature de 500 g de fibres et analyse du fil.....	154
E.6.1.2.1.	Matériel et méthode.....	154
E.6.1.2.2.	Résultats et discussion	155
E.6.1.2.3.	Conclusion.....	156
E.6.2.	<i>Comparaison d'outils de mesure de la nepposité sur fil et sur fibre</i>	161
E.6.2.1.	Application d'outils de mesure des SCF dans la thèse de Bachelier : cas de la capture d'image par « Trashcam caméra »	162
E.6.2.1.1.	Comparaison d'outils de mesure de la nepposité sur fil et sur fibre	162
E.6.2.1.2.	Relation entre la nepposité coque sur le fil et le comptage Trashcam sur la nappe de fibre.....	164
E.6.2.1.3.	Utilisation de Trashcam en amélioration variétale	164
E.6.2.1.4.	Conclusion.....	165
E.6.2.2.	Application des outils de mesure des SCF dans la thèse de Krifa : cas de la capture d'image par « Trashcam scanner »	165
E.6.2.2.1.	Evaluation de la lecture des SCF par Trashcam sur nappe de fibre.....	165
E.6.2.2.2.	Evaluation de la lecture des SCF par Trashcam sur voile de carte	172
E.6.2.2.3.	Evaluation de la lecture des SCF par Trashcam sur plaquette de fil.....	173
E.6.2.2.4.	Conclusion.....	177
E.7.	CONCLUSION.....	178
E.8.	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	178

CHAPITRE F : CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES..... 182

F.1.	CONCLUSION GENERALE.....	182
Mise au point d'appareils de détection	182	
Programmes de recherche sur le collage	183	
Mises au point de méthodes de détection	184	
Programmes de recherche sur les SCF.....	185	
F.2.	PERSPECTIVES	186

CHAPITRE G :NOTICE INDIVIDUELLE..... 189

G.1.	CURRICUMUM VITAE.....	189
G.2.	PRINCIPAUX TRAVAUX.....	193
G.2.1.	<i>Thèse</i>	193
G.2.2.	<i>DES</i>	193
G.2.3.	<i>Publications</i>	193
G.2.4.	<i>Communications</i>	194
G.2.4.1.	Communications à congrès avec comité de sélection et publication des actes.....	194
G.2.4.2.	Autres communications.....	196
G.2.5.	<i>Brevets</i>	197
G.2.6.	<i>Manuel technique</i>	197
G.2.7.	<i>Contrats de recherche</i>	198
G.2.8.	<i>Encadrements</i>	199
G.2.8.1.	Coencadrement de thèses.....	199
G.2.8.2.	Coencadrement de thèses en cours.....	199
G.2.8.3.	Coencadrement de DEA.....	200
G.2.8.4.	Encadrement de mémoire d'ingénieur ENSITM sur des études de recherche.....	200
G.2.9.	<i>Normalisation</i>	200
G.2.10.	<i>Formation</i>	201

CHAPITRE A

INTRODUCTION

Chapitre A : INTRODUCTION

Première plante textile du monde, le cotonnier est cultivé sur une superficie supérieure à 30 millions d'hectares, répartis sur quelques 70 pays (Figure A-1). La fibre de coton représente 80% de la valeur marchande du coton. Depuis les années 1940, la production n'a cessé d'augmenter grâce à une amélioration du rendement moyen en fibre (Figure A-2) et semble s'être stabilisée vers 18 à 20 millions de tonnes (données ICAC). Cinq pays assurent plus de 70% de la production mondiale (Figure A-3) ; il s'agit de la Chine, des Etats-Unis, de l'Inde, du Pakistan et de l'Ouzbékistan (ICAC, 1999). Parmi ces pays, seuls les Etats-Unis et l'Ouzbékistan exportent une part importante de leur production. Notons que l'Afrique francophone, bien que ne représentant que quelques % de la production mondiale, compte pour environ 16% des exportations mondiales.

La fibre de coton, pressée généralement sous forme de balles d'environ 225 kg, est vendue sur les places internationales, New-York, Alexandrie, Liverpool, Brème, etc., où les cours dépendent de la situation du moment (fonction de l'offre et de la demande), de l'état des stocks et des prévisions de production. L'influence des grands exportateurs pèse fortement sur le libre échange.

Avant leur commercialisation, les balles subissent une expertise afin de déterminer les principales caractéristiques commerciales du coton, telles que le grade (couleur, charge en matières étrangères, préparation), la longueur des fibres, le micronaire, en utilisant comme base de référence des cotons standards officiels. Le marché du textile en général, et du coton en particulier, devient de plus en plus concurrentiel. La survie à cette compétition passe inévitablement par la conciliation d'un produit de qualité avec une productivité rentable. Avec l'évolution des techniques de filature, de nouveaux besoins quant à la qualité de la matière première sont mis en évidence et d'autres caractéristiques physiques de la fibre sont demandées par les filateurs. On peut citer parmi ces caractéristiques : la résistance de la fibre, l'élasticité, la finesse, la maturité et le taux de certains contaminants de la fibre.

Les filateurs, conscients des problèmes provoqués par les contaminants, sont de plus en plus exigeants quant à la propreté de la matière première. En effet, suivant la nature des impuretés et les problèmes rencontrés, les moyens d'y pallier peuvent différer. Il est donc devenu nécessaire d'identifier la nature et l'origine de chaque type d'impureté, afin de mesurer les risques de perturbations du processus de transformation et de dégradation de la qualité du produit fini. Si certaines impuretés, telles que les débris de tiges ou de feuilles, sont facilement éliminées de la matière brute par des opérations de nettoyage appropriées, d'autres demeurent difficiles à extraire. Tel est le cas pour les cotons dits collants, c'est à dire pollués par des sucres qu'ils soient d'origine physiologique (cotonnier) ou entomologique (insectes) ; c'est également le cas des fragments de coque. Ces nouvelles exigences du filateur se sont répercutées, en amont, sur tous les acteurs de la filière (producteurs et égreneurs).

A travers les recherches effectuées et présentées dans ce document, nous avons tenté d'apporter notre contribution à la compréhension de deux pollutions de la fibre que sont les miellats d'insectes et les fragments de coque. Nous avons étudié les moyens pour utiliser les cotons contaminés, réduire les contaminations, et ainsi valoriser les productions. Nous avons montré les effets négatifs de ces pollutions en filature.

Le document est structuré en plusieurs chapitres. Le 1^{er} des chapitres suivants (B) présente le coton (de la plante au fil), le chapitre C aborde les contaminants de la fibre et les moyens de

lutte, le chapitre D fait état des moyens d'étude du collage par les méthodes mécaniques et themomécaniques mises au point au laboratoire, le chapitre E s'intéresse aux moyens de détection des débris de coque au laboratoire, le chapitre F conclut et propose des perspectives, le chapitre G fait état de mon cursus et des travaux réalisés depuis 1980.

Le document, tel qu'il apparaît, est structuré pour montrer le vaste domaine concerné par le problème des cotons collants : l'ensemble de la filière cotonnière, c'est à dire du champ à la filature. Il en est de même des débris de coque. Ce document peut apparaître globalement trop détaillé pour certaines parties, certaines études et pas assez dans d'autres, et il est possible qu'il montre une faiblesse d'homogénéité. C'est volontairement que nous avons fait ce choix, car les recherches menées ont duré près de 20 années et nous ont permis de mettre en place des relations avec des partenaires nationaux et internationaux, des centres de recherche. Il était utile de montrer ce parcours, en synthétisant l'ensemble des résultats qu'il représente. En effet, une fois lancé, ce travail a été alimenté par les travaux de l'équipe du laboratoire de technologie et de plusieurs thésards.

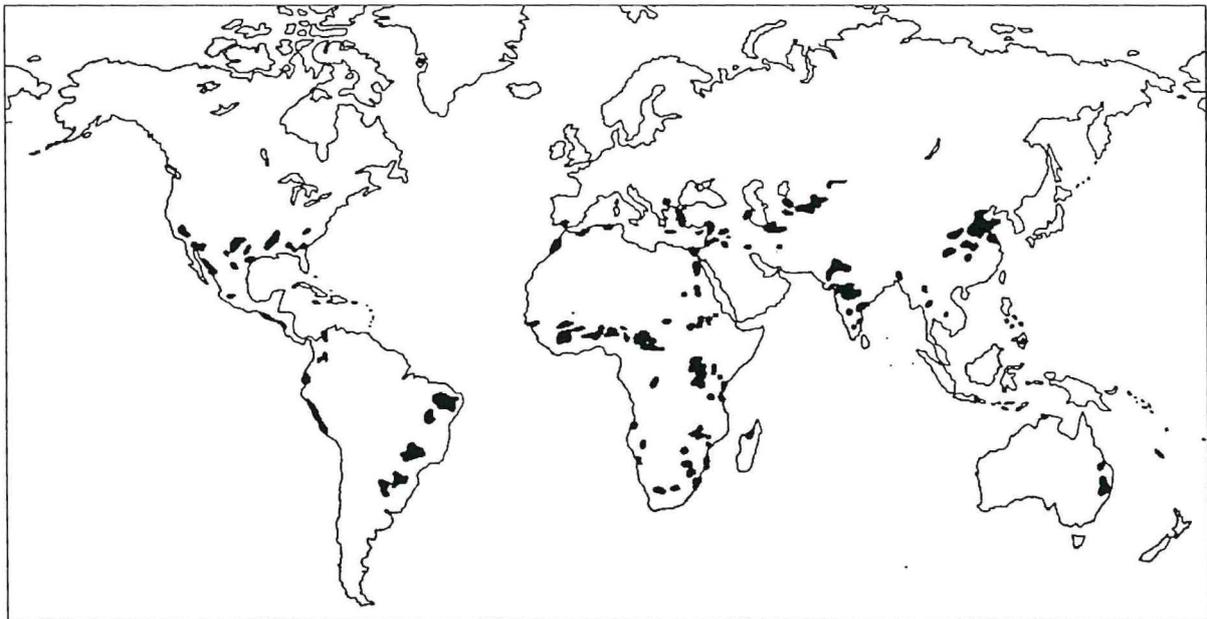


Figure A-1 . Zone de culture cotonnière dans le monde (Matthews, 1989)

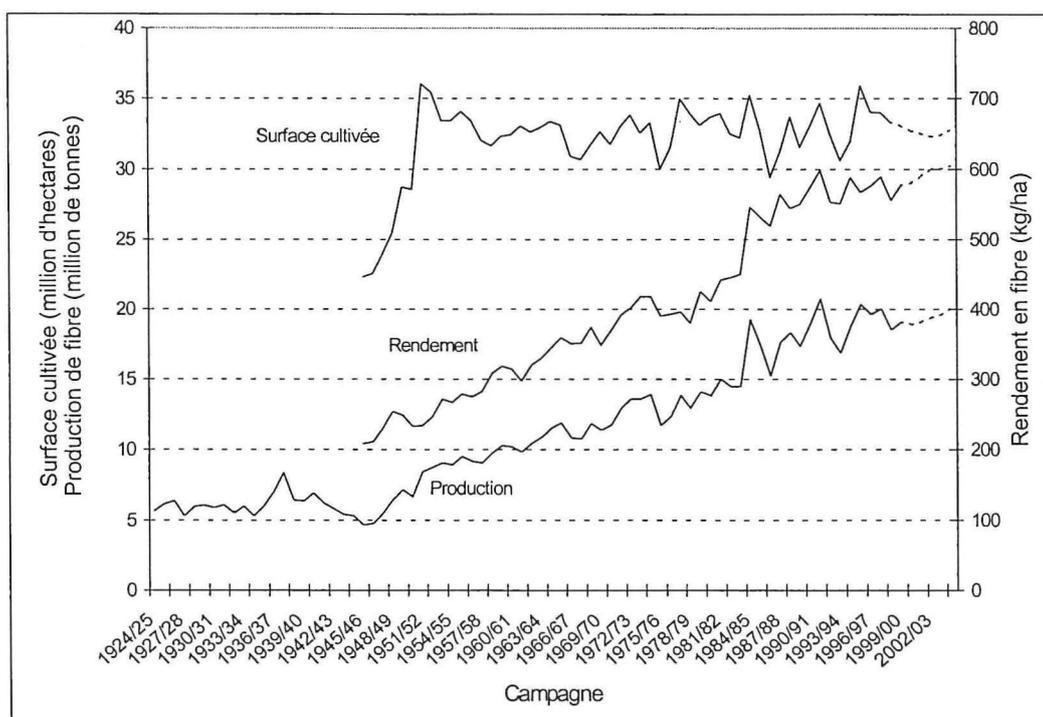


Figure A-2 . Evolution de la surface cotonnière, du rendement et de la production mondiale de fibre selon l'ICAC, 1999.

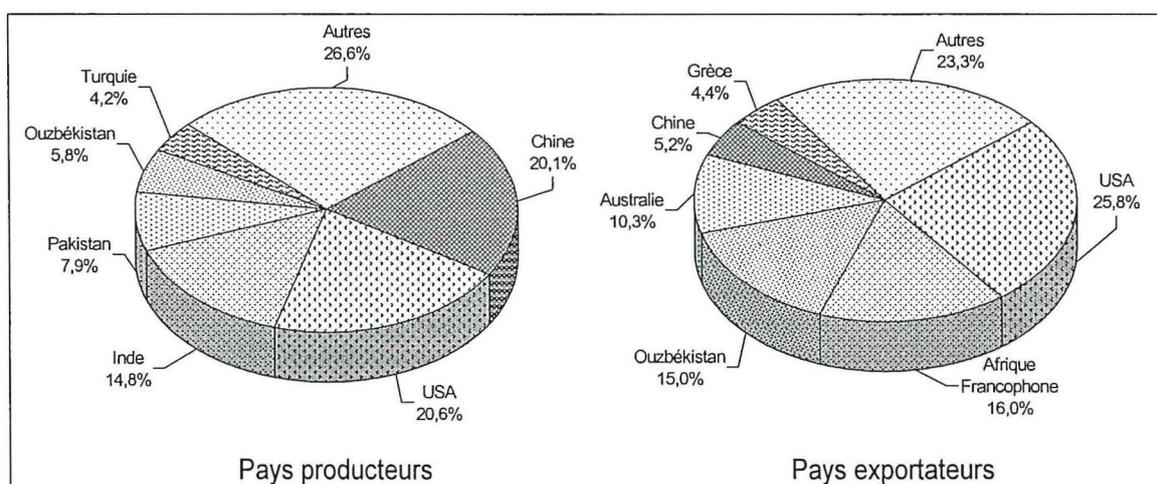


Figure A-3 . Principaux pays producteurs et exportateurs de coton en 1999-2000 (source ICAC).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ICAC, 1999. Cotton : World statistics. International Cotton Advisory Committee ICAC bulletin –October, Washington DC (USA), 112 p.

MATTHEWS G.A., 1989. Cotton pests and their management. Longman Scientific and Technical ED., Essex (G.B.), 199 p.

CHAPITRE B

LE COTON : DE LA PLANTE AU FIL

Chapitre B : LE COTON : DE LA PLANTE AU FIL

B.1. LA PLANTE ET SES PRODUITS

B.1.1. Botanique

Le cotonnier est une plante dicotylédone de la famille des Malvacées ; il appartient au genre *Gossypium*. Celui-ci comprend une trentaine d'espèces sauvages dépourvues de fibres, donc impropres à tout usage textile. Ces espèces sont utilisées essentiellement par les sélectionneurs pour l'amélioration variétale de quatre espèces cultivées qui se répartissent en trois groupes, en fonction de leur origine génétique (Parry, 1982) :

- *Gossypium arboreum* et *Gossypium herbaceum*, à fibres très courtes, inférieures à 25 mm. Ce sont les cotonniers asiatiques ou de "l'ancien monde" et représentent 3% à 4% de la production commercialisée.
- *Gossypium barbadense* à fibres extra longues, supérieures à 33 mm. Il fournit 5% à 7% de la production commercialisée. Ce coton est souvent appelé coton égyptien, mais n'est pas uniquement issu de variétés cultivées en Egypte. Le Pima des USA est un *barbadense*.
- *Gossypium hirsutum* produit des fibres moyennes à longues (25 mm à 32 mm), et représente plus de 90% du coton cultivé.

B.1.2. Morphologie et physiologie

Le cotonnier (Figure B-1) est un arbuste de un à deux mètres de hauteur, pérenne à l'état naturel ou sauvage, mais cultivé comme plante annuelle. Le développement et l'inclinaison des branches par rapport au tronc sont différents suivant les variétés et leur mode de culture et le port peut-être suivant les cas, pyramidal, élancé, en gobelet, sphérique, cluster.

Le cotonnier présente une racine pivotante ramifiée qui assure l'ancrage de la plante et son alimentation. La partie aérienne est composée d'une tige principale, pileuse ou glabre (caractère utilisé parfois en sélection pour la lutte contre certains déprédateurs), qui porte deux types de ramifications, les branches végétatives et les branches fructifères qui portent les organes fructifères et les feuilles.

Les feuilles du cotonnier ont un rôle de réserve, d'assimilation, de respiration et de transpiration. La feuille est considérée comme le reflet de la bonne santé du cotonnier. Elle peut-être glabre ou pileuse. Le caractère glabre a son intérêt dans le cas de récoltes mécaniques et a une influence sur le développement de certains insectes (Deguine, 1995) ; notons qu'une pilosité moyenne est recommandée contre les jassides. Selon la forme de la feuille, la lumière et les produits insecticides appliqués auront une efficacité différente.

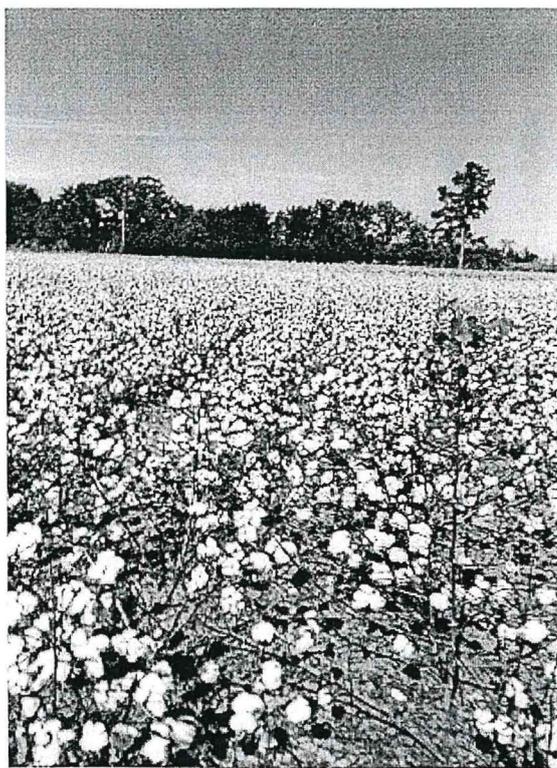


Figure B-1 . Un champ de coton (photo R. Frydrych)

Les fleurs ont la particularité de continuer à se former bien que le cotonnier ait atteint sa floraison maximale. C'est une caractéristique du cotonnier d'avoir à la fois des boutons floraux, des fleurs, des capsules ouvertes ou fermées. La première fleur apparaît généralement 50 à 65 jours après la levée. Précédée par la phase végétative, la floraison, qui part de l'ouverture de la première fleur à l'ouverture de la première capsule, dure de 45 à 60 jours. Les fruits ou capsules renferment les graines couvertes de fibres, l'ensemble est appelé coton graine. La phase de maturation des capsules a un cycle de 45 jours et plus.

Toutes les espèces de cotonniers renferment des glandes. Certaines sont internes et présentes dans le plant entier ; le gossypol (pigment polyphénolique toxique pour les monogastriques) et des composés chimiques voisins en constituent les éléments essentiels. D'autres sont des glandes externes (nectaires) qui sécrètent un liquide sucré (nectar ou miellé) attirant certains insectes (fourmis) ; elles sont présentes sur la nervure centrale de la feuille et les trois nervures principales, à l'intérieur de la fleur, à l'extérieur du calice, sur le pédoncule. Certains insectes se nourrissent des sucres et produisent après dégradation enzymatique des déjections sucrées (Bourelly, 1980).

Pour la plupart des variétés de *Gossypium hirsutum*, du semis à la récolte, le développement s'effectue en 140 jours, jusqu'à près de 180 jours, en fonction des conditions du milieu.

B.1.3. La graine

La capsule est constituée de 3 à 5 loges ; chaque loge peut contenir jusqu'à une dizaine de graines, recouvertes de fibres. Les graines ont des grosseurs différentes, variabilité due aux variétés et aux conditions de culture. Au sein d'une même variété, leurs distributions ne sont pas normales, avec un excès de graines de faibles grosseurs (Fournier et Gutknecht, 1990). Elles sont définies en fonction d'un indice qui correspond à un poids de 100 graines ou "seed index".

La graine à maturité se compose de glycérides, de protéines, de sucres, de pectocellulose et d'hémicellulose, de pigments divers, de matières minérales et d'eau. Elle comprend une amande, située à l'intérieur d'une coque recouverte selon les espèces de duvet.

Bien que le but principal de la culture cotonnière soit la production de fibres qui représente la valeur marchande la plus importante de la plante, le cotonnier est également une plante vivrière. La graine représente 33 millions de tonnes. Elle est utilisée pour la fabrication d'huile comestible, de protéines essentiellement pour l'alimentation des animaux polygastriques. La production d'huile de table a été de 3,6 millions de tonnes en 1994 et celle d'aliments pour le bétail (tourteaux) de 13,5 millions de tonnes (Raymond et Marquié, 1995). On a assisté pendant quelques années à une augmentation des surfaces cultivées avec des variétés de cotonnier "glandless" (Lançon, 1996) qui ont la particularité de fournir des graines exemptes de gossypol. L'absence de gossypol dans l'amande permet d'obtenir des farines délipidées d'excellente qualité qui peuvent être utilisées en alimentation humaine (Bourelly et Hau, 1991 ; Marquié, 1994).

B.1.4. La fibre

B.1.4.1. Formation

Chaque fibre de coton se forme à partir d'une seule cellule de l'épiderme de l'ovule. Dès le jour de l'anthèse, et avant même la fécondation proprement dite, les fibres (lint ou soies) sont d'abord initiées vers la chalaze de l'ovule (appelée graine après développement) , puis de proche en proche en 3 à 4 jours, jusqu'au micropyle (Figure B-2). Leur nombre est d'environ 10000 fibres ; la croissance arrive à terme entre les 18 et 25 jours. D'autres fibres (poils) de 5000 à 10000, restent courts et forment le duvet ou le linter, de la graine. La fibre, en forme de tube creux, atteint, quelques jours après la fécondation, son diamètre définitif qui varie, suivant les variétés, entre 12 et 25 microns. A la fin de la croissance, commence l'épaississement interne par le dépôt en spirales de couches celluloses, ou membranes secondaires, pendant 25 à 35 jours (Figure B-3). La cellulose ne remplit jamais complètement la fibre ; il reste au centre un espace, le lumen, où s'accumulent les dépôts protoplasmiques. Quand la capsule s'ouvre puis se dessèche, la fibre s'aplatit et se vrille suite aux différentes tensions dans les spires. Ce vrillage n'est pas nuisible, bien au contraire il est indispensable lors du traitement de la fibre en filature.

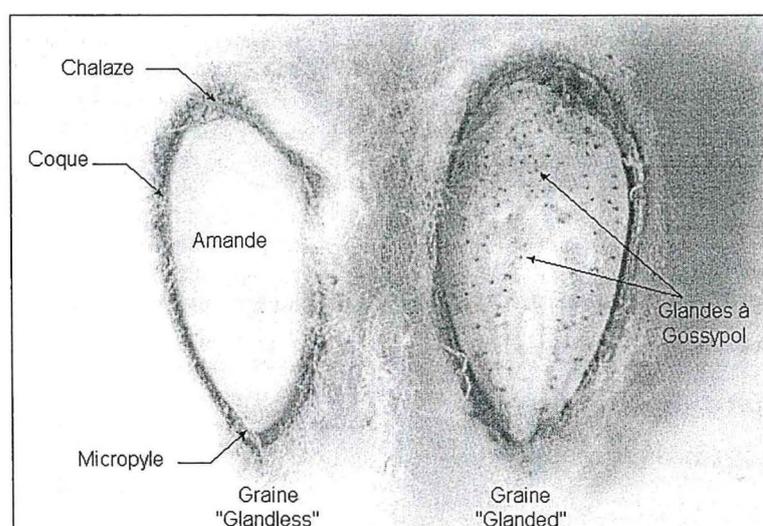


Figure B-2 . Coupe longitudinale de deux graines de coton, avec glandes à gossypol et sans glande (archive Cirad-ca).

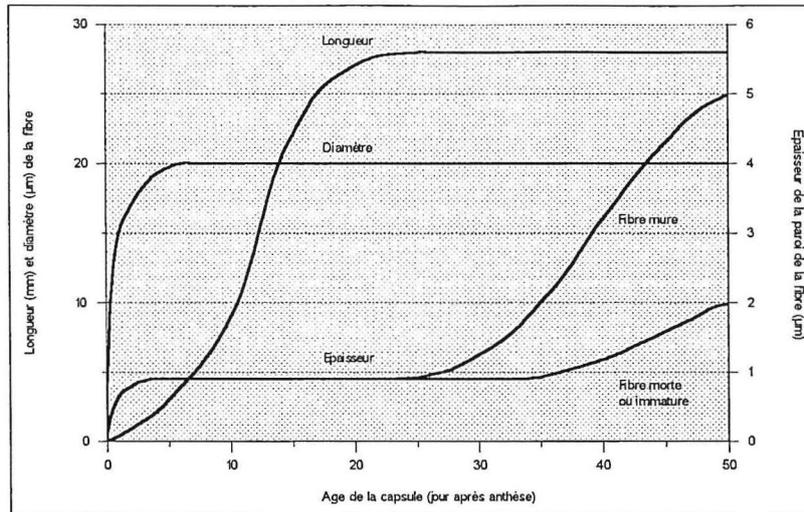


Figure B-3 . Diagramme du développement des fibres (Parry, 1982).

B.1.4.2. Composition chimique

La fibre de coton est formée essentiellement de cellulose. Celle-ci se forme à partir d'un glucide simple, le glucose qui, par polymérisation forme des substances de poids moléculaire plus élevé comme la cellulose $[(C_6H_{10}O_5)_n]$. Dans la molécule de cellulose, les anhydrides de glucose sont polymérisés pour former des chaînes de 6100 à 12500 unités suivant que l'on se situe dans la paroi primaire ou secondaire (Ishaq, 1994 cite Figini et Schultz, 1966).

La section de la fibre de cotonnier fait apparaître (Figure B-4, Parry 1982): une membrane primaire composée d'une paroi cellulosique de 0,1 micromètre recouverte de matières pectiques et de cires ; une membrane secondaire comprenant une couche externe de 0,1 micromètre de structure spiralée fibrillaire et d'une couche secondaire formée de plusieurs couches cellulosiques concentriques qui forment plus de 90% du poids total de la fibre ; le lumen où on trouve des résidus protoplasmiques.

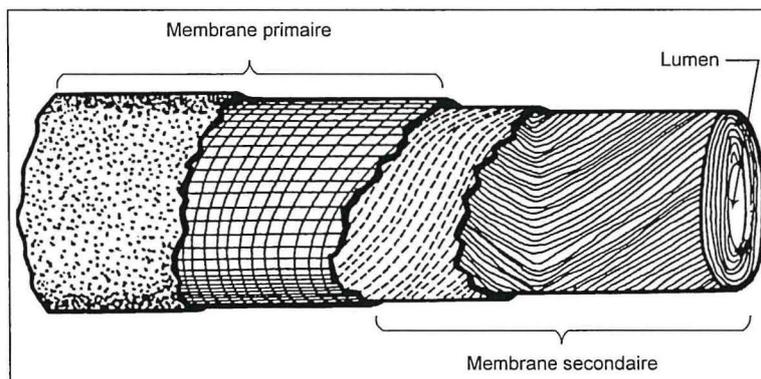


Figure B-4 . Schéma d'une coupe longitudinale d'une fibre de coton (Parry, 1982).

La proportion des constituants de la fibre de coton varie au cours de la croissance, comme l'indique le Tableau B-1 (Parry, 1982).

Tableau B-1 . Evolution des pourcentages de certains constituants chimiques de la fibre durant la croissance.

Constituant % (eau q.s. pour 100)	Nombre de jours après la floraison			
	10	20	30	50
Cellulose	12	60	82	90
Protéines	15	8,4	4,3	0,9
Substances pectiques	4,5	3,9	2	0,8
Sucres réducteurs	30	15	2	0,3
Cires	4	3,1	1,9	0,9

En plus des éléments naturels non cellulosiques présents dans la fibre, il en existe d'autres dus à diverses contaminations. Ils sont soit naturels en provenance d'insectes ou de micro-organismes, soit apportés par des traitements chimiques destinés à favoriser la croissance, la récolte, ou l'égrenage. Il est fréquent aussi de trouver des hydrocarbures dus au mauvais usage d'huiles et de lubrifiants (Perkins, 1971-a), ce qui représente une forme de contamination.

B.2. CONDUITE ET PROTECTION DES CULTURES

B.2.1. Conduite des cultures

Par le travail du sol et par les pratiques culturales (rotation, entretien, fumure), l'agriculteur agit sur la production et la qualité de la récolte. Bien entendu, suivant les pays, les étendues cultivées, les récoltes sont plus ou moins importantes par unité de production et nécessiteront l'emploi de techniques spécifiques, d'instruments plus ou moins perfectionnés (Delattre, 1973 et Parry, 1982) :

L'ensemble de ces opérations se réalise manuellement dans le cas de petites exploitations, comme c'est généralement le cas en Afrique : en milieu paysan non mécanisé, on élimine généralement les débris végétaux par ramassage et brûlage. Le labour utilise des moyens très simples. Le semis est manuel ; le travailleur creuse dans le sol un poquet dans lequel il dispose les semences. L'entretien de la culture s'effectue à la main.

En milieu paysan très mécanisé, les différentes étapes peuvent être les suivantes : avant labour, le gyrobroyeur broie toutes les parties aériennes avant leur enfouissement dans le sol ; le labour proprement dit, s'effectue avec des charrues à socs ou à disques ; les semis se font généralement avec un semoir tracté combiné parfois avec un épandeur d'engrais ; les entretiens culturaux (binage, désherbage) utilisent des bineuses ou sarcleuses qui extirpent, coupent, arrachent les plantes adventices.

B.2.2. Protection des cultures

La lutte contre les ravageurs et agents pathogènes du cotonnier est permanente pendant le cycle de croissance de la plante. Elle peut s'orienter de différentes façons (Delattre, 1973 ; Cauquil et Vaissayre, 1994) :

- la lutte chimique est de loin la plus importante avec l'utilisation de nombreux produits insecticides. L'épandage de ces produits diffère suivant le type de culture. Pour les petites exploitations, il se réalise à l'aide d'appareils manuels. Pour des surfaces très importantes comme aux Etats-Unis, les traitements sont appliqués par avion ;
- la lutte par entomophages (par des parasites de ravageurs), par entomopathogènes (par des maladies virales, bactériennes, fongiques, déclenchées chez les ravageurs) ;
- la lutte physiologique, par l'intermédiaire d'hormones sexuelles (phéromones) qui jouent un rôle de répulsion ou d'attraction ;
- la lutte génétique, par sélection de cotonniers empêchant la ponte ou l'alimentation, par des obstacles : pilosité foliaire, capsules plus dures, diminution de la surface foliaire, augmentation des glandes et, par conséquent, du gossypol toxique.

B.3. LA RECOLTE

Il existe deux types de récolte : manuelle et mécanique.

B.3.1. La récolte manuelle

En récolte manuelle, le récolteur cueille le coton mûr qui dépasse de la capsule ouverte, le dépose dans des paniers ou sacs. Ce type de ramassage est lent, nécessite une main-d'oeuvre importante, mais fournit par contre en général, un coton graine peu chargé en matières étrangères (Figure B-5a - Tableau B-2). Sa propreté est un facteur de qualité et influe sur l'aspect futur de la fibre, sur sa présentation et donc son grade. Le prix de la récolte va d'ailleurs en dépendre. Un coton, ayant une charge plus importante, sera vendu moins cher qu'un coton plus propre.

Grâce à l'introduction de nouvelles variétés, à l'application d'une fumure équilibrée, de techniques de cultures améliorées, le cultivateur réussit à augmenter considérablement sa production de coton. Autrefois le ramassage s'effectuait en plusieurs passages dans un champ, suivant le degré d'ouverture des capsules. Aujourd'hui, le cultivateur attend plutôt que le maximum de capsules soient ouvertes pour réaliser sa récolte. Le coton reste sur pied plus longtemps et par conséquent est sujet aux pollutions par les insectes comme les aleurodes et les pucerons. Ces insectes forment des déjections sucrées appelées miellats qui se déposent sur la fibre et la souillent.

Tableau B-2 : Taux de matières étrangères extraites du coton graine, pour obtenir une balle d'environ 220 kg de coton fibre selon 3 techniques de récolte (Héquet,1988).

Méthode de récolte	Matières étrangères en kg		
	bas	Moyen	fort
Manuelle	7	14	68
Mécanique au Cotton-picker	20	36	91
Mécanique au Cotton-stripper	208	318	635

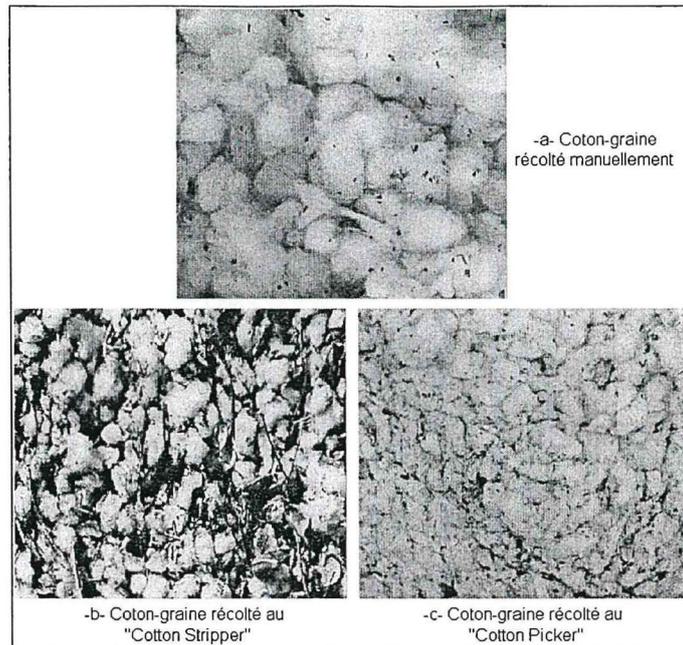


Figure B-5 . Propreté du coton selon 3 modes de récolte (photos Chanselme).

B.3.2. La récolte mécanique

Cette récolte est réservée jusqu'à présent aux grandes surfaces de production. Elle permet un ramassage rapide du coton, avec peu de main-d'oeuvre. Pour effectuer la récolte en une seule fois, on favorise l'éclatement des capsules non ouvertes. Des défoliants sont également utilisés pour accélérer la chute des feuilles et réduire ainsi la teneur en débris végétaux du coton graine lors de la récolte..

Il existe deux types principaux de récolteuses : le "cotton stripper" et le "cotton picker". Selon les récolteuses, les taux de matières étrangères contenus par le coton graine sont plus ou moins importants (Héquet, 1988).

- Le "cotton stripper" (Figure B-6a) ou arracheur de coton arrache la capsule entière : les carpelles, les bractées et le coton graine. La proportion de déchets dans le coton brut est très importante (Tableau B-2 – Figure B-5b). Le grade du coton en est affecté et déprécié de un ou deux grades dans le classement commercial ultérieur (Parry, 1982). Son avantage essentiel est d'être rapide ; cette machine permet de ramasser environ 1400 kg par heure. Ces machines sont réservées aux régions où les cotonniers ont un faible développement et où la récolte est effectuée en une seule fois, comme aux Etats-Unis dans la région du Texas.

- Le "cotton picker" (Figure B-6b) est le système le plus répandu dans le monde. Il est plus complexe que le "stripper" ; cependant, son grand avantage est de ne récolter que le coton graine des capsules ouvertes. Son rendement horaire est de l'ordre de 750 kg de coton graine. La conception du "picker" permet d'obtenir un coton graine de bon aspect peu chargé en matières étrangères (Figure B-5c) et Tableau B-2.

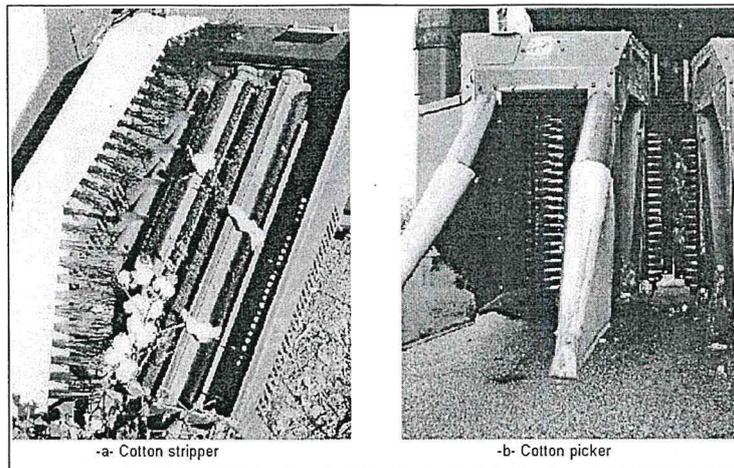


Figure B-6 . Récolteuses mécaniques (photos Chanselme).

B.4. L'EGRENAJE

L'égrenage du coton graine constitue une des étapes les plus importantes dans le processus du traitement du coton. Deux opérations essentielles s'y retrouvent : le nettoyage du coton graine et la séparation des fibres de la graine. Elles s'effectuent avec des matériels appelés égreneuses. Elles sont de deux types : à scies ou à rouleaux. L'utilisation de l'un ou de l'autre type est fonction de la longueur des fibres et de la production de coton graine du pays.

B.4.1. Les égreneuses à scies.

Pour les cotons à courtes ou à moyennes soies (*G. hirsutum*), on fait usage d'égreneuses à scies (Figure B-7). Le principe est le suivant : une série de disques dentés d'environ 1 mm d'épaisseur (type scie circulaire) montés sur un axe sont espacés régulièrement et tournent entre des barreaux. Les dents accrochent la fibre du coton graine qui forme un rouleau dans lequel les scies pénètrent en tournant. Les graines sont retenues par les barreaux tandis que la fibre est entraînée par les dents des scies. La fibre, détachées par des brosses ou un courant d'air est envoyée vers la presse pour mise sous forme de balles dont le poids peut varier entre 100 et 300 kg selon les pays ; en moyenne, le poids est de 225 kg. Les anciennes égreneuses (80 scies des années 50) égrenaient 1 balle à l'heure. Une égreneuse moderne peut sortir 6 à 8 balles à l'heure, et une égreneuse super-capacité entre 10 et 12 balles à l'heure (Héquet, 1988).

Après égrenage, les cotons très sales subissent un nettoyage supplémentaire, afin d'augmenter leur grade, c'est-à-dire diminuer leur charge en matières étrangères et améliorer leur présentation. Ce nettoyeur dénommé "lint cleaner" est installé habituellement juste derrière l'égreneuse. Il peut être suivi d'un second "lint cleaner". Le premier "lint cleaner" a une action de nettoyage très importante car les matières étrangères ont à ce stade une taille importante. Celles-ci représentent une part substantielle du poids total des impuretés.

Pendant la phase d'égrenage, les graines sont soumises à des tensions et des casses de graines ont lieu, débris que l'on retrouve dans la fibre. Il semble que le pourcentage de débris de graines dépende de la variété, des conditions de culture et plus particulièrement de la résistance des fibres à l'arrachement, de leur densité sur la graine (Verschraege et Franssen, 1988). Il dépend aussi de la qualité de l'égrenage.

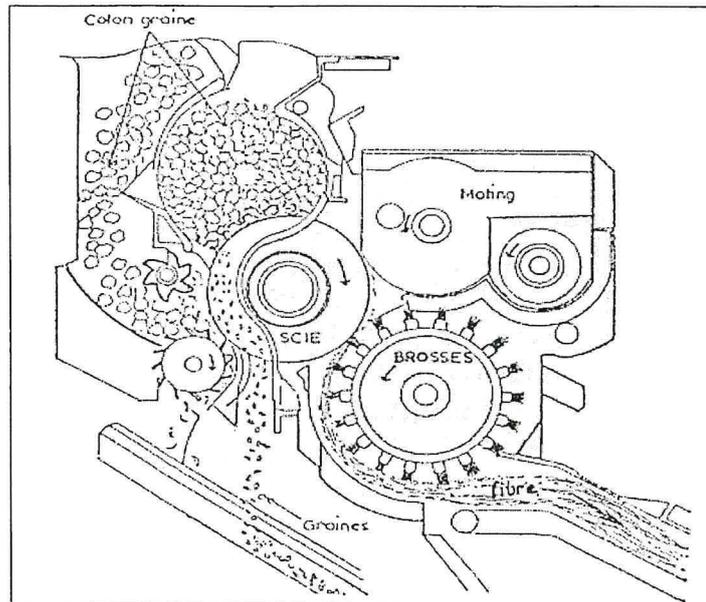


Figure B-7 . Schéma d'une égreneuse à scies (Paris, 1982).

B.4.2. Les égreneuses à rouleaux

Pour les longues et extra-longues soies telles que les types Sea Island et Egyptien (*G. barbadense*), on utilise les égreneuses à rouleaux qui ont l'avantage de ne pas endommager la fibre. Le principe consiste à séparer la fibre de la graine par entraînement de la fibre de coton graine sous un couteau fixe appliqué tangentiellement contre un rouleau recouvert d'une garniture de cuir ou de matière synthétique (Figure B-8). La graine, ne pouvant passer sous le couteau fixe, est retenue du côté de l'alimentation. Si le coton graine est fortement chargé en matières étrangères, celles-ci risquent d'endommager les couteaux fixe et mobile. La qualité de la récolte a donc un effet important sur ce type d'égrenage. Généralement, lorsque l'égreneuse est bien réglée, le rendement à l'égrenage en % ($100 \times \text{poids de fibre} / \text{poids du coton graine}$) peut-être supérieur de 1 % à celui d'une égreneuse à scies et la longueur supérieure de 0,8 mm. Par contre, l'homogénéité intra-balle peut-être moins bonne et la "préparation" (présentation) est forte, ce qui peut avoir une certaine incidence négative sur le prix de vente. De plus, la fibre est peu nettoyée du fait d'un manque de nettoyeur et le rendement est beaucoup plus faible : il peut varier de 50 à 300 kg /h selon le type d'égreneuse. Les débits par heure peuvent varier considérablement d'un coton à l'autre en fonction principalement du taux de linter et de la force d'arrachement.

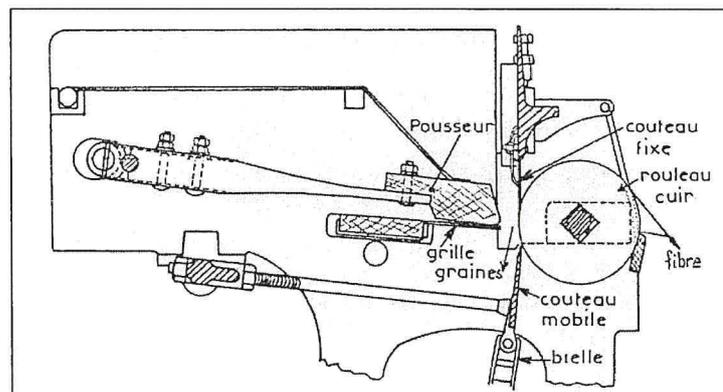


Figure B-8 . Schéma d'une égreneuse à rouleaux (Parry, 1982).

B.5. LES CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES DES FIBRES

Après égrenage, des prélèvements d'échantillons sont effectués sur les balles afin de déterminer les caractéristiques du coton. Le critère qualité de la fibre produite est essentiel, car lié directement à la qualité du produit fini (filés et tissus). Jusqu'à une période récente, la fibre était commercialisée selon deux grands critères, sa longueur et son grade, déterminés selon une méthode traditionnelle manuelle. Actuellement, pour répondre aux exigences du marché, dues à l'évolution des techniques de filature (les principales étant la filature à anneaux et celle à rotor), des critères supplémentaires sont recherchés par les transformateurs pour optimiser le processus de filature et le produit en sortie. Ces critères peuvent être déterminés à l'aide d'une nouvelle génération d'appareils de mesure à haute capacité (High Volume Instrument ou HVI). Plus de 1300 appareils sont en service repartis dans plus de 50 pays. Les critères de vente vont donc évoluer et il est probable que le grade, la longueur et son uniformité, la ténacité, la finesse-maturité, seront pris en compte et feront l'objet de primes ou de décotes.

B.5.1. Le grade

Le grade des cotons est un indice de propreté et de présentation. Il est défini par la combinaison de trois facteurs qui correspondent à une charge en impuretés (débris végétaux, de graines cassées, sable), à la présentation (présence de mèches plus ou moins importante qui déprécient la qualité), à la couleur (brillant, normal ou mat).

B.5.2. La longueur

Elle est considérée comme la caractéristique la plus importante et à ce titre, elle intervient pour une bonne part dans la valeur marchande du coton. Elle est exprimée le plus souvent en pouces (un pouce = 25,4 mm) ou en millimètres. Deux méthodes permettent de l'apprécier :

- une façon traditionnelle manuelle qui l'estime par un "pulling" (Figure B-9) réalisé par des spécialistes (classeurs).
- une méthode automatique de mesure à l'aide d'appareils qui déterminent la longueur et la distribution d'un échantillon de fibres parallèles à l'aide de cellules photo-électriques. On obtient une courbe de fréquence des longueurs appelée fibrogramme. A partir d'une interprétation de celle-ci, on obtient les informations principales suivantes (Figure B-10) :
- "Upper Half Mean Length" (UHML) ou longueur moyenne de la moitié supérieure des fibres de l'échantillon ;
- "Mean Length" (ML) ou longueur moyenne de toutes les fibres ;
- "Uniformity Index" (UI) qui est obtenu en faisant le rapport de la ML et de l'UHML et fournit une bonne indication de l'uniformité du coton.

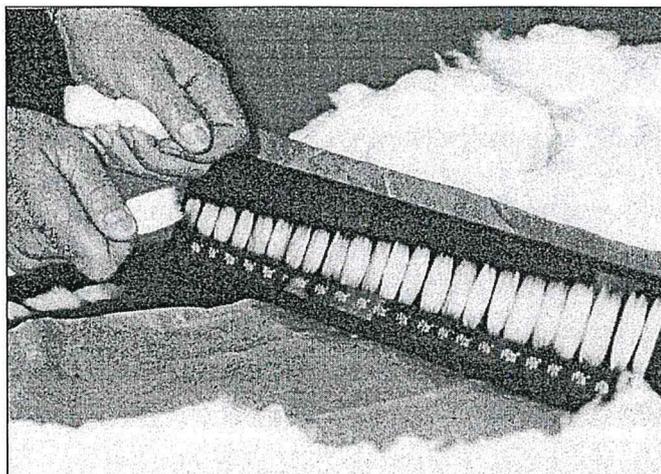


Figure B-9 . Evaluation de la longueur selon la méthode du pulling (photo Gutknecht).

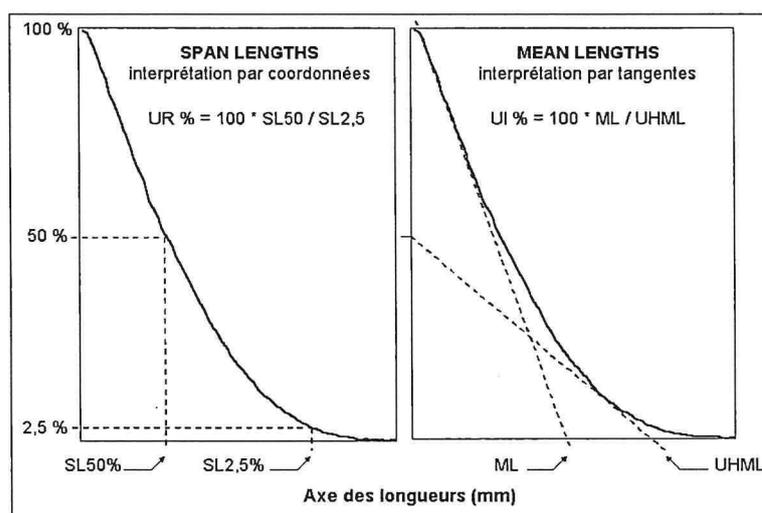


Figure B-10 . Evaluation de la longueur selon le fibrogramme (Gourlot, 1997).

B.5.3. La résistance à la rupture de la fibre

C'est une caractéristique importante dont dépend en grande partie la résistance du fil. La résistance de la fibre peut s'obtenir soit sur fibre individuelle (dynamométrie classique) soit sur faisceaux de fibres (dynamométrie type Pressley, stéломètre ou HVI). Pour des analyses commerciales et pour l'amélioration variétale, l'analyse sur faisceaux de fibres est couramment utilisée. La résistance des fibres est généralement exprimée en charge spécifique de rupture, communément appelée dans le domaine textile "ténacité", c'est-à-dire la charge de rupture exprimée en cN rapportée à la masse linéique en tex (commerciallement exprimée en g/tex). Le tex, unité normalisée NF G01-001 (AFNOR, 1980) est la masse en grammes de 1000 m de matière.

B.5.4. La finesse et la maturité :

La finesse standard de la fibre est une caractéristique variétale (caractère sélectionnable) qui peut être estimée par son périmètre, son diamètre, la surface d'une section. Si l'on observe la section des fibres après déhiscence de la capsule, on se rend compte de la diversité de forme suivant que les fibres sont très mûres, normales, immatures ou mortes (Figure B-11). La mesure exacte et directe de la finesse des fibres s'avère longue et difficile. Une mesure rapide,

précise de la finesse et de la maturité est donc indispensable dans le contexte industriel. C'est pourquoi des méthodes indirectes sont adoptées. Leur principe repose sur la loi de l'écoulement de fluides permettant d'estimer la surface spécifique de la fibre. A partir de cette donnée et dans certaines conditions, on en déduit la finesse et la maturité de la fibre. L'unité de la finesse est le millitex. Pour l'obtenir, on détermine la masse linéique, soit la masse par unité de longueur. La finesse s'exprime suivant deux paramètres (Lord et Heap, 1975) : la finesse linéique standard (Hs), notion qui correspond à la masse linéique de la fibre obtenue dans des conditions idéales de maturité ; la finesse (H) qui correspond à la masse linéique réelle.

La maturité représente l'épaississement de la paroi secondaire en cellulose. Elle dépend des conditions de culture, des conséquences des maladies et des insectes parasites. Elle se définit par :

- le "maturity ratio" (MR) qui combine les pourcentages de fibres normales et mortes,
- le pourcentage moyen de fibres mûres (% PM).

Dans la pratique, on définit la finesse et la maturité par un complexe appelé indice micronaire.

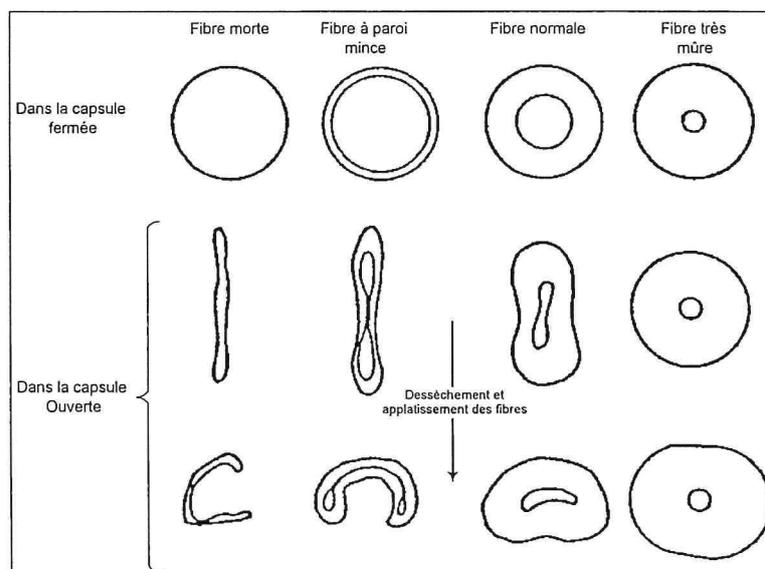


Figure B-11 . Aspect de fibres selon leur maturité (Parry, 1982).

B.6. LA FILATURE

La filature consiste à transformer en un textile linéaire des masses de fibres de coton livrées en balles. D'un état fortement désorganisé, on passe à un état très organisé (structure linéaire et cohérente de fibres plus ou moins parallélisées). Ce textile ou filé pourra subir des transformations comme le tissage, le tricotage.

Les fonctions indispensables qui caractérisent la filature des fibres en filés peuvent être résumées comme suit (Renner, 1986).

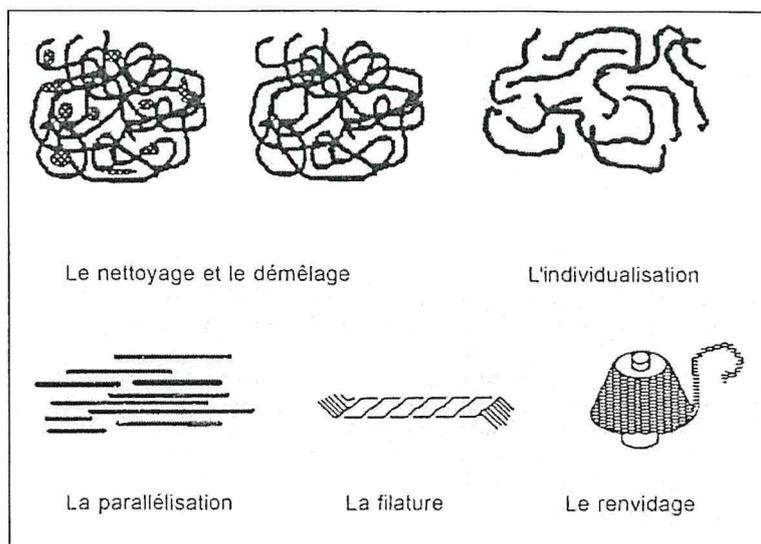


Figure B 12 . Le processus de filature (Renner, 1986)

B.6.1. La préparation des fibres

La préparation de la fibre est une partie très importante du processus de filature. Le procédé général consiste à ouvrir le coton et à le mélanger. En fin de cycle, le démêlage et l'individualisation des fibres par le cardage (Figure B-12) permet d'obtenir une réorganisation de la structure fibreuse, sous forme d'un voile de fibres. A la sortie, la masse de fibres est mise sous forme de ruban, dans le contexte industriel et sous forme d'une nappe épaisse en microfilature (cas des tests au laboratoire de technologie décrits au § E5) [MT5].

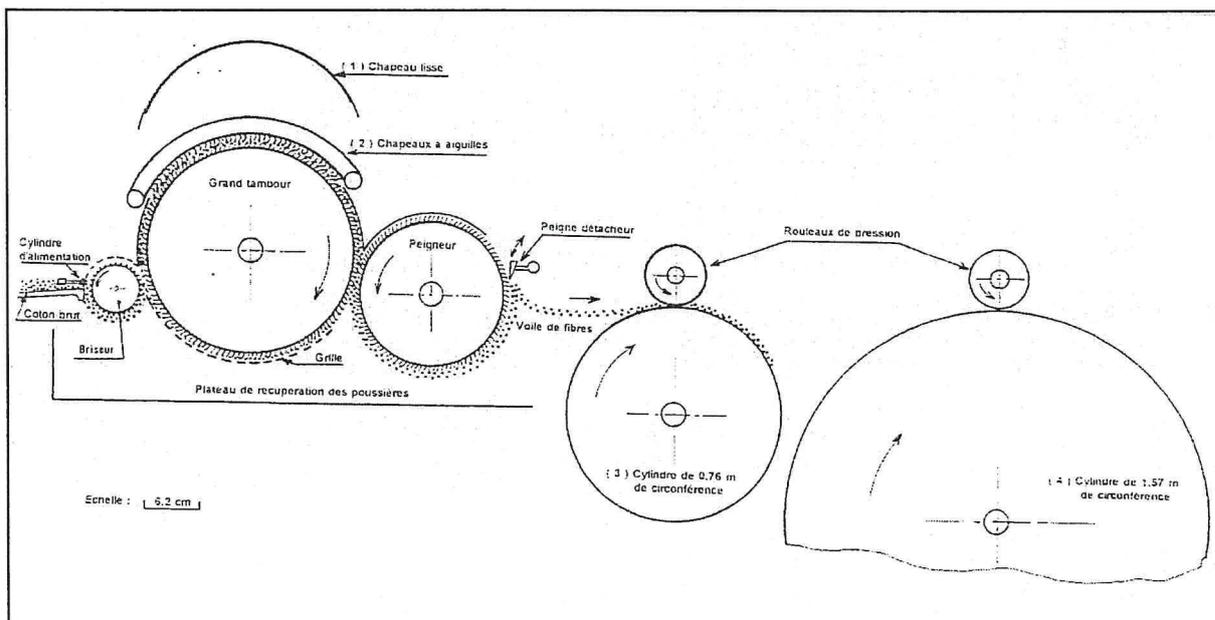


Figure B-12 . Schéma d'une minicarde (schéma R. Frydrych).

B.6.2. La parallélisation des fibres

Elle consiste en un passage du flux fibreux (ruban) entre plusieurs paires de cylindres en pression, entraînées à des vitesses tangentielles différentes. A ce stade, on améliore le

mélange par un effet de doublage de rubans. Cette phase de réarrangement progressif des fibres, avant l'opération de filature, se dénomme étirage. Le taux d'étirage est obtenu par le rapport des titres entrant (T_e) et sortant (T_s) : $E = T_e/T_s$.

B.6.3. La filature proprement dite

La filature consiste, après un affinage et une cohésion du flux de fibres obtenu, à son renvidage sur un support. Il est indispensable, pour passer d'un ruban de fibres parallèles à un fil, de diminuer le nombre de fibres en section droite par un étirage, puis de donner de la cohésion au flux de fibres ainsi obtenu par une torsion de la structure linéaire fibreuse.

Dans le cas de la filature à anneaux, on confère la torsion au flux fibreux sortant en entraînant en rotation l'une des extrémités du flux fibreux qui est l'extrémité renvidée (3) comme indiqué sur la vue du continu continu à filer de la microfilature où sont indiquées les zones d'étirage (1) et (2), (Figure B-13-1).

Dans le cas de la filature à fibres libérées ou à rotor, la torsion est obtenue en faisant tourner l'extrémité du fil en formation et non la masse de fibre déjà formée (Aubry et al., 1996). Pour entraîner en rotation l'une des extrémités du flux fibreux, il est indispensable d'interrompre ce flux fibreux comme l'indique la Figure B-13-2 : le point A est le décollement du fil dans la turbine, le point B est la sortie de la buse et le point C l'appel par les rouleaux, le segment AB jouant le rôle correspondant à un bras de manivelle (Figure B-13-2).

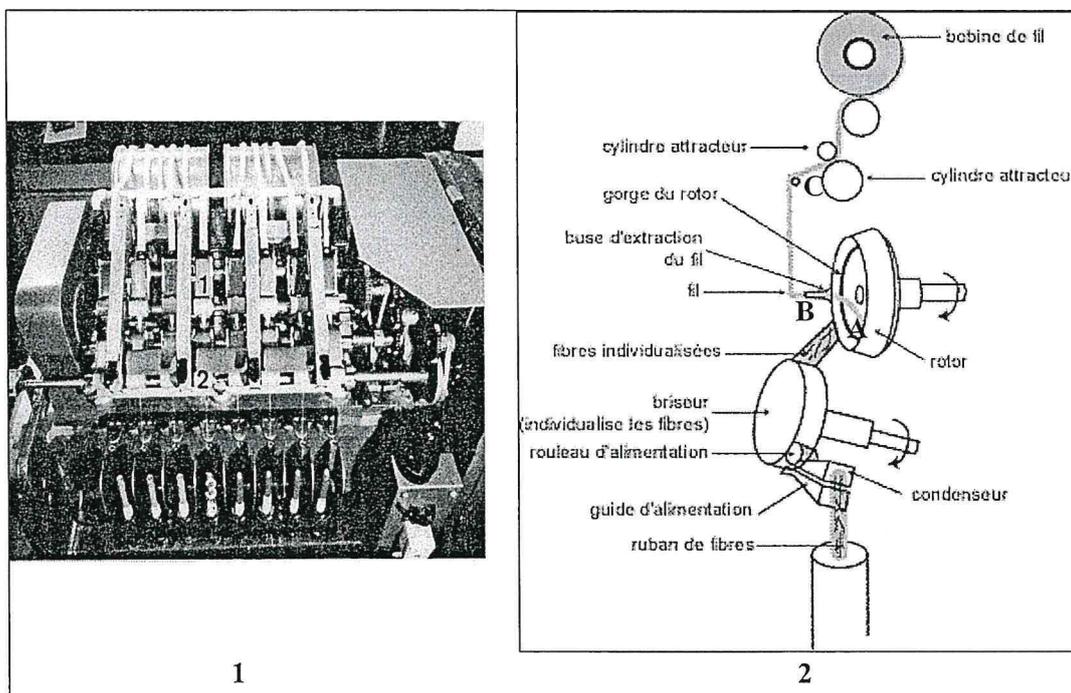


Figure B-13 . Formation de la torsion du fil en filature : à anneaux (1) ; à rotor (2)
(Renner)

B.7. CARACTERISATIONS TECHNOLOGIQUES DES FILS

En filature, la tendance est de contrôler la qualité de la matière entrant en usine et celle en sortie. En filature industrielle, en cours de fabrication, un contrôle en continu de la qualité du

fil produit (broche à broche) tend à se généraliser. La qualité du filé doit être compatible avec les exigences du transformateur, tisseur, bonnetier, etc..

Le fil est également contrôlé en laboratoire et les critères principaux mesurés concernent les caractéristiques dynamométriques, les irrégularités.

B.7.1. Les essais de résistance sur fil

Le fil doit supporter sans dommage des efforts durant les traitements successifs jusqu'au produit fini. Il doit donc présenter un minimum de résistance et d'allongement. Selon les utilisations ultérieures du fil, tissage ou bonneterie, on privilégiera plutôt la résistance du fil (en tissage pour le fil de chaîne) ou l'allongement (en bonneterie) etc.

Il est possible de déterminer la ténacité d'un fil soit en fil à fil soit sur échevette.

La ténacité du fil peut être estimée à partir de certaines caractéristiques de fibres. Dans les formules de prévisions, selon les auteurs et la filature, industrielle ou microfilature, on retrouve plusieurs caractéristiques pour expliquer la ténacité du fil (Price, 1983 ; Gutknecht, 1984 ; Frydrych et Gourlot, 1993 ; Mourad, 2001), [P6]. Plus récemment Gourlot [E2] montre qu'elle est en grande partie expliquée par la ténacité HVI (essais en microfilature).

B.7.1.1. La résistance fil à fil

B.7.1.1.1. Méthodes utilisées

Deux méthodes sont utilisées pour déterminer la force de rupture et l'allongement de rupture d'un fil par un essai de traction sur fil individuel (norme NF G07-003) maintenu entre deux pinces (**Figure B-14**).

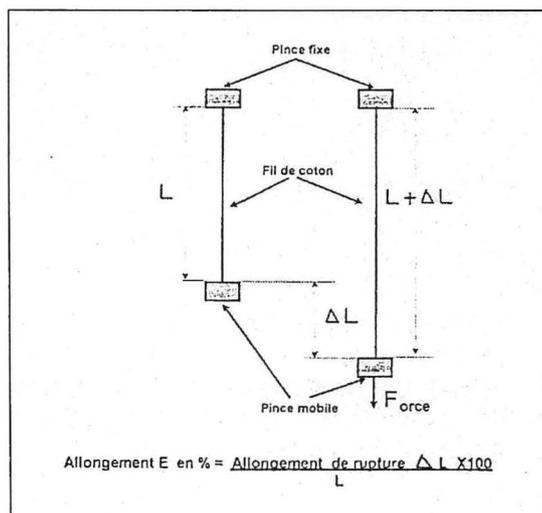


Figure B-14 . Principe du dynamomètre fil à fil (Zellweger-Uster).

Pour cela on utilise soit :

- un appareil à vitesse constante d'accroissement de force, c'est à dire qu'il existe un rapport linéaire entre le temps et la force agissant sur l'échantillon (Figure B-15 .1).
- un appareil à vitesse constante de déplacement de la pince de traction , c'est à dire qu'il existe un rapport linéaire entre le déplacement de la pince et le temps révolu (Figure B-15-2).

Ces appareils permettent, par une application régulière et progressive de la force, de casser les fils pour une durée moyenne d'essai à la rupture de $20 \text{ s} \pm 3$.

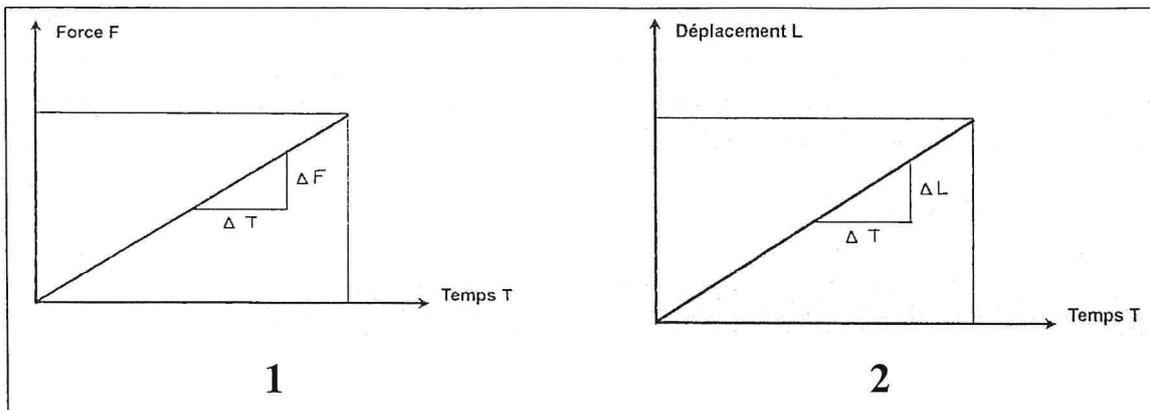


Figure B-15 . (1) Principe d'un gradient de force constant (CRL) et (2) principe d'un gradient d'allongement constant (CRE), (Zellweger-Uster).

Durant de nombreuses années, le laboratoire a déterminé la force de rupture des fils à l'aide du Dynamat d'Uster, à vitesse constante d'accroissement de force. Actuellement, nous sommes équipés du Tensorapid d'Uster, dynamomètre à gradient d'allongement constant qui tend d'ailleurs à remplacer les dynamomètres à gradient de charge constant.

B.7.1.1.2. Définitions

- La force de rupture : correspond à la force maximale que peut supporter le fil dans un essai de traction mené jusqu'à la rupture; elle est exprimée en cN
- La force à la rupture : force finale notée au moment où l'éprouvette se rompt ; elle est exprimée en cN.
- l'allongement de rupture : correspond à l'allongement à la force de rupture. Il est exprimé en %.
- l'allongement à la rupture : correspond à la rupture totale de l'éprouvette.
- la ténacité du fil : elle est déterminée en rapportant la force de rupture à la masse linéique du fil avant l'essai ; elle est exprimée en cN/tex.

B.7.1.1.3. Réalisation des tests

• Les conditions ambiantes

Les essais de ténacité du fil s'effectuent dans des conditions de 65% ± 2 d'humidité relative (HR) et une température de 20°C ± 2 (Norme NF, G00-003). Il est important de satisfaire à ces conditions car l'humidité ambiante à une forte influence sur la force maximale (Zellweger-Uster, 1985). Par exemple, celle-ci augmente d'environ 5% lorsque l'HR du laboratoire passe à 75% ou diminue de 5% lorsqu'elle se situe à 55%. Il en est de même en ce qui concerne l'allongement. Celui-ci augmente quand l'HR croît et diminue lorsqu'elle décroît.

• Les essais sur dynamomètre à gradient de charge constant ou d'allongement constant

Pour une utilisation pratique, on utilise le diagramme force / allongement (Figure B-16). Il permet d'obtenir les comparaisons entre deux fils. Il est possible de lire à partir de ce graphique n'importe quelle valeur intermédiaire obtenue lors de l'essai dynamométrique.

A partir de ce graphique, on détermine la ténacité du fil qui est le rapport entre la force de rupture et la masse linéique du fil (tex).

$$\text{Ténacité en cN / tex} = \text{Force de rupture (cN)} / \text{Masse linéique du fil (tex)}$$

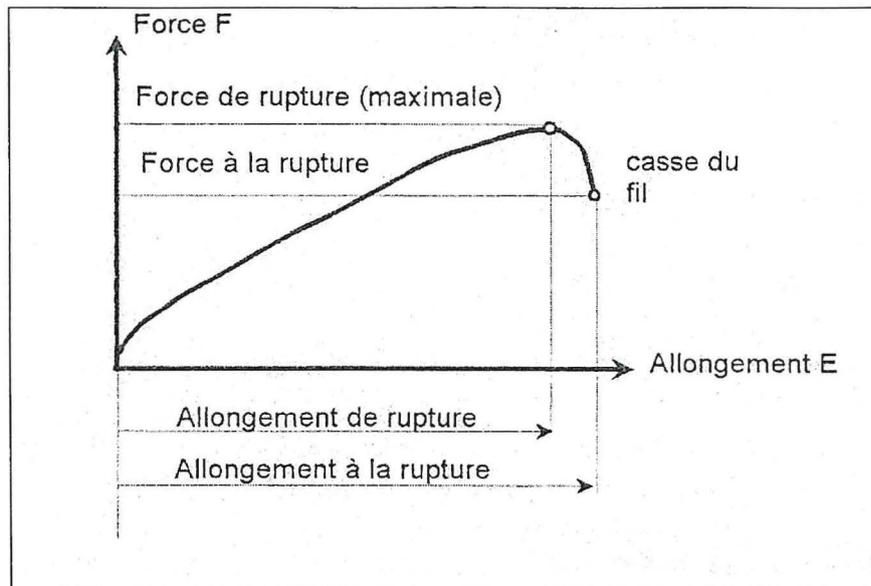


Figure B-16 . Diagramme force-allongement (Zellweger-Uster).

B.7.1.2. La résistance à échevette

Une autre manière d'évaluer la force de rupture d'un fil est d'effectuer le test sur une échevette de 100 m de fil obtenue à l'aide d'un dévidoir de 1 m de circonférence. Le dynamomètre DCF utilisé est à gradient d'allongement constant. La ténacité du fil est:

Ténacité en cN = Force de rupture en daN x 1000 / Masse linéique x 200 (nombre de brins)

B.7.2. La régularimétrie du fil

Selon les qualités de coton, l'état des machines de filage, les fils produits comportent des irrégularités (finesses, grosseurs) plus ou moins importantes, un nombre de défauts ou neps variable.

L'analyse des imperfections du fil s'effectue avec une mesure indirecte. On opère le plus souvent avec un condensateur dans lequel passe le fil. Il mesure les variations de masse en les transformant en signal électrique proportionnel qui est ensuite amplifié. Les caractéristiques mesurées sont les suivantes ; elles ont été résumées à partir du manuel technique de Zellweger-Uster (1984).

B.7.2.1. L'indice d'irrégularité

Cet indice permet de déterminer la performance de la filature en fonction des fibres qui ont été travaillées. Il est sans unité et indique combien les variations de masse d'un fil s'écartent de celles d'un fil idéal qui ne pourrait être amélioré pour des conditions de filage maximale.

Deux paramètres sont utilisés pour évaluer cet indice :

- la limite de l'irrégularité est appelée 'irrégularité limite'. Elle se détermine comme suit :

$$CV \text{ lim} = 100 / \sqrt{N}$$

Cvlim = irrégularité limite en %

N = nombre de fibres à la section du fil

N = titre du fil / finesse fibre

- l'irrégularité effective mesurée du fil (CV_{eff})

L'indice d'irrégularité I est le rapport de ces deux paramètres

$$I = CV_{\text{eff}} / CV_{\text{lim}}$$

B.7.2.2. Variations de masse

Les variations de masse d'un fil peuvent être périodiques (cas des pièces rotatives en mauvais état) ou non périodiques. Pour les déterminer, on utilise le diagramme, la courbe variance-longueur ou le spectrogramme.

B.7.2.3. Le diagramme de masse

Il est visuel et permet de détecter des écarts importants, des tendances et des irrégularités caractéristiques (Figure B-17). Cependant, il est insuffisant et il doit être complété par le coefficient de variation CV% sachant que les variations de masse dans un fil homogène sont distribuées de façon à peu près normale.

$$CV\% = \text{écart type} \times 100 / \text{moyenne}$$

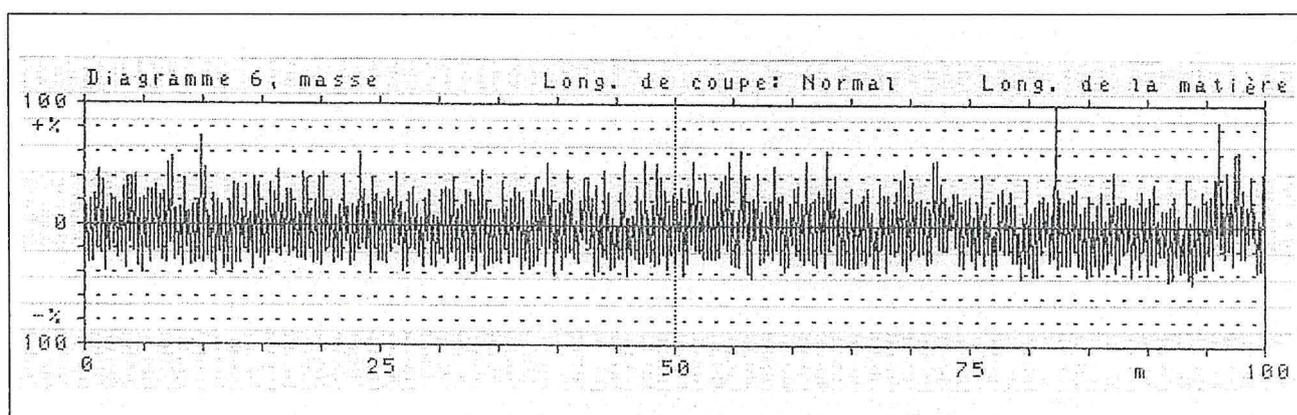


Figure B-17 . Diagramme de masse (Zellweger-Uster).

B.7.2.4. La courbe variance-longueur

Elle permet d'apprécier les dégradations de masse à long terme. Dans un mode artisanal, il est possible de l'obtenir en coupant des longueurs variables de fil et de les peser. L'Uster Tester 3 (UT3) permet de l'obtenir rapidement et jusqu'à des longueurs de coupe de 400 m (Figure B-18). Dans cette figure, la courbe (2) représente la courbe optimale et la courbe (1) montre l'irrégularité qui a été obtenue. On constate des écarts avec la courbe optimale. Ces écarts produiront un effet de moiré sur le tissu et plus ces écarts sont importants et plus l'oeil discernera les défauts (Zellweger-Uster, 1988).

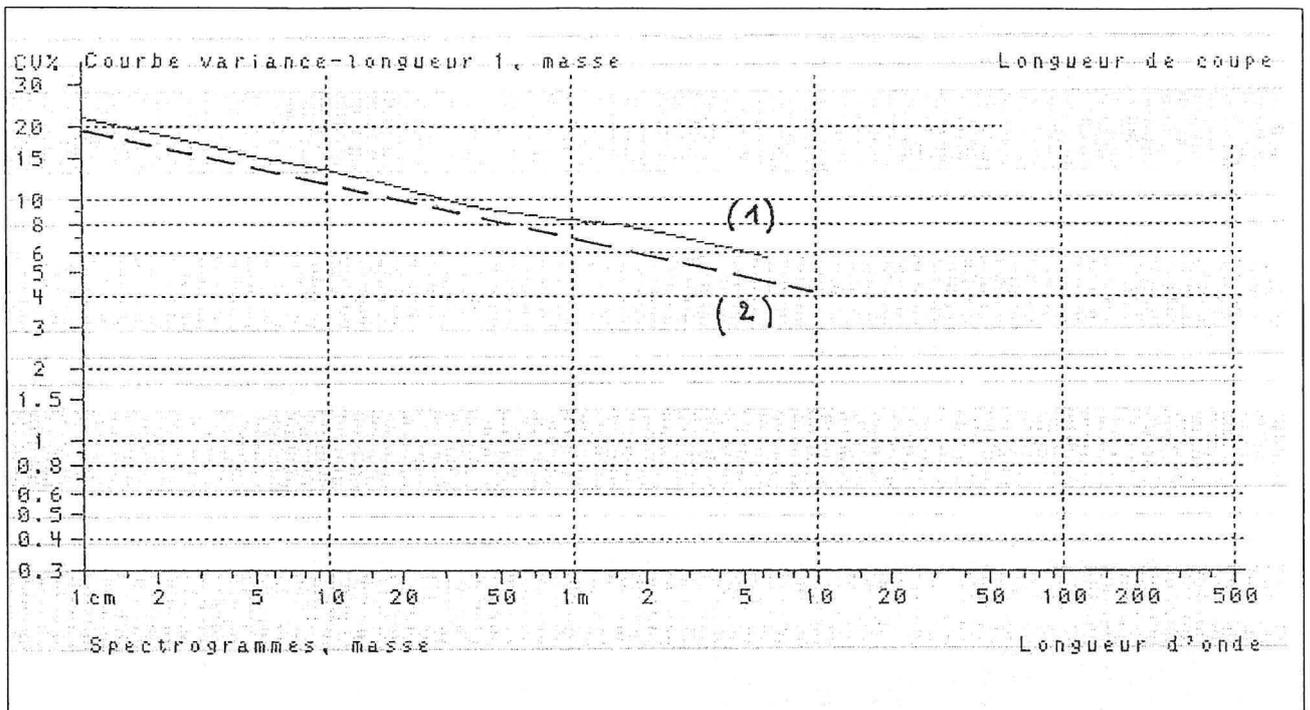


Figure B-18 . Courbe variance-longueur (Zellweger-Uster).

B.7.2.5. Le spectrogramme

Le spectrogramme est utilisé pour mettre en évidence des variations de masse périodiques, provoquées par des organes défectueux de machine. Ces variations de masse ou défauts se distinguent plus difficilement dans le diagramme car elles sont représentées en fonction du temps, alors que le spectrogramme permet de mieux les mettre en évidence car déterminées en fonction de la fréquence. Un défaut apparaît selon un intervalle régulier qui correspond à une longueur d'onde. Dans le cas du spectrogramme, les défauts périodiques ou presque sont mesurés pour des longueurs d'ondes de 2 cm à 1280 m. La courbe enregistrée par le spectrographe est dénommée le spectre des longueurs d'onde. L'UT3 détermine les variations en fréquence, qui se produisent au moins 25 fois de façon statistiquement significative (zones hachurées) et celles qui se manifestent 6 à 25 fois de façon non significative statistiquement (zones non hachurées) ; celles qui apparaissent moins de six fois ne sont pas retenues. En théorie, le spectre des longueurs d'ondes est une courbe continue. En pratique, on utilise un certain nombre de bandes de fréquences d'où cet effet d'escalier sur le graphique (Figure B-19). Sur cette feuille, elles sont représentées à échelle logarithmique.

La Figure B-19 montre un spectrogramme d'un fil normal. La Figure B-20 représente un fil ayant des défauts périodiques.

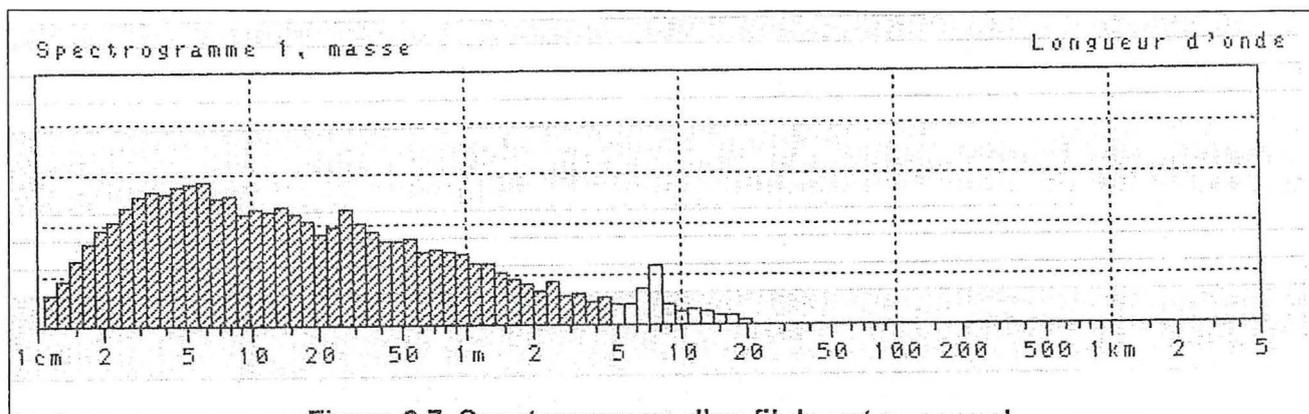


Figure B-19 . Spectrogramme d'un fil de coton normal sur régularimètre Zellweger-Uster .

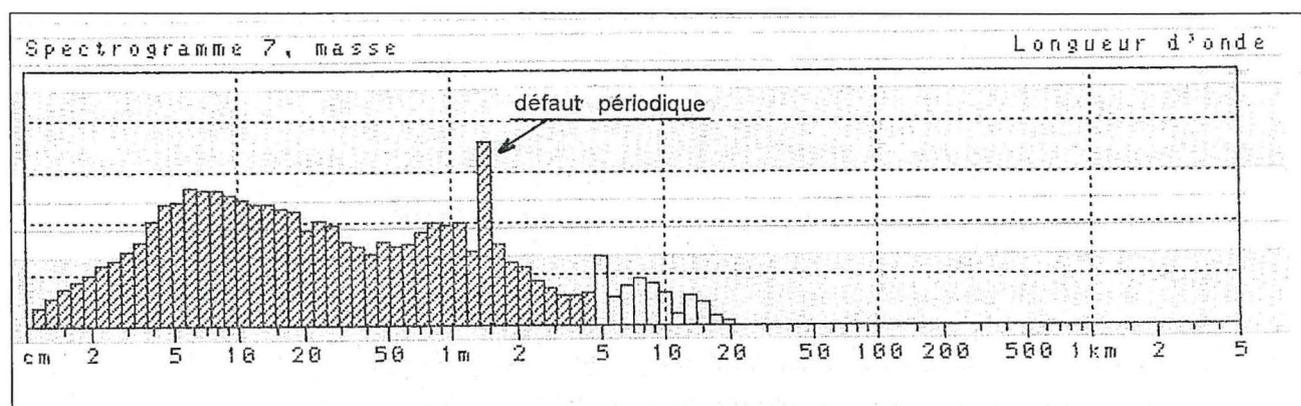


Figure B-20 . Spectrogramme d'un fil avec un défaut périodique sur régularimètre Zellweger-Uster .

B.7.2.6. Imperfections du fil

Les fils qui proviennent de fibres naturelles, discontinues, présentent les trois classes d'imperfections suivantes : les finesses, les grosseurs et les neps ou boutons.

Tous ces défauts sont dus soit à la matière première (coton immature, nombreuses fibres courtes, etc), ou montrent une dégradation du procédé de fabrication (garniture de carte défectueuse, etc.) et leur évaluation permet de tirer des conclusions.

B.7.2.7. Grosseurs et finesses du fil

Dans un fil, les grosseurs et les finesses sont nocives lorsqu'elles risquent de provoquer des défauts qu'enregistre l'œil. Des réglages, pour leur comptage, correspondant à des étages de sensibilité en rapport avec la section du fil, ont été déterminés par les constructeurs de matériel en relation avec le produit fini. L'appareil distingue les points gros comme suit (Zellweger-Uster, 1984) : les points gros comptabilisés sont plus longs que 4 mm. La longueur des grosseurs et des finesses correspond environ à la longueur moyenne des fibres.

Le Tableau B-3 et le Tableau B-4 récapitulent les significations des réglages des étages de sensibilité sur l'appareil.

Tableau B-3 . Signification des réglages des étages de sensibilité des finesses sur le régularimètre de Zellweger-Uster ; extrait du manuel d'application.

Type de défaut	Réglage	Définition du défaut	Description du défaut
Finesse	- 60%	La section de la finesse ne représente plus que 40% ou moins de la section 'sériplane' d'une distance de plusieurs mètres	Finesse extrême ; se reconnaît sur un
	- 50%	La section de la finesse ne représente plus que 50% ou moins de la section 'sériplane' d'une distance de 1 m environ	Finesse moyenne ; se reconnaît sur un
	- 40%	La section de la finesse ne représente plus que 60% ou moins de la section moyenne du fil	Finesse de moindre importance ; ne se reconnaît sur un 'sériplane' qu'à proximité imminente
	- 30%	La section de la finesse ne représente plus que 70% ou moins de la section moyenne du fil	Finesse de très petite importance ; ne se reconnaît guère sur un 'sériplane'

Tableau B-4 . Signification des réglages des étages de sensibilité des grosseurs sur le régularimètre de Zellweger-Uster ; extrait du manuel d'application .

Type de défaut	Réglage	Définition du défaut	Description du défaut
Grosueur	+ 100%	La section de la grosseur représente 200% ou plus de la section moyenne du fil	Grosueur importante
	+70%	La section de la grosseur représente 170% ou plus de la section moyenne du fil	Grosueur moyenne ; se reconnaît sur un 'sériplane' d'une distance de plus d' un 1 m
	+ 50%	La section de la grosseur représente 150% ou plus de la section moyenne du fil	Grosueur de moindre importance ; se reconnaît bien sur un 'sériplane' à proximité imminente
	+ 35%	La section de la grosseur représente 135% ou plus de la section moyenne du fil	Grosueur de très faible importance ; ne se reconnaît sur un 'sériplane' que moyennant une étude très détaillée

Au laboratoire, nous utilisons pour les essais, les étages de sensibilité grisés dans les tableaux précédents et recommandés par le constructeur.

B.7.2.7.1. Neps ou boutons

Le processus de préparation n'élimine pas complètement les neps puisqu'ils sont présents dans le voile de sortie de carte, dans le ruban et enfin à l'intérieur du fil ou à sa périphérie.

Les régularimètres comptabilisent globalement les imperfections. Pour les neps, plusieurs étages de sensibilité existent (Tableau B-5).

Pour les fils obtenus en filature à anneaux, nous utilisons l'étage 200% ; pour les fils Open-end, l'étage se situe à 280%.

Tableau B-5 . Signification des réglages des étages de sensibilité correspondant aux neps, sur le régularimètre de Zellweger-Uster ; extrait du manuel d'application.

Type de défaut	Réglage	Définition du défaut	Description du défaut
Neps Ou Bouton	+ 400%	La section du neps représente 500% ou plus de la section moyenne du fil	Neps important
	+280%	La section de la grosseur représente 380% ou plus de la section moyenne du fil	Neps moyen ; se reconnaît sur un 'sériplane' d'une distance de plus d' un 1 m
	+ 200%	La section de la grosseur représente 300% ou plus de la section moyenne du fil	Petit neps ; se reconnaît bien sur un 'sériplane' à proximité imminente
	+ 140%	La section de la grosseur représente 240% ou plus de la section moyenne du fil	Très petit neps ; ne se reconnaît sur un 'sériplane' que moyennant une étude très détaillée

B.8. CONCLUSION

Nous avons présenté les caractéristiques du cotonnier et les différentes phases de sa transformation, du champ jusqu'à la filature. Les paramètres commerciaux pris en compte pour la commercialisation de la fibre ont été abordés. Chaque phase de la transformation (récolte, égrenage, filature) a un effet sur la qualité du produit final, le fil ou le tissu. Les producteurs, les égreneurs et les industriels du textile doivent en être conscients et travailler ensemble pour optimiser la production.

Au champ, il faut cultiver les variétés adaptées aux deux techniques de filature actuellement largement utilisées (filatures à anneaux et à rotors). Il s'agit d'effectuer une mise en culture et une protection phytosanitaire performantes qui évite des pertes de production et diminuent la pollution de la fibre par les insectes. Il faut assurer une récolte et un égrenage qui réduisent les facteurs polluants : débris végétaux, débris de coques, etc. En filature, le processus utilisé doit être le moins dommageable possible pour la fibre afin d'optimiser ses caractéristiques et fournir un fil qui correspondent aux exigences du transformateur.

B.9. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFNOR, 1980. Textiles fibres et fils. Recueil de nomenclatures françaises, 465 p.
- AUBRY E., RENNER M., 1996. Le point sur la filature à rotor. L'industrie Textile 1280, 28-34
- BOURELY J., 1980. Contribution à l'étude des sucres du cotonnier. Coton et Fibres Tropicales, 35, 2, 189-208.
- BOURELY J., HAU B., 1991. Le cotonnier sans gossypol. Coton et Fibres Tropicales, série Documents, Etudes et Synthèses n° 12, 70 p.
- CAUQUIL J., VAISSAYRE M., 1994. Protection phytosanitaire du cotonnier en Afrique tropicale. Agriculture et Développement, 3, 13-23.
- DEGUINE J.P., 1995. Etude bioécologique et épidémiologique du puceron *Apis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptéra, Aphididae) sur cotonnier en Afrique Centrale. Vers une évolution de la protection phytosanitaire. Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier, France, Thèse, 168 p.
- DELATTRE R., 1973. Parasites et maladies en culture cotonnière. Manuel phytosanitaire CIRAD, 146p.
- FOURNIER J., GUTKNECHT J., 1990. Etudes dimensionnelles des graines de cotonnier en relation avec leur

- présence dans la fibre. *Coton et Fibre Tropicales*, 45, 3, 243-262.
- GUTKNECHT J., 1984. Prédiction de la résistance du fil. *Coton et Fibres Tropicales*, 39, 2, 25-29.
- HEQUET E., 1988. Egrenage, stage aux USA. Document interne CIRAD, 60 p.
- ISHAQ A.R., 1984. Structure and mechanical properties of some native and modified cotton fibres. University of Strathclyde, Glasgow, Angleterre, thèse, 297 p.
- LORD E., HEAP S.A., 1975. The origin and assessment of cotton fibre maturity. International Institute for Cotton, 40 p.
- MARQUIE C., 1994. La graine de cotonnier dans l'alimentation traditionnelle au Benin. Document interne CIRAD, 42 p.
- PARRY G., 1982. Le cotonnier et ses produits. *Techniques Agricoles et Productions Tropicales*, 494p.
- PERKINS H.H., Jr., 1971-a. Some observations on sticky cottons. *Textile Industries*, March 1971, 49-64.
- PRICE J. B., 1983. Research on fiber/yarn relation ship. *Textile Topics*, 11, 10.
- RAYMOND G., MARQUIE C., 1995. La graine de cotonnier et ses produits. *OCL*, 2, 6, 422-424.
- RENNER M., 1986. Contribution à l'étude théorique et expérimentale du processus d'obtention des textiles linéaires. Université de Haute Alsace, Mulhouse, France, thèse 261 p.
- VERSCHRAEGE L., FRANSEN T., 1988. Measurement of cotton seed fragments and their origin in cotton fiber after ginning. *Coton et Fibres Tropicales*, 43, 4, 299-306.
- ZELLWEGER-USTER, 1984. Uster mesure la régularité. Manuel technique, 231p.
- ZELLWEGER-USTER, 1985. Uster Tensorapid, essais de résistance sur fils et retors. Manuel technique, 163p.
- ZELLWEGER-USTER, 1991. Measurement of the Quality Characteristics of Cotton Fibres, News bulletin, 38, 31p

CHAPITRE C

CONTAMINANTS DE LA FIBRE ET MOYENS DE LUTTE

Chapitre C : CONTAMINANTS DE LA FIBRE ET MOYENS DE LUTTE

Notre propos présentera les contaminants de la fibre qui provoquent des collages en filature et les débris de coques.

C.1. LE PROBLEME DU COLLAGE DES COTONS EN FILATURE

C.1.1. L'origine géographique

Depuis quelques années, tous les intervenants de la filière coton, depuis le producteur jusqu'au filateur, s'inquiètent du phénomène de collage des cotons durant le processus de transformation du coton en fil. Le collage, peu important au début des années 1980, semble se généraliser, comme en témoignent les nombreux articles sur le sujet. Cependant encore actuellement, il est très difficile de situer précisément les pays producteurs confrontés à ce problème, car ce phénomène dépend de plusieurs facteurs qui induisent des évolutions annuelles, spatiales, qui modifient son intensité, et parce qu'aujourd'hui aucune classification généralisée sur ce critère n'existe. De plus, ce phénomène ayant un impact économique important, les informations disponibles sur les provenances des cotons pollués ne sont pas divulguées. Nous citons le seul document périodique, à notre connaissance, qui concerne des enquêtes. Elles sont réalisées par l'ITMF et publiées dans *Cotton Contamination Survey*. Ces enquêtes bi-annuelles ne représentent qu'un sondage, ne prenant en compte que la présence ou l'absence du problème de collage en filature, considéré comme une perception du filateur ; bien que ces enquêtes nécessitent par conséquent une analyse prudente des résultats fournis, elles montrent que le problème du collage est d'ordre mondial et que de très nombreuses zones productrices sont touchées à des degrés très variables.

C.1.2. Processus et causes du collage

En filature, la fibre circule entre de nombreux organes de machine en pression. Le collage se manifeste, à ces niveaux, lors d'écrasements de matières étrangères ; par exemple, sur les cylindres délivreurs de cardé en pression (cross-roll). Il s'y forme des dépôts de substances collantes, ce qui induit, dès que la charge est suffisante, des soulèvements, des enroulements de fibres. Il en est de même tout au long du processus de transformation du coton : au banc d'étirage, au banc à broches et au continu à filer. Des dépôts de substances collantes ont été relevés jusque dans les turbines des machines à filer à rotors. Il en résulte des arrêts de machines pour le nettoyage, une perte de production et une diminution de la qualité du filé. Pourtant ce phénomène n'est pas nouveau ; Jennings (1953) signale des cotons provoquant des problèmes de collage ; Perkins (1971-a) analyse le problème des cotons collants en filature et son implication sur le fil. De même en France, les conséquences des cotons collants sont étudiées par Vautier (1971).

Les cotons collants peuvent être dus à différents facteurs : des débris divers, la présence importante de sucres et autres substances non-cellulosiques. Les sucres présents au niveau de la fibre peuvent être de deux types selon leur origine : les sucres physiologiques qui sont produits par la plante et les sucres entomologiques fabriqués par les insectes.

C.1.3. Les débris divers

Les débris divers tels que les amandes et les débris de coque (ITCRD, 1993), les débris de feuilles encore vertes (Perkins, 1971-a) quand ils sont écrasés entre les cylindres délivreurs de la carde, déposent sur les rouleaux des substances huileuses qui imprègnent le voile de carde (Ladymina, 1990). Ces dépôts induisent des enroulements de fibres ainsi que des irrégularités dans le ruban.

Certains contaminants, que l'on peut trouver dans les cotons récoltés mécaniquement, représentent des traces d'hydrocarbures dus aux lubrifiants des broches de récolteuses et des contaminations dues aux égreneuses (Hector et Hodkinson, 1989). Outre des problèmes de collage, ils causent des baisses de résistance et des défauts d'apparence (Perkins, 1975 ; Perkins et Bragg, 1977).

On observe parfois des contaminations qui proviennent de produits non celluloseux. Ceux-ci ont des origines soit naturelles, comme des attaques d'insectes ou de micro-organismes (Wyatt et Heintz, 1982), soit artificielles par l'introduction délibérée ou accidentelle d'agents synthétiques dans la fibre. On trouve fréquemment des résidus de pulvérisations de produits chimiques, appliqués pour favoriser la croissance et la récolte, qui ont des conséquences lorsque la pluie ne les a pas éliminés (Hector et Hodkinson, 1989). La cire qui est un composant non celluloseux naturel important est une forme de contamination (Ladymina, 1990). Perkins (1971-a), Wyatt (1976), indiquent qu'un pourcentage de cire supérieur à 1% peut provoquer des enroulements de fibres sur les cylindres en pression.

C.1.4. Les sucres d'origine physiologique

C.1.4.1. Au stade de la fibre

Les fibres de coton contiennent essentiellement du glucose et du fructose, ce dernier étant légèrement prédominant, peu de saccharose et parfois des traces de mélézitose et de raffinose (Bourelly, 1980). Hector et Hodkinson (1989) indiquent que la forme de transport du sucre, depuis le siège de la photosynthèse jusqu'aux nectaires et aux fibres, est le saccharose. Durant la croissance des fibres, le saccharose s'hydrolyse en glucose et fructose. Le fructose est transformé en glucose et deux molécules de glucose forment le cellobiose qui est ensuite polymérisé en cellulose.

Les sucres d'origine physiologique induisent du collage en filature, comme l'indique certains auteurs :

- Perkins (1971-a) signale que de petits faisceaux de fibres immatures posent des problèmes au niveau des cylindres délivreurs de voile des cardes ; leur taux de sucre physiologique est très élevé.
- Wyatt (1976), précise qu'un taux de sucre inférieur ou égal à 0,3%, semble ne pas provoquer d'ennuis. Il note que pour un faible micronaire, le taux de sucre peut monter jusqu'à 0,8%.
- Carter (1990) évoque, pour des cotons du Texas, la présence d'un taux élevé de sucres physiologiques (0,6 à 1%). Ce niveau favorise le collage par une accumulation de dépôts et de résidus sur des parties de machine. Il indique que ce collage est relativement commun pour de nouvelles récoltes et disparaît en 3 ou 4 mois ; occasionnellement, cet effet dure jusqu'à une période de 8 à 12 mois.
- D'autres auteurs comme Elsnér *et al.*, (1983) pensent que puisque le sucre reste dans le lumen, il n'y a aucune raison pour que la fibre soit collante. Les études menées montrent que, dans les conditions normales de végétation, les capsules s'ouvrent lorsque la maturité est

atteinte. La teneur en sucre de la fibre est faible mais le lumen est rempli de protoplasme (contenant du sucre). Dès l'ouverture de la capsule, les fibres se dessèchent et, au cours du séchage, le processus biochimique s'arrête. Il apparaît que la quantité de sucre qui subsiste dépend de la compétition entre le processus biochimique et la dessiccation ; la teneur en sucre se situe à environ 0,3% (plus ou moins selon les variétés). En revanche, les capsules jeunes et immatures ne s'ouvrent pas. L'ouverture ne se produit que lorsqu'elles sont desséchées sous l'influence de différents facteurs. Pendant ce processus généralement lent, le protoplasme est complètement épuisé. Les fibres provenant de ces capsules contiennent peu de sucres. En conséquence, les fibres mûres peuvent contenir plus de sucre que les fibres immatures.

Cette relative contradiction montre qu'il existe probablement un autre phénomène impliquant un collage de la fibre sur les cylindres en pression. Des études complémentaires devraient être initiées pour expliquer plus clairement ces résultats. Probablement du fait du faible impact de ce collage, peu d'études sont menées dans cette direction.

C.1.4.2. Les sucres du cotonnier

Les différents organes du cotonnier contiennent des sucres, en particulier les feuilles, et aussi les graines et leurs dérivés (amandes, tourteaux, farines). Les glandes externes ou nectaires sécrètent un liquide sucré (nectar). Ces glandes se trouvent à l'intérieur et à l'extérieur de la fleur et dans les petites dépressions situées sous les nervures foliaires (Mound, 1962).

C.1.5. Les sucres d'origine entomologique

C.1.5.1. Causes et conséquences

Ils sont produits par des insectes qui excrètent des substances sucrées, appelées usuellement miellats. Les miellats souillent la fibre et se retrouvent à chaque étape de la transformation de la fibre, c'est-à-dire de la plante jusqu'au fil.

Les insectes producteurs sont le puceron *Aphis gossypii*, l'aleurode *Bemisia tabaci* ou la mouche blanche et, à un degré moindre, les cochenilles *Ferrisia virgata*, *Nipaecoccus vastator* et *Phaenacoccus* (Couilloud, 1986). Notre propos concernera uniquement les deux principaux ravageurs : pucerons et mouches blanches.

Sur la plante, pucerons (Figure C-1-1) et mouches blanches (Figure C-1-2) vivent essentiellement à la face inférieure des feuilles. Ils piquent le système conducteur de la sève élaborée descendante et sucent cette sève pour s'alimenter. Ils excrètent des miellats sur les feuilles (Figure C-1-3) et sur les fibres des capsules ouvertes (Figure C-1-4), soit sous forme de très fines gouttelettes pulvérisées (cas des aleurodes), soit sous forme de grosses gouttes (cas des pucerons). Dans certaines conditions, des champignons se développent sur les miellats (Hillocks et Bretell, 1993), pour former la fumagine (Figure C-1-5).

Les cotons pollués par les insectes entraînent des perturbations depuis les phases d'égrenage jusqu'à la filature.

- Au stade de l'égrenage scie, la fibre infectée et salie, dépose des miellats sur les dents des scies, colle à celles-ci (Delattre, 1973). Pour l'égrenage au rouleau, Khalifa et Gameel (1982) signalent des rendements de 5 à 7 kg de fibres par égreneuse et par heure alors que, pour un coton propre, le niveau est de 25 à 30 kg. Le processus d'égrenage disperse les miellats, et les rend difficilement détectables à l'oeil (Figure C-1-6).
- En filature, les miellats accrochés à de la fibre se collent en général sur tous les matériels ayant des organes en pression et entraînent une baisse de la production et la qualité du fil (Figure C-1-7 et 8).

Cette pollution a donc des conséquences économiques importantes :

- au stade de la production : par une diminution des rendements, une augmentation du coût de production suite à celle des traitements ;
- au stade de la filature : par des diminutions de production, une dégradation de la qualité.

C.1.5.2. Types de sucres

L'analyse des sucres contenus dans les miellats montre qu'il est possible de les distinguer des sucres physiologiques. Bourely (1980), par des analyses en chromatographie sur couches minces, indiquent que les miellats d' *A. gossypii* sont composés de monosaccharides (glucose et fructose), de polysaccharides (saccharose, mélézitose).

Couilloud (1986) indique que le miellat est composé d'azote (0,2 à 1,8 %) de la substance sèche et que 70 à 99 % s'y trouvent à l'état d'acides aminés. Leur répartition dans le miellat est en relation avec celle de la sève du phloème de la plante-hôte. La substance sèche du miellat est formée de 90 à 95 % d'hydrates de carbone qui proviennent en partie de l'excédent de la sève ingérée, attaquée par les ferments des glandes salivaires ou de l'intestin. Comme la sève élaborée, le miellat contient d'autres composants tels que des minéraux, des acides organiques, des auxines de la plante hôte.

Hendrix *et al.* (1992) analysent par HPLC les miellats de *B. tabaci* et *A. gossypii* obtenus sur cotonnier. Les sucres sont composés de monosaccharides, de saccharose, de turanose, de tréhalulose, de mélézitose. Les taux de sucres sont indiqués dans le Tableau C-1. Le miellat d'*A. gossypii* ne contient pas de turanose. La concentration en mélézitose est plus importante que pour celui de *B. tabaci*. Par contre, le miellat de *B. tabaci* contient une quantité importante de tréhalulose.

Tableau C-1 . Sucres en % rencontrés dans les miellats de *B. tabaci* et *Aphis gossypii* par Hendrix *et al.* (1992), déterminés par HPLC.

Insectes (pucerons et mouches blanches)	Monosaccharides	Saccharose	Turanose	Trehalulose	Mélézitose
<i>A. gossypii</i> sur <i>Gossypium hirsutum</i>	24,6	11,6	0,0	1,1	38,3
<i>Bemisia tabaci</i> sur <i>G. hirsutum</i>	18,9	16,0	1,0	43,8	16,8
<i>Trialeurodes abutilonea</i> sur <i>G. hirsutum</i>	43,6	32,9	20,8	2,7	0,0
<i>T. vaporariorum</i> sur <i>G. hirsutum</i>	22,2	17,9	59,9	0,0	5,6

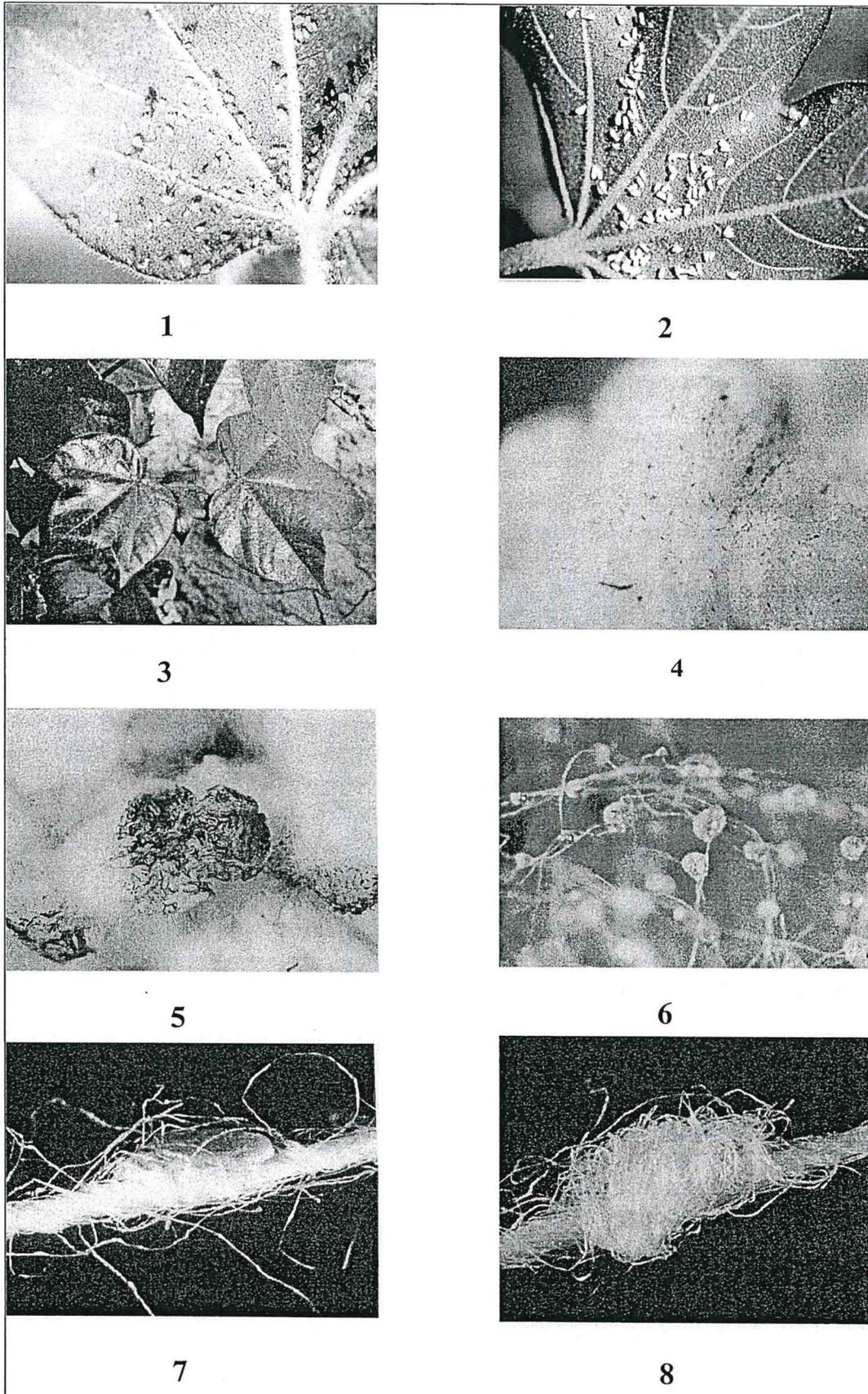


Figure C-1 . Manifestation du collage (photos Cirad 1-2-3-4 ; Frydrych-Erwin, 5-6-7-8).

C.1.6. Lutte contre les cotons collants

Parmi les causes du collage en filature, la plus sérieuse provient actuellement de la pollution des cotons par les miellats produits principalement par le puceron *A. gossypii* et l'aleurode *B. tabaci*. Notre propos concernera cette forme de pollution entomologique.

C.1.6.1. Stade du champ

C.1.6.1.1. Traitements phytosanitaires

Pourquoi le collage entomologique est-il en recrudescence ?

La protection chimique du cotonnier durant la décennie 1970 était assurée par des produits organophosphorés ayant une bonne activité aphicide. Cela permettait de réduire en fin de campagne les populations d'homoptères (Carter, 1990). A partir de 1975, d'autres matières actives, les pyréthriinoïdes (à faible toxicité pour les animaux homéothermes) ont fait leur apparition. Ils étaient efficaces contre presque toutes les espèces de lépidoptères, en raison de leur structure chimique. De très faibles quantités étant nécessaires, ils permettaient un meilleur rapport efficacité/coût, malgré l'évolution des produits et des modalités des traitements insecticides. Parallèlement, ils présentaient peu de danger pour l'environnement. Ces produits ont ainsi apporté un grand progrès dans le contrôle des chenilles carpophages. Cependant, aux doses usuelles, ils présentaient des lacunes dans leur spectre d'efficacité contre les pucerons et les aleurodes (Cauquil *et al.*, 1982). D'importants foyers de *B. tabaci*, apparus en Inde en 1985-1986, ont été associés au manque d'efficacité des pyréthriinoïdes contre ce ravageur (ICAC, 1990 ; Denholm et Birnie, 1990).

Très rapidement, des traitements associant pyréthriinoïdes et organophosphorés ont été utilisés et recommandés (Vaissayre, 1985 ; Rajak et Diwakar, 1987). Bien qu'une association pyréthriinoïde-aphicide augmente le rendement en coton par rapport à un traitement avec des pyréthriinoïdes (Cauquil *et al.*, 1982), le contrôle des pucerons et aleurodes reste difficile et des résistances aux pesticides en général apparaissent dans différents pays (Miller, 1985 ; Deguine, 1995). Pour l'aleurode, il semble que le phénomène de résistance fasse intervenir au moins deux mécanismes : la détoxification des pesticides dues à des enzymes et la perte d'affinité de l'acétylcholinestérase à ces insecticides (Menozzi, 1996 cite Dittrich *et al.*, 1990). Pour éviter l'apparition des phénomènes de résistance, on recommande l'alternance d'applications d'insecticides de familles chimiques différentes.

Actuellement les insecticides les plus utilisés appartiennent à la famille des organophosphorés, des pyréthriinoïdes et des carbamates. Les insecticides ont soit une action de contact, soit une action systémique. L'utilisation d'huiles végétales seules ou en association avec des insecticides semble apporter une efficacité supplémentaire contre l'aleurode (Sparks *et al.*, 1992). Les huiles sont toxiques car elles perturbent le processus de respiration de manière physique et diminuent l'adhérence des oeufs sur la plante.

C.1.6.1.2. Facteurs agissant sur les populations d'insectes

Le développement des populations de pucerons, de mouches blanches, et, par voie de conséquence des cotons pollués par les miellats, ne dépend pas seulement du choix des produits insecticides. En effet, d'autres causes interviennent.

Selon Deguine (1995), la recrudescence des populations de pucerons est due, entre autres facteurs, à l'accroissement des zones de culture cotonnière dans le monde. Les pratiques culturales jouent aussi un rôle d'aggravation du phénomène. Un semis tardif est plus vulnérable, les plants moins développés sont plus fragiles lors de l'attaque des insectes piqueurs-suceurs. L'évolution du climat dans la plupart des régions tropicales accentue le

phénomène : apparition parfois plus précoce de la saison sèche, connue pour favoriser l'installation des populations de pucerons.

D'après Ménozzi, les populations d'aleurodes peuvent augmenter suite à un changement des pratiques culturales (monocultures), à une destruction de la faune auxiliaire par l'usage intensif d'insecticides chimiques ou bien à l'apparition de biotypes plus résistants. Un semis précoce semble occasionner une pullulation plus importante de mouches blanches au début du cycle, au contraire un semis tardif est suivi d'une infestation en fin de campagne en décembre (Jackson *et al.*, 1973).

Rajak et Diwakar (1987) observent que les ravageurs se multiplient quand une température élevée supérieure à 33°C est associée à un manque de pluie, à une culture de variétés sensibles aux insectes, à une monoculture sans rotation et à l'utilisation excessive de pesticides de façon non discriminante.

La protection insecticide est insuffisante lorsque les modalités d'application de cette protection ne sont pas adaptées ; par exemple, si le traitement n'intervient pas pendant les périodes critiques où le cotonnier est sensible aux infestations du puceron : premier mois suivant la levée (risque de perte de production) et de l'ouverture des capsules jusqu'à la récolte (Cauquil et Vaissayre, 1994 ; Deguine et Leclant, 1996). A l'extrême, une protection insecticide inadéquate vient même participer de façon indirecte au développement des ravageurs ; pour *B. tabaci*, Denholm et Birnie (1990) indiquent que de trop faibles doses d'insecticides ont eu un effet favorable et que de larges spectres chimiques ont contribué à sa résurgence en tuant ses ennemis naturels prédateurs et parasitoïdes. Un troisième cas est la résistance aux insecticides : *B. tabaci* peut développer des résistances à l'ensemble des groupes chimiques.

Les techniques d'applications des insecticides ont une grande importance dans le contrôle des ravageurs, sachant que aleurodes et pucerons se situent sur la face inférieure des feuilles et sont difficilement atteints par les produits. Plusieurs types d'épandage existent selon la taille des superficies cultivées : pour les grandes surfaces aux Etats-Unis, on effectue un épandage par avion ou tracté ; pour des petites surfaces, comme c'est souvent le cas en Afrique de l'Ouest et du Centre, on utilise des moyens plus modestes tels que des appareils manuels. Cauquil *et al.*, (1986) montrent que la technique de pulvérisation au moyen d'appareils à dos à rampe horizontale n'atteint pas suffisamment le bas du cotonnier, lieu préférentiel des pucerons ; la technique par micronisation à très bas volume (TBV) donne des résultats comparables. Par la suite, la technique par UBV (ultra-bas-volume) avec des volumes par hectare très faibles a permis un progrès important, mais, malgré tout, la couverture sous les feuilles reste insuffisante (Cauquil et Vaissayre, 1994).

Autrefois, dans la zone d'Afrique Centrale et de l'Ouest, le ramassage du coton graine s'effectuait en plusieurs fois. Aujourd'hui, l'importance de la fertilisation azotée et l'augmentation des rendements entraînent des récoltes tardives. Le cultivateur attend plutôt que le maximum de capsules soient ouvertes pour réaliser sa récolte en une seule fois. Le coton reste sur pied plus longtemps ; il est, par conséquent, plus soumis aux infestations par les aleurodes et pucerons qui déposent leurs miellats sur la fibre et la souillent (Gutknecht *et al.*, 1988).

L'énumération non exhaustive des facteurs de pollution des fibres montre toute la complexité du phénomène et le développement des thèmes de recherche cotonnière. Parmi des organismes de recherche, citons aux Etats-Unis, l'USDA, International Textile Center (ITC), Cotton Incorporated (CI); en Israël, le Volcani Center, Aro ; au Soudan à l'Agriculture Research Corporation (ARC) ; en France le Cirad.

C.1.6.1.3. Solutions envisagées

La lutte intégrée contre les insectes est envisagée comme une solution et commence à être appliquée (Rajak et Diwakar, 1987 ; Michel, 1989 ; Carter, 1990 ; Cauquil et Vaissayre, 1994 ; Mumford et Norton, 1994, etc.).

Cette approche consiste à maîtriser un ensemble de facteurs ayant une influence sur les ravageurs et particulièrement sur les insectes piqueurs-suceurs pour limiter les dépôts collants sur la fibre. Au champ, des recherches ont montré l'efficacité de certaines pratiques qui pourraient être d'un grand intérêt. La bibliographie dans ce domaine est importante car elle concerne de nombreux secteurs tels que l'agronomie, l'entomologie, l'amélioration variétale. Nous allons résumer cette lutte intégrée par les points principaux suivants [T] :

- adapter les pratiques culturales et agronomiques, en semant à temps avec des espacements larges ; une application judicieuse d'engrais principalement d'azote ; un plan de surveillance et d'enregistrement des ravageurs. Il faut aussi enlever et détruire les mauvaises herbes qui sont d'autres plantes-hôtes, mettre en place des rotations avec d'autres cultures ; un étêtage des plants de 20 cm a également un effet de réduction des populations ; la récolte précoce ou fractionnée ;
- choix des variétés avec une faible surface foliaire, une absence de pilosité sur la plante, un taux de gossypol élevé ;
- réaliser des interventions chimiques sur seuil d'infestation et non plus sur un calendrier et en alternant les matières actives dont les sites d'action (au niveau du système nerveux, système digestif...) sont différents de ceux des pyréthrinoides : organochloré (endosulfan), organophosphoré, mélanges d'insecticides ; introduction de certains prédateurs et parasitoïdes etc. ;
- adapter les systèmes paysans (mécanisation, culture irriguée ou pluviale) ; aspersion d'eau de 20 mm, au champ, qui assurent une suppression du collage par lavage des capsules ; incitations financières aux planteurs valorisant les cotons non collants ; développement de la recherche.

C.1.6.2. Stades de la transformation de la fibre

L'égrenage du coton semble être un site intéressant pour traiter le coton collant. Citons quelques tentatives qui cependant ne semblent pas être suivies d'une application industrielle :

- l'application par pulvérisation de bactéries *Beijerinckia mobilis* fixatrices d'azote dans les balles semble avoir un effet de réduction de la concentration en sucres et forme une nouvelle méthode de réduction du collage (Balasurbramanya *et al.*, 1985) ;
- additifs huileux ajoutés par vaporisation lors de l'égrenage.

D'autres voies de traitements ont été étudiées :

- le lavage des cotons pollués, suivi d'un séchage et d'une remise en balle (Soudan, Belgique) ;
- le traitement des cotons par une injection de vapeur et l'application simultanée d'une pression, sur une nappe de fibres, dissout tout ou partie du miellat [B3 et CR3]. Cette méthodologie est resté au stade laboratoire.

La filature étant le principal secteur concerné par les cotons collants, des recherches ont été initiées pour l'utilisation des cotons collants dans les domaines suivants :

- l'utilisation d'appareils de mesure pour mélanger les cotons collants et non

collants permet d'obtenir un mélange pouvant être filé dans les conditions normales des filatures ;

- la baisse de l'humidité relative des locaux entraîne une réduction du pouvoir collant des miellats.

Ces deux palliatifs sont actuellement utilisés couramment dans les filatures.

C.2. LES FRAGMENTS DE COQUE

Dans la partie concernant les débris de coque ou SCF (seed coat fragment), les synthèses bibliographiques des thèses de Bachelier [E1] et de Krifa, [E2], montrent que de nombreux chercheurs s'intéressent à l'effets des SCF tout au long de la transformation de la fibre en fil. Nous allons prendre comme référence les travaux de Bachelier, qui concernent plus particulièrement le stade de l'amélioration variétale, et de Krifa, pour la partie transformation de la fibre en filature, pour présenter les points principaux concernant les SCF.

C.2.1. Formation des fragments de coque ou SCF

La norme ASTM (1980) définit les SCF comme étant des « portions d'enveloppes de graines qui ont été arrachées ou coupées à partir de graines matures et/ou immatures durant le processus mécanique de transformation. Généralement noirs ou brun-foncés, ils portent ou pas des fibres ou des duvets qui leur sont attachés. Ils sont distincts des autres imperfections rencontrées dans le coton tels que les neps fibres, les mottes (graines immatures ou avortées), les fragments végétaux ».

Les SCF sont générés principalement lors de l'opération d'égrenage. Ils peuvent être créés par arrachement de la coque lors de la séparation de la fibre et de la graine, essentiellement dans la zone arrondie de la graine (appelée chalaze, point faible de la graine) ; ils peuvent être aussi produits par la casse des graines pendant les traitements mécaniques lors de l'égrenage, surtout s'il s'agit d'un égrenage scie. Des graines et mottes peuvent demeurer dans la fibre après égrenage.

C.2.2. Effet des SCF sur le filage et sur le fil

Les SCF ont la particularité de porter, dans la majorité des cas, des duvets ou des fibres, qui les accrochent à la matière et, de ce fait, l'effet des opérations de nettoyage est limitée. Si l'on essaye d'augmenter la quantité de déchets lors de la préparation au cardage, il y a une augmentation du taux de bonnes fibres rejetées pour une faible diminution de SCF. D'autre part, la multiplication des points de nettoyage dans le but d'extraire plus de SCF conduit à une fatigue excessive des fibres et à une dégradation de la qualité du fil produit. Par contre, l'opération de cardage élimine de façon significative le nombre de SCF ; selon divers auteurs, le taux est supérieur à 50%. L'adéquation entre chaîne d'ouvrison-nettoyage optimisée et une carte correctement réglée (garnitures, vitesse...) garantissent une élimination efficace des SCF.

Pendant le cardage, les SCF peuvent avoir un effet perturbateur lorsqu'ils sont associés à des particules d'amandes qui occasionnent des problèmes de collage. Au filage, ils sont associés à une augmentation des casses de fil, entraînant une diminution de la productivité.

Outre la perturbation du processus de filage, les SCF sont reconnus comme étant une source importante de défauts du fil. Les diverses imperfections du fil sont déterminées comme suit : les points minces, les points gros, les boutons ou neps. Le terme neps prend ici une autre signification que celle utilisée par les enchevêtrements immatures de fibres rencontrés dans le coton. Il désigne des défauts courts, d'une longueur de 1 à 2 mm, selon Van der uijts et Hunter (1999). Liés directement à la contamination de la matière première, il désigne donc aussi les SCF. Pour les différencier, nous les avons classés comme suit [P4] :

- les neps fibres, immatures (Figure C-2-1) pouvant donner des défauts de teinture et ceux créés par le processus de filature (soulèvement de fibres ; Figure C-2-2)
- les neps coque ou SCF non éliminés lors du processus de filature (Figure C-2-3)
- les neps miellats constitués par les miellats d'insectes (Figure C-2-4)
- les neps divers, essentiellement des débris végétaux (Figure C-2-5)

Les SCF présents sur le fil y demeurent jusqu'à la transformation du fil en étoffe par tissage ou tricotage et ils contribuent à la dépréciation de l'apparence du tissu écru produit. Ils peuvent aussi occasionner des casses de fil, suite à des zones de moindre résistance, et par conséquent accroître le nombre de rattaches.

En conclusion, cette pollution a ainsi des conséquences économiques au stade :

- de la production, par une augmentation du processus de nettoyage de la fibre lors de l'égrenage avec le risque d'une diminution de la qualité de la fibre ;
- de la filature, par des pertes de production, une diminution de la qualité du fil ;
- des traitements des étoffes, par une augmentation des coûts de traitements.

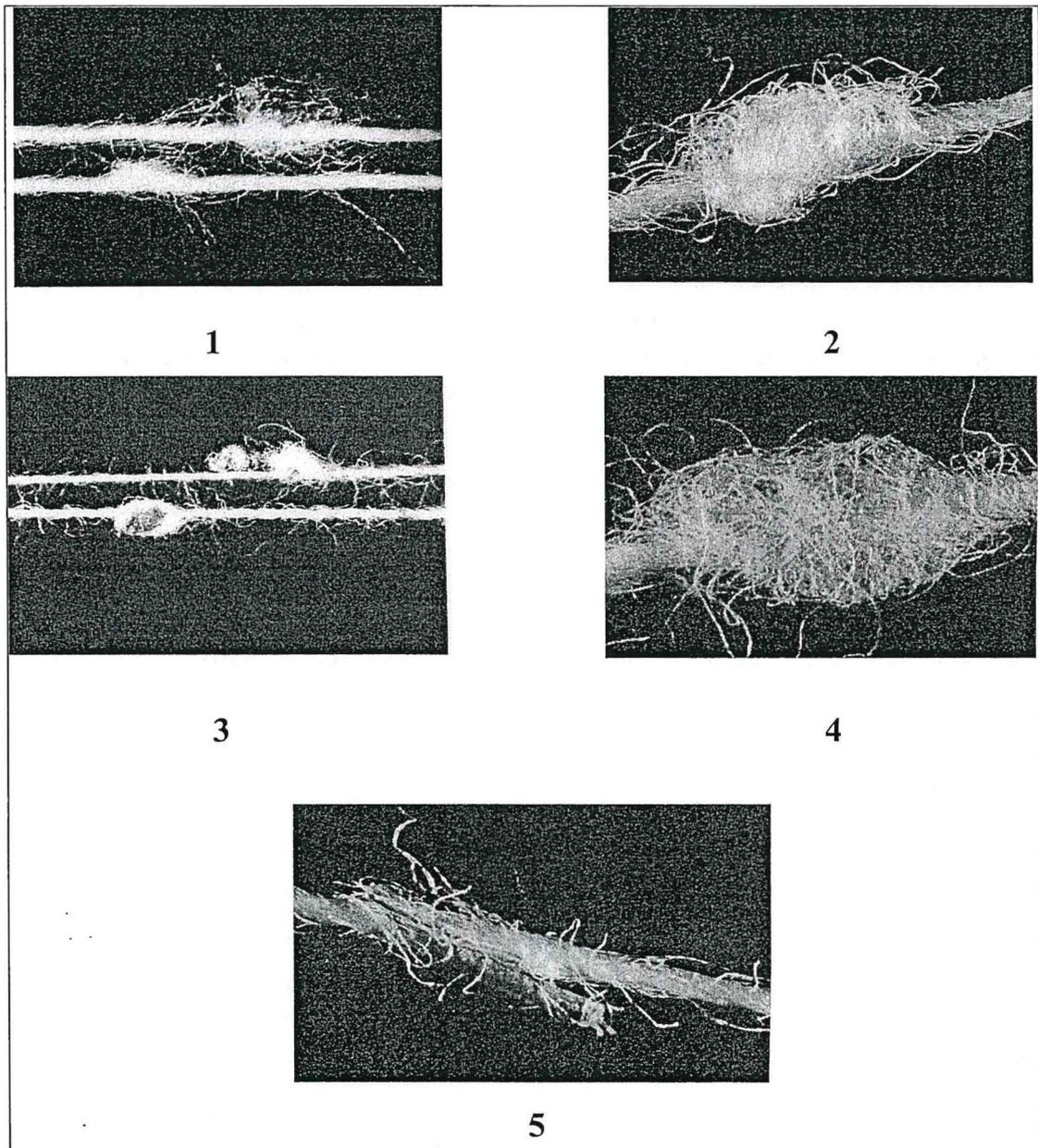


Figure C-2 . Types de neps sur le fil (photos R. Frydrych).

C.2.3. Lutte contre les SCF

La littérature est abondante sur le sujet. La liste des principales sources de variabilité de la contamination de la fibre par les SCF peut être résumée comme suit :

C.2.3.1. Au champ

En ce qui concerne l'aspect variétal, l'effet génétique influe sur la forme et la base de la fibre donc son enracinement dans l'épiderme [E1]. La variabilité du caractère SCF a été observée au niveau interspécifique (transfert de gènes entre espèces), intraspécifique (au sein de l'espèce).

L'environnement de la culture c'est à dire le lieu, les conditions agro-climatiques, les ravageurs, les conditions de la récolte, influent sur la quantité de SCF dans la fibre.

L'efficacité et la pertinence d'une sélection sur ce caractère sous-entend, cependant, que la part génétique intervenant dans sa variabilité soit suffisamment élevée face à la variabilité due

au milieu et que ce caractère ne soit pas lié négativement à d'autres caractéristiques agronomiques ou technologiques favorables.

Bachelier a montré que la variabilité phénotypique est relativement élevée et que des gains importants peuvent être obtenus par sélection, bien que l'héritabilité de ce caractère soit relativement faible.

C.2.3.2. Stades de la transformation de la fibre

Les traitements mécaniques ont un effet important sur le taux de SCF. L'égrenage associé à des traitements de nettoyage par « lint-cleaner », peut augmenter dans certaines conditions les SCF : qualité du matériel, conditions dans lesquelles les opérations se déroulent (vitesse de production, réglages, humidité, etc). Il est possible à ce niveau de limiter l'incidence des SCF si les acteurs de l'industrie du coton prennent en compte ces facteurs.

En filature, les fabricants de matériel textile ont réalisé d'important progrès au niveau des zones de nettoyages, pour qu'elles soient le plus efficace possible. La zone d'élimination maximale concerne la carde.

D'autres opérations de traitement spécifique d'élimination existent plus en aval. Il s'agit des opérations chimiques, le débouillissage, le blanchiment, par lesquelles l'effet négatif visuel des SCF est réduit sans toutefois éliminer complètement les SCF du tissu.

C.3. CONCLUSION

Les miellats d'insectes et les fragments de coque représentent les principaux contaminants de la fibre de coton. Ces deux polluants se retrouvent jusqu'au stade de la filature et occasionnent des pertes de production pour l'ensemble de la filière.

Au programme coton du Cirad-ca, les recherches sont menées, depuis la culture de la plante, au champ, et jusqu'à la qualité du fil. En conséquence, elles impliquent les équipes d'amélioration variétale, d'entomologie, d'agronomie ainsi que les technologistes.

Les activités du laboratoire de technologie s'inscrivent dans les programmes d'expertise et de recherche du programme coton. Le laboratoire comprend trois unités : la chimie, la fibre et la microfilature.

L'activité d'expertise concerne l'analyse des critères de qualité de la fibre, du fil, de la graine et vient principalement en appui au programme d'amélioration variétale ;

Les activités de recherche concernent les domaines suivants :

- unité de la fibre : l'égrenage, la mise au point de méthodologie pour l'utilisation en recherche des appareils de mesure de la fibre (HVI, AFIS, etc.) constituent une part importante des activités ;
- unité de microfilature : les contaminants de la fibre par les miellats d'insectes et les débris de coque, la mise au point de méthodologies en microfilature constituent l'essentiel des activités ;
- unité de chimie : l'étude des sucres, des graines et des films biodégradables produits à partir des graines de coton , constituent les activités principales.

Les recherches ont été regroupées dans le schéma de la Figure C-3. D'après ce schéma général, dont la stratégie vise à réduire voire à supprimer les pollutions énoncées, nous allons

développer les travaux que nous avons menés dans le cadre du laboratoire de technologie. Les cotons collants sont présentés dans le chapitre D et ceux sur les débris de coque dans le chapitre E.

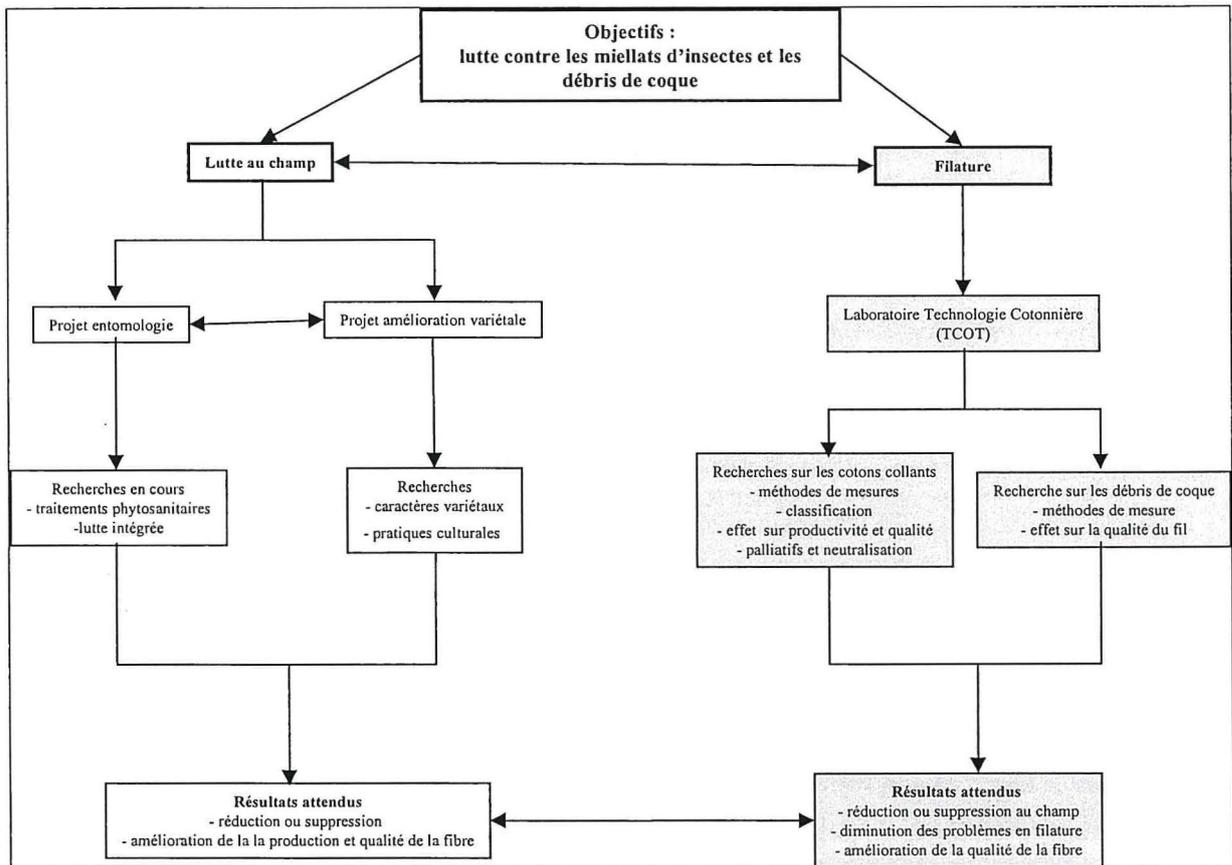


Figure C-3 . Recherches menées pour réduire ou éliminer les contaminants du coton : les miellats d'insectes et les débris de coque.

C.4. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ASTM, 1980. Standard test method for seed coat fragments and funiculi in cotton fiber samples. Annual Book of ASTM Standards, American National Standard. ANSI/ASTM D2496-80.

BACHELIER B., 1998. Contribution à l'étude de la variabilité et du déterminisme génétique de la teneur en fragments de coque de la fibre de coton. Premières applications pratiques en sélection chez *Gossypium hirsutum* L.

BALASURBRAMANYA R. H., BHATAWDEKAR S. P., PARALIKAR K. M., 1985. A new method for reducing the stickiness of cotton. Textile Research Institute, April, 227-231.

BOURELY J., 1980. Contribution à l'étude des sucres du cotonnier. Coton et Fibres Tropicales, 35, 2, 189-208.

CARTER F., 1990. The problem of sticky cottons in the USA and strategies for control. In : Cotton production research from a farming perspective, with special emphasis on stickiness. Paper presented at a Technical Seminar at the 49th Plenary meeting of the ICAC, Montpellier, France, 37-41.

CAUQUIL J., VINCENS, 1982. Maladies et ravageurs du cotonnier en Centrafrique. Expression des dégâts et moyens de lutte. Coton et Fibres Tropicales, série Documents, Etudes et Synthèses n° 12, 70 p.1, 32 p.

- CAUQUIL J., VINCENS P., DENECHERE M., MIANZE T., 1982. Nouvelle contribution sur la lutte chimique contre *Aphis gossypii* Glover, ravageur du cotonnier en Centrafrique. *Coton et Fibres Tropicales*, 37, 4, 333-350.
- CAUQUIL J., GIRARDOT B., VINCENS P., 1986. Le parasitisme des cultures cotonnières en République centrafricaine : définitions des moyens de lutte. *Coton et Fibres Tropicales*, 41, 1, 5-19.
- CAUQUIL J., 1992. Report on a mission to Thailand support for the Doras project, cotton research. Document interne CIRAD-CA, 32 p.
- CAUQUIL J., VAISSAYRE M., 1994. Protection phytosanitaire du cotonnier en Afrique tropicale. *Agriculture et Développement*, 3, 13-23.
- COUILLOUD R., 1986. Quelques données bibliographiques sur les insectes producteurs de miellat. *Coton et Fibres Tropicales*, 41, 3, 225-228.
- DEGUINE J.P., 1995. Etude bioécologique et épidémiologique du puceron *Apis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera, Aphididae) sur cotonnier en Afrique Centrale. Vers une évolution de la protection phytosanitaire. Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier, France, Thèse, 168 p.
- DEGUINE J.P., LECLANT F., 1996. *Aphis gossypii* Glover, 1877. Les déprédateurs du Cotonnier en Afrique Tropicale et dans le reste du monde (à paraître en 1996).
- DELATTRE R., 1973. Parasites et maladies en culture cotonnière. Manuel phytosanitaire CIRAD, 146p.
- DENHOLM I., BIRNIE L. C., 1990. Prospects for managing resistance to insecticides in the whitefly. In : Cotton production research from a farming perspective, with special emphasis on stickiness. Papers presented at a Technical Seminar at the 49th Plenary meeting of the ICAC, Montpellier, France, 37-41.
- DITTRICH V., ERNST D.H., RUESCH O., UK S., 1990. Resistance mechanisms in sweetpotato whitefly (homoptera : Aleyrodidae) populations from Sudan, Turkey, Guatemala and Nicaragua. *Journal of Economic Entomology*, 83, 5, 1665-1670.
- ELSNER O., HANI J., LUBENEVSKAYA E., 1983. The sugar content in cotton lint of growing bolls. *Coton et Fibres Tropicales*, 38, 2, 223-227.
- FOURNIER J., GUTKNECHT J., 1990. Etudes dimensionnelles des graines de cotonnier en relation avec leur présence dans la fibre. *Coton et Fibres Tropicales*, 45, 3, 243-262.
- GIBAND M., PANNETIER C., CHAIR H., HAU B., 2001. Les cotonniers transgéniques. Situation actuelle. Programme Coton Cirad, rapport mars, 9 p.
- GOZE E., 1990. Research on the causes of sticky cotton in a farming system in tropical africa. In: Cotton production research from a farming perspective, with special emphasis on stickiness. Paper presented at a Technical Seminar at the 49th Plenary meeting of the ICAC, Montpellier, France, 19-24.
- HECTOR D., HODKINSON I.D., 1989. Stickiness in cotton. *ICAC Review, Articles on Cotton Production Research n° 2*, 43 p.
- HENDRIX R. L., WEI Y-A., LEGGETT J. E., 1992. Homopteran honeydew sugar composition is determined by both the insect and plant species. *Comparative Biochemistry Physiology*, 101 B, 1/2, 23-27.
- HILLOCKS R. J., BRETTELL J. H., 1993. The association between honeydew and growth of *Cladosporium herbarum* and other fungi on cotton lint. *Tropic Sciences*, 33, 121-129.
- ICAC, 1990. Gestion de la résistance aux pyréthrinoïdes : théorie, recherches et pratique. The ICAC recorder, technical information section, 8, 3, 16-24.
- ICAC, 1994. Production et recherche cotonnière au Soudan. The ICAC recorder, technical information section, 14-17.
- JENNINGS E.J., 1953. Another look at honeydew. Note interne ACCO Fiber and Spinning Laboratory, Anderson, Clayton and Compagny., Houston, Texas, Etats-Unis, 12 p.
- KHALIFA H., GAMEEL O.I., 1982. Control of stickiness through breeding cultivars resistant to whitefly (*Bemisia tabaci* Genn) infestation. Improvement of oil seed and industrial crops by induced mutations. IAEA, 181-186.
- LADYMINA L.P., 1990. Problem of cotton's stickiness in the USSR. In : Cotton production research from farming perspective, with special emphasis on stickiness. Paper presented at the Technical Seminar at the 49th Plenary meeting of the ICAC, Montpellier, France, 42-43.

- MENOZZI P., 1996. L'aleurode *Bemisia tabaci* Gennadius sur le continent Américain et Caraïbes. Série: Les déprédateurs du Cotonnier en Afrique Tropicale et dans le reste du monde. Document interne CIRAD, 50 p.
- MICHEL B., 1989. Une nouvelle perspective pour la maîtrise des déprédateurs du cotonnier au Paraguay: les seuils d'intervention. *Coton et Fibres Tropicales*, 44, 2, 127-140.
- MILLER T. A., 1985. International status of pyrethroid resistance. Proceedings, Beltwide Cotton Conference, San Antonio, Texas, Etats-unis, 123-125.
- MOUND L. A., 1962. Extra-floral nectaries of cotton and their secretions. *The Empire Cotton Growing Review*, 34, 4, 254-261.
- MUMFORD J. D., NORTON G. A., 1994. Pest management systems. *Cab International*, 28, 559-576.
- PERKINS H. H., Jr., 1971-a. Some observations on sticky cottons. *Textile Industries*, march 1971, 49-64.
- RAJAK R. L., DIWAKAR M. C., 1987. Resurgence of cotton whitefly in India and its integrated management. *Plant Prot. Bull.*, 3, 13-14.
- VAISSAYRE M., 1983. L'association pyrèthroïde-organophosphoré, pour une protection des cultures cotonnières : choix des proportions les plus efficaces. *Coton et Fibres Tropicales*, 38,3, 269-273.
- VAISSAYRE M., 1985. Development of pyrethroid organophosphate associations for cotton pest control in french speaking africa. Proceedings, Beltwide Cotton Conference, San Antonio, Texas, Etats-Unis, 127-128.
- VAUTIER M., 1971. Dosage des sucres responsables du collage de certains cotons en filature par chromatographie sur papier. *Bulletin ITF*, 25, 156, 747-755.
- WYATT B. G., 1976. Sticky cotton. *Textile Industries*, 144-165.

CHAPITRE D

MOYENS D'ETUDE DU COLLAGE : METHODES MECANIQUES ET THERMOMECANIQUES

Chapitre D : MOYENS D'ETUDE DU COLLAGE : METHODES MECANIKES ET THERMOMECHANIKES

D.1. INTRODUCTION

Dès le début de la décennie 1980, le problème des cotons collants devenant important, l'International Textile Manufacturer Federation (ITMF) a créé un groupe de travail sur le collage au sein de son Comité International de Standardisation des méthodes de mesure (ICCTM). L'objectif du groupe est d'étudier le phénomène des cotons collants, puis de standardiser des méthodes de détections et de mesure du collage (Perkins, 1992). De même, plus récemment, aux Etats-Unis, le « Sticky Cotton Action Team » (SCAT) a été créé à l'initiative des producteurs américains à travers Cotton Incorporated, Institut de promotion du coton américain.

De nombreuses équipes de chercheurs de par le monde ont travaillé sur la détection des cotons collants pour mieux mesurer le phénomène et pour en diminuer les effets. Plusieurs méthodes de détections existent à ce jour, mais les tests sont plus ou moins performants. Nous les avons classés en quatre groupes : les tests chimiques, physiques, mécaniques, thermomécaniques. Nous ferons uniquement mention des principales techniques de détection, sans en détailler leur mode opératoire mais en situant leur intérêt. Par contre, nous développerons les méthodes que nous avons mises au point, pour montrer leur intérêt par rapport aux problèmes posés et aux besoins des utilisateurs. En possession de ces techniques de mesure, les acteurs de la filière pourront proposer des solutions adaptées pour réduire voire supprimer le collage et apporter une valorisation maximale aux produits, de la plante au fil, en termes de production et de qualité.

D.2. LES METHODES DE MESURE DES COTONS COLLANTS

D.2.1. Méthodes chimiques

La détection chimique repose sur le dosage des sucres. Différentes techniques générales de dosage permettent dévaluer les teneurs en sucres solubles totaux, d'autres techniques plus spécifiques sont appliquées si l'on désire identifier et doser individuellement chaque sucre. Citons :

- les méthodes colorimétriques englobent de nombreux tests simples de détection des sucres. Ce sont des tests qualitatifs qui le plus souvent utilisent le pouvoir réducteur de certains sucres : les tests de Fehling (Bourelly, 1980), le test de Perkins (Perkins, 1971), les tests de Benedict (Jennings, 1953 ; Perkins, 1993). Toutefois ces tests ne distinguent pas les sucres d'origine physiologique du cotonnier qui en principe ne collent pas, sauf en cas de fortes concentrations, des sucres entomologiques qui constituent la principale cause du collage en filature. La portée de ces tests est donc limitée pour confirmer les risques de collage. D'autre part ces méthodes sont longues d'utilisation.
- les méthodes enzymatiques sont utilisées de façon intensive en milieu médical mais ne

s'appliquent qu'à un certain nombre de sucres et nécessitent une mise en œuvre préalable de techniques analytiques qualitatives pour identifier chaque sucre. Elles ne sont pas utilisées au laboratoire.

- les méthodes chromatographiques et HPLC permettent de distinguer et quantifier les sucres. Très intéressantes au niveau de la recherche, elles ne peuvent être utilisées dans le cadre industriel car longues d'utilisations (1 h par test) et d'un coût élevé.

D.2.2. La méthode physique : la spectroscopie infra-rouge

La détermination de certaines caractéristiques des fibres de coton comme la maturité et le taux de sucres, par spectroscopie, dans des longueurs d'ondes du proche infra-rouge est de plus en plus fréquente. En ce qui concerne les sucres, des recherches ont montré qu'il était possible de les quantifier en utilisant quatre longueurs d'ondes comprises entre 1100 à 2500 nm (Ghosh et Roy, 1988). Une relation a été établie entre le taux de sucres réducteurs déterminé par la méthode infra-rouge et la méthode de Perkins ; la corrélation est excellente ($r = 0,98$).

Cette technique a été présentée à l'ITMA de 1992 par Zellweger-Uster. La méthode a certains avantages par rapport aux tests chimiques : elle est rapide car le test est réalisé en moins d'une minute ; le coton ne subit pas de dégradation ; elle peut être utilisée dans la ligne des chaînes HVI de mesure des caractéristiques des fibres.

Le problème majeur de cette méthode est l'étalonnage. Etalonnée sur la méthode des sucres réducteurs (Perkins), elle ne prend pas en compte les sucres tels que le mélézitose, tétrahulose et turanose, présents dans les miellats. D'autres facteurs comme les débris divers ou l'humidité, peuvent affecter les résultats (Taylor *et al.*, 1988).

De nouvelles recherches sont entreprises dans ce domaine. Certains chercheurs pensent qu'il faut agrandir la surface balayée ; de plus, il doit être envisagé de sélectionner de nouvelles longueurs d'ondes spécifiques aux sucres produits par les insectes.

C'est ainsi que plus récemment, un appareil dénommé « Stickiness tester » a été mis au point par le U.S. Cotton Ginning Laboratory pour mesurer le collage en ligne, en continu ou en laboratoire (Stanley A., 2001). Globalement, l'appareil est constitué : d'une sonde d'humidité à infra-rouge, sensible à la présence de l'humidité et à celle des sucres naturels et entomologiques ; d'une sonde d'humidité reposant sur la mesure de la résistance et/ou capacitance, permettant de corriger les résultats en fonction de la surface du matériau et des différences de température ; les données sont traitées par un logiciel spécifique. D'après l'auteur, l'appareil est capable d'estimer le degré de collage dans 75% des cas. Le test est rapide car réalisé en quelques secondes.

D.2.3. Les méthodes mécaniques

D.2.3.1. Le test à l'aide de la carte de laboratoire ou minicarde

Ce test, permet d'évaluer le degré de collage des cotons en fonction de l'intensité de dépôts de substances collantes sur des rouleaux en pression. Ce procédé de détection a été validé dans le cadre d'un test inter-laboratoire organisé par le Comité international de standardisation des méthodes de mesure. Il est reconnu par l'ITMF depuis 1990 comme test de référence. Nos travaux sur le collage ont commencé vers 1980 à l'aide de la minicarde du laboratoire de microfilature du Cirad. Les différentes études que nous avons menées avec cet appareil, sont développées dans la partie D.4.2.

D.2.3.2. Le test Lintronics

Ce système de détection, dénommé FQT, a été présenté au groupe de travail de l'ITMF par Mör (1994). Le principe est le suivant : un échantillon de coton brut mis manuellement sous forme de ruban, placé dans des conditions standard de température et d'humidité, est cardé et pressé entre des rouleaux. Les impuretés non collantes sont éliminées et les points collants qui adhèrent aux cylindres sont analysés par un système optique. Après le test, les rouleaux subissent automatiquement un nettoyage et sont de nouveau prêts à recevoir un second échantillon. Le test dure environ 2 min. Les résultats principaux fournis sont le nombre total de points collants et un grade de collage. Ce procédé est en cours de normalisation CEN, et on compte plusieurs exemplaires utilisés.

D.2.3.3. Le test "Shenkar"

Cet appareil (Shenkar tester) a été développé par les Israéliens (Bar-Yecheskel et Alon, 1984) du Shenkar College of fashion and Textile Technology et amélioré en 1992 (Bar-Yecheskel *et al.*, 1992). Sans entrer dans le détail, car ce test n'est pas ou peu utilisé, notons qu'il consiste à déposer sur des cylindres en pression les miellats d'insectes et ensuite de les comptabiliser.

D.2.4. Les méthodes thermomécaniques

D.2.4.1. La méthode par chauffage à l'étuve

La détection des cotons collants (Elsner, 1992) s'effectue par chauffage de l'échantillon de coton dans une enceinte pendant une heure à 130°C. On compare l'apparence du coton avant et après essai. En présence de sucre, la fibre de coton jaunit. La couleur est estimée avec un colorimètre (tristimulus Elrepho filter colorimeter). Des essais, pour réduire le temps de chauffe, ont été réalisés, en portant la température à 150°C pendant 30 minutes, puis à 170°C pendant 10 minutes. La variabilité de la couleur est comparée entre le coton testé avant et après chauffage. Les cotons ayant un faible taux de sucre changent peu de couleur (jaune) tandis que les cotons à fort taux de sucre atteignent des colorations de rouge brun foncé. Des concentrations locales très foncées peuvent apparaître. Ce type de test est très long et de ce fait peu utilisé.

D.2.4.2. Le système par inspection directe (DIS)

La méthode (Meron *et al.*, 1992), présentée au groupe de travail collage de l'ITMF en 1992, consiste à mettre sous forme d'un voile l'échantillon de coton et le placer sur un support en papier. Une chaleur et une pression sont appliquées sur celui-ci pour caraméliser les points collants, ce qui change leur couleur. Par analyse d'image du support, on détermine une classification des points collants, par nombre et par taille. Depuis cette présentation, nous n'avons pas d'information complémentaire sur son développement.

D.2.4.3. La méthode par thermodétection

La mesure du collage par thermodétection est une méthode de mesure quantitative (Frydrych, 1986). Une nappe de coton, déposée entre deux supports, subit une pression à chaud puis à température ambiante ; les miellats présents se déposent sur les supports ; ils sont ensuite comptabilisés. Cette technique est décrite dans la partie D.4.3. Le thermodétecteur et les différentes études s'y rapportant y sont exposés. Cette technique a été validée par un test inter-laboratoire. Depuis 1994, ce test est recommandé par l'ICCTM de l'ITMF pour la mesure du collage des cotons contaminés par les miellats d'insectes.

Même si le thermodétecteur résout la détection du collage, le test se réalise en 4 min environ et peut-être considéré comme peu rapide. Nous avons mis au point un appareil de mesure rapide du collage, le H2SD (Frydrych, 1992), qui fournit des résultats quantitatifs chaque 30 secondes. La méthodologie de mesure et les études s'y rapportant sont décrites dans la partie D.4.4.

D.3. PRESENTATION DES RECHERCHES

Nous avons tenté d'apporter notre contribution afin de répondre aux attentes de la communauté internationale sur le sujet des cotons collants, en nous impliquant dans :

- la mise au point de méthodologies et d'appareils de mesure adaptés pour mieux comprendre le phénomène provoquant des cotons collants ;
- la classification des balles pour la valorisation des productions confrontées au problème des cotons collants ;
- l'étude de l'impact du collage sur la filature en terme d'effets sur la production et la qualité du fil ;
- des solutions pour l'utilisation des cotons collants ou leur neutralisation.

Dans cette partie, nous présentons ces axes de recherches, hiérarchisés de 1980 (date de début des travaux) à ce jour, menées selon les schémas de la Figure D-1 à la Figure D-7. Ces schémas montrent les financements, les contrats, les résultats obtenus en terme de publications et de communications. En outre, les recherches menées ont impliqué la conception d'un travail en équipe que celui-ci soit interne au Cirad ou externe avec des partenaires industriels, des Institutions de recherche et Ecole doctorale. La synergie ainsi créée nous a permis d'avancer rapidement et d'obtenir des résultats tangibles. Aujourd'hui, de nouvelles approches plus théoriques sont abordées, pour apporter des réponses complémentaires. Nous les présenterons également.

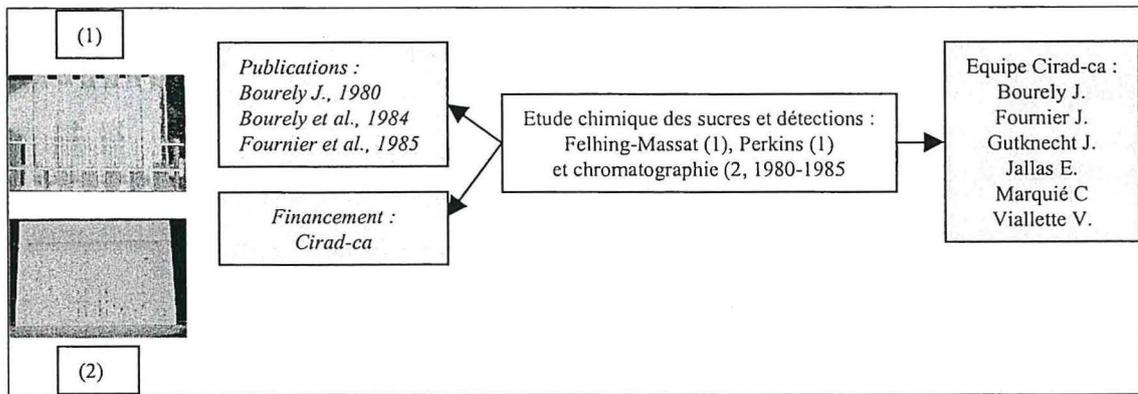


Figure D-1 . Etude chimique des sucres et détections (photos Bourely).

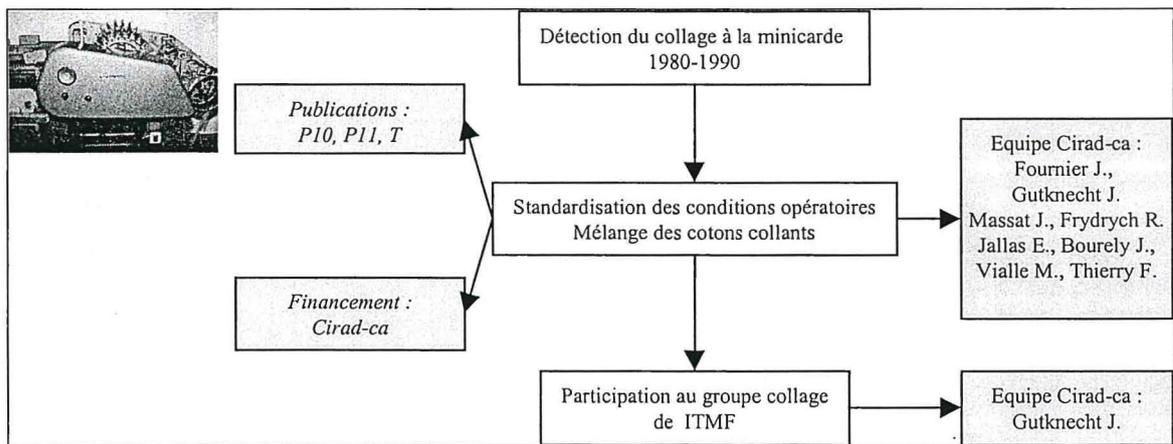


Figure D-2 . Détection du collage à la minicarde (photo R. Frydrych).

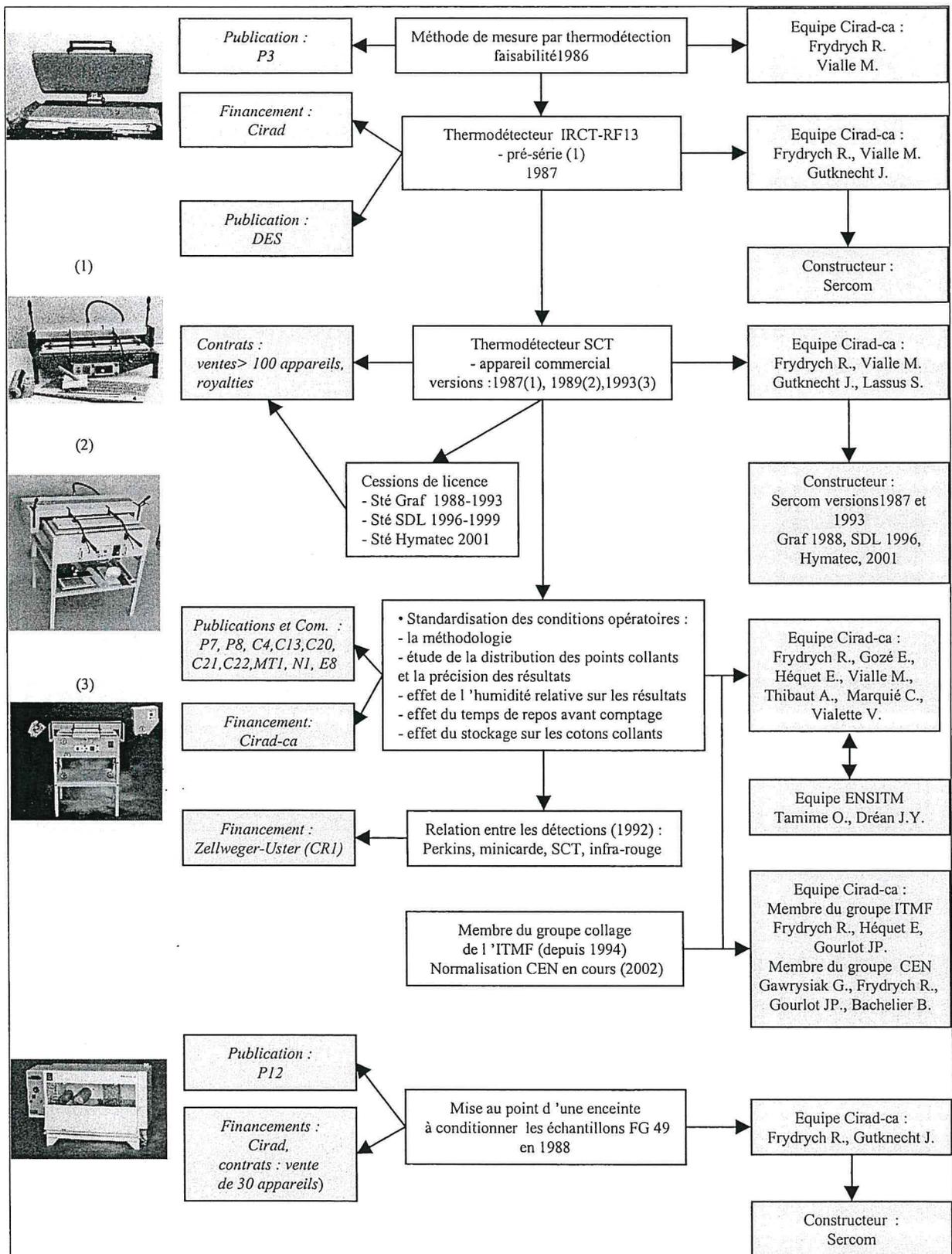


Figure D-3 . Procédure hiérarchisée des recherches sur la détection au thermodétecteur SCT (photos Graf 2 ; R. Frydrych 1, 3, autres) .

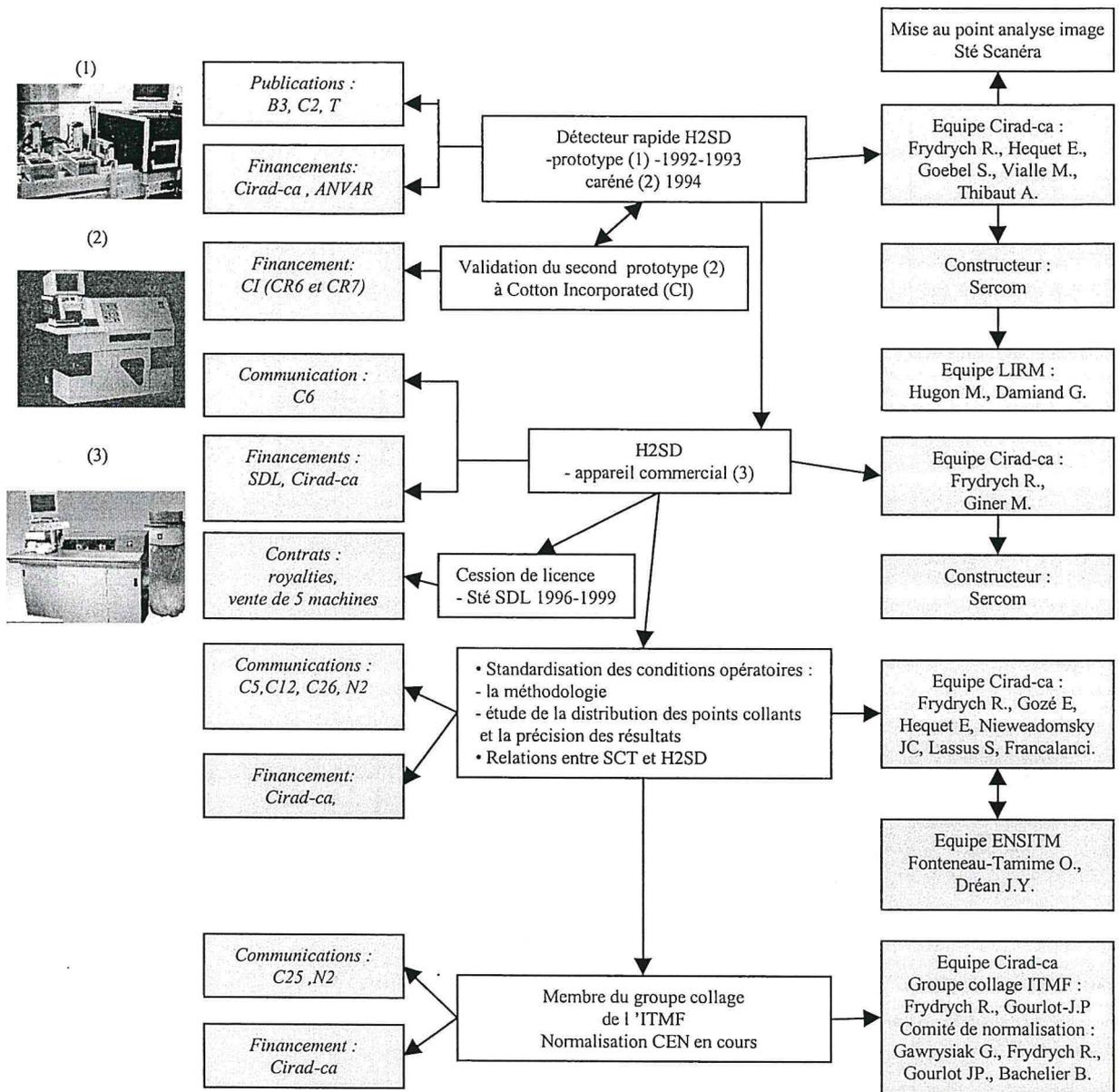


Figure D-4 . Procédure hiérarchisée des recherches sur la mesure du collage au High Speed Stickiness Detector (photos R. Frydrych 1, 2 ; C. Frydrych 3).

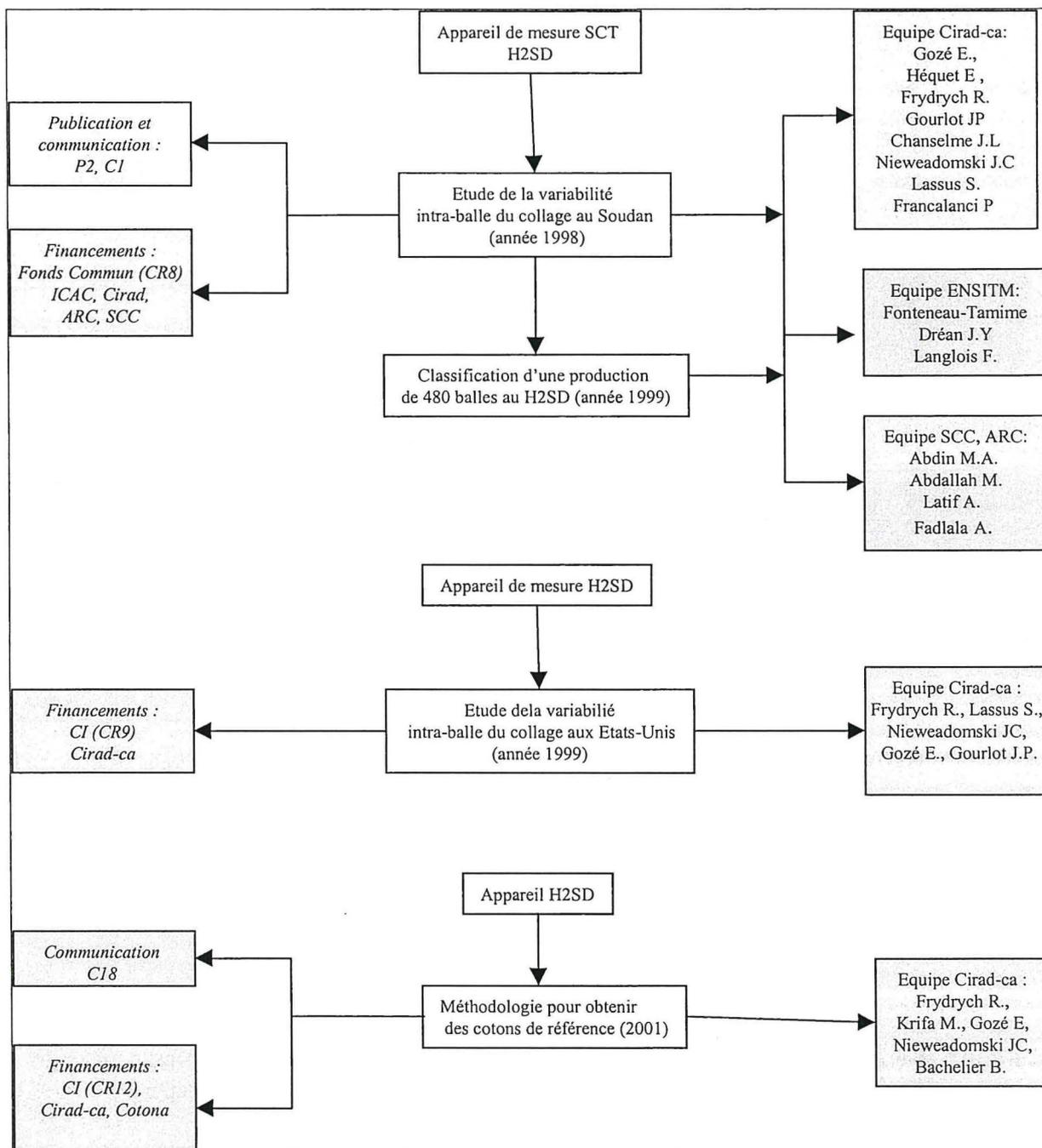


Figure D-5. Faisabilité d'une classification des balles d'après le collage

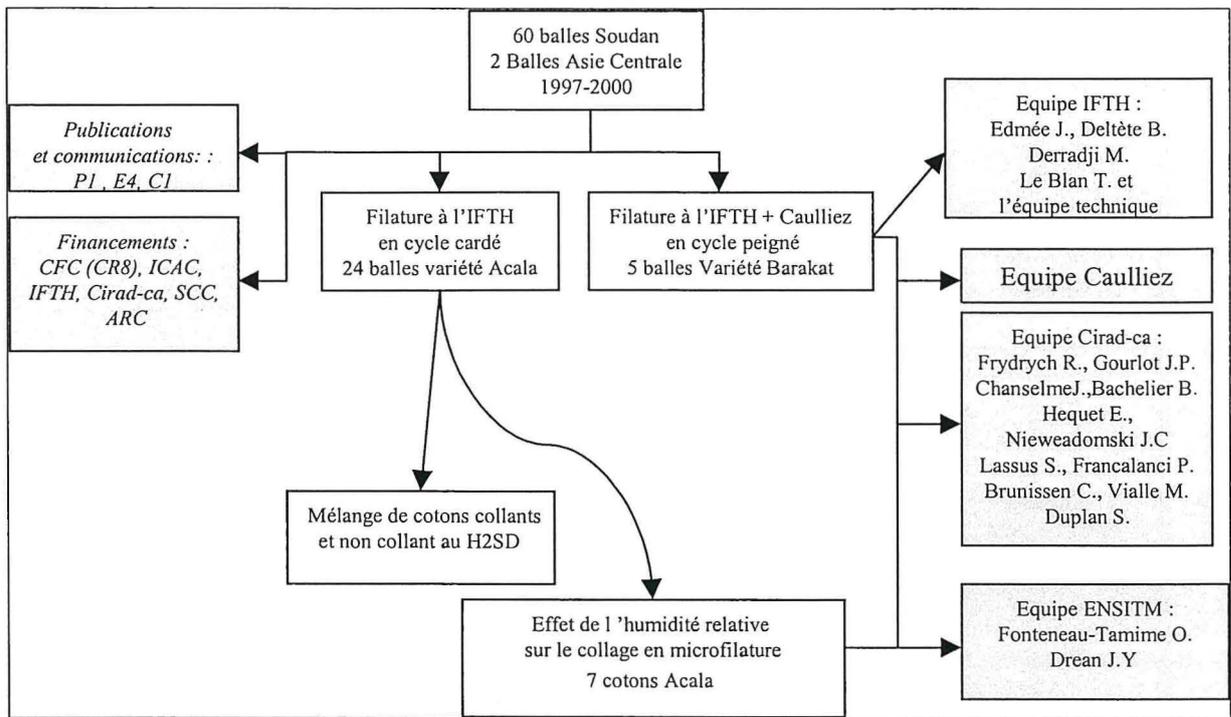


Figure D-6 . Détermination d'un seuil critique économique de collage en filature.

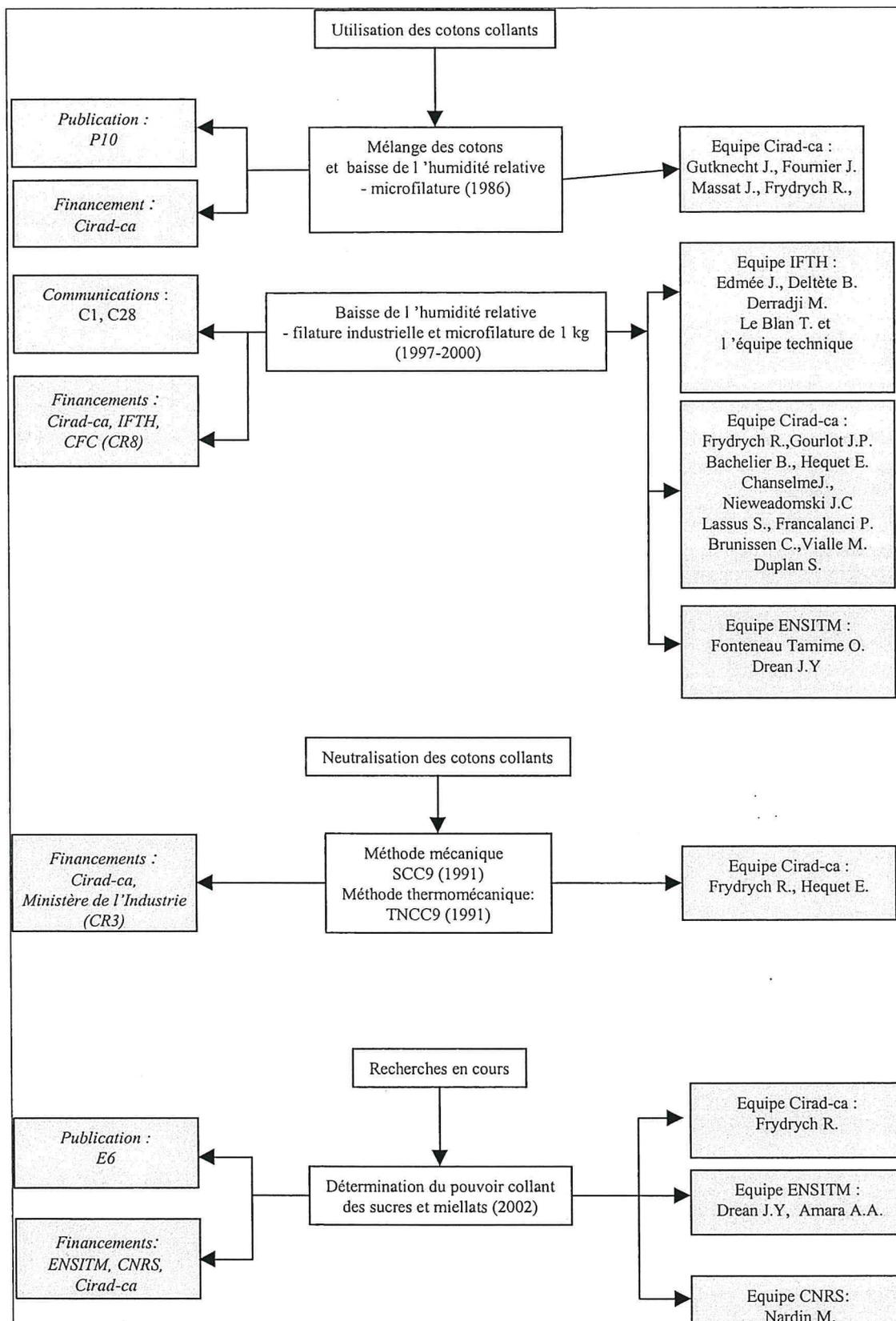


Figure D-7 . Etudes menées pour utiliser et neutraliser les cotons collants

D.4. MISES AU POINT DE METHODES DE MESURE DU COLLAGE

D.4.1. La détection chimique

La synthèse de Bourely, 1980, « contribution à l'étude des sucres du cotonnier » rappelle les principales méthodes particulièrement adaptées au cotonnier et à ses dérivés, graines, farines, fibres.

La méthode de chromatographie sur couche mince est décrite, permettant de doser à la fois les monosaccharides ou monoses (glucose, fructose, rhamnose, xylose, arabinose) et les oligosaccharides (saccharose, mélézitose, raffinose).

Quelques résultats d'analyses sur fibres et sur déchets de fibres sont présentés. Les cotons ont été testés par chromatographie sur couches minces et par les méthodes Perkins et Felhing.

La chromatographie sur couche mince montre son intérêt car elle fournit des informations sur la part des différents sucres contenus par les miellats.

Une étude complémentaire (Fournier et *al.*, 1985) a été menée avec 57 cotons. Les cotons ont été testés en chromatographie, à la minicarde et en colorimétrie avant et après étuvage. L'étude a mis en évidence le rôle important du pH et de l'extrait sec total dans la détection du collage. Les résultats n'ont pas permis d'indiquer clairement le rôle des sucres eux-mêmes.

D.4.2. La détection mécanique à la minicarde.

Ce test se rapproche le plus des effets que l'on peut constater en filature c'est à dire des dépôts de substances collantes sur des rouleaux en pression. A partir d'un test mis au point par l'équipe soudanaise Ali et Khalifa (1980), nous avons adapté ce test à nos exigences : un test rapide, suffisamment fiable bien que qualitatif, à partir d'une quantité minimale de coton [P10 et P11].

D.4.2.1. Description du test

Le test de collage se réalise sur 10 g de matière. Ces 10 g \pm 0,5 sont ouverts à la main et déposés dans un gabari de dimensions 11 cm x 22 cm, et sont présentés à l'entrée de la minicarde. Un voile d'une masse surfacique d'environ 3 g/m² est obtenu à la sortie et circule entre deux rouleaux en pression. Si des matières collantes se trouvent dans le voile, elles se déposent sur les rouleaux en pression et entraînent des fibres avec elles. L'intensité de ce dépôt, du soulèvement des fibres et des enroulements, s'apprécie visuellement (Figure D-8) ; un critère d'appréciation numéroté de 1 à 7 est attribué en fonction du potentiel croissant de collage (Tableau D-1). Le test de détection des cotons collants à la minicarde est un test qualitatif.

Après chaque test, les cylindres de pression sont nettoyés à l'eau puis séchés à l'air chaud.

Tableau D-1 . Définition des degrés de collage.

Degré de collage	Critère d'appréciation
1	Aucune trace de collage.
2	Quelques points qui pourraient être du collage. Le voile a tendance à coller sur le cylindre de pression, mais ne s'enroule pas.
3	Traces de collage nettes, mais le coton ne s'enroule pas forcément. Quand il s'enroule, c'est après un temps long (1 min ou plus).
4	Traces de collage assez nombreuses. Le coton s'enroule après un temps assez long (de l'ordre d'1 min).
5	Nombreuses traces de collage. Le coton a tendance à s'enrouler assez vite, temps de l'ordre 1/2 min.
6	Nombreuses traces de collage. Le coton s'enroule très vite.
7	Collage immédiat et enroulement presque immédiat.

D.4.2.2. Conditions d'utilisation de la minicarde pour les tests de collage

Dès l'utilisation de la détection à la minicarde, il nous est apparu nécessaire de définir les conditions du test : quantité d'eau dans l'air et température auxquelles on doit s'astreindre pour effectuer des essais fiables et reproductibles. Une expérimentation a été mise en place [P10 et P 11]. A partir des données obtenues, nous avons revu l'ensemble de l'analyse statistique en adoptant de nouveaux outils, informatique et mathématique [T].

La résultante, de la combinaison de l'humidité absolue et de la température, est représentée par l'humidité relative (HR). A partir de l'évolution de cette variable de 35% à 70%, obtenue avec une combinaison de poids d'eau compris entre 8 g et 14 g et une température de 25°C à 31°C, nous avons étudié l'évolution des degrés de collage de 12 cotons. Nous avons représenté en Figure D-9, uniquement les résultats de 6 cotons. Chaque point des graphiques représente la moyenne de 3 répétitions par coton.

La relation entre le degré de collage et l'humidité relative est non linéaire. La fonction générale est de la forme :

Degré de collage à la minicarde $(y) = a / (1 + b \times \exp(-c \times \text{HR}\%))$ pour $1 \leq y \leq 7$

avec a = asymptote à la courbe ; b = coefficient ; c = ordonnée à l'origine

Pour chacun des cotons l'humidité relative a un effet positif sur le degré de collage. Lorsqu'un coton a intrinsèquement un faible potentiel de collage, cas du coton C25, celui-ci évolue peu pour une augmentation significative de l'humidité relative : pour un grade 1 (non collant) à 30% d'HR, il passe au grade 3 (légèrement collant) à 70%. Par contre, pour un coton de collage moyen (B) l'effet de l'humidité relative est plus important : du grade 1 à 30%, il atteint un grade maximal de 6 à 7 pour 70%. Enfin pour un coton très fortement collant (D), le collage maximal est obtenu dès 50% d'HR.

En conclusion nous proposons de retenir pour les tests de collage, la valeur d'humidité relative de 55% qui nous paraît la plus discriminante et d'autant plus intéressante que proche de celle des ateliers de filature.

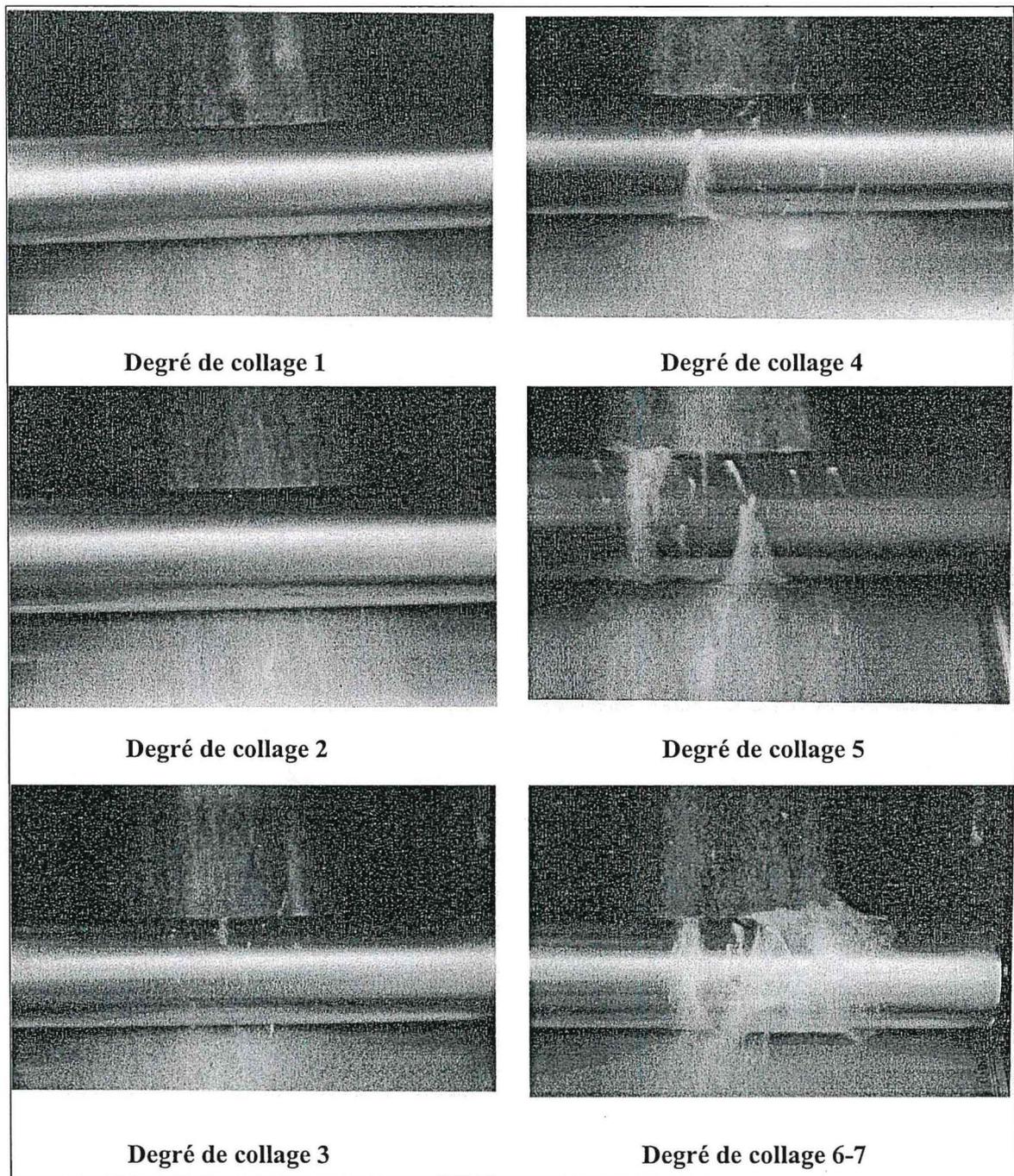


Figure D-8 . Les degrés de collage à la minicarde au Cirad (photos R. Frydrych)

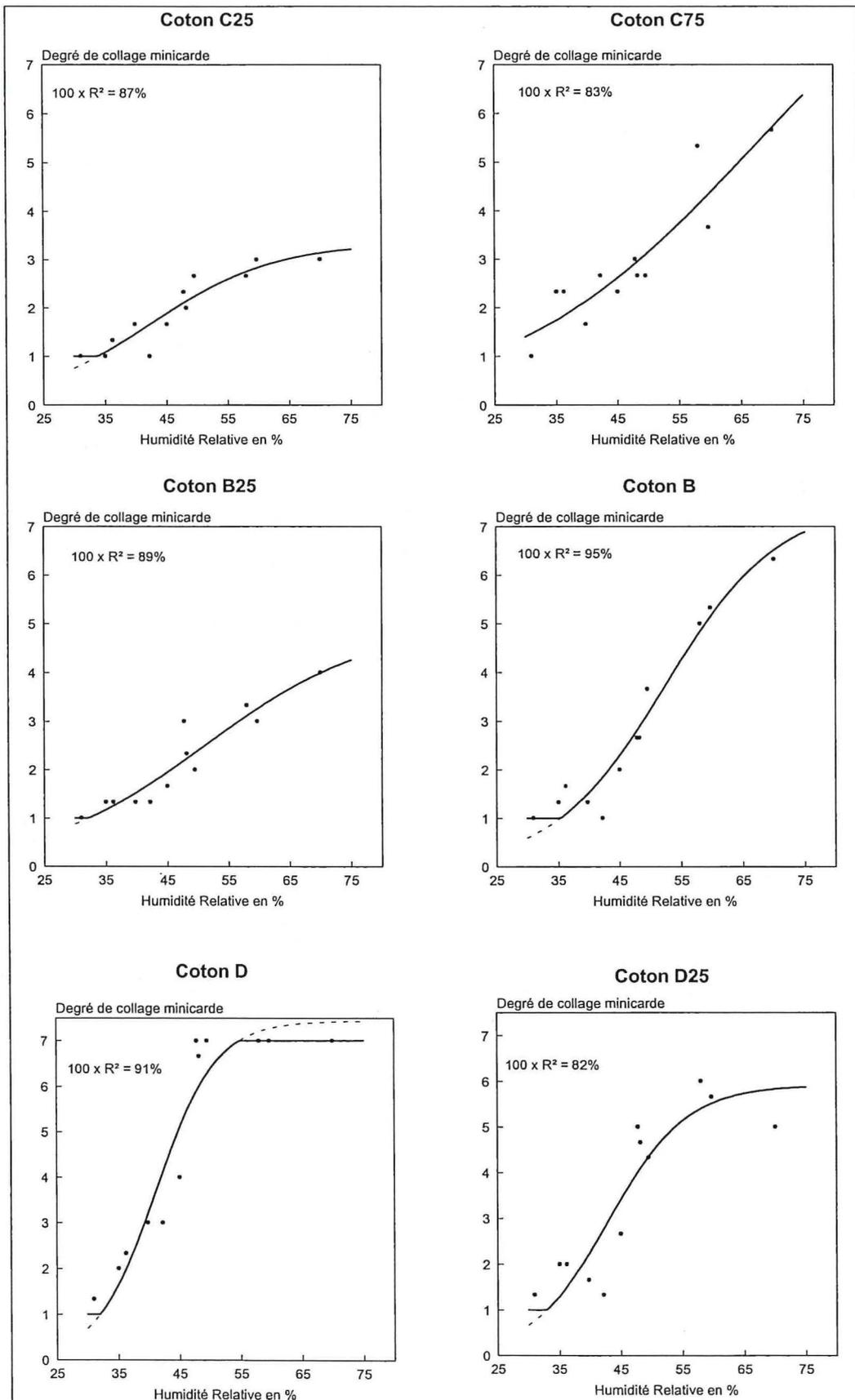


Figure D-9 . Evolution du degré de collage en fonction de l'humidité relative.

D.4.2.3. Conclusion

Pour la recherche, au Cirad, les paramètres permettant de réaliser un test de collage de façon fiable et reproductible ont été définis : nettoyage, conditions ambiantes. Les résultats obtenus pour différentes conditions ambiantes montrent que dans des conditions adaptées, les effets négatifs du collage se réduisent. Cet aspect est très intéressant pour les industriels du textile qui peuvent améliorer le fonctionnement de leur unité de filature.

En 1990, la méthode a été recommandée, par le Comité International de Standardisation des Méthodes de Mesure de l'ITMF, comme test de référence pour la détection des cotons collants (référence 410R/90). Le comité a redéfini la procédure d'utilisation en limitant à quatre le nombre de degrés de collage.

Cependant, le test à la minicarde a des limites d'utilisation :

- il fournit seulement des résultats qualitatifs ; le test est relativement long (10 min) et très sensible à l'humidité ambiante ; les forts grades de collage sont tous confondus ; dans ces cas là, le test n'est pas adapté pour estimer les meilleures dilutions à appliquer ;
- un effet opérateur existe pour l'appréciation du grade de collage ;
- bien que ce test soit une référence, il est peu utilisé.

D.4.3. La thermodétection

Les conclusions de la minicarde nous ont conduit à mettre au point un test dont les objectifs sont les suivants : méthode quantitative pour que l'interprétation des résultats soit rigoureuse ; le test doit être simple, plus rapide, d'un coût réduit.

Précédemment lors des tests à la minicarde, nous avons montré que plus l'humidité relative ambiante est élevée, plus les cotons à fort potentiel de collage déposent des miellats sur les rouleaux en pression de la minicarde. Nous avons pu également observer que le dépôt des points collants diminuait avec l'accroissement de la masse surfacique de la nappe ; dans ce cas, les miellats situés à l'intérieur de l'épaisseur de la nappe ne peuvent se déposer sur les rouleaux et le dépôt est moins important.

Notre démarche pour la mise au point d'une nouvelle méthode de détection des cotons collants a été orientée par ces constatations. Nous avons cherché à augmenter très fortement et rapidement la teneur en humidité des miellats contenus par la masse de coton, afin de les déposer sur un support neutre pour les comptabiliser. Cette méthode utilise de la chaleur et a été dénommée "thermodétection".

La procédure hiérarchisée des études menées est celle que nous avons représentée en Figure D-3. Nous présentons ci-dessous le principe de la thermodétection et certaines conditions d'utilisations importantes qu'il a fallu définir.

D.4.3.1. Principe de la thermodétection

Cette méthode thermomécanique [P3] associe un apport de chaleur et une pression appliquées à un échantillon de coton placé entre deux supports en aluminium (Figure D-10). L'aluminium est neutre vis à vis du milieu à tester et permet de plus un transfert rapide de la chaleur. Sous l'action de la température exercée pendant 12 s, le coton libère son humidité qui est captée par les miellats et les rend collants. Les miellats, contenus par l'échantillon de coton, se déposent sur les supports et une pression à température ambiante, exercée immédiatement après pendant 2 min., les fixe aux supports ; il est alors possible de les comptabiliser visuellement après un repos de la préparation d'environ une heure.

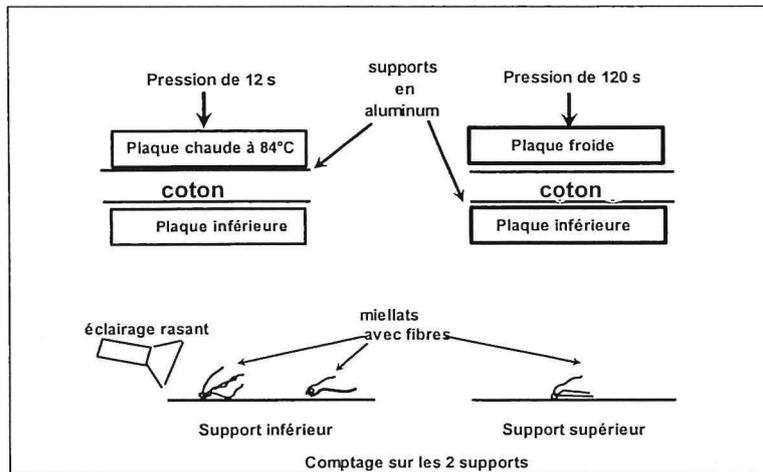


Figure D-10 . Principe de la thermodétection (Frydrych, 1986).

D.4.3.2. Conditions opératoires

La mesure du collage au thermodétecteur (Figure D-11) doit être faite dans certaines conditions, auxquelles on doit s'astreindre, pour d'une part pouvoir traiter statistiquement les résultats et d'autre part pour obtenir des résultats fiables et reproductibles. Nous avons étudié les paramètres suivants :

- la distribution du nombre de points collants et la précision espérée en fonction du nombre de répétitions [T, E8] ;
- l'effet du temps de repos de l'échantillon sur le nombre de points collants déposé, [T] ;
- l'influence de l'humidité relative sur le nombre de points collants [P7] ;
- la relation entre les résultats obtenus au thermodétecteur et ceux de la minicarde [T].

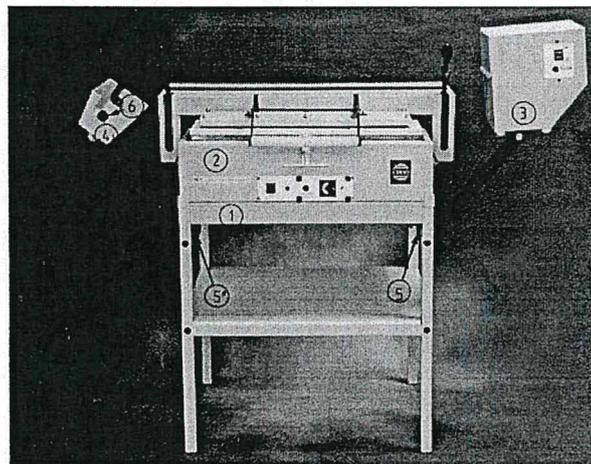


Figure D-11 . Le thermodétecteur SCT (photo R. Frydrych –Photovision).

Nous présentons les résultats obtenus pour ces 4 paramètres.

D.4.3.2.1. Distribution des points collants et précision des résultats

Les analyses statistiques sont généralement nécessaires en recherche pour montrer une différence entre deux traitements ou entre deux types d'appareil. La plupart des méthodes d'analyse statistique ne sont applicables que dans des conditions bien définies de normalité, d'égalité des variances et de linéarité notamment. Il est important de les vérifier autant que possible, sachant que certaines ne seront pas satisfaites. Cependant, il est possible de s'en

rapprocher en effectuant des transformations de variables. Pour les études qui vont suivre, les différentes analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel "STAT-ITCF".

Quatre vingt cinq cotons commerciaux ont été testés au SCT, avec trois répétitions effectuées par coton. L'analyse de la distribution montre que les coefficients de K. Pearson, de symétrie sont supérieurs aux valeurs idéales ($\beta_1 = 0$ et $\beta_2 = 3$). Ils indiquent que nous ne sommes pas en présence d'une distribution normale. Le test de Bartlett indique l'inégalité des variances. Une transformation des variables est donc requise avant toute analyse statistique, afin de stabiliser les variances et de normaliser la distribution. Nous avons déterminé ce choix en établissant un diagramme de dispersion des moyennes et des variances, à échelles logarithmiques (Dagnelie, 1975).

Une transformation logarithmique (base 10) sur ces valeurs a été appliquée.

La relation entre le log (variance) et le log (moyenne) est proche de l'égalité.

$$\log(\text{variance}) = 1,031 \times \log(\text{moyenne}) + 0,04 ; r = 70,4$$

Le coefficient de régression de la droite est égal à 1,031 ; son intervalle de confiance à 95% est égal à $\pm 0,226$, soit une pente comprise entre [0,805 ; 1,257] statistiquement non différente de 1. Le terme constant est égal à 0,04 ; son intervalle de confiance est de 0,90 ; le terme constant est compris entre [-0,86 ; 0,94] statistiquement non différent de 0.

D'après Dagnélie (1975), pour autant que le coefficient de régression soit différent de 2, la transformation à utiliser est :

$$Y = X^{1-b/2} \text{ soit } Y = X^{1-0,524} \text{ soit } Y = X^{0,475}, \text{ c'est à dire } X^{0,5}$$

La distribution du nombre de points collants est proche de celle de Poisson. Dans nos analyses statistiques, la transformation racine carrée peut-être appliquée afin de normaliser les distributions et stabiliser les variances. Nous avons transformé en racine carrée les résultats individuels des 85 cotons x 3 répétitions et effectué l'analyse de variance. Les indices de normalité (symétrie = 0,00 et aplatissement = 2,79) sont proches des valeurs standards ; l'homogénéité des variances est vérifiée par le test de Bartlett : le χ^2 est égal à 67,03 pour une probabilité de 0,912.

Bien que des conclusions semblables aient été retenues dans des études réalisées par Gozé (1993), par Tamime [DEA3], il est à noter que, dans certains cas, la sur-dispersion est plus importante. C'est le cas lors de tests réalisés sur des volumes de matière brute plus importants ; cela peut dépendre également de la provenance des échantillons.

La précision d'une série de mesures est donnée par l'intervalle de confiance autour de sa moyenne. Dans la pratique nous utiliserons celui de la loi de Poisson.

D.4.3.2.2. Effet du temps de repos de l'échantillon sur la lecture des points collants.

Un test au thermodétecteur demande environ 4 min. Pour certains cotons, nous avons observé qu'un nettoyage immédiat après le test ne permet pas le retrait en utilisant le nettoyeur manuel, de toutes les fibres, et que des fibres restent accrochées au support d'aluminium et perturbent le comptage. En revanche, avec une mise au repos de plusieurs minutes, les fibres parasites disparaissent.

Nous avons mesuré la teneur en humidité du coton après le test à 0, 5, 15, 30, 60, 120, 180, 240 min. Elle a été mesurée à l'aide de l'appareil "Cliff Granberry Corporation", modèle WR7500. Les résultats (moyenne de 3 répétitions) figurent dans le Tableau D-2. Les tests ont été réalisés dans un local aux conditions ambiantes voisines de 55% d'humidité relative et de 21 °C. Après les 2 min de pression à température ambiante, l'humidité du coton remonte à

4,2%, puis semble se stabiliser vers 6 % aux alentours de 60 min de repos.

Tableau D-2 . Niveaux d'humidités relatives au sein de la préparation et de la teneur en humidité du coton, pour différentes durées de repos de l'échantillon après le test (de 0 à 240 min): résultats moyens de 3 tests.

Paramètres mesurés *	Condition avant le test	Après pression chaude 12 s	Temps de repos de l'échantillon après le test en minutes							
			0	5	15	30	60	120	180	240
HR% entre les supports	57	92	71	56	56	57	58	57	58	57
Teneur humidité du coton	6,4	3,8	4,2	4,6	4,4	5,4	5,9	5,7	5,9	6,2

* Moyenne de 3 tests

Pour compléter ces résultats, une étude a été menée pour évaluer l'effet du temps de repos sur le nombre de points collants lus. Cette étude a été réalisée sur 10 cotons x 3 répétitions par coton, pour des mises au repos de 0, 60, 120, 180 et 240 min, ce qui représente 150 observations. Le dispositif est à deux facteurs en bloc, subdivisés en 2 niveaux (*split-plot* à 2 étages) ; c'est à dire que pour chaque temps de repos, chaque répétition représente un bloc aléatoire. Les résultats de l'analyse de variance figurent au Tableau D-3.

Tableau D-3 . Analyse de variance pour l'étude de l'effet du temps de repos (0, 60, 120, 180, 240 min) sur le nombre de points collants, données transformées en racine carrée.

Facteurs	S.C.E	D.D. L	Carrés moyens	F	Test F	E.T	C.V%
Temps	2,56	4	0,64	0,97	N.S.		
Coton	501,34	9	55,70	87,12	***		
Temps X coton	14,89	36	0,41	0,65	N.S.	0,81	18,1
Résiduelle 1	5,28	8	0,66			0,80	17,8
Résiduelle 2	57,54	90	0,64				

*** Significatif au niveau 0.001

L'analyse statistique n'a pas pu mettre en évidence de différences entre les 5 temps de repos. On peut en conclure qu'il est possible de réaliser indifféremment une lecture immédiate ou plusieurs heures après le test. Bien que le nombre de points collants ne semble pas être affecté par le temps de repos qui suit le traitement, nous recommandons de laisser les échantillons reposer une heure afin d'en faciliter la lecture. Cette précaution nous paraît nécessaire étant donnée la variabilité des caractéristiques des cotons qui a une incidence sur leur comportement durant le traitement au thermodétecteur : quantités de matières étrangères plus ou moins importantes, faible maturité des cotons occasionnant des dépôts supplémentaires de fibres, taux de cires élevés, etc.

D.4.3.2.3. Effet de l'humidité relative sur les résultats de collage

Nous avons montré que l'humidité relative (HR) avait un effet significatif sur les résultats à la minicarde. En conséquence, dans le cas du thermodétecteur, il était important de vérifier si cet effet était similaire et de déterminer la plage d'hygrométrie acceptable pour obtenir une

mesure juste et la plus précise possible.

• Effet de l'humidité relative sur le collage

Onze lots de cotons de type *G. hirsutum*, provenant d'Afrique et représentant une gamme complète de collage (de peu à très fortement collant), ont été analysés au thermodétecteur IRCT-RF13 à différentes humidités relatives (HR 35, 45, 55, 65 et 75%) et à une température constante de 22 °C.

L'enceinte à conditionner FG49, mise au point au laboratoire [P12], dont l'utilisation est recommandée en dehors d'un laboratoire conditionné sous certaines conditions, fournit un sixième niveau d'humidité relative (65%).

Pour chaque lot, une masse de 50 g de fibres a été mélangée à l'aide d'une ouvreuse de laboratoire ; pour chaque humidité, trois répétitions ont été définies. Les échantillons ont été testés avec le thermodétecteur. Les conditions d'humidité relative du local lors de la lecture sont les mêmes que pendant le test.

Pour les essais effectués avec l'enceinte à conditionner, l'humidité relative du local est amenée à 35% ; chaque échantillon de 2,5 g, mis sous forme de nappe roulée dans une grille, est placé dans l'enceinte réglée à 65% d'HR. Le déroulement de l'essai au thermodétecteur est le même que précédemment.

Nous supposons que l'humidité agit sur le nombre de points collants en le multipliant par une constante indépendante du coton utilisé. Si on appelle $Y(c,h)$ le collage obtenu pour le coton c et l'humidité relative h , et si on définit la mesure faite à 60% d'humidité relative comme mesure de référence $Y60$, on a :

$$Y(c,h) = Y(c,60) \times K(h)$$

$$\text{soit } Y(c,h) = Y60(c) \times K(h), \quad (1)$$

avec $K(h)$ indépendant du coton utilisé.

Afin de vérifier cette hypothèse, pour chacune des humidités relatives, nous avons mesuré le collage des 11 cotons avec 3 répétitions réparties aléatoirement dans le temps.

Pour effectuer l'analyse de variance appropriée pour ce dispositif, il faut se ramener à un modèle additif en considérant les logarithmes des données. Si le modèle (1) est vrai, alors :

$$\text{Log } Y(c,h) = \text{Log } Y60(c) + \text{Log } K(h)$$

Dans l'échelle originale, les comptages des points collants ont une variance approximativement égale à leur espérance. Aussi, pour l'analyse des dispositifs à un seul facteur, on n'utilise pas les comptages bruts mais leur racine carrée. La fonction racine carrée étant strictement croissante, ce changement d'échelle conserve les classements. Ici, pour un dispositif factoriel, la transformation racine ne convient pas, car dans l'échelle des racines carrées, le modèle (1) reste multiplicatif. On peut ramener ce modèle multiplicatif à un modèle additif par transformation logarithmique. Une pondération doit alors être appliquée aux données pour tenir compte de leur variabilité proportionnelle à leur moyenne. Dans l'échelle des logarithmes, la pondération doit être proportionnelle à la moyenne obtenue dans l'échelle originale. Le modèle résultant est un modèle log-linéaire, dont le principe est exposé dans Mc Culloch & Nelder (1989). L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel SAS (Statistical Analysis System) utilisé par le service de biométrie du Cirad-ca.

L'analyse de déviance conduite suivant cette méthode ne montre pas d'interaction (Tableau D-4), on peut donc accepter le modèle (1). Cette analyse montre également des variations importantes du nombre de points collants en fonction de l'humidité.

Tableau D-4 . Variations du collage mesuré en fonction de l'humidité, pour 11 lots de coton : tableau de l'analyse de variance.

Facteur	Somme de carrés	de D.D.L	F	Test F
Coton	4398	10	176,21	***
Humidité	848	5	67,93	***
Coton X Humidité	142	50	1,14	N.S.
Résiduelle	329	197		

*** significatif au niveau 0.001

Les moyennes par humidité relative et leurs intervalles de confiance à 95% montrent que la détection du collage est maximale pour les humidités relatives de 55% et 65% (Figure D-12). L'enceinte à conditionner donne des résultats non significativement différents de ceux obtenus en moyenne à 55 et 65 %.

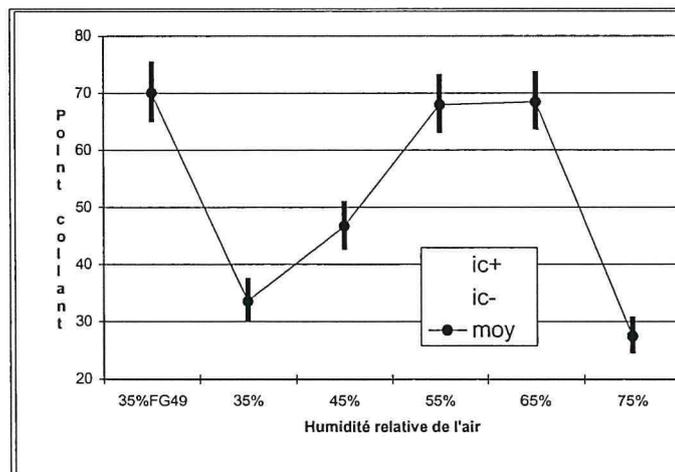


Figure D-12 . Influence de l'humidité relative sur la mesure du collage.

• Plage d'utilisation du thermodétecteur

Une question se pose encore : la mesure du collage est-elle bien stable entre 55 et 65% d'humidité relative ?

Pour y répondre, les mesures aux humidités relatives de 55, 60 et 65% ont été comparées, pour 3 cotons en suivant le même dispositif que précédemment mais avec 20 répétitions. L'analyse de déviance, suivant les mêmes principes que précédemment, ne montre aucune variation significative dans cette plage d'humidité relative (Tableau D-5). Les moyennes pondérées par humidité relative sont très proches les unes des autres (Tableau D-6).

Le thermodétecteur est donc utilisable entre 55 et 65% d'humidité relative, sans influence notable sur les résultats.

Tableau D-5 . Variation du collage mesuré en fonction de l'humidité pour 3 lots de cotons; analyse de variance.

Facteurs	Somme de carrés	de D.D.L	F	Test F
Coton	2166	2	976,03	***
Humidité	1,01	2	0,46	N.S.
Coton X Humidité	6,45	4	1,45	N.S.
Résiduelle	190	171		

*** significatif au niveau 1

Tableau D-6 . Moyennes des collages obtenus pour chaque lot de coton et chaque humidité.

Humidité relative	55%	60%	65%
Coton n° 1	25,41 (3,235)	26,75 (3,287)	25,54 (3,240)
Coton n° 2	58,98 (4,077)	57,57 (4,053)	61,41 (4,118)
Coton n° 3	94,09 (4,544)	97,92 (4,584)	91,83 (4,520)
Moyenne pondérée	66,83 (4,202)	68,27 (4,224)	66,44 (4,196)

Les valeurs entre parenthèses sont les moyennes pondérées des logarithmes des collages ; chaque résultat élémentaire est la moyenne du collage obtenu pour la même combinaison coton x humidité ; les valeurs hors des parenthèses sont retransformées dans l'échelle initiale.

• Conclusion

Afin d'obtenir des résultats fiables et comparables entre utilisateurs, cette étude montre qu'il convient de réaliser les tests dans des conditions hygrométriques du local comprises entre 55% et 65%, soit une teneur en humidité du coton de 6,8 à 8%. Lorsque l'humidité du local est inférieure à 55%, les échantillons de coton seront conditionnés dans l'enceinte pour les amener à l'humidité adéquate.

D.4.3.2.4. Relation entre les résultats obtenus à la minicarde et ceux au thermodétecteur

Une relation avec la minicarde a été établie afin de pouvoir évaluer la correspondance entre le nombre de points collants obtenus au thermodétecteur et les grades de la minicarde.

L'étude a porté sur 66 cotons, représentant une gamme de collage de 0 à 200 points collants au thermodétecteur. Trois répétitions par coton ont été réalisées à la minicarde et au thermodétecteur suivant les méthodologies respectives. Les tests ont été effectués dans des conditions d'humidité relative de 55% ± 2.

L'examen de la Figure D-13 montre que la relation obtenue entre les résultats à la minicarde et ceux au thermodétecteur n'est pas linéaire. A partir d'un seuil de 70 points collants environ, la minicarde ne différencie plus les cotons collants alors que le thermodétecteur ne sature pas jusqu'à 200 points. La minicarde montre ses limites et le test quantitatif au thermodétecteur semble bien adapté à la mesure du collage.

La fonction qui décrit le mieux le phénomène est de la forme :

$$\text{Degré de collage minicarde} = 7 - 6 \times \exp(-0,026 \times \text{nombre de points collants})$$

Le coefficient de détermination de la régression non linéaire est égal à 88,7% .

En utilisant le thermodétecteur, il devrait être possible de mieux adapter les mélanges, pour les forts grades de collage, afin d'obtenir un seuil de points collants minimisant les problèmes en filature.

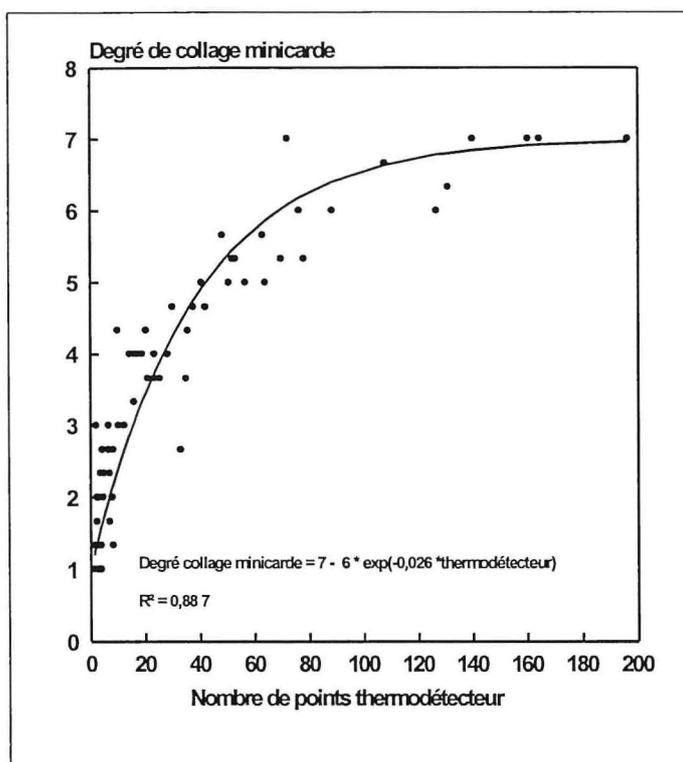


Figure D-13 . Relation entre les résultats obtenus à la minicarde et ceux au thermodétecteur. . .

D.4.3.3. Conclusion

La conception et la mise au point d'un thermodétecteur ont permis de faire des tests quantitatifs en moins de 5 min. Nous avons défini certaines conditions opératoires, nous avons évalué l'évolution du collage au cours du temps dans le but d'établir des cotons de référence. Depuis 1994, le thermodétecteur est recommandé par l'ITMF. Le thermodétecteur est en cours de normalisation européenne CEN [N1]. Le nombre important de thermodétecteurs (>120) utilisé dans le monde par les différents acteurs de la filière cotonnière montre que cet appareil apporte les informations attendues.

D.4.4. Le détecteur rapide H2SD

Le principal intérêt d'un appareil de mesure rapide du collage réside dans la possibilité d'élaborer une stratégie de suivi et d'évaluation du collage de la production. Il faut éviter qu'en raison de l'absence d'un système de suivi de la production, la totalité de celle-ci soit considérée comme collante et subisse en conséquence des décotes. L'objectif final est de revaloriser la production non collante et permettre également aux utilisateurs une gestion de leur achat, de leur stock.

Basé sur le principe de la thermodétection, nous avons imaginé un nouvel appareil de mesure du collage, le H2SD, qui présente les avantages suivants :

- un résultat est obtenu chaque 30 s et en conséquence environ 100 échantillons peuvent

être réalisés en 1 heure ;

- l'intervention humaine lors de la préparation de l'échantillon et au cours de la mesure est réduite au minimum ;
- la mesure est quantitative par dénombrement de points collants à l'aide d'un analyseur d'image.

D.4.4.1. Principe

Le test est réalisé dans une ambiance standard de $65\% \pm 2$ HR et $21^\circ \text{C} \pm 1$. Le H2SD est composé de 5 postes de travail (Figure D-14 et Figure D-16), [B3]. Un échantillon de coton préparé à l'aide d'un rotor (1) est placé sur un support en aluminium (2) qui le présente successivement devant 4 postes. Une première pression à chaud (3) est appliquée sur l'échantillon. La combinaison teneur en humidité du coton, différentiel de température entre la chaleur appliquée et la feuille d'aluminium, produit une fine couche d'humidité sur la feuille d'aluminium. Les points collants situés au contact du support s'y collent et sont fixés par une seconde pression à température ambiante (4). Le coton est ensuite enlevé ainsi que les fibres non collantes par un nettoyeur rotatif (5) et les points collants sont dénombrés par analyse d'image.

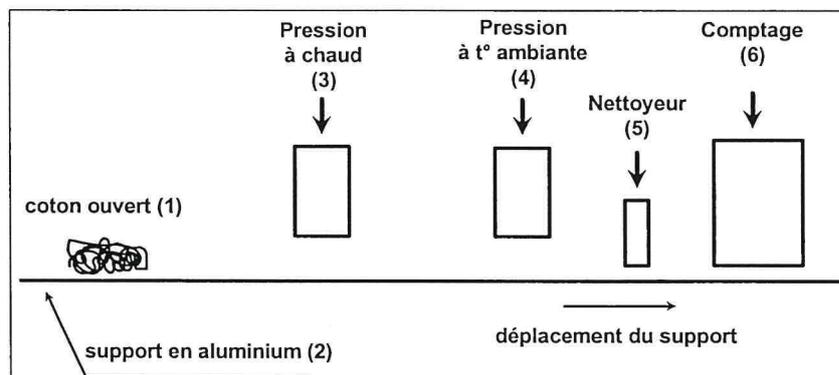


Figure D-14 ; Principe du H2SD, détecteur rapide des cotons collants (Frydrych, 1992).

D.4.4.2. Schéma de la procédure hiérarchisée pour la mise au point du procédé H2SD.

Le schéma de la Figure D-15 montre la procédure utilisée pour l'étude de la faisabilité du procédé [T].

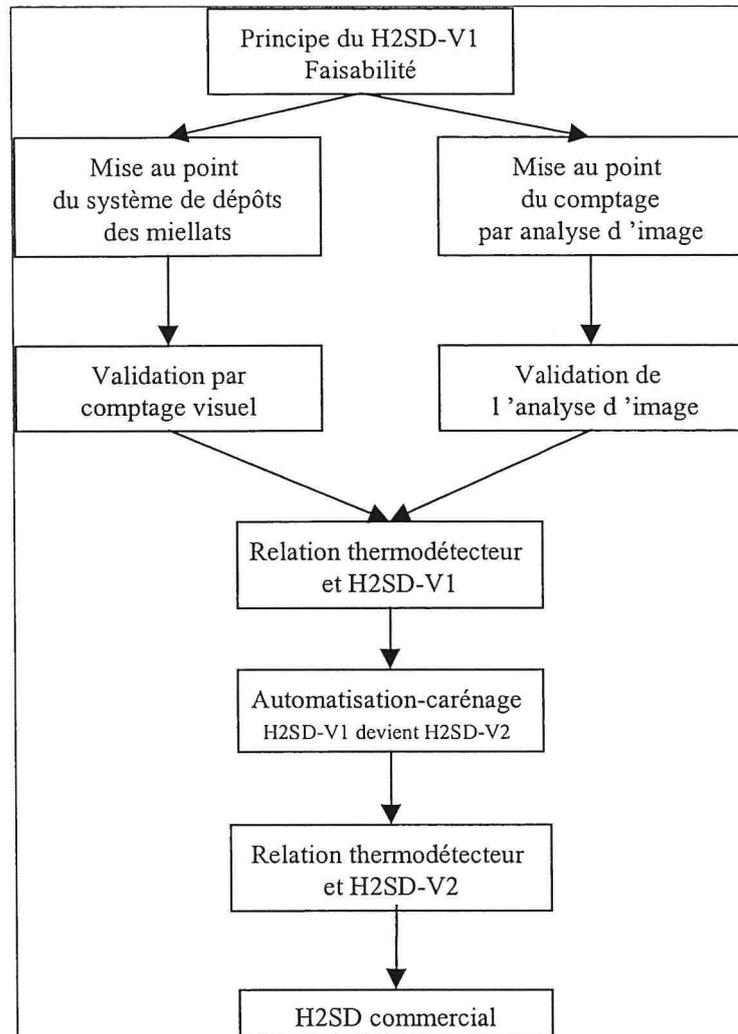


Figure D-15 . Opérations de mise au point du H2SD.

D.4.4.3. Mise au point de la détection rapide des cotons collants.

D.4.4.3.1. Faisabilité du procédé mécanique de dépôt des points collants

Cette faisabilité concerne le dépôts des miellats. L'étude a été réalisée en collaboration avec la Sté Sercom de Montpellier qui a fabriqué les systèmes mécanique et électronique.

Ils comprennent (Figure D-16) :

- le système de déplacement de l'échantillon composé d'un tapis sans fin en matière synthétique qui se déplace par avancement séquentiel ;
- le système de déroulement et d'entraînement du support en aluminium ;
- le poste de dépôts des miellats comprenant la pression à chaud et la pression à température ambiante ;
- le système de nettoyage ;
- une automatisation des différentes séquences .

A ce stade, la préparation de l'échantillon est réalisée à l'aide d'un ouvrier mécanique (rotor) situé hors de l'appareil. Celui-ci a ensuite été incorporé selon la Figure D-16-2.

Une validation par comptage visuel des points déposés, a été réalisé ; le comptage est visuel,

semblable à celui du thermodétecteur.

Pour le dépôt des points collants plusieurs combinaisons, température de la plaque chaude et temps de pression, temps de pression plaque froide, ont été testés. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec la combinaison suivante : 53°C x 30 s x 30 s.

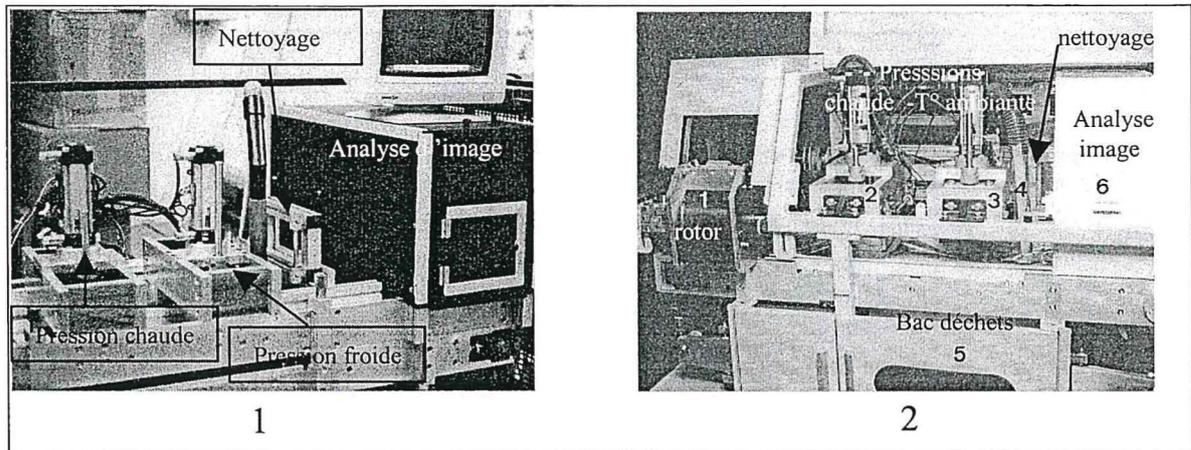


Figure D-16 . Faisabilité des parties mécanique et électronique (photos R. Frydrych).

D.4.4.3.2. Faisabilité du système d'analyse d'image

Une faisabilité d'un système de comptage des points collants par analyse de l'image a été réalisée en partenariat avec la Sté Scanéra de Montpellier.

Le principe de la prise d'image est le suivant (Figure D-17 ; Scanera, 1992) :

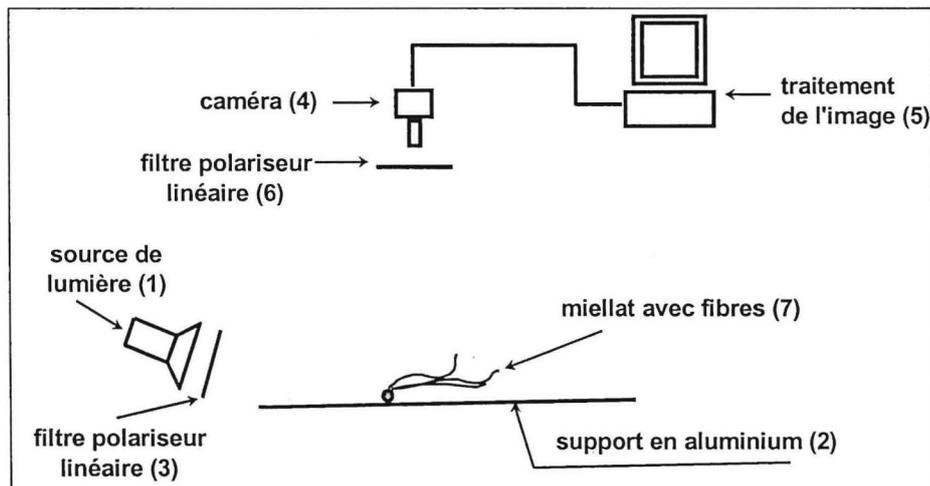


Figure D-17 . Schéma du système de prise d'image (Frydrych, 1992).

Deux sources de lumière (1) sont utilisées pour éclairer les miellats avec fibres, situés sur la feuille d'aluminium (2). Devant chaque source de lumière, un polariseur linéaire (3) est ajouté. Un capteur opto-électronique (4), ou caméra, est situé au-dessus de la surface à analyser. Un polariseur linéaire (6) est placé devant la caméra. Le polariseur (3) absorbe les rayons lumineux selon un plan de polarisation. Le polariseur (6) est réglé pour agir de façon croisée avec les polariseurs (3), afin que les rayons en provenance de ceux-ci (3) et réfléchis par la feuille d'aluminium restent polarisés (la feuille d'aluminium fournit une image sombre). En revanche, les fibres (7) dépolarisent la lumière et engendrent une image claire des défauts avec fibres. La caméra (4) située au-dessus de la feuille d'aluminium, transmet un signal représentatif de l'image qu'elle reçoit, au système de traitement d'image (5).

Cet ensemble est monté à l'intérieur d'une boîte noire (Figure D-16-1 et 2). Sur l'écran du moniteur (Figure D-18), plusieurs informations y figurent : l'image (1) représentée en figure numérisée puis traitée ; l'affichage des résultats en nombre de points collants répartis selon un total et trois classes (3) ; un histogramme des tailles apparentes des points collants est édité en (2).

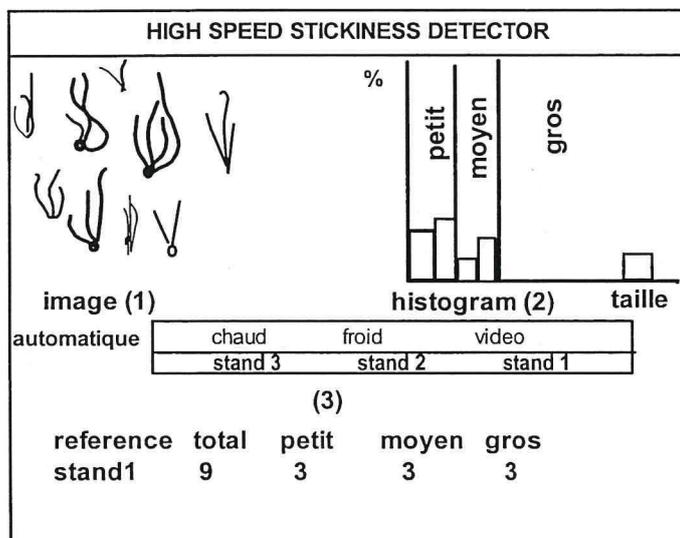


Figure D-18 . Résultats affichés à l'écran du détecteur rapide H2SD.

Lors de la mise au point, les paramètres suivants ont été analysés : caractéristiques de l'objet pris en compte, effet de la surface de l'aluminium (plis etc), taille minimale des objets, seuil de gris minimal pour la prise en compte d'un objet. Afin de pallier à des inégalités de réfléchissement de la fibre, donc à des coupures de fibres, nous avons appliqué le principe des dilatations et des érosions qui consiste à ajouter autour des objets, un nombre de pixels déterminés ; une érosion est ensuite appliquée autour des objets ; l'objet est ainsi défini et il est possible de déterminer sa surface et de le comptabiliser.

Le comptage visuel reste la référence pour l'évaluation comparative des points collants. Plusieurs combinaisons ont été étudiées entre le seuil de gris (25,35, 45, 55) et le nombre de dilatation-érosion (1, 2, 3, 4)..

De même que pour le thermodétecteur, nous avons vérifié la distribution intra-échantillon du nombre de points collants afin d'appliquer la transformation adaptée pour les analyses statistiques : c'est la transformation racine carrée (RC). La combinaison, seuil de gris de 25, dilatation et érosion de 2, fournit la meilleure relation avec le comptage visuel.

Une étude sur 87 cotons donne la relation suivante (Figure D-19-1) :

$$RC \text{ AI} = 0.973 \times RC \text{ visuel} \quad r = 0.99$$

Ce choix a été confirmé par une seconde étude sur 114 images (Figure D-19-2)

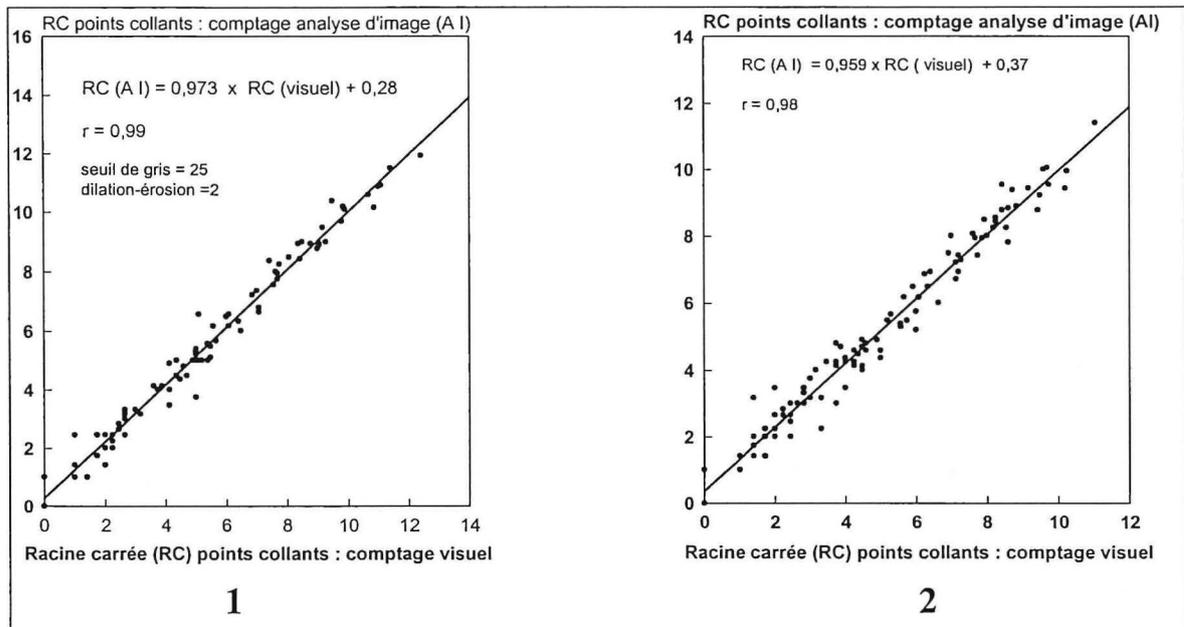


Figure D-19 . Relation entre les résultats obtenus par comptage visuel et ceux par AI.

D.4.4.3.3. Relation des résultats au H2SD et au thermodétecteur.

Une validation du H2SD a été réalisée comparativement au thermodétecteur. Pour chaque appareil, le dispositif de l'essai est le suivant :

thermodétecteur SCT: 37 cotons x 3 tests par coton x 2 répétitions ;

H2SD : 3 tests par coton

La relation obtenue est la suivante (Figure D-20) :

$$RC (H2SD) = 0.666 \times (SCT) + 0.52 \quad r = 0.99$$

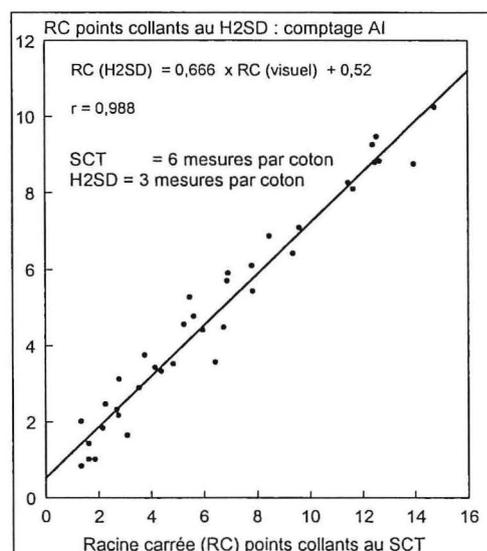


Figure D-20 . Relation entre le H2SD prototype et le SCT.

D.4.4.4. Mise au point du H2SD commercial

En vue de la commercialisation de l'appareil et dans le cadre d'une cession de licence de

fabrication et de commercialisation à la sté SDL (UK), nous avons été chargé de la mise au point de l'appareil commercial avec la sté Sercom comme partenaire.

D.4.4.4.1. Conception de l'appareil

Le H2SD commercial a été conçu en modules pour une maintenance aisée (Figure D-21-1) : l'ouvreur (1), bloc de pression chaud et froid (2 et 3), le système nettoyeur (4), boîte d'analyse image (5), bloc électronique (6) comprenant le PC et les cartes électroniques. Tous ces éléments sont accessibles, démontables pour des remplacements standards, réglables. Le système convoyeur est également accessible par l'arrière (Figure D-21-2).

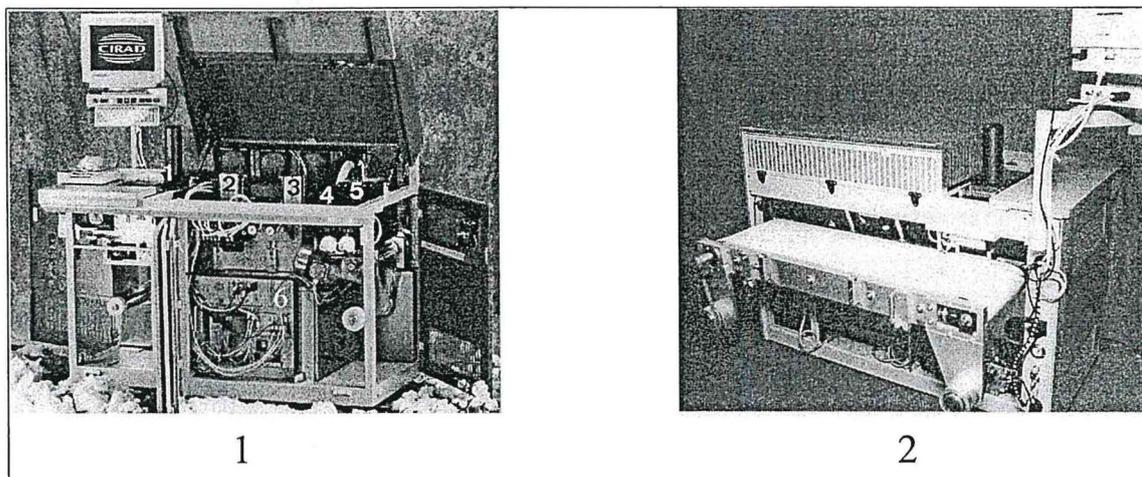


Figure D-21 . Le H2SD commercial : (1) vue avant ; (2) vue arrière(photo R. Frydrych - photovision).

Chacun des modules a été optimisé pour répondre à un fonctionnement permettant d'analyser plusieurs centaines d'échantillons par jour :

- rotor : la contamination de coton non collant par des dépôts de coton collant a été réduit ;
- bloc de pression : un revêtement recouvre la plaque chaude pour réduire les dépôts de miellats sur celle-ci entraînant la suppression du racleur ;
- système nettoyeur : la matière textile qui recouvre le nettoyeur permet d'effectuer plus de 10000 tests avant un nettoyage à l'eau ou son remplacement ;
- boîte d'analyse d'image : l'utilisation d'amplificateur d'air à l'entrée de la boîte réduit les poussières et les fibres dans la boîte et à l'intérieur du système d'éclairage ;
- bloc électronique : sa conception permet d'analyser rapidement les pannes et d'effectuer en conséquence des dépannages rapides.

D.4.4.4.2. Résultats obtenus avec l'appareil

Plusieurs études ont été menées pour évaluer l'appareil et répondre aux questions suivantes :

- contamination d'un coton non collant par des miellats résiduels dans l'ouvreur : la Figure D-22-1 montre que la contamination est maîtrisée ; ce résultat est confirmé dans des études complémentaires [CR8] ;
- dérive dans le temps du nombre de points collants : la Figure D-22-2 indique qu'il est indispensable de laisser préchauffer l'ensemble de la machine pendant une heure avant de réaliser les tests, afin de stabiliser en température les organes de la machine, principalement le rotor, et en conséquence le taux d'humidité du pavé de coton après le test ainsi que l'HR en général dans la machine (Tableau D-7) ;

- répétabilité des résultats : une comparaison entre deux séries de mesure montre que celle-ci est acceptable. Dans cet essai, les cotons avaient subi un mélange à la minicarde pour réduire leur variabilité et 3 répétitions par coton ont été réalisés. La Figure D-22-3 indique que la répétabilité est bonne. La pente obtenue entre les deux séries de mesure n'est pas différente de 1, et l'ordonnée à l'origine non différent de zéro ;
- reproductibilité des résultats : Actuellement 5 appareils fonctionnent : ITC (USA), CI (USA), Mériel (France), IFTH (France), Cirad (France). Un test interlaboratoire a été réalisé pour comparer les niveaux avec 10 cotons x 10 répétitions randomisé en block. La conclusion est que les mesures ont la même qualité dans les laboratoires [CR12]: les variances entre mesures ne sont pas différentes, cependant leur moyenne de lecture d'un laboratoire à l'autre sont légèrement différentes comme le montre la Figure D-22-4. Nous étudions des solutions pour réduire ces différences : un réglage plus fin au niveau de la pression du nettoyeur (réglage mécanique remplacé par un réglage avec capteur de pression) et/ou une calibration utilisant une correction par le software et nécessitant des cotons de référence.
- relation entre le H2SD et le thermodétecteur : Quatre vingt quinze cotons, de diverses provenances, ont été testés au laboratoire sur SCT et H2SD, à 65% d'humidité relative et 21°C. Trois répétitions ont été réalisées en randomisation totale, pour chacun des deux appareils. La relation entre les deux appareils est linéaire comme le confirme la Figure D-22-5. La régression permettant d'estimer le comptage au à partir de celui obtenu au H2SD a pour équation :

$$RC \text{ (points collants SCT)} = 1.029 \times RC \text{ (points collants H2SD)} - 0,35 ; r = 0,92$$

Les tests sur les coefficients de régression montrent que la pente et l'ordonnée à l'origine ne sont pas significativement différentes respectivement de 1 et de 0. On peut donc en première approximation utiliser la relation simplifiée : SCT = H2SD.

Cette équation n'est pas universelle et peut varier notamment si le comptage SCT est fait par un autre technicien. Elle doit être utilisée avec précaution.

Tableau D-7 . Relation entre le taux d'humidité de la fibre brute et le temps de fonctionnement du rotor.

Coton	Temps de fonctionnement du rotor									
	0'	15'	30'	45'	60'	75'	90'	105'	120'	
Humidité% Brut	7.7	7.5	7.5	7.5	7.5	7.7	7.3	7.6	7.6	
Humidité % Pavé	7.1	7.1	6.5	6.2	6.0	5.8	5.8	6.1	6.0	

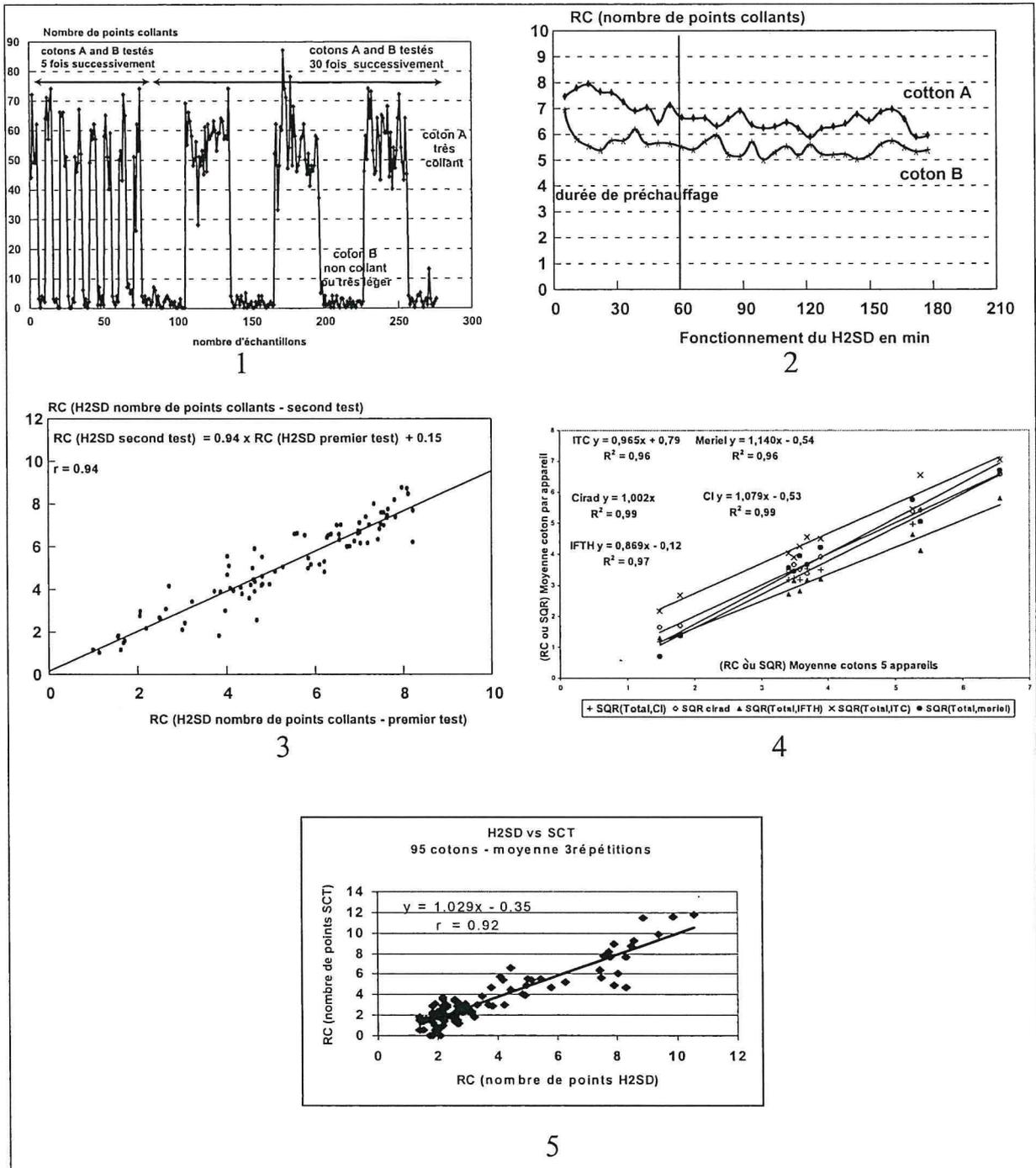


Figure D-22 . Quelques résultats obtenus avec le H2SD.

D.4.4.4.3. Distribution de la taille des points collants

Les cotons collants contiennent des miellats de diverses tailles (Figure D-23). Bien qu'à ce jour, on n'ait pas pu démontrer que la taille soit en relation avec les problèmes en filature, on peut imaginer qu'en filature, chacun d'eux a cependant un impact différent sur les problèmes de soulèvements, d'enroulements des fibres et d'encrassement des machines. Nous avons défini trois catégories en fonction de la surface qu'elles représentent : petit (jusqu'à 9 mm²), moyen (9 à 18 mm²) et gros (> 18 mm²). Des études complémentaires doivent être poursuivies dans ce domaine.

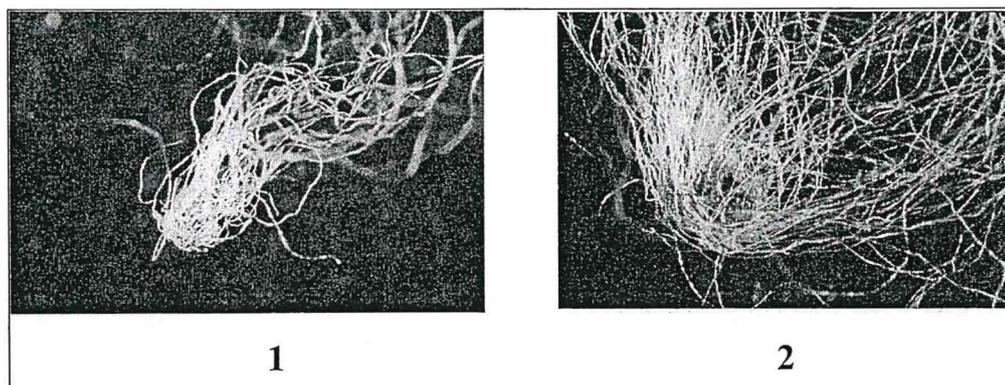


Figure D-23 . Types de miellats rencontrés : (1) miellat moyen ; (2) gros miellat (photos R. Frydrych).

D.4.4.5. Conclusions sur le test au détecteur rapide H2SD

Cet appareil fournit :

- des résultats quantitatifs ainsi que la taille des points collants ;
- il n'y a pas d'effet opérateur car celui-ci se limite à alimenter l'appareil ;
- pas de contamination mis en évidence de coton collant sur un non collant dans la gamme de collage testé ; il est en bonne relation avec le thermodétecteur ;
- sa vitesse permet de réaliser plus de 100 tests à l'heure (un résultat chaque 30 s environ) ; elle est compatible avec celle des appareils de classement des balles de type HVI. De ce fait, il apparaît possible d'envisager une classification balle à balle de la production afin de valoriser la production des régions confrontées au problème des cotons collants.
- le H2SD est en cours de normalisation européenne CEN [N2].

A ce jour, cinq appareils sont en fonctionnement, deux aux USA, trois en France.

D.5. CLASSIFICATION DE LA PRODUCTION

Pour les zones cotonnières qui ont la réputation de fournir des cotons collants, un des moyens de réduire cet aspect négatif est de mettre en place un système de suivi et d'évaluation de cette production afin de valoriser, d'une part, la production non collante et, d'autre part, de rétablir la confiance des acheteurs. La classification d'une production est un moyen pour y parvenir.

D.5.1. Choix du type de classement et de l'appareil de mesure

Le terme classification ou classement des balles signifie l'application de méthodes standards de mesure pour déterminer une ou plusieurs caractéristiques de la qualité de ces balles. La plus ancienne des classifications est celle dite manuelle qui consiste à attribuer un grade de qualité, une longueur de fibres et une préparation à la suite d'une analyse manuelle effectuée par des opérateurs appelés classeurs. Une autre, plus récente, utilisant des appareils de mesures à haute capacité, est connue sous le nom de classification HVI. De plus en plus utilisée, cette méthode permet d'attribuer aux balles de coton des valeurs garanties de grade, de longueurs, de ténacité, d'allongement et d'indice micronaire.

Le classement des balles selon leur potentiel de collage peut être [P2]:

- quantitatif : chaque balle est assortie d'un niveau de collage garanti ;
- qualitatif : les balles sont séparées en deux catégories, collante et non collante par rapport à une limite fixée appelée seuil critique de collage au-delà duquel des perturbations apparaissent en filature qui peuvent affecter la qualité du fil. .

Pour ces deux types de procédure, il est nécessaire de mesurer le degré de collage des balles sujettes au classement. La mesure doit être le meilleur indicateur possible des perturbations en filature, rapide à effectuer et bon marché. Les résultats des études de filabilité des cotons collants, chapitre D6, nous ont montré que le nombre de points collants mesuré au H2SD est le meilleur indicateur du collage en filature. De plus, cet appareil automatique est le plus rapide comparé aux autres machines existant sur le marché. En effet, avec l'analyse d'un échantillon toutes les 30 secondes environ, sa capacité de tests égale presque celle des chaînes HVI. Ces qualités font du H2SD le meilleur candidat pour le classement des balles de coton. Le H2SD semble donc bien adapté au classement des balles de coton.

Avec le nombre de points collants H2SD, le classement quantitatif revient à analyser un ou plusieurs échantillons de la balle à classer pour en déduire sa moyenne de collage. Cette moyenne sera contractée lors de la vente avec un intervalle de confiance (une tolérance) garanti. Les balles ayant la même moyenne, à la précision près de la mesure, sont regroupées en lots dits homogènes. Dans cette configuration, il faut constituer autant de lots de balles que de moyennes de collage possibles.

Le nombre de moyennes de collage multiplie celui des lots de balles et le surcoût pourrait être considérable par rapport au gain escompté. A l'heure actuelle, le classement quantitatif semble être peu justifié surtout pour les pays producteurs n'ayant pas de structure existante de classement avec les appareils de haute capacité (chaînes HVI).

Pour ces pays touchés par le collage, le classement qualitatif pourrait être une solution immédiate pouvant évoluer, avec l'expérience, vers une classification à plusieurs classes de collage.

Le principe de ce classement qualitatif consiste à séparer les balles en deux catégories : collante et non-collante, ou peu contaminée pour causer des problèmes en filature.

Une balle est déclarée non collante si la moyenne M de r mesures est inférieure au seuil critique de collage t_s préalablement fixé. Si cette balle est soumise à l'expertise avec le même nombre r de mesures et le même seuil critique, elle sera déclarée collante dans le cas où la moyenne M' serait supérieure à la même valeur t_s .

En résumé, appelons A l'événement "classement balle non-collante", B l'événement "expertise balle non-collante", \bar{A} et \bar{B} les événements contraires c'est-à-dire respectivement, "classement balle collante" et "expertise balle collante". Les probabilités de classement et d'expertise sont :

$$P(A) = P(M \leq t_s) \qquad P(\bar{A}) = 1 - P(A) \qquad (1)$$

$$P(B) = P(M' \leq t_s) \qquad P(\bar{B}) = 1 - P(B) \qquad (2)$$

Le litige survient lorsqu'à l'événement A succède l'événement \bar{B} en d'autres termes, lorsqu'une balle classée non collante est expertisée collante. Le risque de litige est le produit des probabilités de ces deux événements. En effet, si $F(x)$ est la fonction de répartition de M , ce risque RL est :

$$RL(m) = P(A) P(B) \quad (3)$$

$$RL(m) = F(t_s)(1 - F(t_s)) \quad (4)$$

Nous avons étudié la variabilité intra-balle du collage selon deux situations différentes de culture et de traitement d'égrenage :

- prélèvements d'échantillons provenant de balles du Soudan [CR8] ;
- prélèvements d'échantillons sur des balles en provenance des Etats-Unis [CR9].

D.5.2. Variabilité du collage et faisabilité d'une classification commerciale avec le H2SD

Les résultats présentés font partie de la composante « classification de la production » du projet intitulé : amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage. Ils sont extraits de la publication [P2] et de la thèse de Fonteneau-Tamime O. [E4].

D.5.2.1. Distribution intra-balle du collage sur des échantillons de coton en provenance du Soudan

D.5.2.1.1. Protocole expérimental

Pour évaluer cette distribution, 100 balles ont été choisies dans la production soudanaise : 50 égrenées au rouleau et 50 autres à la scie. Lors de l'opération d'égrenage, 16 couches (niveaux) de chacune de ces balles ont été échantillonnées, [C18].

Il est important de noter que les balles ont été sélectionnées dans le but d'avoir une large gamme de collage et ne sont en aucun cas représentatives de l'étendue du collage dans la production du Soudan. Nous verrons plus loin l'importance de la représentativité pour la procédure.

Après avoir été conditionnés à 65 % d'humidité relative et une température de 21 °C, les échantillons ont été testés au H2SD avec une randomisation totale de leur ordre de passage sur la machine.

D.5.2.1.2. Loi de répartition des points collants

Rappelons que le nombre de points collants est une variable aléatoire discrète obtenue par le comptage de points occupant chacun une faible surface relative sur le papier aluminium. Dans l'hypothèse d'une répartition parfaitement aléatoire et d'une densité homogène des points collants dans une balle de coton, le nombre de points par échantillon, d'après la théorie des processus ponctuels (Cressie, 1991 ; Saporta, 1990), suit une loi de Poisson. Dans le cas contraire, la distribution de probabilité est sur-dispersée par rapport à la loi de Poisson. Un test unilatéral du Chi-deux permet de choisir entre ces deux hypothèses. En effet, dans le cas d'une loi de Poisson, le rapport de la somme des carrés des écarts (*SCE*) à la moyenne de *n* mesures suit asymptotiquement une loi de Chi-deux à *n-1* degrés de liberté (Dagnelie, 1975 ; Fisher, 1938). Pour *p* balles et *n_j* mesures par balle donnant une moyenne *x_{j.}*, l'équation 5 donne l'expression du Chi-deux observé χ^2_{obs} à

$$\sum_{j=1}^p (n_j - 1)$$

degrés de liberté.

$$\chi_{\text{obs}}^2 = \sum_{j=1}^p \left(\frac{\text{SCE}_j}{x_{j\cdot}} \right)$$

(5)

Une probabilité de dépassement de ce Chi-deux supérieure au risque de première espèce choisi conduit à conserver l'hypothèse d'une distribution de Poisson. Dans le cas contraire, le rapport du Chi-deux à son nombre de degrés de liberté donne une estimation de la surdispersion par rapport à la loi de Poisson.

Pour les 100 balles testées avec 16 mesures chacune, compte tenu de quelques échantillons manquants, le χ^2 calculé à partir de l'équation 5, est de 7213 pour 1492 degrés de liberté. Sa probabilité de dépassement est inférieure à 0,01 %. L'hypothèse poissonnienne de la distribution intra-balle est donc rejetée. L'indice de surdispersion, égal au rapport entre la variance et la moyenne, est d'environ 4,84.

Afin de pouvoir ajuster cette distribution à une loi statistique, nous nous sommes appuyés sur la relation entre la variance et la moyenne. Cette dernière semble être quadratique au regard de la régression entre le logarithmique de la variance et celui de la moyenne (Figure D-24). Une telle relation correspond à une loi binomiale négative. Cette loi peut être engendrée par une grande variété de processus (Johnson, 1992).

La loi binomiale négative possède deux paramètres, la moyenne m et le paramètre de forme k . Sa loi de probabilité peut s'écrire :

$$P(X = x) = \frac{\Gamma(k + x) m^x k^k}{\Gamma(x + 1) \Gamma(k) (m + k)^{(k+x)}}$$

(6)

avec gamma (Γ) l'intégrale généralisée définie par :

$$\Gamma(k) = \int_0^{\infty} x^{k-1} \exp(-x) dx$$

(7)

Son espérance est :

$$E(X) = m$$

(8)

et sa variance est :

$$V(X) = m + \frac{m^2}{k}$$

(9)

D.5.2.1.3. Estimation des paramètres m et k de la loi binomiale négative

La moyenne arithmétique $x_{j\cdot}$ est une bonne estimation du paramètre m_j . En revanche, le paramètre de forme k peut être estimé de plusieurs manières, parmi lesquelles la méthode de maximum de vraisemblance est la plus précise. Cette dernière consiste à évaluer le maximum de la fonction L :

$$L = \prod_{j=1}^p \prod_{i=1}^{n_j} \frac{\Gamma(k + x_{ji}) (x_{j\cdot})^{x_{ji}} k^k}{\Gamma(x_{ji} + 1) \Gamma(k) (x_{j\cdot} + k)^{(k+x_{ji})}}$$

(10)

En pratique, on préfère estimer l'inverse de k . En effet, l'estimation de la quantité $\alpha = 1/k$ est moins biaisée et donne lieu à des intervalles de confiance plus symétriques autour de α .

Un test de Chi-deux, basé sur le rapport de vraisemblances maximales, permet de vérifier l'homogénéité des coefficients k au sein d'un groupe de p balles. En effet, si L est le maximum de vraisemblance obtenu en considérant que toutes les balles ont le même coefficient k , et L_j celle obtenue avec un k pour chacune des balles prise individuellement, alors la quantité $-2(\log L - \sum \log L_j)$ est un Chi-deux à $p - 1$ degrés de liberté dont la probabilité de dépassement, supérieure au risque de première espèce choisi, permet de déclarer les coefficients k homogènes.

Les résultats d'analyse, réalisée à l'aide du logiciel SAS, ont convergé vers une valeur homogène de $k = 9,43$.

La distribution intra-balle du nombre de points collants H2SD est donc une loi binomiale négative de paramètre de forme $k = 9,43$ pour l'échantillon des 100 balles testées.

Maintenant que nous avons évalué la distribution intra-balle du collage, voyons son application au classement qualitatif des balles.

D.5.2.2. Classement et risque de litige à l'expertise des balles

D.5.2.2.1. Risque de litige par balle individuelle

L'enjeu d'un classement qualitatif est de fournir une balle de coton certifiée ayant un potentiel de collage inférieur à la limite tolérée par l'acheteur tout en maîtrisant le risque de litige. Il est donc impératif de connaître la relation entre le risque de litige, le seuil critique de collage et le nombre de mesures par balle.

Le risque de litige pour une balle, défini ci-dessus, est quantifié à partir de l'équation 3. En exprimant la moyenne à partir du total X des r mesures, on obtient :

$$P(A) = P(M \leq t_s) = P(X \leq rt_s)$$

$$P(B) = P(M' \leq t_s) = P(X \leq rt_s)$$

le total X suit une loi binomiale négative de paramètres rm et rk , car les comptages sont indépendants [Johnson, Kotz et Kemp, 1992]. Ce qui donne :

$$\begin{aligned} RL(m) &= P(A) - P(A)^2 \\ &= F(rt_s)(1 - F(rt_s)) \end{aligned}$$

Le risque de litige RL ainsi formulé dépend de la moyenne m , du nombre de mesures r et du seuil critique de collage t_s . Pour un seuil t_s et un nombre de mesures r donnés, ce risque varie avec la moyenne m et passe par un maximum comme le montre l'exemple de la Figure D-25-1. Nous nous sommes intéressés à ce maximum correspondant au risque maximum de litige propre à chacune des balles prise individuellement. Le risque de litige RL est conditionné essentiellement par le seuil t_s imposée par l'acheteur du coton.

Son maximum par rapport à m est le même que celui par rapport à $P(A)$ car cette probabilité est une fonction strictement décroissante de m . La dérivée de RL par rapport à $P(A)$ donne :

$$\frac{\partial RL(m)}{\partial P(A)} = -2P(A)$$

d'où un maximum $RL_{max} = 0,25$ pour les médianes au voisinage du seuil critique. Ce risque est trop important pour le classement car le coût des retours et des réclamations des acheteurs serait trop élevé.

Un des moyens de limiter ce risque maximum pour le producteur est de se fixer un seuil au classement t_c inférieur au seuil critique exigé par l'acheteur que nous avons appelé limite à l'expertise l_v . Dans ces conditions, l'expression du risque de litige, $RL(m) = P(A)[1 - P(B)]$, devient :

$$RL(m) = \sum_{x=0}^{n_c} \frac{\Gamma(rk+x)(rm)^x (rk)^{rk}}{\Gamma(x+1)\Gamma(rk)(rm+rk)^{(rk+x)}} \left[1 - \sum_{x=0}^{n_v} \frac{\Gamma(rk+x)(rm)^x (rk)^{rk}}{\Gamma(x+1)\Gamma(rk)(rm+rk)^{(rk+x)}} \right]$$

A partir de l'équation 10, nous avons pu établir des abaques donnant le seuil au classement en fonction de la limite à l'expertise pour un nombre de mesures donné et pour différents maxima de risque de litige. La Figure D-25-2 illustre les résultats obtenus sur l'échantillon des 100 balles étudiées sous la base de deux mesures par balle.

Par exemple, pour garantir un degré de collage inférieur à 20 points collants à l'issue de 2 mesures par balle, le producteur doit se fixer une limite au classement égale à 9 points collants pour un risque maximum de litige de 1 %. S'il se fixe un risque supérieur, 5 % par exemple, la limite au classement augmentera à 12,5 points collants.

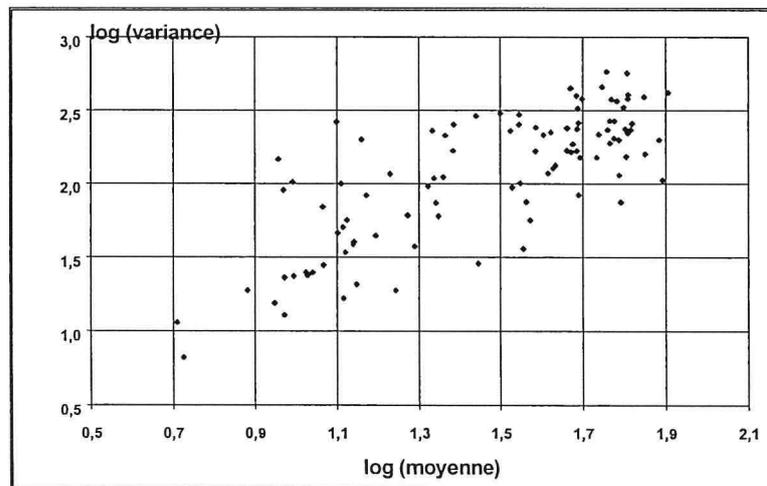


Figure D-24 . Relation moyenne-variance du nombre de points collants H2SD.

La Figure D-25-1 montre un exemple d'évolution du risque de litige en fonction de la moyenne de collage de la balle :binomiale négative de paramètre $K = 14$;seuil critique $t_s = 11$ points collants ; $r = 1$ mesure par balle. La Figure D-25-2 indique la limite à l'expertise l_v en fonction du seuil au classement t_s dans le cas d'une distribution binomiale négative de paramètre $k = 9,43$ et de deux mesures H2SD par balle ($r = 2$).

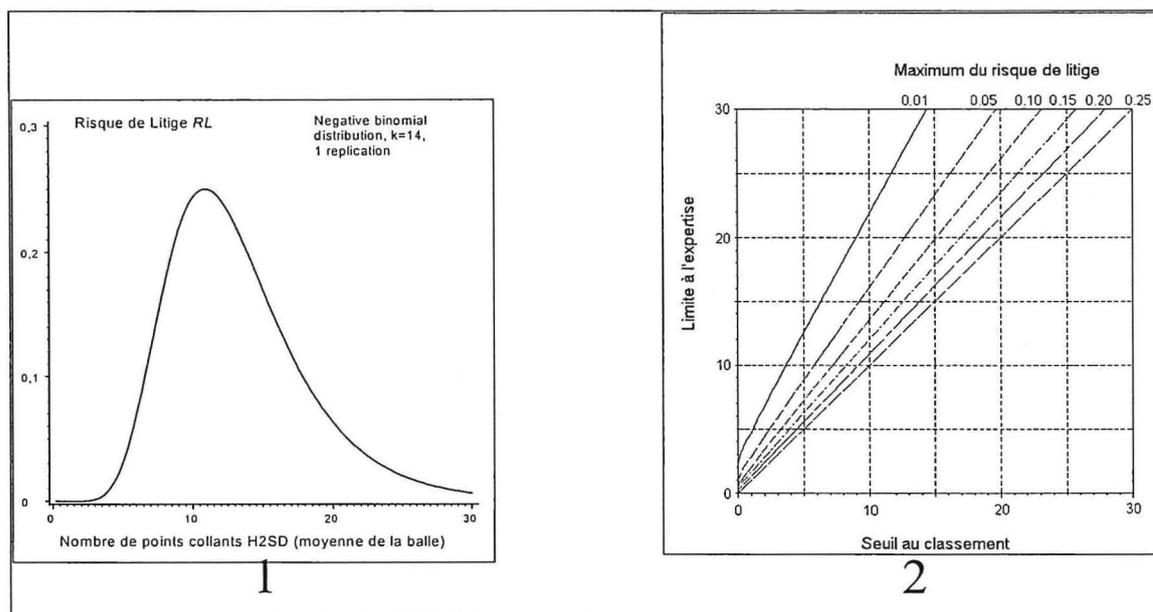


Figure D-25 . Exemple d'évolution du risque de litige en fonction de la moyenne de collage de la balle.

D.5.2.2.2. Risque de litige pour toute une production de balles

Si on s'intéresse non pas au risque de litige propre à chaque balle mais à celui moyen sur l'ensemble d'une production, cette moyenne est pondérée par la densité de probabilité du collage moyen par balle $f(m)$. Le risque global RG sera :

$$RG = \int RL(m) f(m) dm$$

Ce risque RG doit être évalué par une étude spécifique à chaque pays et à ses conditions de production. Une telle étude requiert une procédure d'échantillonnage tenant compte de la représentativité statistique de toute la production.

D.5.2.2.3. Classification d'une production de 480 balles

Une évaluation d'une partie de la production soudanaise a été réalisée avec le H2SD en prenant en compte l'usine- le type d'égrenage- le lieu (8 usines), le nombre de balles par usine (60 balles), le nombre de prélèvements par balles (16 niveaux), représentant 7680 échantillons. Nous reprenons les résultats obtenus par Langlois F. (1999) [E9]. Ils sont représentés selon la Figure D-26.

En conclusion, l'ensemble des résultats nous permettent d'indiquer que :

- les usines d'égrenage (1-2-3-5-8) représentant différentes zones de production ont des niveaux de collage importants tandis que les usines (4-6-7) ont des niveaux faibles ;
- il existe un effet variétal significatif ;
- le type d'égrenage n'explique pas la variation du niveau de collage ;
- si on considère que cet échantillonnage représente la production, il apparaît qu'environ 34% est inférieure à 20 points collants.

Cette étude montre qu'il est possible d'élaborer une stratégie de suivi du collage en concentrant les mesures sur les zones où la classification est la plus utile. D'autre part en établissant une cartographie des zones cotonnières avec leur niveau de pollution, les acteurs de la filière pourront commencer à gérer ce phénomène.

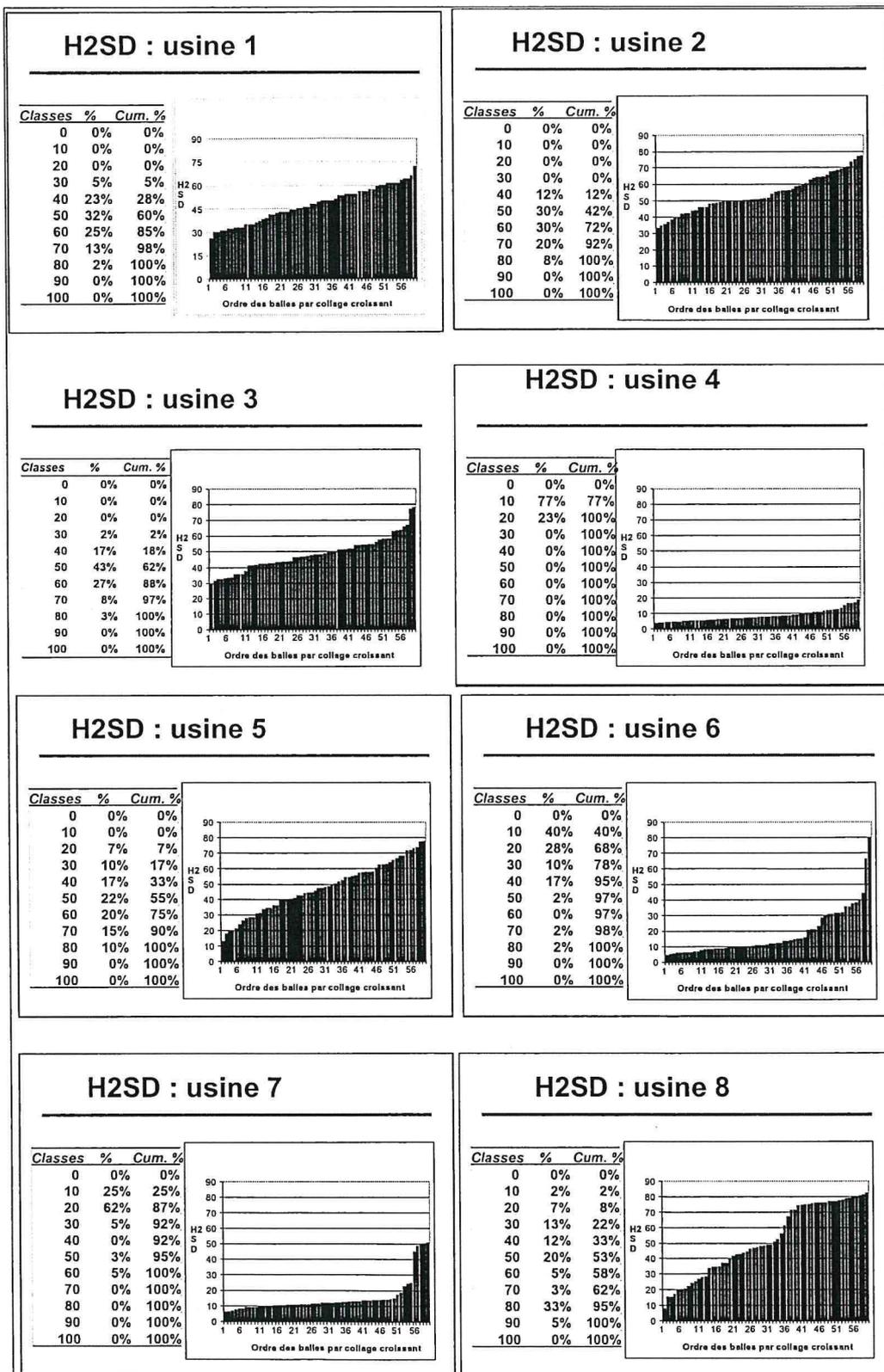


Figure D-26 . Evaluation du collage pour 8 usines d'égrenage.

D.5.2.3. Evaluation d'une classification H2SD au Soudan

Fonteneau-Tamime (2000) a réalisé une estimation de la classification au Soudan pour l'ensemble de la production. Son étude complète a pris en compte plusieurs niveaux de décote. Afin de donner uniquement une idée du coût, nous présentons un coût moyen (Tableau D-8) sachant que son étude est plus complète car prend en compte des décotes et des proportions de coton non collant.

Tableau D-8 . Estimation du coût de la classification H2SD, 2 mesures par balle (500 000 balles).

Désignation	Prix unitaire US \$	Prix US \$	Prix par balle US \$
7 machines H2SD (amortissement sur 5 ans)	90 000	126 000	0,252
Consommation en papier aluminium : 302 km (Prix HT en France)	120	36 240	0,073
Entretien et pièces de rechange		30 000	0,06
1 installation de conditionnement (amortissement sur 10 ans)	100 000	10 000	0,02
Consommation d'énergie (130 000 kwh) (Source : SCC)	0,35	45 500	0,091
Salaires du personnel (6 mois) :			
30 techniciens	420	97 200	0,194
2 chefs d'équipe	700		
2 ingénieurs	1100		
Echantillonnage (transport, manutention) (Source : SCC)		367 000	0,734
Traitement et transfert des données (ordinateur, tél., fax...)		20 000	0,04
Cotons standards (21 kg)	200	4 200	0,008
Charges diverses (environ 2,7 % du sous-total)		19 920	0,04
Total		756 060	1,51

Le coût global de la classification de 500 000 balles est estimé à 756 060 \$, soit 1,51 US\$ par balle avec presque 50% du prix imputé au transport des échantillons vers le laboratoire, sachant que la collecte n'est pas encore centralisée.

Cette estimation est légèrement supérieure à celle faite aux Etats-Unis (1,25 US\$ / balle – Watson, 1998). Il est à noter que l'estimation américaine ne détaille pas les différentes charges et pourrait ne pas tenir compte des frais de collectes des échantillons et ceux de la

gestion des données. En effet, les Etats-Unis disposent déjà d'un système de classification (HVI) incluant les frais des deux opérations supplémentaires pris en compte dans notre estimation du tableau 2.

Même si le coût estimé arrivait à dépasser 1,5 \$ par balle, la classification pourrait être rentable du fait des décotes subies par le coton soudanais et de la proportion des balles non collantes.

D.5.2.4. Distribution intra-balle du collage sur des échantillons provenant des Etats-Unis

D.5.2.4.1. Protocole expérimental

Cette étude a été réalisée conjointement avec ITC (International textile Center) et CI (Cotton incorporated) [CR9]. Les échantillons, fournis par ITC, proviennent de 100 balles de coton avec un prélèvement sur 10 couches de chaque balle. Trois répétitions ont été réalisées sur chaque échantillon, soit 3000 tests, randomisé en block. Il est important de noter que les balles ont été sélectionnées dans le but d'avoir une large gamme de collage et ne sont en aucun cas représentatives de l'étendue du collage dans la production des deux régions où elles ont été prélevées.

D.5.2.4.2. Resultats et discussion

Pour chaque répétition, la relation entre le log de la moyenne et celui de la variance montre une surdispersion par rapport à la distribution de Poisson. Cependant, les relations sont linéaires et les coefficients de corrélation sont excellents :

$$\text{Répétition 1 : } \log(\text{variance}+1) = 1.21 \times \log(\text{mean}+1) \quad r = 0.95$$

$$\text{Répétition 2 : } \log(\text{variance}+1) = 1.24 \times \log(\text{mean}+1) + 0.03 \quad r = 0.95$$

$$\text{Répétition 3 : } \log(\text{variance}+1) = 1.27 \times \log(\text{mean}+1) - 0.1 \quad r = 0.95$$

Le calcul de l'indice de dispersion pour chaque répétition est : répétition 1 = 2.11 ; répétition 2 = 2,38 ; répétition 3 = 1.94. Ces indices sont inférieurs à celui obtenu dans le cadre de l'étude menée sur les échantillons du Soudan. Pour cette étude, la variabilité du collage au sein des balles des Etats-Unis est nettement plus faible et doit être due à plusieurs facteurs : récolte mécanique, grandes surfaces de culture, égrenage.

Ayant plusieurs répétitions, nous avons calculé la répétabilité des mesures de collage. Pour le négoce celle-ci est la probabilité qu'une seconde estimation de la moyenne soit incluse dans l'intervalle de confiance défini lors d'une première estimation.

Si nous considérons que dans le cadre d'une classification commerciale, deux mesures par balle peuvent être réalisées (une pour l'échantillon provenant du haut et une mesure pour celui du bas), cette répétabilité est estimée à 78% pour les résultats obtenus dans cette étude. Cette valeur est relativement élevée. Fonteneau-Tamime [E8] a calculé théoriquement la répétabilité pour une loi de Poisson ; elle varie entre 74% et 93% pour 3 répétitions.

Nous avons représenté en Figure D-27, les relations entre les trois répétitions. Les résultats montrent que nous avons une excellente répétabilité des mesures avec le H2SD. Ceci confirme le résultat obtenu lors de la mise au point de l'appareil.

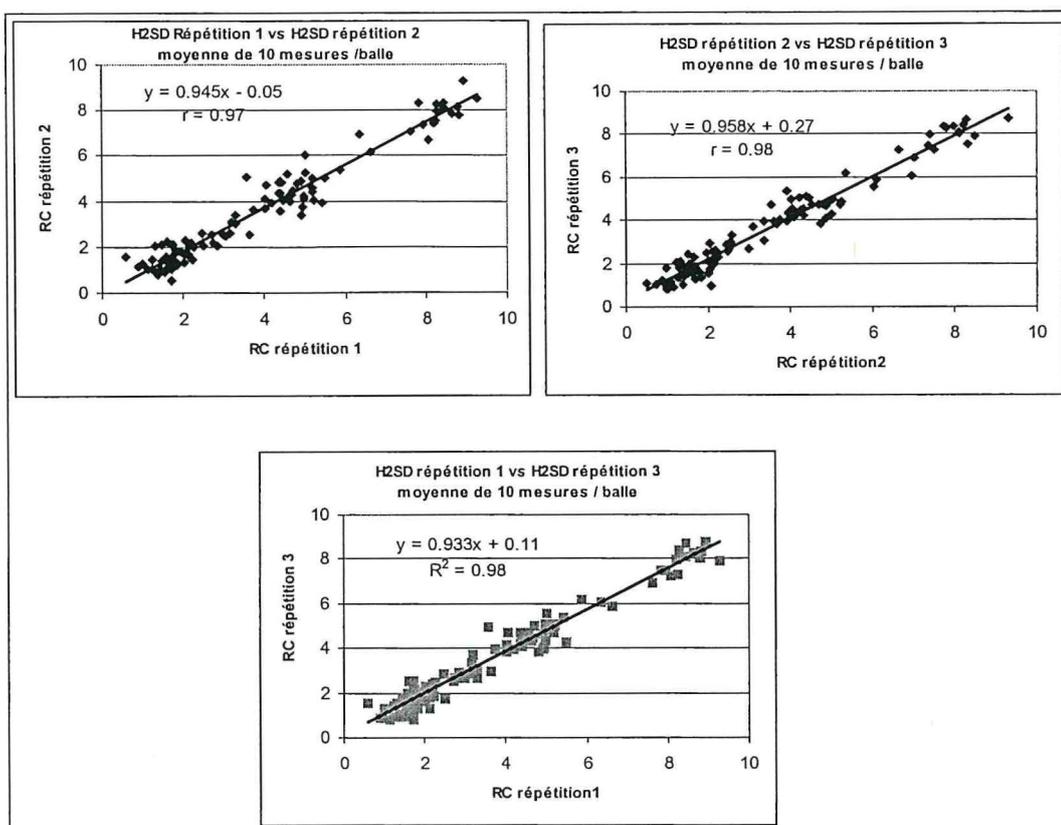


Figure D-27 . Relations entre 3 répétitions : moyenne de 10 mesures par balle.

D.5.3. Mise au point d'une méthodologie pour l'obtention de cotons de référence

D.5.3.1. Objectif

La préparation de cotons de référence pour l'étalonnage des appareils de mesure du collage nécessite la maîtrise de la variabilité du nombre de points collants et la détermination de la méthode de mélange permettant d'obtenir une homogénéité suffisante des masses de fibre à utiliser.

Les cotons de référence sont destinés à un usage intra et inter-laboratoires pour permettre à l'utilisateur de détecter les dérives éventuelles des appareils de mesure (usure, dérèglement, maintenance) et d'y apporter les corrections nécessaires (étalonnage). Le but est aussi de garantir la concordance entre les résultats obtenus par différentes machines et donc par différents utilisateurs. En plus des conditions d'homogénéité et de stabilité au sein des standards fournis à chaque utilisateur, il est également important de garantir l'homogénéité entre ces différents lots de cotons de référence.

Une étude de faisabilité a été menée au stade du laboratoire sur 1 kg de fibres, puis en milieu industriel à l'échelle de la balle qui représente l'objectif final de ce projet à savoir : homogénéiser des balles entières de coton pour pouvoir disposer de quantités suffisantes de cotons de référence [CR12], [C18].

D.5.3.2. Essais de faisabilité en laboratoire

En première approche, l'étude des méthodes d'homogénéisation pour la préparation de cotons de référence de collage peut être initiée par des expérimentations en laboratoire. La minicarde sert d'ouvreuse (chapeaux lisses) et de mélangeuse (récupération de la fibre sur un tambour)

pour la constitution de lots de fibres avec différents niveaux de mélange.

Le mode de fonctionnement de la minicarde est particulièrement adapté au mélange et à l'homogénéisation de la matière. En effet, l'ouvraison de la fibre brute pour constituer des voiles fins qui sont ensuite superposés autour du tambour de sortie permet un brassage intime de la fibre.

La première partie de cette étude est donc effectuée sur la minicarde avec, comme principal objectif, de tester sur des quantités limitées de fibres la possibilité de minimiser, par les mélanges successifs, la variabilité du nombre de points collants détectés par H2SD.

En utilisant différentes combinaisons de passages d'ouvreuse de laboratoire et de cardage, 7 niveaux de mélange sont envisagés (Figure D-28).

D.5.3.2.1. Mode opératoire

10 masses d'environ 60 g sont utilisées pour constituer un mélange. Avant le premier passage d'ouvreuse, des prélèvements sont effectués sur la matière brute pour des tests au H2SD.

Les différentes procédures de mélange sont testées sur des échantillons indépendants afin de préserver la représentativité des masses utilisées. Pour chaque coton nous disposerons donc de :

- 10 masses d'environ 60 g pour le premier niveau de mélange : 1 passage d'ouvreuse
- 10 masses d'environ 60 g pour le second niveau de mélange : 2 passages d'ouvreuse
- 10 masses d'environ 60 g pour le troisième niveau de mélange : 3 passages d'ouvreuse

Les masses de 60 g sont tirées au hasard à partir des lots de départ. Chaque procédure de mélange est suivie d'un passage à la carde pour tester l'effet de cette opération sur les points collants.

Les 10 nappes produites à chaque passage d'ouvreuse sont superposées pour l'alimentation du passage suivant (ouvreuse ou carde) à l'issue duquel 10 nouvelles nappes sont constituées. Ces dernières font l'objet d'un prélèvement pour des tests au H2SD.

D.5.3.2.2. Résultats et discussion

La Figure D-29-1 montre que la moyenne du nombre de points collants obtenus au H2SD diminue avec le nombre de passage à l'ouvreuse.

La variabilité minimale espérée dans cette étude est celle qui correspond à celle que l'on pourrait obtenir avec une distribution de Poisson. Comme nous l'avons vu précédemment, l'indice de dispersion permet de juger l'importance de cette variabilité.

L'indice de dispersion à l'intérieur des nappes et entre les nappes a été calculé comme le montre la Figure D-29-2 et la Figure D-29-3. Il décroît avec les étapes des mélanges et d'ouvertures pour arriver à un niveau comparable à celui d'une distribution de Poisson, à l'intérieur des nappes. L'étape de cardage n'améliore pas le mélange.

Les indices obtenus entre les nappes sont proches également de 1.

Nous pouvons dire que l'ouverture et le mélange à la minicarde réduisent fortement la variabilité et qu'il est possible de réaliser des cotons de référence en utilisant ce type de matériel et de technique de mélange. Deux passages d'ouvertures suffisent pour obtenir un bon mélange.

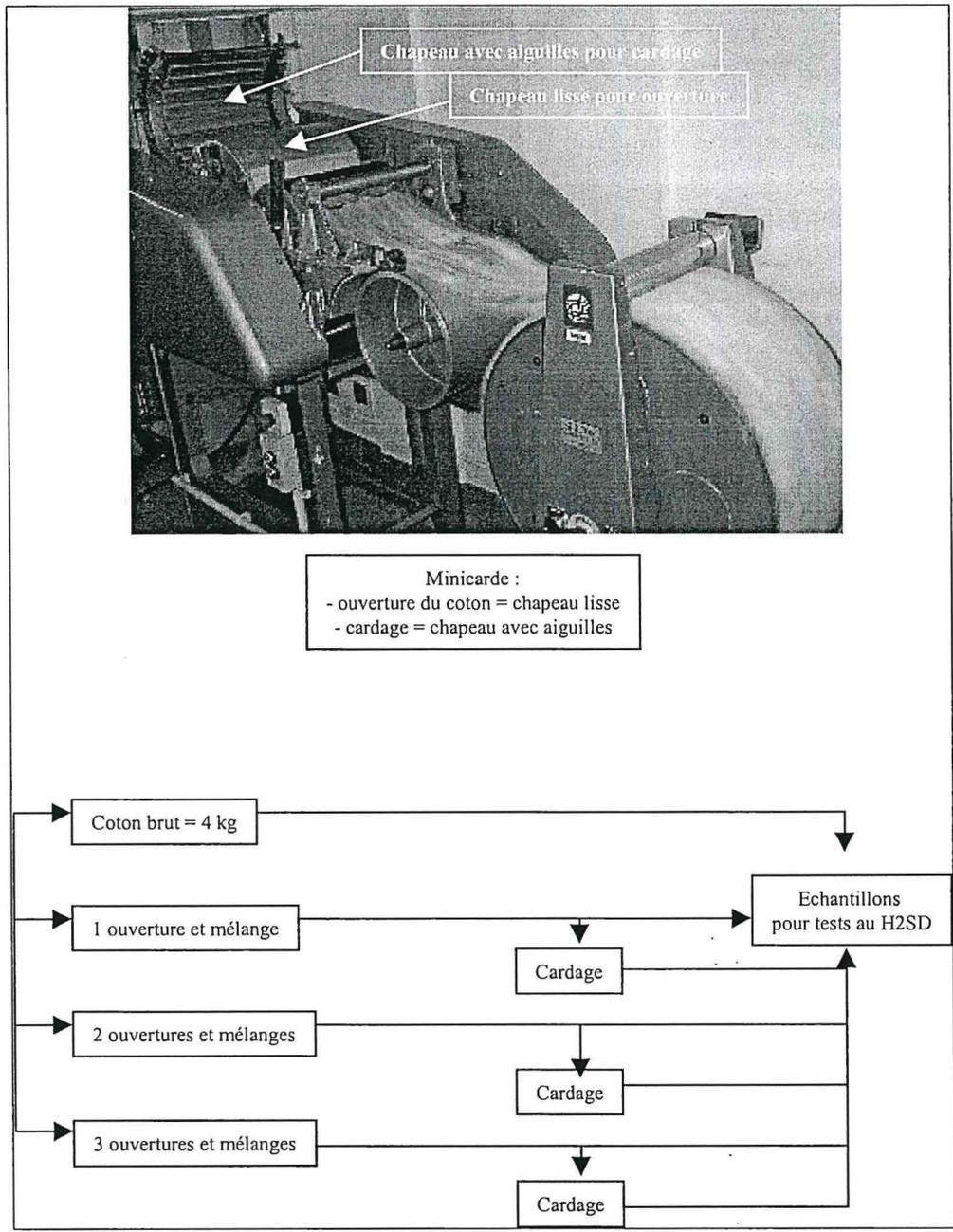


Figure D-28. Procédure expérimentale pour les essais de mélange en laboratoire (photo R. Frydrych).

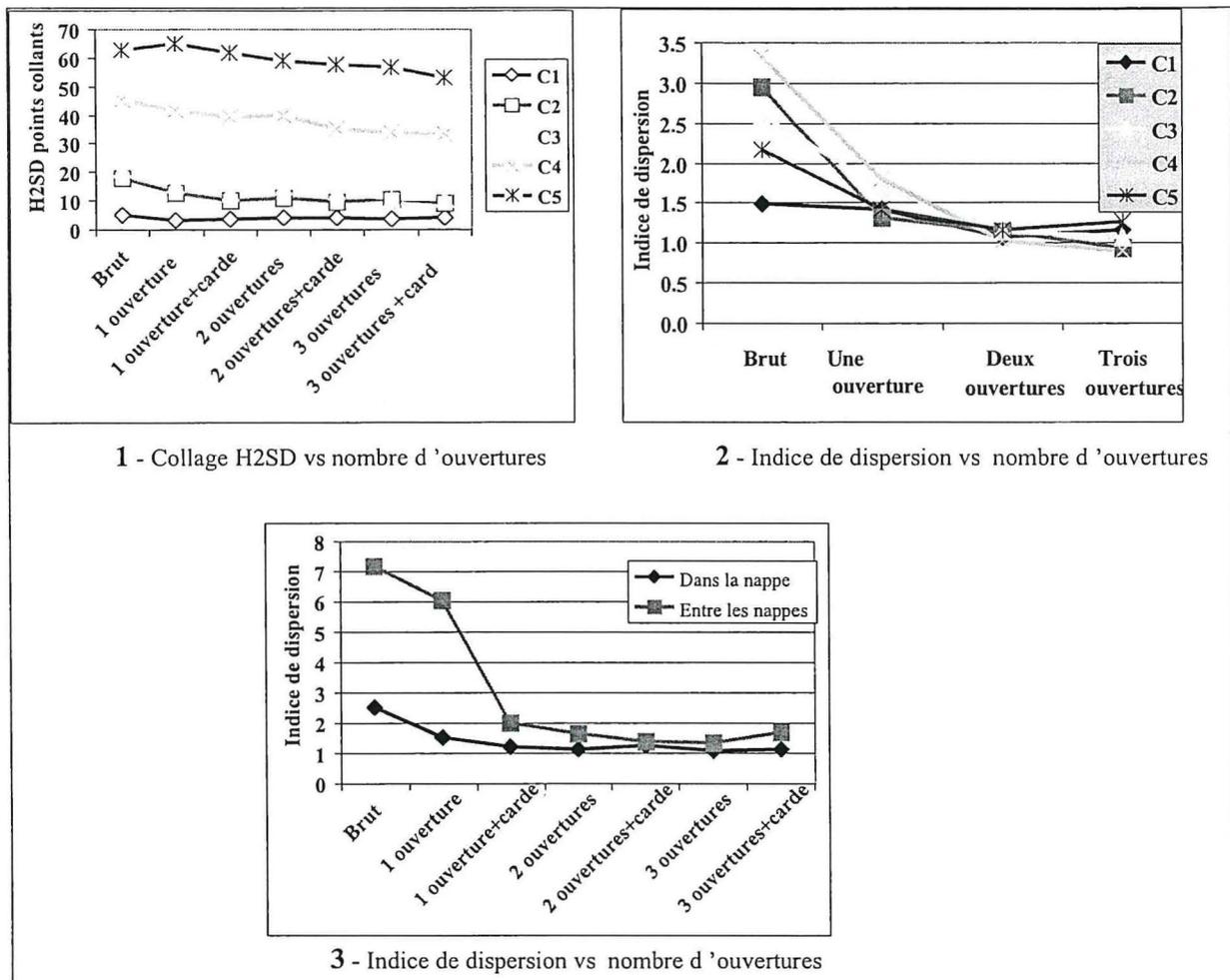


Figure D-29. Evolution du nombre de points collants H2SD et de la dispersion vs nombre d'ouvertures.

D.5.3.3. Préparation industrielle

Au vu des résultats obtenus en laboratoire, nous avons choisi de réaliser les essais en industrie avec le matériel « batteur » qui se rapproche le plus de la technique que nous avons utilisée. Le coton est ouvert puis enroulé sur un rouleau pour obtenir ce qui est appelé le « rouleau de batteur ». Ces tests ont été menés à Madagascar avec la Sté Cotona pour les mélanges et les mesures H2SD au laboratoire Cirad.

D.5.3.3.1. Protocole de prélèvement et de mélange des balles :

Avec une balle de coton, il faut s'attendre à obtenir environ 8 rouleaux de batteurs de 25 kg.

Pour garantir un maximum d'homogénéité entre les rouleaux dès le premier passage de batteur, il est proposé que chacun des 8 rouleaux de batteur soit constitué, systématiquement, de lots de fibre provenant de différentes couches de la balle. Des prélèvements de fibres ont été effectués pour les tests au H2SD, à chaque étape comme suit (Figure D-30) :

- sur brut : la balle est divisée en 8 couches, chaque couche séparée en quatre ce qui forme 32 lots ; quatre lots sont regroupés aléatoirement pour former le rouleau et dix prélèvements de 50 g y sont réalisés ;
- premier passage au batteur : tout au long de la formation du rouleau de 25 kg, 10 prélèvements de 50 g de fibre sont réalisés ;

- deuxième passage au batteur : les 8 rouleaux du 1er passage sont superposés pour former un doublage de 8 ; tout au long de la formation du rouleau de second passage d'environ 25 kg, 10 prélèvements de 50 g de fibre sont réalisés ; 8 rouleaux sont obtenus en sortie ;
- troisième passage au batteur : les 8 rouleaux du second passage sont superposés ; tout au long de la formation du rouleau de 25 kg, 10 prélèvements de 50 g de fibre sont réalisés ; 8 rouleaux sont obtenus en sortie.

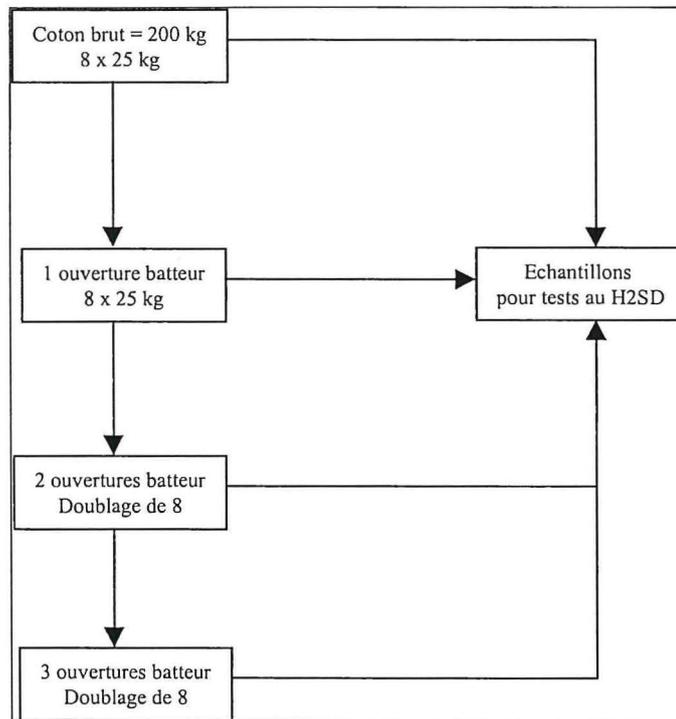


Figure D-30. Procédure de mélange industriel.

D.5.3.3.2. Résultats et discussion

La variabilité du collage au sein de la balle de coton, en brut, est très importante comme le montre la Figure D-31. La moyenne du nombre de points collants décroît avec les mélanges ce qui peut être attribué au degré de nettoyage. Le mélange au batteur s'avère très performant, puisque au 3ème batteur les niveaux des indices de dispersion sont proches de ceux que nous avons obtenus dans le cadre du laboratoire à savoir égal à 1,3 intra-rouleau et à 1,48 en inter-rouleau. Cependant déjà au 2ème rouleau, la dispersion est de 1,33 intra-rouleau et de 1,79 inter-rouleau.

Des balles ayant des niveaux de collage plus faibles sont en cours de préparation. L'intérêt est de posséder au moins trois balles allant de faible à fort collage.

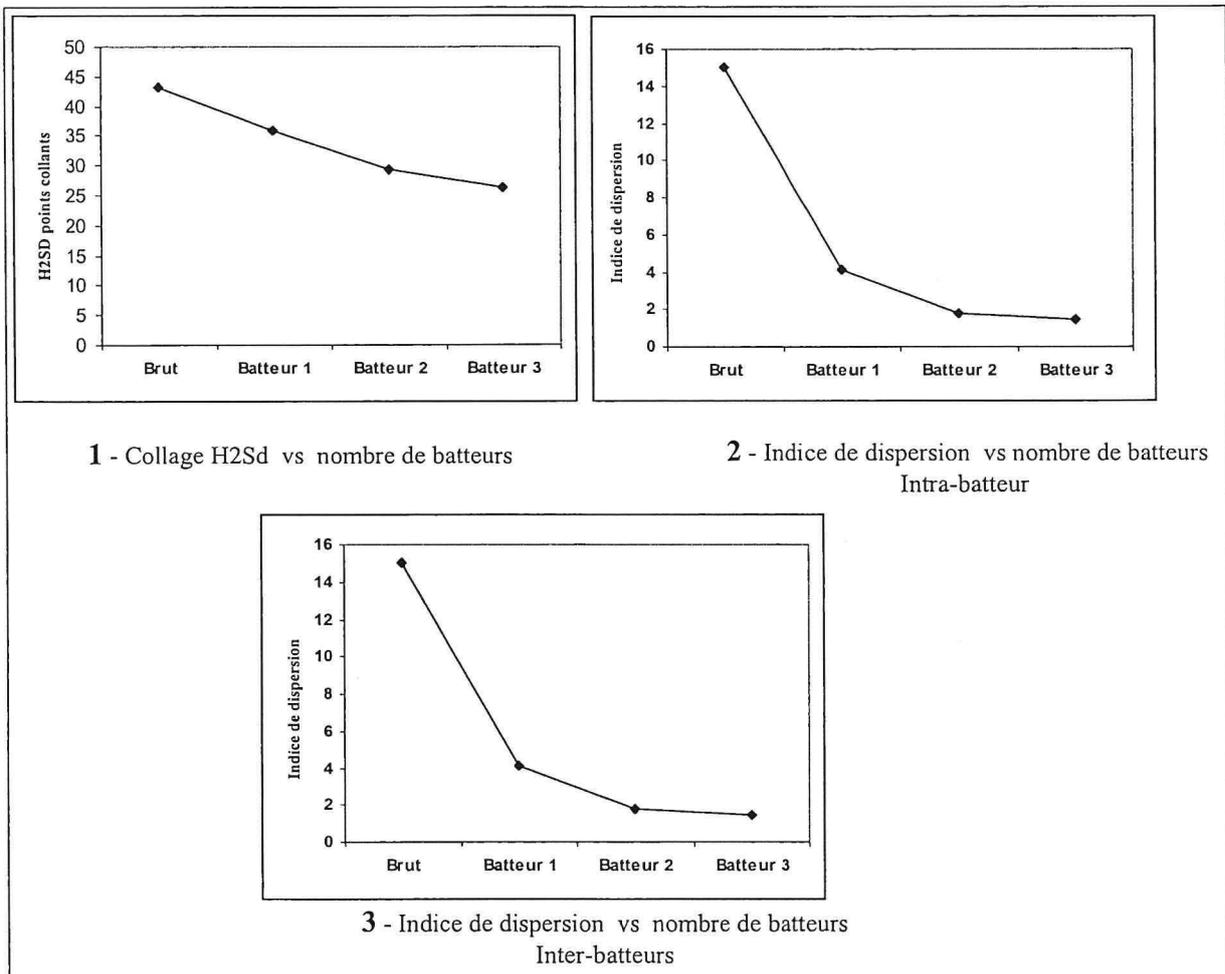


Figure D-31. Evolution du nombre de points collants H2SD et de la dispersion vs nombre de passage au batteur.

D.5.4. Conclusion

Les résultats obtenus montrent bien l'intérêt d'un classement qualitatif du collage par le H2SD. En effet, connaissant la distribution intra-balle du collage, il est possible au producteur de se fixer un seuil de collage lui permettant de garantir des balles d'un niveau inférieur aux limites exigées par le client.

Pour traiter la production d'un pays, le système de classification comportera plusieurs appareils de mesures. Pour vérifier la répétabilité, la reproductibilité des résultats entre machine, garantir donc le niveau des résultats entre appareils, il est indispensable de le vérifier par des cotons de référence. Les quantités nécessaires sont importantes. Il faut en conséquence travailler au niveau de la balle. Nous avons montré qu'il est possible de réaliser des cotons de référence ayant une variabilité proche de celle d'une distribution de Poisson. Dans une seconde étape, il nous paraît indispensable de mettre au point une méthodologie d'échantillonnage des balles, afin que l'échantillon représente bien le collage moyen de la balle et que la variabilité soit proche de celle obtenue à l'entrée de la carte industrielle.

D.6. IMPACT DU COLLAGE SUR LA FILATURE

D.6.1. Objectif

L'objectif de l'étude décrite dans cette partie concerne l'évaluation d'un niveau de collage des cotons compatible avec une transformation économique du coton. Cette étude est une composante du projet international du CFC intitulé : « amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage ».

Les processus de nettoyage et de cardage n'éliminent pas complètement les miellats puisqu'ils sont présents dans le voile de sortie de cardé, puis dans le ruban et enfin à l'intérieur du fil ou à sa périphérie.

En 1995, nous avons réalisé une faisabilité en microfilature pour estimer l'effet des cotons collants sur le processus en filature et la qualité du fil. Pour cela des relations ont été établies par rapport aux mesures SCT et H2SD [C3]. La nepposité du fil a été appréciée dans sa globalité et également selon une méthode d'évaluation mise au point au laboratoire [P4] qui prend en compte chaque nepps. Elle est décrite au chapitre E- 4.1.1.

Les résultats obtenus en microfilature nous ont engagés à initier (Héquet et Frydrych en 1996) une étude similaire au niveau industriel pour essayer d'évaluer un seuil critique de pollution entraînant une baisse de productivité et de qualité du fil. L'étude s'est déroulée [CR8 ; E4 ; P1 ; C1] :

- sur le processus industriel de filature selon les cycles cardé et peigné ;
- en fonction de plusieurs niveaux d'humidité relative en microfilature et en filature industrielle ;
- avec une évaluation du niveau de collage, déterminé par le H2SD, en fonction des taux de mélanges de cotons collants.

Cette étude est très conséquente et, de ce fait, l'ensemble des résultats ne figurent pas dans ce document ; y figurent seulement les plus significatifs ou les conclusions les plus pertinentes.

D.6.2. Mesure du collage et relation avec les problèmes en filature

La filabilité de cotons collants soudanais a été étudiée sur une large gamme représentative de la pollution par les insectes. Pendant la filature de ces balles, les casses, les arrêts, et les problèmes techniques ont été enregistrés et utilisés pour calculer les rendements de toutes les machines de filature.

Des échantillons, prélevés depuis l'ouverture de la balle jusqu'au ruban, ont été permis de suivre l'évolution du collage au cours du processus de transformation. Trois techniques ont été utilisées pour mesurer le collage : la méthode chimique HPLC pour permettre de connaître le type de pollution (par puceron ou mouches blanches), le thermodétecteur SCT et le H2SD. Les qualités, des rubans, des mèches et des fils, ont été suivies par l'analyse d'échantillons prélevés à ces différentes étapes de la filature. Les résultats présentés sont extraits de la thèse de Fonteneau-Tamime [E4].

D.6.2.1. Filature en cycle cardé

Des tests de filature ont été conduits en cycle cardé selon les deux principales techniques de filature (conventionnelle ou à anneaux et open-end), sur 24 balles de coton (Figure D-32), sous des conditions de température et d'humidité relative généralement recommandées pour

une filature. Les essais de filature ont été réalisés à l'IFTH (Villeneuve d'Ascq).

Des relations ont été établies entre les différents niveaux de collage et les critères de production et de qualité et ont permis de définir le meilleur indicateur actuel de collage, dans les conditions de cette étude, c'est à dire le nombre de points collants déterminé par le H2SD.

Cet appareil, en plus de fournir les résultats les mieux corrélés avec les critères de productivité (casses et rendements) et aux critères de qualité (régularité, imperfections et propriétés de résistance du fil), est l'appareil le plus rapide et le mieux adapté aux applications industrielles pour la détection du collage dans les balles. Les autres méthodes de mesures étudiées restent cependant bien corrélées aux critères de production et de qualité, mais les coefficients de détermination n'égalent pas ceux obtenus avec le H2SD. Les mesures chimiques HPLC nous ont permis de séparer les différents sucres et ainsi de déterminer le type d'insectes ayant infesté les cotons. Dans la très grande majorité des cas, nous avons du mélézitose et tréhalulose ce qui indique que l'infestation concerne principalement les mouches blanches ou simultanément pucerons et mouches balnches .

Jusqu'à présent, nous avons utilisé la transformation racine carrée pour stabiliser les variances avant toute interprétation statistique. Ceci complique parfois l'interprétation des résultats, car il n'est pas toujours aisé de raisonner à l'échelle des valeurs transformées. L'utilisation de la transformation est intéressante lorsqu'elle apporte plus de précision à la régression étudiée et améliore la normalité des résidus. Ceci n'a pas été le cas dans cette étude et donc les régressions n'ont pas été exprimées dans les échelles transformées.

Les résultats des prélèvements d'échantillons de coton lors des étapes de transformation ont permis d'évaluer l'évolution de l'indice de dispersion pour le SCT et le H2SD. Le Tableau D-9 montre que la variabilité au sein de la balle traitée se réduit fortement dès le premier traitement. Au stade du ruban de carde, les résultats obtenus avec le H2SD montre qu'elle est proche d'une distribution poissonnienne.

En filature conventionnelle, les résultats indiquent que le banc à broches est la machine la plus sensible au collage (Figure D-33). Des pertes importantes de rendement sont observés en fonction du niveau de collage à cause des casses et des enroulements occasionnés autour des cylindres. Cependant pour les autres machines (carde, banc d'étirage, continu à filer), on note également des pertes de production en fonction du nombre de points collants.

La filature open-end semble être moins sensible au collage que le continu à anneaux (Figure D-33). La perte de rendement est graduelle avec une pente légère alors que le taux de casses en filature conventionnelle augmente plus rapidement avec le collage .

Une autre différence plus visible entre les deux techniques de filature concerne la qualité du fil. Les résultats significatifs sont représentés en Figure D-34. Alors que la qualité des fils conventionnels (coefficient de variation de la masse, imperfections et ténacité) se détériore quand le collage augmente, les propriétés des fils open-end ne sont que faiblement sensibles au collage. Dans le cas du fil Open-end, seule la ténacité semble affectée ; le fagotage (structure du fil) explique probablement la difficulté de mise en évidence, pour les sensibilités des appareils de régularimétrie, les irrégularités et les imperfections.

En conclusion, cette expérience a été conduite pour déterminer un seuil pour séparer les balles non collantes des collantes. Cependant, à cause de cette augmentation graduelle des incidents avec le collage, il n'a pas été possible de déterminer un seuil unique et général à partir duquel les problèmes de filature deviennent trop importants. En fait, le seuil dépend du nombre d'incidents accepté par l'acheteur. Les taux de casses doivent rester comparables d'une balle à l'autre pour un même nombre de points collants H2SD.

Tableau D-9 . Indice de dispersion pour les valeurs de nombre de points collants mesurés au SCT et H2SD en fonction de l'étape de transformation.

	SCT	H2SD
Coton brut	3.01	4.40
Ouvreuse brise-balle Laroche	2.11	2.71
Ouvreuse nettoyeuse RN	2.27	2.13
Ouvreuse mélangeuse RSK	1.75	1.93
Ruban de cardé	2.44	1.20

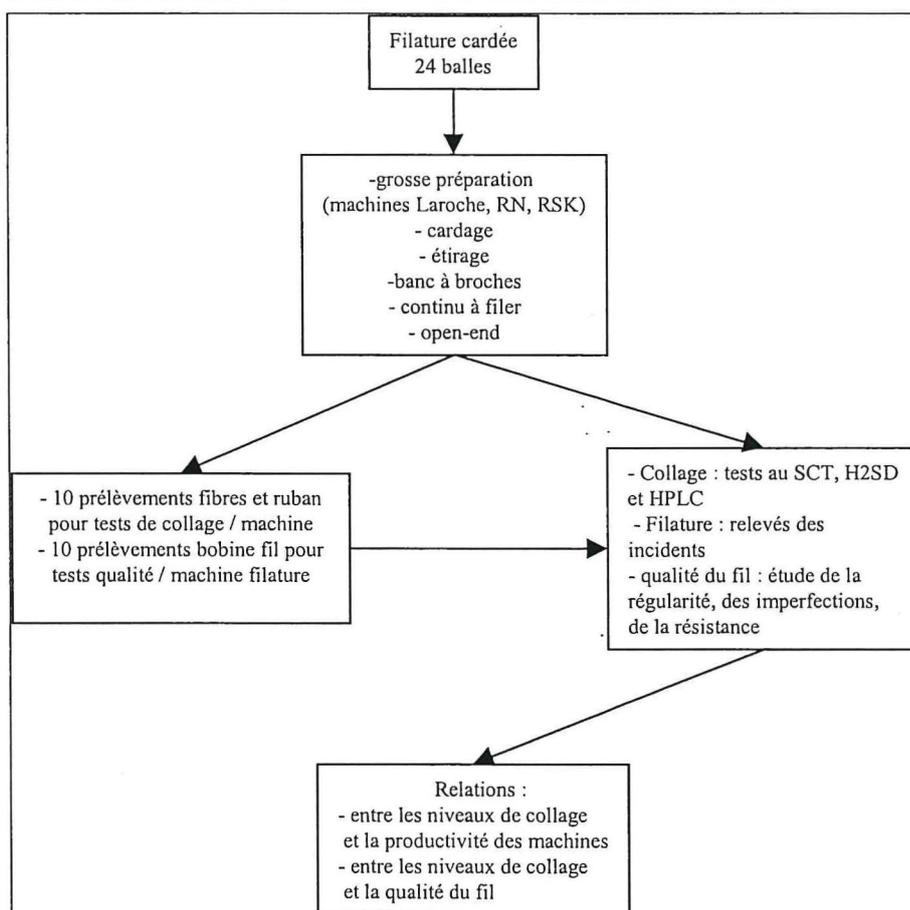
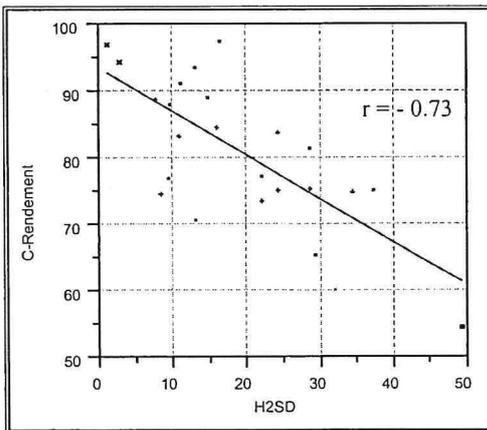
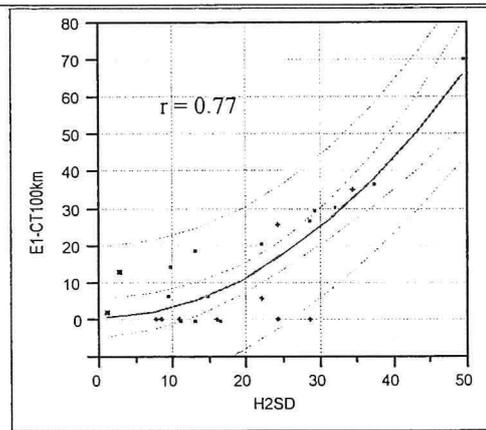


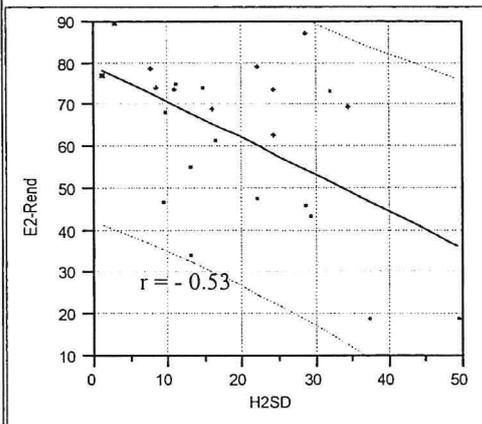
Figure D-32 . Schéma de production et des tests en filature cardée.



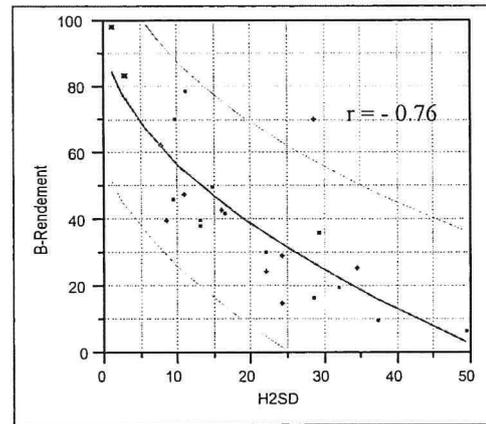
Rendement carte vs H2SD



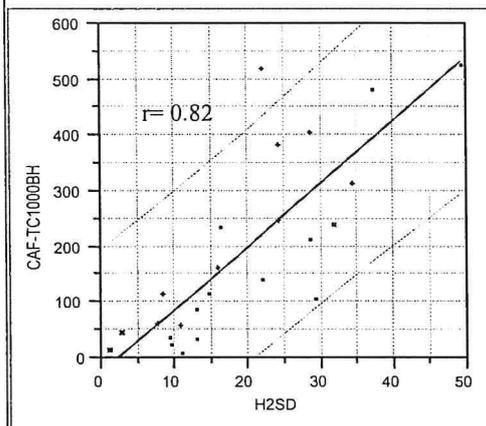
Total casses 1er étirage vs H2SD
(100 km de ruban)



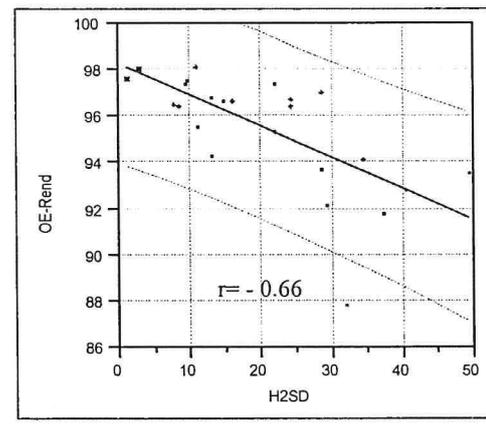
Rendement 2eme passage étirage vs H2SD



Rendement banc à broches vs H2SD



Total casses continu à filer vs H2SD
(1000 broches heure)



Rendement de l' Open-end vs H2SD

Figure D-33 . En filature cardée, casses et rendements vs H2SD.

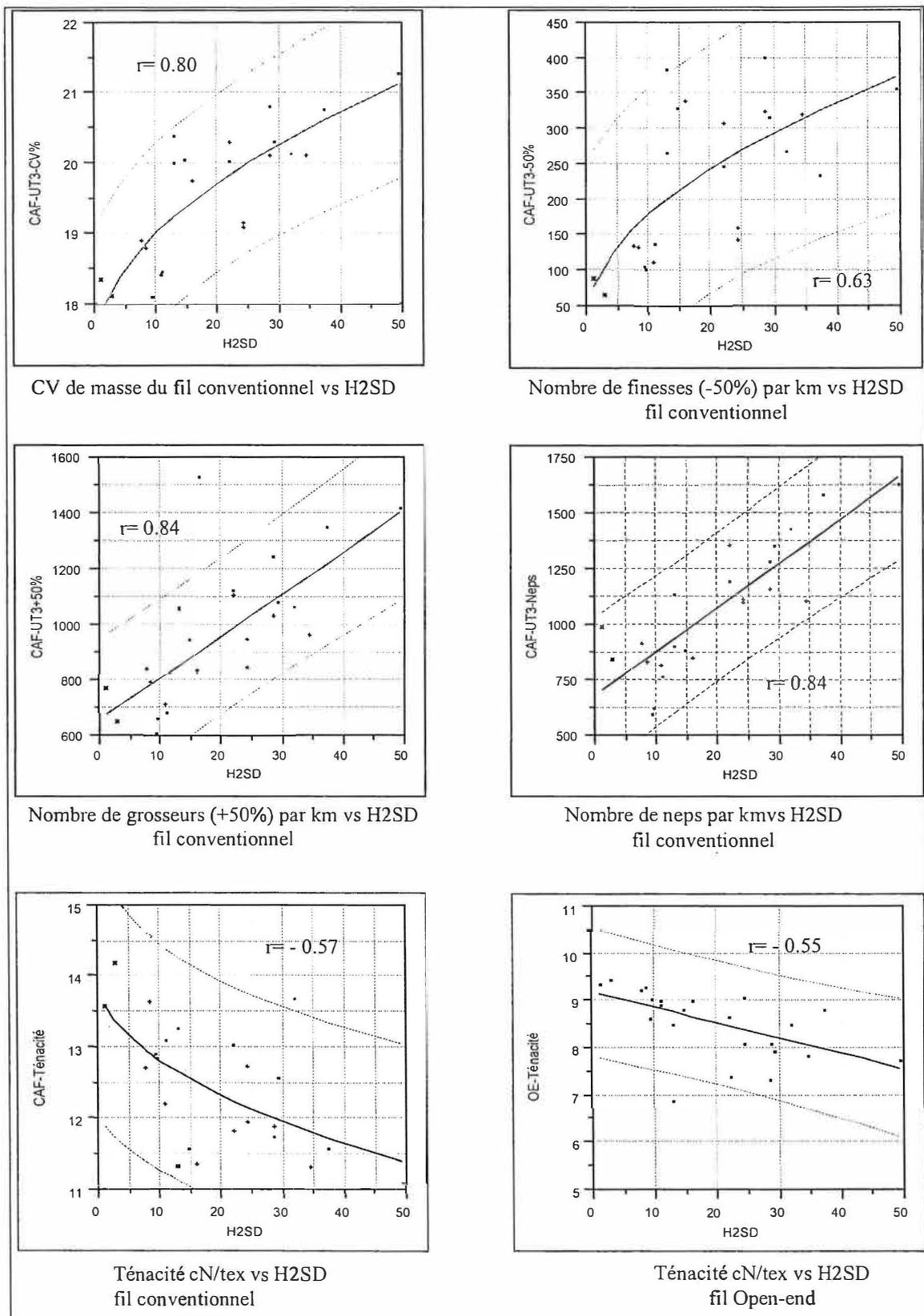


Figure D-34 . En cycle cardé, critères de qualité du fil vs H2SD.

D.6.2.2. Filature en cycle peigné

Contrairement à la gamme de balles collantes utilisées en cycle cardée, celle des cotons pour le cycle peigné est faible. Rares sont les balles présentant un collage supérieur à 10 points (brut). Cinq balles ont été choisies pour tenter d'effectuer une analyse descriptive des effets du collage sur les machines de filature

Pour la grosse préparation et le cardage, la procédure reste celle du cycle cardé. Puis le cycle peigné a été réalisé selon la Figure D-35, à la Sté Caulliez-Frères.

Le nombre de points collants varie peu du brut jusqu'au rouleau alimentant la peigneuse (Tableau D-10). Il chute ensuite ce qui montre que le peigne élimine les points collants. Ceux-ci se retrouvent dans les déchets dénommés blousses.

Tableau D-10 . Evolution du collage aux différentes étapes de la transformation du coton.

Balle	Coton brut	Coton Laroche	Coton RN	Coton RSK	Ruban carde	Rouleau peigneuse	Blousses peignage	Ruban Peigneuse
1	17	15	14	7	7	10	35	4
2	10	8	11	11	8	4	11	2
3	8	10	11	9	5	4	33	3
4	6	5	3	3	2	3	21	1
5	16	13	12	10	7	7	22	5

Avec cette gamme de collage représentant des cotons faiblement collants, les machines du cycle cardé (carde, banc d'étirage, et continu à filer) ne sont pas affectés par le collage. Cependant en ce qui concerne la partie peignée, étirage-réunissage et peigneuse, les casses sont plus importantes. Cela prouve que le collage peut poser des problèmes dans les filatures peignées.

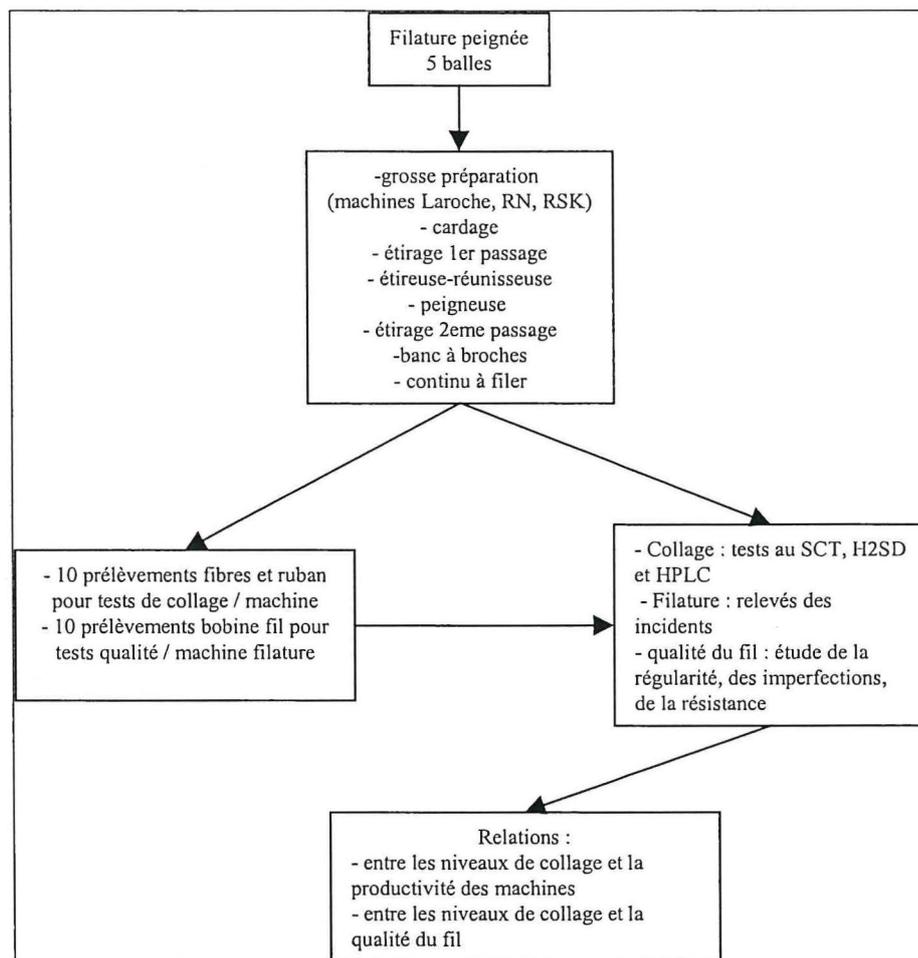


Figure D-35 . Schéma de production et des tests en filature peignée.

D.6.3. Influence de l'humidité relative sur la manifestation du collage

Deux expérimentations ont été menées. En filature industrielle sur quatre balles de coton très collantes. En microfilature, avec sept balles représentant une gamme de collage.

D.6.3.1. Filature industrielle

Les conditions d'hygrométrie ont été ramenées à 38,5% pour cette étude.

Dans ces conditions, il a été montré une amélioration de la filabilité des cotons fortement collants. Celle-ci reste cependant relativement faible pour la carte et le banc d'étirage, mais est substantielle pour le banc à broches et le continu à filer. Le rendement et les casses sur ces deux dernières machines se trouvent nettement améliorés par la diminution de l'humidité relative.

En ce qui concerne les critères de qualité, il semble que l'humidité relative agisse peu sur la régularité du ruban et de la mèche. En revanche la qualité du fil est considérablement améliorée.

D.6.3.2. Microfilature

Sept cotons ont été sélectionnés parmi les 24 cotons filés industriellement à l'IFTH pour avoir une gamme de niveaux de collage. Un test de microfilature a été réalisé sur chaque coton sur 1 kg de fibre selon les deux procédés de filature, conventionne (RS) et open-end (OE) dans

trois conditions d'humidité relative : 40%, 45%, 55%. Nous avons utilisé la procédure de filature évolutive décrite au chapitre E.5.

Pendant chaque phase de la filature de ces balles, les casses, les arrêts, les interventions ou nettoyage pour éviter que la filature ne soit interrompue, ont été relevés.

Comme dans l'expérimentation industrielle, le collage affecte à la fois les paramètres de productivité et de qualité de façon plus ou moins importante selon le niveau de l'humidité relative.

Ainsi en filature RS, le collage a augmenté le nombre de nettoyages et d'interventions pendant la filature, à la minicarde, à l'étirage, au continu à filer. Plus l'humidité est élevée (55%), plus ceux-ci sont nombreux. Par contre à 40% d'HR, les nettoyages interventions sont pratiquement inexistantes. De même pour les critères qualitatifs des fils, en fonction du collage, les pentes des relations obtenues sont affectées par les conditions ambiantes. Ainsi bien que la filature à faible humidité améliore le fonctionnement des machines de filature, les critères de qualité du fil restent affectés aux plus faibles humidités.

Pour la filature OE, le collage affecte le fonctionnement de la machine à 55 % d'HR, le nombre de casses de fil est significatif. Par contre, nous n'avons pas pu montrer d'effet du collage à 45 et 40 % d'HR sur le fonctionnement de la machine. La qualité du fil est également plus altérée à 55 %, qu'à 40 %.

D.6.4. Proportionnalité entre la densité des points collants et les résultats H2SD, test d'une dérive dans le temps et d'une dépendance entre mesures successives

D.6.4.1. Objectif

Le principe du H2SD requiert et suppose l'hypothèse d'un nettoyage suffisant des garnitures de l'ouvreuse entre chaque échantillon et son suivant, sans quoi une contamination pourrait être suspectée et les mesures ne seraient plus indépendantes. D'autre part, des points collants voisins peuvent être groupés par le système d'analyse d'image et apparaître comme un seul point. Ce problème a une grande chance d'apparaître quand la densité des points collants augmentent et un effet de saturation peut arriver avec une forte contamination. Il était important de vérifier si cette saturation pouvait avoir une importance pratique. Si elle est négligeable, le nombre de points collants comptés par H2SD est proportionnel à leur densité dans l'échantillon.

Un mélange dans les proportions a et b , ($a+b=1$) de cotons de niveau de collage X et Y (lectures H2SD) devrait donner un mélange de coton avec un niveau de collage de $aX + bY$ si la mesure est linéaire.

Comme la thermodétection est basée sur la combinaison teneur en humidité et chaleur appliquée, il était important de vérifier la stabilité de la mesure dans le temps.

Ainsi, il a été testé les trois propriétés : l'indépendance des résultats, l'absence de biais et la linéarité sur un jeu d'échantillons représentant une gamme de collage (Gozé *et al.*, [CR8]).

D.6.4.2. Matériels et méthodes

Une expérience de mélange de cotons a été menée pour vérifier la linéarité de la mesure. A cet effet, treize cotons du sudan, de collage moyen à très fort, ont été mélangés en 4 proportions différentes (25%, 50%, 75% et 100%.) avec du coton réputé non collant. Pour détecter une éventuelle dérive, 2 cotons collants ont été ajoutés et mesurés au H2SD, dans le dispositif en blocs complets à 10 répétitions. Enfin pour détecter une éventuelle contamination

d'un coton collant sur le suivant, un témoin non collant a été testé pour chaque coton collant pur.

D.6.4.3. Résultats et discussion

La Figure D-36 synthétise les résultats obtenus sur les cotons de référence pour étudier une éventuelle dérive dans le temps. Il semble qu'il existe une très légère dérive avec le temps qui est confirmé par le test de Phillips-Perron avec une auto-corrélation significative pour le coton très collant « 333 ». Pour l'analyse des données, le biais est compensé en prenant en compte l'effet du bloc et l'auto-corrélation est annulée par la randomisation.

L'effet de la contamination a été mesuré en analysant un coton de référence après un coton collant (100%) ou un autre coton de référence non collant. La possible contamination a été testée en comparant les mesures moyennes obtenues avec les différents échantillons précédents. Pour ce faire, une analyse de variance a été réalisée sur les résultats des cotons de référence avec un seul facteur : le coton précédent à la mesure. Il en ressort que l'effet du coton précédent n'est pas significatif pour l'échantillon suivant ($P = 0,65$ et $P = 0,44$). En conclusion, les données montrent que le nettoyage du rotor est suffisamment performant pour garantir l'absence d'effet des cotons collants sur les résultats.

La proportionnalité entre la densité des points collants et le collage mesuré au H2SD a été testée en utilisant un modèle linéaire généralisé. Considérant la gamme des k cotons de niveaux inconnus de collage b_1, b_2, \dots, b_k , mélangés en proportions connues p_1, p_2, \dots, p_k , si la proportionnalité existe entre les points collants de l'échantillon et le niveau de collage Y mesuré au H2SD, alors l'espérance s'écrit :

$$E(Y) = \sum_{i=1}^k b_i p_i \quad (\text{Equation D-15})$$

Si la proportionnalité n'est pas vérifiée, l'espérance de Y est une fonction du mélange considéré :

$$E(Y) = f(b_i, p_i) \quad (\text{Equation D-16})$$

Comme la variance de Y est proportionnelle à cette espérance, Y suit dans les deux cas un modèle linéaire généralisé avec surdispersion. Le modèle D-16 étant plus général que le modèle D-15, ce sont des modèles emboîtés, un test des vraisemblances maximales peut donc être utilisé pour tester la linéarité. Si ce test est significatif, le modèle D-16 est significatif, meilleur que le D-15, modèle de linéarité qui est alors rejeté.

Une apparente proportionnalité entre la proportion de coton collant et les résultats de mesure au H2SD apparaît, excepté pour les trois cotons les plus collants où les « 100% dans le mélange » ne sont pas alignés avec les autres points (Figure D-37)

Le test de vraisemblance confirme cette impression. Dans la gamme de cotons, la non-proportionnalité est significative et la mesure n'est pas linéaire. Par contre, si les trois cotons très collants sont éliminés, le test devient non significatif et la mesure peut-être considéré comme linéaire.

Nous pouvons conclure que dans le cadre de l'étude menée, la mesure est linéaire en dessous de 40 points collants, mais ne l'est pas au-dessus.

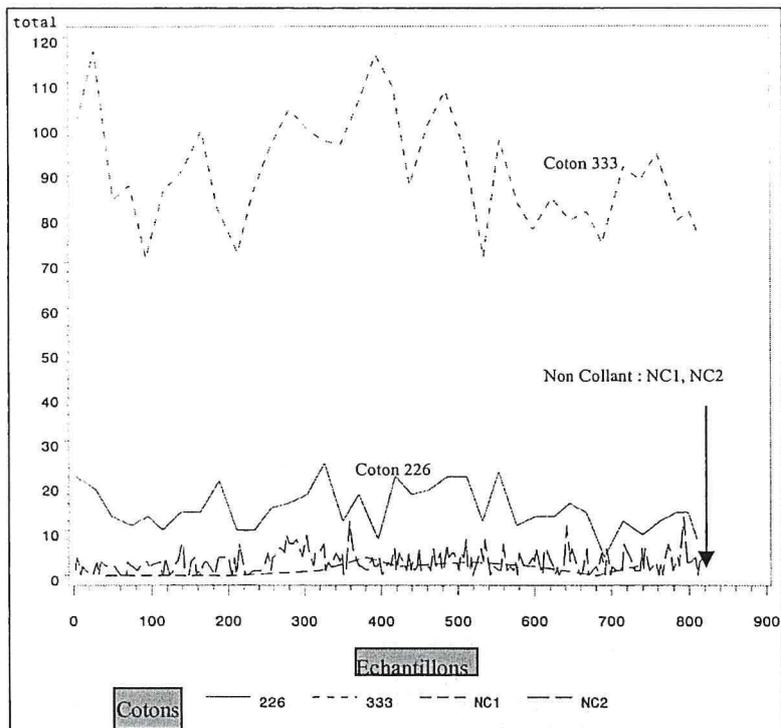


Figure D-36 . Echantillon de référence : résultats H2SD vs temps

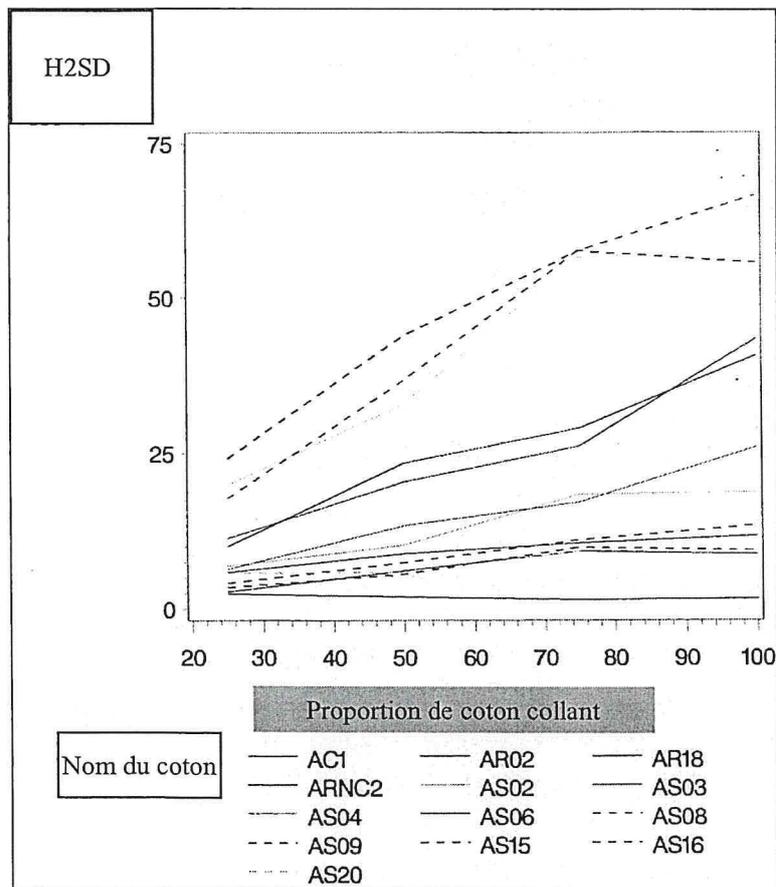


Figure D-37 . Evolution de la proportionnalité des mélanges au H2SD.

D.6.4.4. Conclusion

Dans le cadre de cette étude où nous avons utilisé uniquement 1 kg de coton par niveau de collage, la sur-dispersion est faible comparativement à celle que nous avons rencontré sur les cotons du Soudan au niveau de la balle.

Il existe un léger biais dans le temps qui pourrait-être corrigé en utilisant des cotons de référence qui devront être bien mélangés. Il semble ne pas y avoir de contamination d'un coton non collant suivant un coton très collant.

Nous pensons qu'il faut considérer un mélange binaire comme une fonction des données du H2SD sur les cotons individuels et leur pourcentage dans le mélange.

D.6.5. Conclusion

La partie que nous venons d'étudier, définissant l'impact des cotons collants en filature, fournit des résultats qui représentent une avancée importante dans la compréhension du phénomène du collage, sa gestion, ses répercussions négatives pour les filateurs. Ces résultats, diffusés au niveau international par l'ICAC, vont permettre à l'ensemble de la filière cotonnière – le producteur, l'égreneur, le négociant, le filateur, les chercheurs sur le terrain - de prendre mieux en compte ce problème, de mettre en œuvre les solutions existantes et d'appliquer de nouvelles approches pour réduire les cotons collants.

D.7. UTILISATION DES COTONS COLLANTS EN FILATURE

D.7.1. Utilisation possible des cotons collants dans certaines conditions

L'utilisation des cotons collants en filature a été traitée dans les paragraphes précédents et nous allons uniquement rappeler les possibilités offertes pour filer les cotons collants.

- le mélange de cotons collants et non collants permet d'abaisser le collage moyen et donc les dépôts de miellats sur les cylindres en pression des machines de filature ;
- la baisse de l'humidité relative est un moyen très significatif pour diminuer les effets négatifs sur la production ; l'humidité voisine de 40 à 45 % est recommandée.

D.7.2. Neutralisation des miellats

Les méthodes de gestion des cotons collants en filature ont leur limite, et c'est pourquoi, nous avons évolué vers la mise au point de méthodes ayant une action directe sur les miellats. Nous avons imaginé deux techniques pouvant convenir pour réduire leur potentiel de collage [CR3].

D.7.2.1. Méthode mécanique

La méthode mécanique SCC9 [B1] retire les miellats des masses de fibre. Son principe consiste à restructurer la masse de fibre, en la mettant sous forme de nappe et à faire circuler cette nappe entre un train de 4 fois 3 rouleaux en pression (Figure D-38). Le coton doit contenir une teneur en humidité suffisante d'environ 7,5%. Les points collants, qui sont alors suffisamment humides, se déposent sur les rouleaux en pression. Un nettoyage automatique par grattage des rouleaux est effectué. Des tests au thermodétecteur ont montré une chute des points collants. Ce procédé

n'abîme pas les fibres, mais son débit semble insuffisant pour une utilisation industrielle et, à ce jour, son développement n'a pas été poursuivi.

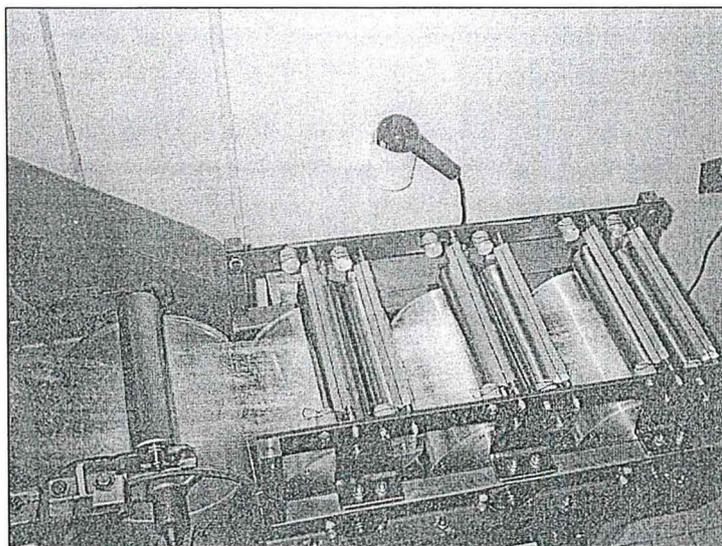


Figure D-38 . Prototype de neutralisation à humidité ambiante (photo R. Frydrych).

D.7.2.2. Méthode thermomécanique

Ce principe de neutralisation consiste sinon à éliminer les miellats, au moins à les transformer pour les rendre inactifs durant les phases de filature.

A l'aide du thermodétecteur, nous avons mis au point une méthode de neutralisation des miellats qui utilise, le principe de la thermodétection. Une nappe de fibre est prise en sandwich entre deux supports, non plus en aluminium mais en tissu imbibé d'eau (Figure D-39-1). L'ensemble est soumis à une pression et à une chaleur de 100°C appliquées pendant quelques secondes (10 s). La nappe traitée subit ensuite un rapide séchage pour éliminer l'excès d'humidité [B2 ; CR3].

Plusieurs événements se produisent au cours du traitement. Sous l'effet de la température, de l'humidité et de la pression, les miellats se ramollissent, se déposent sur les tissus humides et se dissolvent à leur contact. La vapeur chaude créée peut circuler au sein de la nappe entre les fibres; elle fait office d'agent mouillant ; de même, elle ramollit les miellats situés dans l'épaisseur de la nappe, les dissout partiellement ou change leur forme et probablement leur structure ; des tests en HPLC devraient pouvoir donner des indications.

Une évaluation des divers sucres, contenus par les cotons bruts et les cotons traités, a été réalisée par le laboratoire de chimie. Les valeurs moyennes des taux de sucres contenus dans les échantillons de fibre de deux cotons bruts et traités sont reportées dans le Tableau D-11. Ces chiffres indiquent une légère chute du taux de sucres dans les cotons traités.

La Figure D-40 montre une chute du nombre de points collants après le traitement à la vapeur, pour des nappes de coton de 34 g/m². Quel que soit le potentiel de collage des cotons bruts, le degré de collage après traitement est extrêmement faible.

Tableau D-11 . Analyse chimique des sucres par chromatographie sur couche mince ; résultats exprimés en pourcentage (P/P) de fibres.

Type de sucre	Taux de sucre en %			
	Coton 1 : brut	Coton 1 : traité	Coton 2 : brut	Coton 2 : traité
Glucose	0,20	0,13	0,20	0,15
Fructose	0,20	0,15	0,30	0,18
Saccharose	0,12	0,05	0,12	0,08
Mélézitose	0,05	0,03	0,05	0,03
Raffinose	Trace	Trace	Trace	Trace
Total	0,57	0,36	0,67	0,44

Afin d'évaluer l'effet du traitement à la vapeur sur les principales caractéristiques des fibres et du fil, nous avons réalisé une étude sur huit cotons, représentant une gamme de collage de 20 à 325 points collants mesurés au SCT. Des nappes avec des masses surfaciques de 125 g/m² ont été traitées. Puis, les essais suivants ont été réalisés :

- une analyse technologique complète de la fibre ;
- des essais en filature à anneaux sur 50 g de matière pour un fil de 20 tex et un relevé de toutes les perturbations au cours du processus de filature ;
- une inspection visuelle des neps sur fil, afin de séparer les débris de coque, les neps fibre, les miellats et les débris végétaux.

Nous présentons uniquement les résultats concernant deux caractéristiques :

- l'évolution du nombre de miellats déterminés au thermodétecteur (Figure D-40) ;
- l'évolution du nombre de miellats sur fil (Figure D-41).

La Figure D-40 et la Figure D-41 montrent une diminution très importante du nombre de miellats avant et après le traitement à la vapeur.

D'autre part, il n'y a pas eu d'effet négatif, sur les caractéristiques de la fibre, sauf une légère baisse de la réflectance (le coton est légèrement plus terne). En ce qui concerne les caractéristiques du fil, le traitement n'a pas eu d'effet négatif sur la résistance et l'allongement. Un effet positif est à noter sur la régularimétrie du fil. Par ailleurs, une légère hausse des neps coque est à relever. Durant le processus de filature, les cotons traités n'ont posé aucun problème ; pourtant, certains cotons très collants, même après le traitement à la vapeur, conservent des points collants (Figure D-40) ; cependant ceux-ci, dans les conditions d'humidité relative de la filature, n'induisent plus de perturbations.

Nous avons poursuivi les tests avec un générateur de vapeur d'une pression d'environ 2 kg (Figure D-39-2-3). Un coton très fortement collant a été mis sous forme de quatre nappes ayant des masses respectives de 29, 58, 87, 125 g/m².

Après le traitement, les tests au thermodétecteur montrent que le nombre de points collants a chuté fortement, même pour une masse de 125 g/m² (Tableau D-12) .

Cette voie de neutralisation du collage des cotons contaminés par les miellats semble intéressante. Son application sur des cotons en forte teneur en sucres d'origine physiologique pourrait être testée.

Tableau D-12 . Effet du traitement d'un coton collant, avec un générateur de vapeur, sur le nombre de points collants obtenu au thermodétecteur.

Masse surfacique de la nappe		29 g/m ²	58 g/m ²	87 g/m ²	125 g/m ²
Nombre de points collants au SCT	Coton brut	157	157	157	157
	Coton traité	2	31	62	68

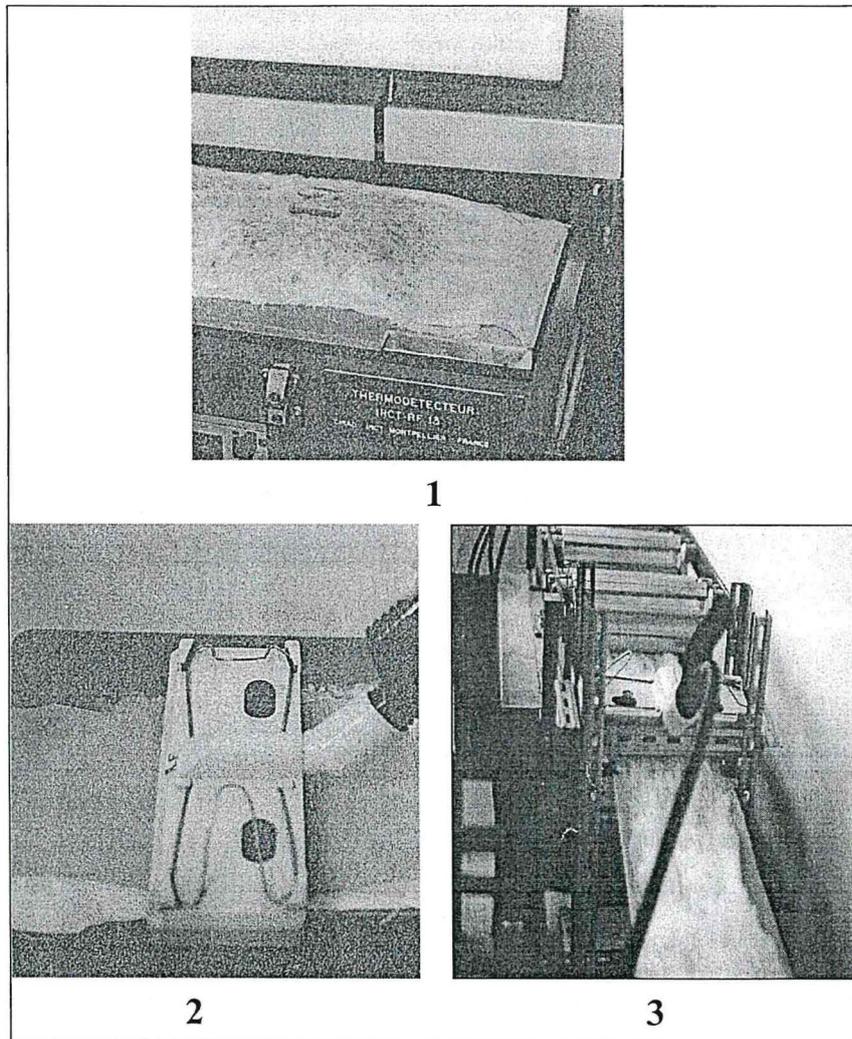


Figure D-39 . Neutralisation des miellats à la vapeur (photos R. Frydrych).

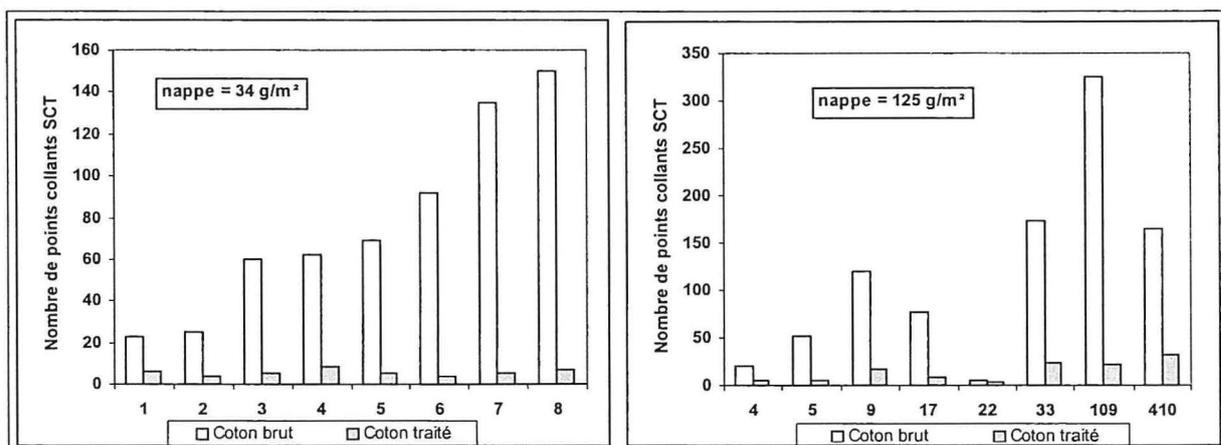


Figure D-40. Evolution du potentiel de collage selon la masse surfacique traitée

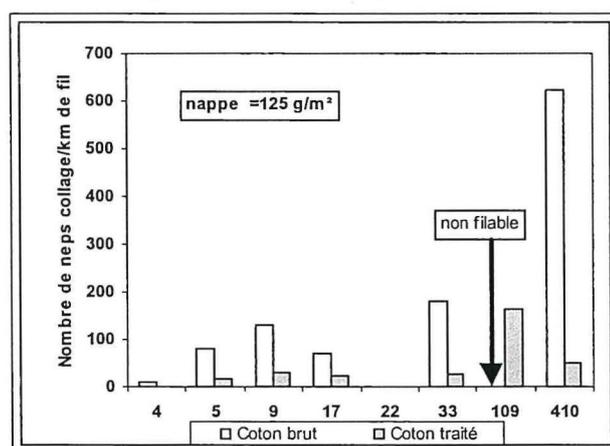


Figure D-41. Evolution des neps collage sur fil après traitement à la vapeur.

Nous reprendrons l'étude d'élimination du collage par la vapeur en orientant nos tests vers l'évaluation des sucres par HPLC pour mieux comprendre cet effet de non collage. L'intérêt est de pouvoir mettre en évidence l'action de certains sucres spécifiques sur le collage aux cylindres, ou alors une action combinée de sucres.

D.7.2.3. Détermination du pouvoir collant du coton

Jusqu'à présent, nous avons constaté les effets des miellats sur les supports, dépôts et encrassements. Il nous est apparu nécessaire d'étudier les phénomènes de collage de manière plus fondamentale, par une approche sur le comportement des miellats, autrement dit des sucres par rapport aux surfaces sur lesquelles ils adhèrent.

D.7.2.3.1. Premiers tests empiriques

Le H2SD étant un appareil de mesure rapide, pour réduire l'encrassement de la plaque chaude en aluminium en contact avec le pavé de coton et éviter son nettoyage trop fréquemment, nous avons enduit cette surface d'un revêtement de silicone qui réduit fortement le dépôt des miellats (collaboration avec Rhodia silicone). Ce résultat montre que selon l'état de surface, le pouvoir collant des miellats est différent et qu'il faut explorer cette voie pour réduire l'encrassement et avoir un enlèvement aisé des dépôts.

Une seconde étude a consisté à évaluer à la minicarde, l'adhésion des dépôts de miellats sur les rouleaux en pression, empiriquement. Des cotons très collants ont été testés dans plusieurs

conditions ambiantes et de températures des rouleaux comme l'indique la Figure D-42. Les résultats montrent que la température des rouleaux a peu d'effet sur le collage, que par contre l'effet de l'humidité relative est significatif. Une remarque importante est que même si les cotons pollués par les pucerons collent, l'adhésion des miellats est moins importante que celles des mouches blanches ; l'appréciation a été réalisée par une sensation de résistance à un nettoyage à la main. A 45% d'HR, seuls quelques miellats se déposent sur les cylindres, sans coller vraiment.

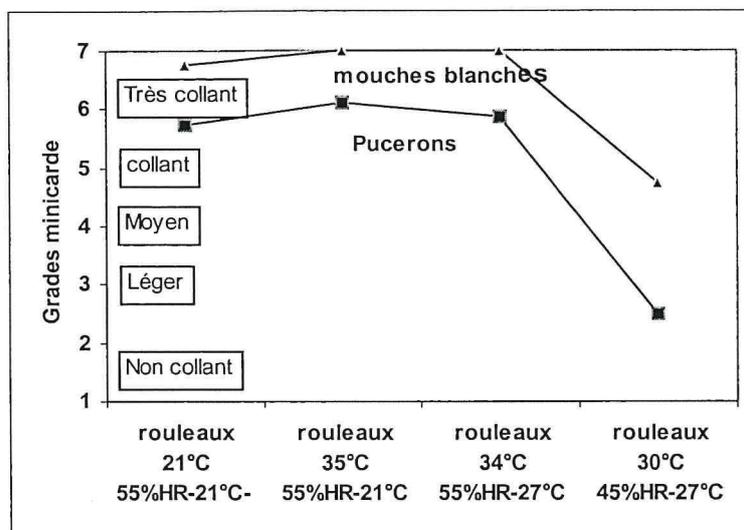


Figure D-42 . Collage des miellats de pucerons et mouches blanches à la minicarde.

D.7.2.3.2. Tests d'adhérence des sucres

L'adhésion de certains sucres individuels a été étudiée par Amara [E5]. Nous allons rapporter quelques résultats de ses études.

Amara indique que l'adhésion est liée à trois facteurs :

- l'état de surface des deux constituants (porosité, surface spécifique, pollution, présence de sites actifs..) ;
- la mouillabilité, donc l'aptitude à créer un contact suffisant entre les deux surfaces ;
- l'adhésivité, autrement dit l'aptitude à créer des forces d'interaction entre les deux surfaces.

L'étude des mécanismes d'adhésion est pluridisciplinaire et peut se faire à différentes échelles, selon que l'on observe le phénomène sur le plan microscopique ou macroscopique. Elle recouvre des domaines aussi variées que la physico-chimie des surfaces et interfaces, la résistance des matériaux, la rhéologie, la mécanique de la rupture et la physico-chimie des matériaux.

Les principaux sucres composants les miellats sont : le glucose, le fructose, le sucrose, le mélézitose (puceron), le tréhalulose (mouches blanches), inositol, tréhalose, maltose.

Dans cette étude de faisabilité, l'étude d'adhésion a été conduite sur le fructose, glucose, sucrose, individuellement, puis en mélange, et enfin il a été reproduit un exemple de composition d'un miellat de puceron, à savoir 20% de glucose, 25% de fructose, 39% de sucrose et 16% de mélézitose.

La première partie de l'étude a consisté :

- à la mise au point du mode opératoire de cuisson des miellats. Pour chaque sucre utilisé, la cuisson est arrêtée au moment où le sirop peut former entre les doigts une boule gluante, molle qui ressemble le plus possible au miellat accumulé dans les organes des machines de filature ;
- à l'enduction des surfaces des éprouvettes par assemblages (Figure D-43) : substrat (inox poly-miroir de 18/10 ou aluminium) ; adhésif (sucre miellat) ; adhérent (tissu en coton débouillis, 100% popeline) ; les dimensions des éprouvettes sont 180 mm x 20 mm dégraissées après immersion dans un détergent ;
- au conditionnement d'éprouvettes pendant 1 à 3 semaines à trois humidités relatives : 40%, 55%, 65 %.

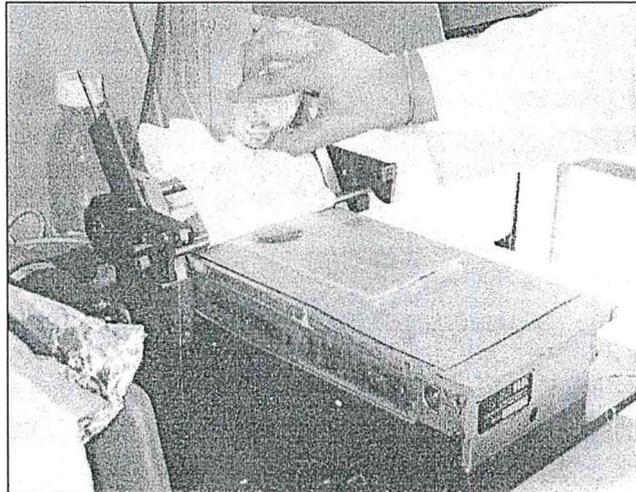


Figure D-43 . Etalement des films de sucre et du tissu (photo Amara).

La seconde partie a consisté à réaliser les tests de pelage et de mesure du collage :

- le pelage est un test d'arrachement utilisé entre deux matériaux en contact dont l'un est souple. Il est destructif ; il consiste à tirer sur un adhérent pour le détacher, à angle de pelage constant et à vitesse constante. Il permet de mesurer la force qu'il faut exercer pour détacher une bande de largeur b , permettant de calculer l'énergie d'adhérence. L'angle de pelage utilisé a été de 180° ;
- avec les paramètres suivants : b = largeur du ruban pelé ; θ = l'angle de pelage ; F_p = la force nécessaire au décollement du ruban

Le travail de séparation T fourni pour détacher une longueur L du revêtement s'écrit sous la forme : $T = F_p \times S = F_p \times L (1 - \cos \theta)$, l'énergie de pelage par unité de longueur sera alors exprimée dans l'équation suivante

$$W_p = \frac{T}{L \cdot b} = \frac{F_p \cdot (1 - \cos \theta)}{b}$$

- un dynamomètre Instron 4505 a été utilisé et les éprouvettes testées à 24°C et 65% d'humidité relative (Figure D-44).

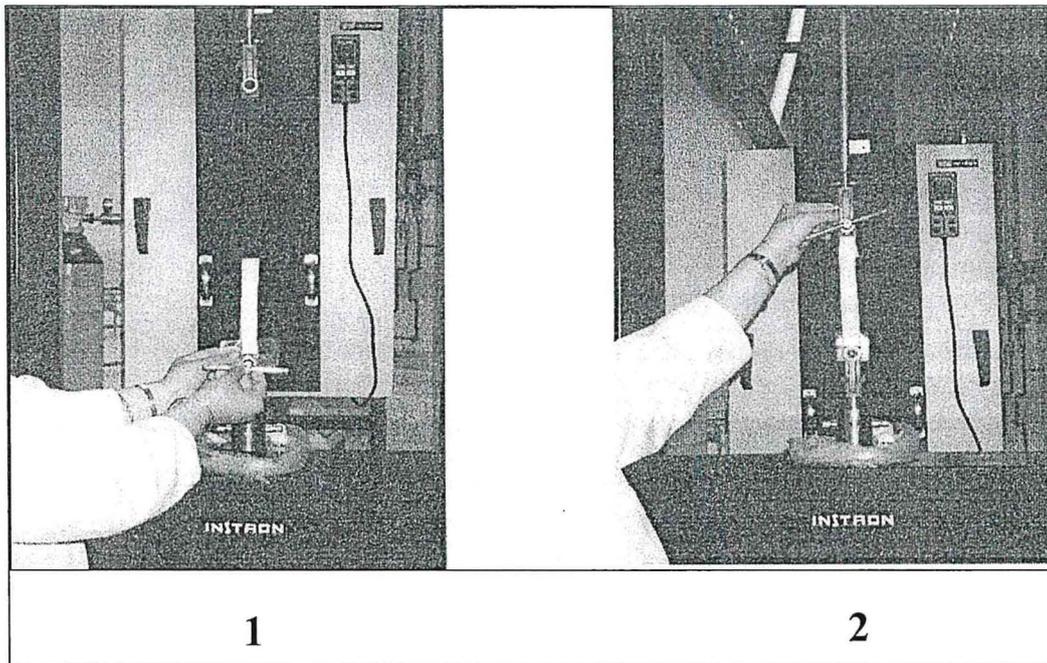


Figure D-44 . Fixation du substrat dans le mors inférieur (1) et le tissu dans le mors supérieur (2) (photo Amara).

Une partie des résultats figure dans le Tableau D-13 et le Tableau D-14.

En conclusion, cinq comportements différents, selon la nature des décollements observés, ont été enregistrés au cours des analyses du test de pelage à savoir des décollements « viscoélastique, liquide, semi-liquide, cristallisé, vitreux ». L'assemblage se décolle d'une façon différente à chaque fois qu'un des paramètres est modifié expérimentalement. La mise au point du test a montré que l'énergie de décollement dépend fortement de l'humidité relative, et que les surfaces inox et aluminium se comportent d'une manière semblable car elles présentent sensiblement la même énergie de surface.

Il a été noté des comportements différents selon que les sucres sont en mélanges ou individuels. Il n'y a pas nécessairement addition des comportements individuels. Par exemple, dans le cas du glucose et du sucrose, contrairement aux mélanges, l'énergie de pelage n'a pu être mesurée à cause de la cristallisation de ces sucres due aux fortes interactions entre les molécules qui peuvent s'arranger facilement dans l'espace. Ce sont les mélanges qui se rapprochent le plus des miellats naturels d'insectes. Cette faisabilité nous permet de mettre en place des tests plus fins pour se rapprocher de la taille des miellats d'insectes et de leur composition, pollution comprise.

Tableau D-13 . Résultats des mesures de viscosité et tests de pelage : sucres séparés.

Sucres séparés	Humidité H1 (40%)			Humidité H2 (55%)			Humidité H3 (68%)		
	C1 (60%)	C2 (70%)	C3 (85%)	C1	C2	C3	C1	C2	C3
Fructose	Energie de pelage en kJ			Energie de pelage en kJ			Energie de pelage en kJ		
Aluminium	2,42 Viscoélastique homogène	2,87 Viscoélastique homogène	1 Légèrement cristallisé, plutôt granuleux (souple)	$3,7.10^{-3}$ Liquide	2.10^{-3} semi Liquide	2.10^{-3} Liquide	$3,28.10^{-3}$ Liquide	$2,75.10^{-3}$ Liquide	$3,15.10^{-3}$ Liquide
Inox	1,93 Viscoélastique homogène	5,96 Viscoélastique + Stick-Slip (comme de la colle)	1,5 Légèrement cristallisé, plutôt granuleux (souple)	$3,85.10^{-3}$ Liquide	$1,1.10^{-2}$ semi Liquide	$3,23.10^{-3}$ Liquide	$2,84.10^{-3}$ Liquide	$3,24.10^{-3}$ Liquide	$3,4.10^{-3}$ Liquide
Viscosité 50°C / Rampe de contrainte	19 Pas	264 Pas	7 Pas	Fructose : $C_6H_{12}O_6$ / monosaccharide se trouvant essentiellement dans les fruits/ obtenu industriellement par hydrolyse du sucrose ou par isomérisation du glucose.					
Glucose	Energie de pelage en kJ			Energie de pelage en kJ			Energie de pelage en kJ		
Aluminium	3,18 Viscoélastique (c. de la colle)	5,11 Viscoélastique + Stick-Slip (c. de la colle)	1,05 Cristallisation Sur l'Al essentiellement	Cristallisation sur le tissu (rigidité)			Cristallisation sur le tissu (rigidité)		
Inox	2,13 Viscoélastique (c. de la colle)	4,52 Viscoélastique + Stick-Slip (c. de la colle)	3,8 Viscoélastique + Stick-Slip (c. de la colle)	Cristallisation sur le tissu (rigidité)			Cristallisation sur le tissu (rigidité)		
Viscosité 50°C / Rampe de contrainte	Cristallisation Sous contrainte (blanche opaque)	Cristallisation Sous contrainte (blanche opaque)	M. impossible Miellet caramélisé brun (viteux cassant)	Glucose : $C_6H_{12}O_6$ / monosaccharide représentant l'unité de base de la molécule d'amidon/ obtenu industriellement par hydrolyse totale des amidons (blé, maïs etc..)					
Viscosité 50°C/ échelon de contrainte	Confirmation de la cristallisation sous cisaillement								
Sucrose	Energie de pelage en kJ			Energie de pelage en kJ			Energie de pelage en kJ		
Aluminium	0,45 Légèrement cristallisé, plutôt granuleux (souple)	1,16 Viscoélastique	0,4 Légèrement cristallisé, plutôt granuleux (souple)	Cristallisation sur le tissu (rigidité)			Cristallisation sur le tissu (rigidité)		
Inox	0,43 Légèrement cristallisé, plutôt granuleux (souple)	1,08 Viscoélastique	0,31 Légèrement cristallisé, plutôt granuleux (souple)	Cristallisation sur le tissu (rigidité)			Cristallisation sur le tissu (rigidité)		
Viscosité 50°C / Rampe de contrainte	Même remarque que le glucose.			Sucrose ou saccharose : $C_{12}H_{22}O_{11}$ disaccharide Constitué, à parts égales, de molécules de glucose et de fructose / représente le sucre extrait de la betterave ou de la canne. (Sucrose : 1 glucose + 1 fructose - 1 H ₂ O)					
Viscosité 50°C / Rampe de contrainte									
Sucre de canne	à titre de vérification des résultats du sucrose								
Aluminium	0,4 Légèrement cristallisé, plutôt granuleux (souple)	Essais non faits miellet non obtenu à ces concentrations cristallisation							
Inox	0,37 Légèrement cristallisé, plutôt granuleux (souple)								

Tableau D-14 . Résultats des mesures de viscosité et tests de pelage : sucres mélangés.

Mélanges de sucres	Humidité H1 (40%)	Humidité H2 (55%)	Humidité H3 (68%)
	C2 (70%)	C2	C2
M 1	Energie de pelage en kJ	Energie de pelage en kJ	Energie de pelage en kJ
Aluminium	9,1. 10 ⁻² Viscoélastique + ou - homogène plutôt proche du semi-liquide	3,3.10 ⁻³ Liquide	2,4.10 ⁻³ Liquide
Inox	4,7. 10 ⁻² Même Rqs que l'Al Epreuve de vérification 1,1. 10 ⁻² Semi-liquide	3,2.10 ⁻³ Liquide	2,48.10 ⁻³ Liquide
Viscosité 50°C / Rampe de contrainte	80 Pas (Comportement Newtonien)	M 1 : mélange fructose / glucose en: 50 % // 50 %	
M 2-1			
Aluminium	0,6 Viscoélastique homogène	2,6.10 ⁻³ Liquide	2,65.10 ⁻³ Liquide
Inox	0,14 Viscoélastique homogène	2,9.10 ⁻³ Liquide	4 .10 ⁻³ Liquide
Viscosité 50°C / Rampe de contrainte	40 Pas (Comportement newtonien)	M 2-1 : mélange fructose / glucose // Sacrose en 2 et 1 c-a-d pour 200 g de fructose + glucose (100 g + 100 g) , on a 100 g de sacrose (1/3 // 1/3 // 1/3)	
M 2-2	Energie de pelage en kJ	Energie de pelage en kJ	Energie de pelage en kJ
Aluminium	0,46 Viscoélastique homogène	3,8 .10 ⁻³ Liquide	1,24 .10 ⁻³ Liquide
Inox	0,43 Viscoélastique homogène	3,6 .10 ⁻³ Liquide	2,7 .10 ⁻³ Liquide
Viscosité 50°C / Rampe de contrainte	27 Pas (Comportement newtonien sauf à faibles contraintes)	M 2-2 : mélange fructose / glucose // Sacrose en 1 et 1 c-a-d pour 200 g de fructose + glucose (100 g + 100 g) , on a 200 g de sacrose (1/4 // 1/4 // 1/2)	
M 3			
Inox	0,45 Viscoélastique homogène	4,02 .10 ⁻³ Liquide	3,1.10 ⁻³ Liquide
Viscosité 50°C / Rampe de contrainte	C. non newtonien Débute à 15 Pas et se termine à 6 Pas	M 3 : mélange 25 % fructose / 20% glucose / 39% Sacrose / 16% Mélézitose (Aphis gossypii) mélézitose : Trisaccharide C ₁₈ H ₃₂ O ₁₆ (1 glucose + 2 fructose - 2 H ₂ O)	

D.8. CONCLUSION

Dans le domaine des cotons collants, les travaux réalisés par le programme coton du Cirad-ca, depuis les années 1980, ont engagé diverses disciplines telles que l'entomologie, l'amélioration variétale, l'agronomie et la technologie.

Le laboratoire de technologie a apporté sa contribution aux travaux par :

- la mesure du collage avec la mise au point d'une méthodologie pour l'utilisation de la minicarde, la mise au point de la thermodétection et des appareils SCT et H2SD. Le SCT, commercialisé à plus de 100 exemplaires, est recommandé par l'ITMF depuis 1994 et est en cours de normalisation CEN. Le H2SD, commercialisé à 5 exemplaires est en cours de normalisation CEN.
- une classification des balles à l'aide du H2SD. L'objectif est de valoriser la production des zones confrontées à ce problème d'un point de vue financier et d'améliorer l'image de marque donc de la qualité, vis à vis des acheteurs. Les résultats obtenus montrent qu'il est

possible de mettre en place des suivis et des aides à la décision.

- l'étude de l'impact des cotons collants sur le matériel de filature, la productivité, et sur la qualité du fil. Les cotons collants ont un effet négatif aussi bien sur la production que sur la qualité du fil. Ces effets négatifs sont d'autant plus importants que les cotons sont filés à des humidités relatives importantes ;
- l'utilisation des cotons collants grâce à des palliatifs comme la baisse de l'humidité relative dans les ateliers et le mélange des balles de coton pour obtenir un mélange peu collant ;
- la neutralisation des miellats en filature par des traitements soit mécaniques soit thermomécaniques.

L'ensemble des travaux menés a permis à l'équipe :

- d'élargir de multiples collaborations vers les communautés nationale et internationale qui ont concernés :
 - les partenaires Français tels que l'Anvar, l'IFTH, les filateurs, le Ministère de l'Industrie, l'Université de Haute Alsace et plus particulièrement l'ENSITM, l'Université des Sciences de Montpellier ;
 - les partenaires internationaux tels que CI, ITC, ARC, SCC.
- d'apporter des contrats privés de recherche, nationaux et internationaux ;
- de transmettre les connaissances acquises sur les cotons collants aux acteurs de la filière cotonnière, par les publications, les communications, la formation ;
- d'accueillir des étudiants, ingénieurs, DEA, thésards sur des sujets d'actualités ;
- d'ouvrir de nouveaux axes de recherche suite à l'expérience acquise durant ces 20 années. Ces recherches concernent l'étude du comportement individuel et en mélange des sucres sur l'adhésion en filature. Cet aspect plus théorique qui prendra plusieurs années, nous permettra nous l'espérons d'apporter de nouvelles solutions pour l'utilisation des cotons collants.

D.9. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALI N.A., KHALIFA H., 1980. Development of methods to measure cotton stickiness. *Coton et Fibres Tropicales*, 35, 4, 411-413.

ANTHONY W.S., 2001. Evaluation en ligne du collage du coton. Actes du séminaire, Lille, France, 99-104.

BOURELY J., 1980. Contribution à l'étude des sucres du cotonnier. *Coton et Fibres Tropicales*, 35, 2, 189-208.

BOURELY J., GUTKNECHT J., FOURNIER J., 1984. Etude chimique du collage des fibres de coton. Première partie. *Coton et Fibres Tropicales*, 39, 3, 47, 47-53.

DAGNELIE P., 1975. Théorie et méthodes statistiques. Les Presses agronomiques de Gembloux, ASBL., vol. 1, 450 p. et vol. 2, 463 p.

FOURNIER J., GUTKNECHT J., JALLAS E., BOURELY J., 1985. Etude chimique du collage des fibres de coton, 2^e partie. *Coton et Fibres Tropicales*, 42, 2, 113-132.

GOZE E., 1993. Appui méthodologique aux chercheurs du projet Garoua II. Document interne CIRAD, 63 p.

SAPORTA G., 1990. Probabilités, analyse des données statistiques. Edité par Technip, 493 p.

SCANERA, 1992. Brevet : dispositif de détection de défauts de matériaux fibreux, FR 9209258.

TOMASSONE R., 1992. Comment interpréter les résultats d'une régression linéaire. STAT-ITCF, Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 55 p.

CHAPITRE E.

MOYENS DE DETECTION DES DEBRIS DE COQUE OU SCF

Chapitre E : Moyens de détection des débris de coques ou *Seed Coat* Fragments (SCF)

E.1. INTRODUCTION

Ces dernières années, avec l'évolution des matériels de filature, des critères de qualité de la fibre, complémentaires à ceux exigés couramment, font partie de la demande des industries de transformations cotonnières : les taux de débris notamment. Le laboratoire de technologie est équipé de matériel de mesure pour évaluer les caractéristiques de la fibre, pour réaliser des microfilatures et analyser le fil. Ces matériels ne donnent pas toujours les caractéristiques de mesure souhaitées. C'est pourquoi, dans le cas des débris de coque, nous avons initié des études pour mesurer le taux de débris de coque et étudier leur impact sur la qualité du fil.

De 1980 à 2002, la mesure des impuretés, de la nepposité sur la fibre et sur le fil, a évolué. La thèse de Krifa [E2] fait une analyse des différentes méthodes pour mesurer les types de neps : méthodes visuelles, par extraction des déchets, chimiques, opto-électroniques. A partir de son ouvrage, nous ferons une synthèse des principales techniques de détection, sans en détailler leur mode opératoire. Par contre, nous développerons les méthodes mises au point au laboratoire, pour montrer leur intérêt par rapport à nos choix de recherche, c'est à dire pour l'amélioration variétale et la mesure des impuretés en général.

L'amélioration variétale a pour but la mise au point de variétés nouvelles, adaptées aux conditions de culture, de transformation et en apportant un progrès comparativement aux variétés existantes. Les critères de sélection concernent plusieurs domaines, alliant la rusticité des variétés (adaptation au milieu, résistance aux maladies ...), un rendement égrenage élevé, et une fibre et une graine correspondant aux attentes et aux besoins des industries de transformation.

L'amélioration variétale fonctionne selon un schéma souvent propre à chaque pays concerné, lié à la situation de sa filière coton, à ses moyens et à ses coopérations.

En général dans les pays d'Afrique francophone, ce schéma repose sur un dispositif qui débute à la station, un réseau d'expérimentation sur antennes, puis en milieu contrôlé et enfin en milieu réel. Ce schéma, de la création à la vulgarisation de la nouvelle variété, s'étend sur une période voisine de dix années. Compte tenu de ce délai, il est nécessaire d'anticiper les évolutions, les besoins de la filière, pour répondre rapidement aux demandes.

E.2. LES METHODES DE MESURE DES FRAGMENTS DE COQUE OU SCF

E.2.1. Les méthodes visuelles

De part leur couleur foncée, les SCF ainsi que d'autres débris végétaux peuvent être facilement détectés visuellement dans la masse de fibres de coton. Plusieurs méthodes de comptages utilisées depuis de nombreuses années s'appuient sur la détection visuelle :

- la méthode de l'American Society for Testing and Materials (ASTM, 1963; 1980), qui constitue à ce jour la seule norme reconnue pour la quantification spécifique des SCF. Elle

propose deux possibilités pour la détermination de la quantité de SCF présents dans un échantillon de fibres. L'une consiste à effectuer un comptage sous loupe éclairante sur l'échantillon ouvert manuellement pour constituer une couche fine. L'autre nécessite le prélèvement des SCF à l'aide de pinces puis leur quantification par pesée.

- La méthode de la « British Standard Institution » (BSI, 1974), préconise le prélèvement d'un voile de carde et l'utilisation d'un gabarit perforé de « cellules » de tailles égales. Le gabarit est disposé sur le voile et le nombre de cellules contenant des neps est déterminé. Rappelons ici que cette norme ne fait pas la distinction entre les SCF et les neps présents dans la fibre de coton.
- le « *Nepotometer* » qui simule le cardage d'un petit échantillon de fibre ; le voile obtenu est ensuite comparé à des standards photographiques pour l'attribution d'un grade de nepposité, ou utilisé pour un comptage visuel des neps et/ou des SCF (Markezich *et al.*, 1958).
- Le « *Nep-tester* » permet d'étaler, par un système d'étirage, un échantillon de rubans de fibre et facilite ainsi le dénombrement des imperfections.

Les méthodes visuelles sont hautement prédictives des problèmes induits par les SCF et font généralement office de méthodes de référence pour la mise au point de nouveaux procédés. En revanche, elles sont longues à mettre en œuvre et difficilement utilisables dans un contexte industriel ou dans le cadre d'un programme d'amélioration variétale.

E.2.1.1. Méthodes par extraction des déchets

La majorité de ces méthodes déterminent un contenu global de matières étrangères exprimé en pourcentage de la masse de l'échantillon de fibre. C'est le cas, par exemple, pour la norme ASTM D2812-95 (ASTM, 1995b), qui préconise l'utilisation du *Shirley Analyzer* pour l'extraction des déchets. C'est également le cas du MDTA-3 de Zellweger-Uster (Williams et Schleth, 1993; Gresser, 1994), qui effectue l'extraction par un principe de briseur OE.

Afin de pouvoir quantifier les SCF à l'aide de ces méthodes, certains auteurs proposent des moyens de séparer ces impuretés de la totalité des déchets extraits par le *Shirley Analyzer*. Ainsi, Gupta (1985; 1986) décrit une méthode consistant à séparer les SCF du reste des déchets par tamisage. Cooper *et al.* (1994) quant à eux, proposent d'effectuer un second passage au *Shirley Analyzer* des déchets récoltés à l'issue du premier passage afin de réduire la quantité de fibres dans la matière extraite. Les SCF sont ensuite repérés et dénombrés sous loupe.

Cette catégorie de méthodes, fondées sur l'extraction des déchets par des moyens aéro-mécaniques relativement agressifs, tend à accroître le nombre et à réduire la taille des SCF. Sachant que les machines employées en filature pour le nettoyage de la fibre utilisent les mêmes principes, ce phénomène de fragmentation des SCF ne représente pas d'inconvénient réel en ce qui concerne leur quantification. Le vrai désavantage de ces méthodes est dû à l'utilisation des principes de nettoyage des machines industrielles pour l'extraction des déchets (notamment l'ouvreur). Ces méthodes ne permettent de quantifier que les déchets susceptibles d'être éliminés. Les impuretés les plus difficiles à extraire restent dans la fibre. Or, ce sont ces dernières qu'il serait le plus intéressant de quantifier, dans la mesure où elles poseront le plus de problèmes au filateur, en restant dans la matière jusqu'au filage et en provoquant des défauts dans le fil.

E.2.1.2. Méthodes chimiques

Perkins (1971) a mis au point une méthode chimique pour l'estimation de la quantité de débris

de coque dans la fibre. Elle est fondée sur une extraction au solvant de l'huile des fragments de graine présents dans la fibre brute, suivie d'une analyse au spectrophotomètre infra-rouge. Cette méthode ne semble appropriée à l'évaluation de la quantité de SCF que si ces derniers portent des débris d'amande. Par conséquent, seuls les fragments provenant de graines brisées pourraient être quantifiés.

E.2.1.3. Méthodes optoélectroniques

Les progrès techniques, notamment l'évolution de l'informatique, ont conduit à la mise au point de nouveaux outils automatiques pour la détection et la quantification des impuretés que renferme le coton, qu'il soit sous forme de fibres en bourre ou de structure linéaire.

E.2.1.3.1. Mesure dans la fibre : Zellweger AFIS

L'AFIS (*Advanced Fiber Information System*) fait partie de cette nouvelle génération d'outils d'analyse de la qualité du coton. Il est apparu à la fin des années 1980 et depuis, plusieurs générations d'appareils ont été mises au point pour obtenir le module AFIS-SC (SC pour *Seed-Coat*) ou AFIS-NC (NC pour *Neps Classification*). Il permet la distinction entre les neps fibres et les neps coques ou SCN (*Seed Coat Neps*). Ce dernier terme désigne les fragments de coque ayant des fibres attachées (Baldwin *et al.*, 1995).

L'analyse des neps par AFIS a fait l'objet d'une norme ASTM qui décrit le principe et les conditions de la mesure (ASTM, 1995a). Le test se fait sur des spécimens de fibre sous la forme d'un ruban d'une longueur de 30 à 35 cm pour une masse comprise entre 0,4 et 0,6 g. Les fibres et les neps sont acheminés par un flux pneumatique devant une source lumineuse. La lumière dispersée est mesurée par un capteur optique (Figure E-1). Les autres impuretés, comprenant des débris de coque sans fibres, suivent un circuit différent pour arriver à un second capteur. Les capteurs génèrent un signal électrique de forme différente selon qu'il s'agit d'une fibre, d'un neps fibres ou d'un neps coque. L'identification se fait par la comparaison du signal généré à des signaux de référence digitalisés. Les données recueillies sont traitées et analysées pour permettre le comptage et la classification de chaque type de défaut par classes de tailles. La durée d'un test est d'environ 3 minutes par spécimen.

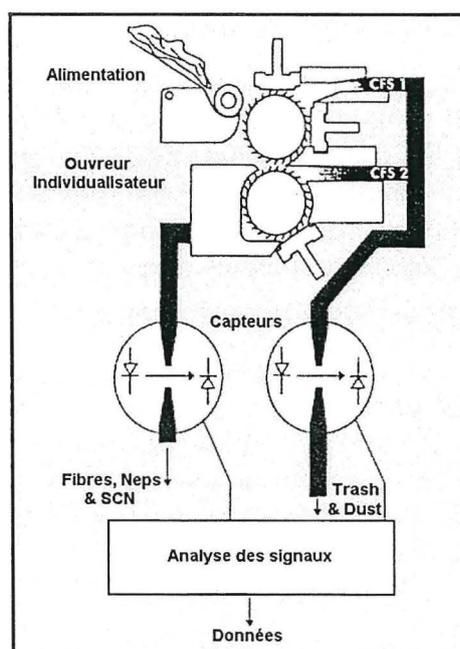


Figure E-1. Représentation schématique du principe de fonctionnement de l'AFIS (d'après Jones et Baldwin, 1995) .

Des méthodes utilisant le même principe que l'AFIS ont récemment fait leur apparition. Nous pouvons citer le « *Premier RapidTester* », qui présente l'avantage de pouvoir analyser une grande masse de fibre par test (10 g), mais qui reste encore au stade du développement (Ethridge, 1999). Lenzing Instruments propose également un instrument de mesure de la longueur, des fibres courtes et des neps mais sans distinction pour ces derniers entre les amas de fibres et les SCF (Lenzing, 2000).

E.2.1.3.2. Mesure sur le fil : Régularimètres Uster Tester

Les imperfections du fil sont très couramment détectées et dénombrées au cours des tests régularimétriques effectués sur des régularimètres de type capacitif et plus rarement optique. Le plus connu est l'Uster Tester de Zellweger qui en est, à ce jour, à sa quatrième génération (GGP-IPI, UT2, UT3 et UT4). Ces régularimètres, et notamment le plus répandu d'entre eux (UT3), effectuent un comptage global des neps du fil avec les seuils de sensibilité préconisés par le constructeur (+200% pour le fil RS et +280% pour le fil OE).

En 1988, au laboratoire, nous avons mis au point une méthodologie pour la classification, selon leurs origines, des neps détectés par le régularimètre GGP-IPI, puis par l'UT3. Une discussion de ces résultats va donc être fournie par la suite.

La dernière génération des régularimètres de Zellweger Uster (UT4- 1999) a été dotée d'un détecteur optique supplémentaire qui, selon le constructeur, effectue un comptage des points noirs du fil et notamment des SCF, sans restriction quant aux seuils de sensibilité. À ce jour, aucun résultat démontrant l'efficacité de cet appareil vis à vis des SCF n'a été publié.

E.2.1.4. Méthodes par analyse d'image

Verschraege et Franssen (1988) décrivent différentes méthodes de détection des neps et des SCF par analyse d'image.

E.2.1.4.1. Le « *Fiber Contamination Tester* » (FCT)

La mesure du potentiel de collage a constitué la première vocation du FCT (Knowlton, 1998; Mör, 1998). Toutefois, les améliorations successives qui ont été apportées lui permettent de mesurer les neps, les SCF et les débris végétaux divers.

Mör (1996), ainsi que Kuratle (1996), fournissent une description du principe de fonctionnement du FCT. L'échantillon de fibre est cardé par l'ouvreuse-nettoyeur de la machine pour produire un voile fin. Le voile passe entre deux rouleaux écraseurs sur lesquels se déposent les points collants mesurés ensuite par un système électro-optique. Pendant le transfert du voile vers l'évacuation, une acquisition d'image est effectuée. L'analyse d'image distingue ensuite les différentes impuretés citées ci-dessus.

E.2.1.4.2. Le « *Nep Control* » de Trützschler GMBH & CO (NCT)

Trützschler a annoncé récemment le développement d'un dispositif pouvant être incorporé dans la carte et permettant la détection en ligne des impuretés (Schlichter et Lösbrock, 1996; Van der Sluijs et Hunter, 1999). D'après Schlichter et Lösbrock (1996), ce système, fondé sur le traitement d'image, permet non seulement la détection et la quantification des impuretés, mais en plus le réglage de la carte de façon à optimiser son action de nettoyage en fonction du type et du degré de contamination de la matière.

E.2.1.4.3. Trashcam – CATI

Au laboratoire, en 1990, nous avons mis au point une méthodologie pour effectuer un comptage visuel des SCF sur les photocopies d'un voile de carte et d'une plaquette de fil.

A partir des résultats un nouvel outil d'analyse d'image désigné « Trashcam », a été mis au

point permettant le comptage automatique des SCF dans le voile de carde et sur plaquette de fil, à l'aide d'une caméra, pour la première version, puis d'un scanner pour les suivantes.

Nous décrirons les méthodologies dans ce document.

E.3. PRESENTATION DES RECHERCHES

Pour le laboratoire, il est important de pouvoir cibler les différentes imperfections que l'on peut rencontrer sur le fil, pour que les sélectionneurs puissent prendre en compte chaque type d'imperfection dans le choix de leur sélection. C'est pourquoi, nous avons initié des études pour évaluer l'impact de ces imperfections sur le produit final par de nouvelles méthodologies d'évaluation des SCF sur le fil, dans une première approche, suivie d'une méthodologie sur la fibre.

Du fait de la faible quantité de matière traitée (50 g) et du titre produit, le laboratoire de microfilature ne peut fournir qu'une certaine longueur de fil ce qui entraîne des analyses limitées. Les études que nous avons engagées sur les cotons collants et les fragments de coque nous ont montré la limite de la filature sur 50 g de fibres. C'est ainsi que nous avons initié une nouvelle méthodologie pouvant traiter plusieurs centaines de g de fibres, utilisable aussi bien pour les programmes d'amélioration variétale, notre objectif prioritaire, que pour des études particulières nécessitant la réalisation de plusieurs milliers de mètres de fil. Le point important est de pouvoir se situer entre la filature industrielle, coûteuse pour des faisabilités, et la microfilature fournissant une longueur de fil trop faible. Nous avons donc mis au point cette « filature évolutive » pouvant traiter des masses de fibres entre 50 g et 500 g.

Les travaux menés ont été hiérarchisés de 1985 à ce jour, selon les schémas de la Figure E-2 à la Figure E-4. Ces schémas indiquent les financements, les contrats, les résultats et les équipes qui y ont participé.

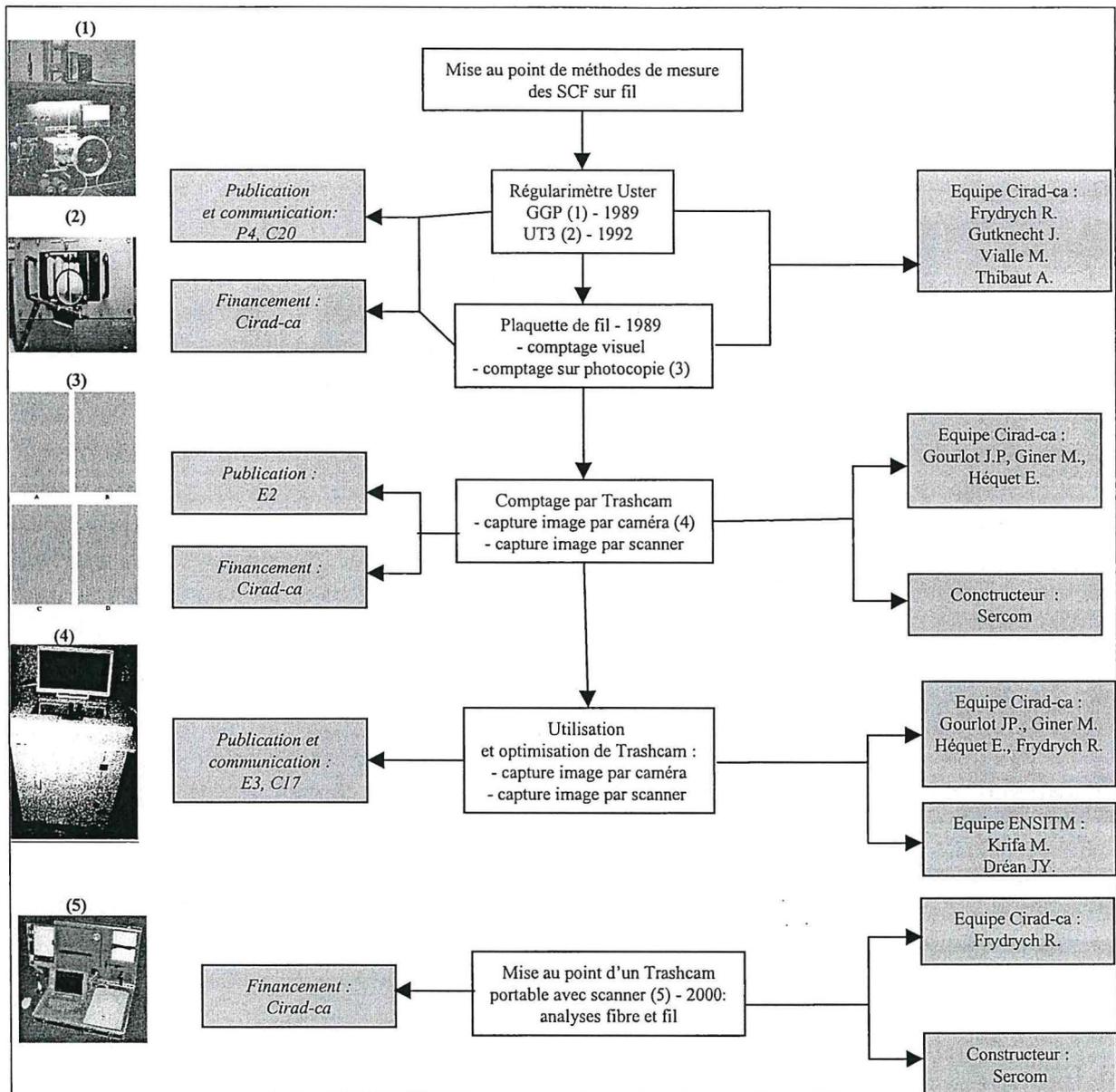


Figure E-2. Comptage des SCF sur le fil (photos R. Frydrych).

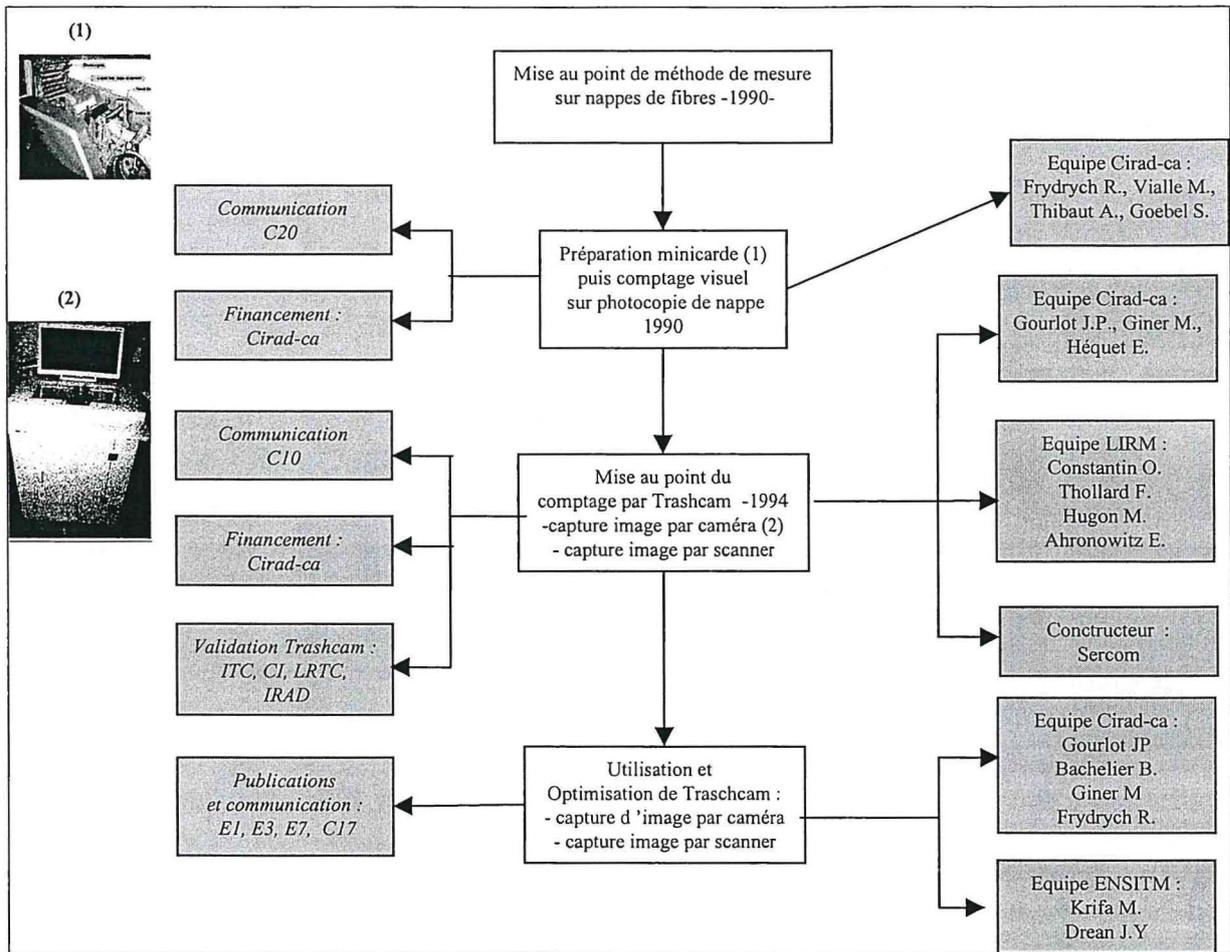


Figure E-3. Comptage des SCF sur nappe de carte et voile de carte (photos R. Frydrych).

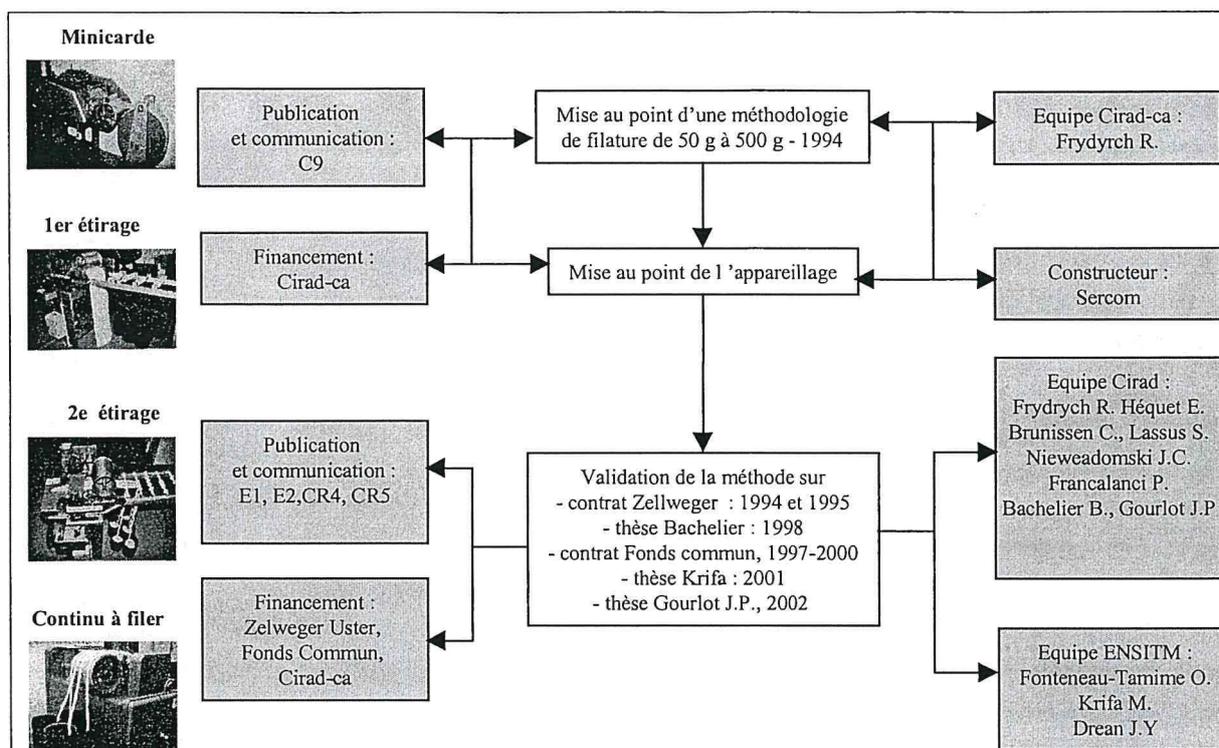


Figure E-4. Une nouvelle méthodologie pour la microfilature à fibres courtes (photos R. Frydrych).

E.4. MISE AU POINT DE METHODES DE MESURE DES FRAGMENTS DE COQUE OU SCF

E.4.1. Analyse des SCF sur fil

E.4.1.1. Analyse des SCF avec le régularimètre Zellweger-Uster

Lorsque nous avons commencé nos études sur la nepposité (1985), les appareils de type capacitif détectaient l'ensemble des imperfections classées sous le terme «neps», sans qu'il soit possible de distinguer celles causées par les enchevêtrements de fibres et appelées neps fibres, des autres imperfections.

Nous avons mis au point une technique d'identification et de comptage des imperfections sur fil [P 4] qui nous a permis de montrer le niveau des imperfections qu'il est possible de rencontrer. Nous les avons représentées en Figure E-5 par rapport au nombre total des neps dénombrés par le régularimètre GGP de Zellweger Uster :

- dans le cas (A), les neps coque sont nettement majoritaires. Les neps fibre sont peu nombreux. Les débris végétaux sont pratiquement inexistantes ;
- dans le cas (B), le pourcentage des neps fibre est plus important suite à une maturité insuffisante du coton ;
- dans le cas (C), nous sommes en présence de cotons qui ont été contaminés par des miellats. Les miellats représentent une part importante des neps. Le nombre élevé des neps fibre est en grande partie dû au collage et non à l'immaturité.

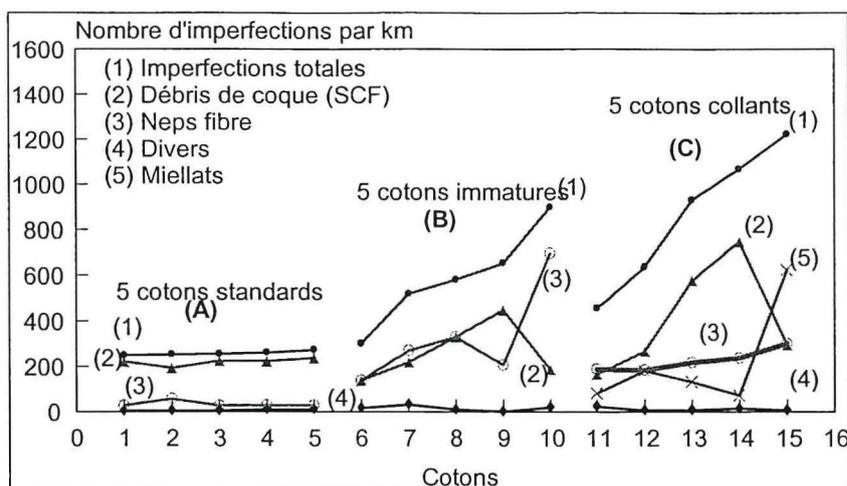


Figure E-5 . Identification et comptage du nombre de défauts sur le fil.

E.4.1.1.1. Description de la méthode d'identification et de comptage des imperfections sur fil à l'aide du GGP

Le régularimètre GGP-IPI de Zellweger-Uster a été complété du dispositif "imperfector selector" qui stoppe le déroulement du fil, dès que le défaut a été détecté. Un éclairage, une loupe et un système de récupération du fil ont été ajoutés (Figure E-6). Le fil se déroule pendant un temps défini, à une vitesse de 50 m/min. Le choix des sensibilités pour les 3 critères principaux mesurés au régularimètre sont les suivants : les finesses (-50%) ; les grosseurs (+50%) ; les neps (200%). Le fil est récupéré sur un cylindre rapporté, entraîné par les rouleaux d'appel du fil. Les neps totaux sont comptabilisés. Ensuite, le fil enroulé sur le cylindre monté à la partie supérieure de l'appareil est engagé dans l'«imperfector selector» qui le stoppe à chaque imperfection rencontrée. Celle-ci est alors examinée en détail à l'aide d'une loupe (grossissement 2,5 ou 5) et sous un fort éclairage, placés devant le dispositif d'analyse du fil. Les différentes imperfections sont alors comptabilisées suivant leur catégorie.

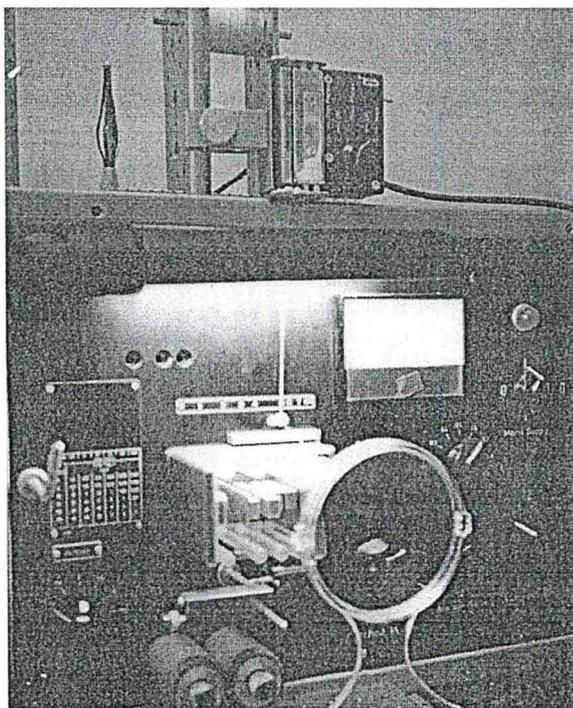


Figure E-6 . Dispositif d'identification des imperfections du fil sur régularimètre GGP (photo R. Frydrych).

E.4.1.2. Premiers résultats

E.4.1.2.1. Vérification de l'efficacité du système d'identification de la nepposité sur GGP

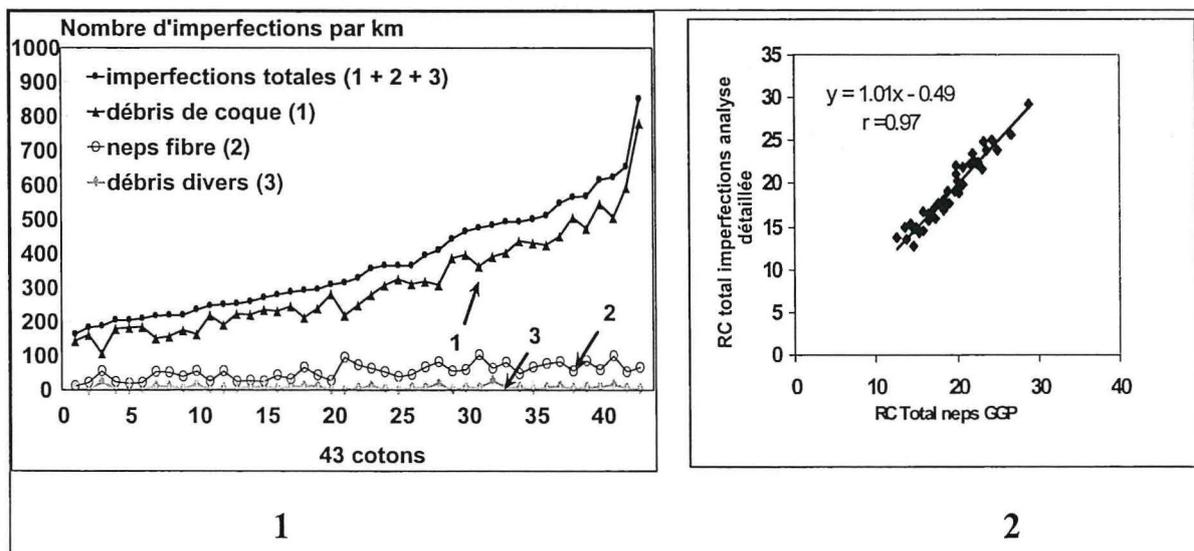
La technique décrite ci-dessus a été vérifiée sur 43 cotons provenant du programme d'amélioration variétale, et filés à la microfilature Shirley-Platt du laboratoire en 27 tex selon le protocole utilisé au laboratoire [MT5]. La microfilature se compose d'une minicarde, d'un banc d'étirage et d'un continu à filer à deux zones d'étirage ; la quantité de matière testée est de 45 g de fibres. Cette technique permet de réaliser une longueur de fil d'environ 1400 m qui est répartie pour les analyses du fil comme suit : 120 m pour la dynamométrie ; 500 m ou 1000 m pour la régularimétrie (base standard d'expression des résultats des imperfections du fil). Ici, la longueur utile pour l'identification et le comptage des neps a été de 500 m de fil par coton ; les résultats obtenus ont été extrapolés à 1000 m de fil. La gamme de nepposité est comprise entre 160 à 837 neps totaux pour 1000 m de fil.

Afin de vérifier l'efficacité du système de comptage des neps à l'aide de "l'imperfector selector" par rapport à l'analyse globale des neps, nous avons relié les neps totaux avec le total des défauts rencontrés (Figure E-7-2). Il est admis que comme tout comptage, la distribution des neps sur fil suit une loi de Poisson (Uster, 1975 et 1978). Pour les 43 cotons, nous avons appliqué la racine carrée (RC) sur les données brutes pour calculer la droite de régression. Elle est égale à :

$$RC(\text{coques} + \text{fibre} + \text{divers}) = 1,01 \times RC(\text{neps totaux}) - 0,49 ; r = 0,97$$

L'excellente corrélation et la pente de la droite de régression, statistiquement non différente de 1, confirment que nous pouvons considérer le système d'identification et de comptage suffisamment précis pour le type de mesure que nous souhaitons réaliser. La lecture de l'appareil n'est pas perturbée par un deuxième passage du fil. Nous l'avions déjà vérifié en effectuant sur quelques cotons deux passages successifs en mode automatique pour en évaluer les effets ; la bonne corrélation obtenue et la pente voisine de 1 nous avaient conduit à poursuivre l'expérimentation.

Nous avons représenté en Figure E-7-1, les neps totaux et les différents défauts rencontrés pour chacun des 43 cotons. Le nombre de neps fibre et celui des débris divers sont relativement stables et faibles. Ici, l'accroissement des neps totaux est dû aux débris de coques. Le critère débris de coque est en bonne corrélation avec les neps totaux ; le coefficient de corrélation est de 0,97.



E.4.1.2.2. Evaluation d'une formule de prévision des débris de coque sur fil

• Sur cotons non collants

Pendant des années, nous avons filé en 27 tex. Avec l'amélioration des caractéristiques technologiques des fibres (longueur, ténacité), nous avons décidé de filer dans un titre plus fin, le 20 tex, correspondant mieux aux utilisations de cette qualité de fibre.

Quatre vingt quatorze cotons du programme d'amélioration variétale, provenant de pays d'Afrique et d'Amérique du Sud, ont été filés en 20 tex et analysés en régularimétrie ; celle-ci a été complétée par une analyse détaillée de la nepposité. Nous nous sommes assurés que les cotons étaient non collants, par une appréciation de leur comportement au collage lors du processus de filature, à la minicarde, au banc d'étirage, au continu à filer. Le dépôt de substances collantes sur les rouleaux en pression a été quasiment nul.

Il existe une excellente corrélation simple entre les neps totaux et les débris de coque (Figure E-8-1). Nous avons établi une formule de prévision à partir des résultats transformés en racine carrée ; elle est de la forme :

$$RC (\text{débris de coque}) = 0,95 \times RC (\text{neps totaux}) - 0,73 ; r = 0,98$$

Il semble donc que dans le cas de cotons non collants et mûrs, il soit possible d'estimer le nombre de débris de coque à partir des neps totaux.

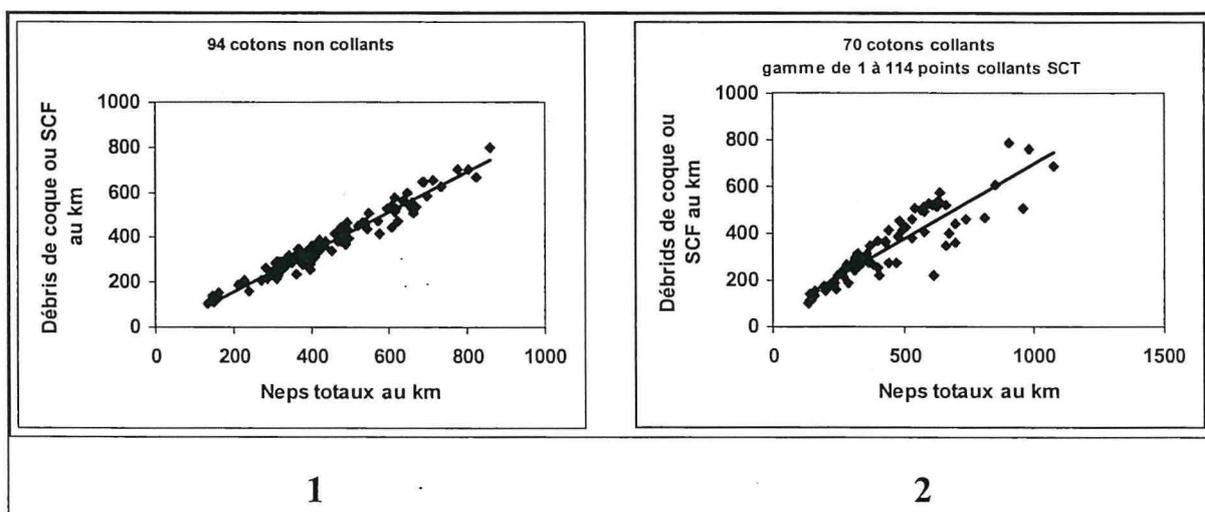


Figure E-8 . Relation sur le fil entre les neps totaux et les débris de coque ou SCF.

• Sur cotons collants

Comme nous l'avons montré sur les 5 cotons de la Figure E-5, cas C, la relation entre les neps totaux et les débris de coque peut-être moins bonne lorsque les mesures sont effectuées sur des fils provenant de cotons collants.

Peut-on cependant évaluer l'influence du degré de collage sur la nepposité du fil en incluant le critère « nombre de points collants » mesuré au thermodétecteur. Nous avons filé soixante dix cotons en 20 tex et réalisé l'analyse détaillée du fil ; nous avons classé les défauts en débris de coque, neps fibre incluant les neps fibre immature et ceux induits par le collage. Pour réaliser les filatures, les conditions d'humidité relative ont été comprises entre 40 et 45%.

Des tests de collage ont été réalisés au thermodétecteur et la gamme de collage était comprise entre 1 et 116 points collants.

La relation entre les neps totaux et les débris de coque représentée en Figure E-8-2, est nettement

moins bonne car une proportion importante des neps totaux comprend les neps fibre collage et les miellats.

Le Tableau E-1 montre l'effet des cotons collants sur la nepposité globale.

- pour une gamme de non collant à très fortement collant (1 à 116 points collants), les neps totaux sont expliqués à 83,5% par les neps coques. En revanche, si l'on ajoute la caractéristique nombre de points collants au thermodétecteur, l'explication est bien meilleure ; elle augmente de 9,2% et se situe à 92,7%.

- dans le cas de cotons ayant de 1 à 29 points collants, la variable nombre de points collants influence faiblement le résultat : de 92,3% on atteint 93,4%.

Tableau E-1. Equations de prévision du nombre de débris de coque en fonction du potentiel de collage.

Relation entre les neps totaux et les débris de coque	
Nombre de points collants au thermodétecteur : 1 à 116	Nombre de points collants au thermodétecteur : 1 à 29
$RC(\text{neps Totaux}) = 1,104 \times RC(\text{débris de coques}) + 0,7$ $R^2 = 0,83$	$RC(\text{neps totaux}) = 1,017 \times RC(\text{débris de coque}) + 1,5$ $R^2 = 0,92$
$RC(\text{neps}) = 0,969 \times RC(\text{débris de coque})$ $+ 0,615 \times RC(\text{points collants})$ $+ 0,6$ $R^2 = 0,93$	$RC(\text{neps totaux}) = 0,995 \times RC(\text{débris de coque})$ $+ 0,372 \times RC(\text{points collants})$ $+ 0,8$ $R^2 = 0,93$
$RC(\text{neps fibre +miellat}) = 1,36 \times RC(\text{points collants}) + 3,3$ $R^2 = 0,62$	

E.4.1.3. Comptage des SCF sur une plaquette de fil

E.4.1.3.1. Evaluation qualitative

La détermination de la régularité du fil, selon son titre, peut être évaluée qualitativement par une appréciation visuelle, en examinant du fil enroulé sur une plaquette rectangulaire dont le fond est noir. Le fil étant de couleur claire, les finesses, grosseurs, neps fibre, apparaissent, et un grade de qualité est attribué au fil de coton comparativement à des plaquettes ayant un grade A2 (bonne qualité) à D2 (qualité médiocre), (Figure E-9).

Ce mode d'évaluation, bien que qualitatif, permet une appréciation rapide de la qualité du fil. C'est pourquoi, nous avons cherché à appliquer cette façon d'évaluer la qualité de la régularité à celle d'une appréciation de l'intensité de la contamination par les débris de coque.

Nous avons remplacé la plaquette noire par une plaquette blanche, et les SCF de couleur foncée y apparaissent. Nous avons établi 4 grades, SCF1, SCF2, SCF3, SCF4, respectivement sans SCF, léger, moyen et fort (Figure E-10).

Dans la pratique, nous utilisons cette technique qualitative pour vérifier rapidement certains résultats de nepposité, donnés par le régularimètre, qui semblent non conforme aux attentes.

E.4.1.3.2. Evaluation par comptage sur plaquette photocopiée

A partir des plaquettes de fil, il est également possible d'effectuer un comptage des SCF et de les classer selon 3 classes par exemple : petit, moyen et gros. Pour faciliter ce comptage, nous effectuons une photocopie de la plaquette, qui renforce la couleur vers le noir pour faciliter le comptage

On peut étendre ce test pour une évaluation des SCF sur tissu.

Les relations, établies entre les résultats obtenus sur la plaquette de fil et ceux déterminés par le régularimètre par analyse détaillée, sont bonnes. Pour une même longueur de fil, le nombre de SCF compté sur la plaquette est supérieur à celui fourni par le régularimètre dont la sensibilité est sélectionnée à « +200% pour du fil RS et à 280% pour du fil OE.

Il existe donc un intérêt de poursuivre par une caractérisation des SCF (petits, moyens , gros) plus fines et seul un système d'analyse d'image peut fournir cette précision.

E.4.1.3.3. Comptage des SCF sur plaquette de fil par Trashcam

Dans ce nouveau procédé d'évaluation automatique des SCF, la photocopie a été remplacée par l'acquisition d'image numérique à l'aide d'une caméra, pour les premières versions, puis d'un scanner pour les suivantes. Pour le dénombrement des SCF, la mise au point de l'algorithme spécifique pour les nappes fibres, initié par Gourlot et Giner du Cirad-ca, a été adapté pour le fil et amélioré successivement par Constantin (1993), Thollard (1994), Hugon (1996). Pour le fil, les paramètres ont été optimisés par Krifa [E3].

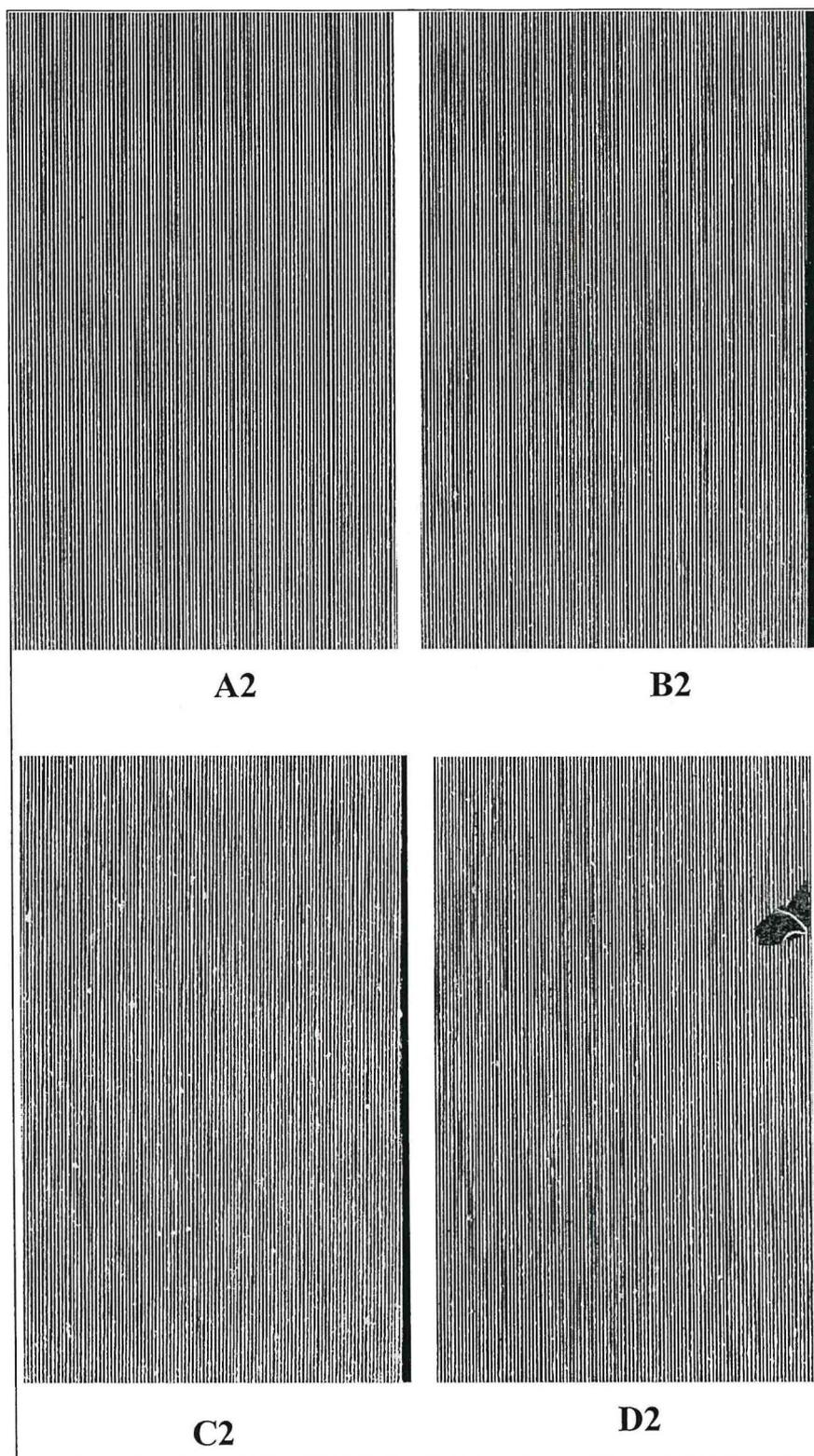


Figure E-9. Quatre grades de régularimétrie sur plaquettes de fil, fond noir .

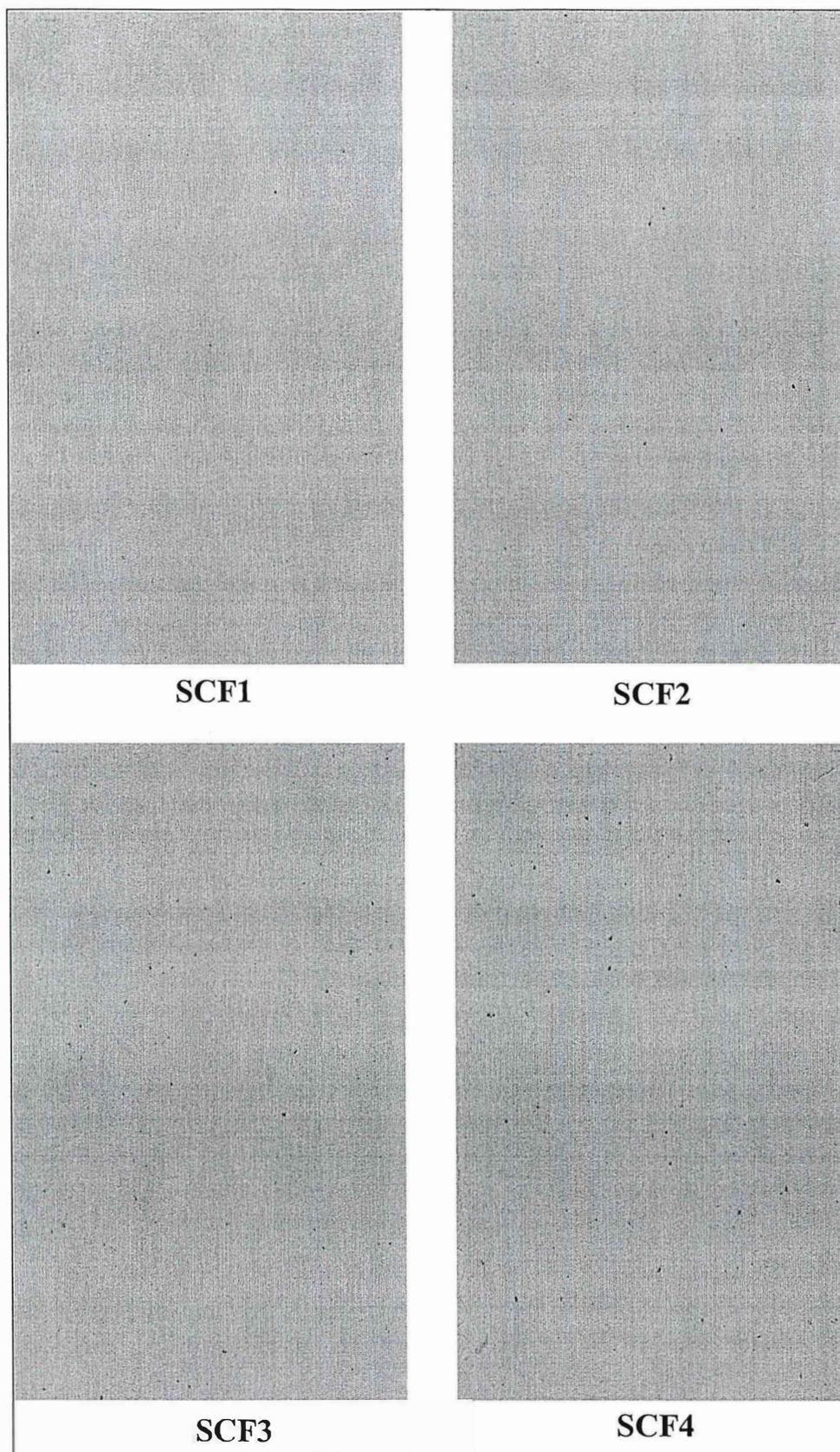


Figure E-10. 4 Grades de débris de coque ou SCF sur fil, sur plaquettes fond blanc, rendu grisé sur cette photo papier pour aider à la visualisation (cliché R. Frydrych) .

E.4.2. Analyse des SCF sur nappe de fibres

E.4.2.1. Comptage des SCF sur nappe de fibres photocopiée : méthodologie et premiers résultats

Fabriquer du fil, représente un coût financier beaucoup plus important que de réaliser des analyses technologiques de fibres. Dans le cadre de l'amélioration variétale, la réalisation du fil et son analyse se réalisent en général après la 10^e année de sélection. Si l'on considère le critère SCF important et à prendre en compte dans le choix des variétés, alors il est nécessaire de trouver une méthode pour les évaluer, dès les premiers stades de la sélection, pour éviter de reconduire des variétés qui ne seront pas retenues. C'est pourquoi, nous avons initié une étude dans ce domaine, afin qu'elle soit un complément à la méthode d'analyse détaillée des SCF sur fil à l'aide du régularimètre.

Nous avons mis au point une méthodologie pour dénombrer les fragments de coque à partir du voile de la minicarde [C20].

Un échantillon de coton de 11 g est ouvert et mélangé à la main, sur une surface de 26 x 11 cm. Puis la préparation est pliée en 4 et passe par l'ouvreuse de laboratoire qui simule les étapes de préparation au cardage. Pour ce faire les chapeaux à aiguilles sont remplacés par un chapeau lisse. La masse de fibres est ainsi démêlée, nettoyée des poussières et des feuilles ; le voile de sortie est enroulé sur le tambour. La nappe est ensuite récupérée, pliée en 4 et repasse dans la minicarde pour subir l'opération de cardage. De même, le voile de sortie est enroulé sur le tambour à raison de 3 tours. La nappe constituée est ensuite placée sur la vitre d'une photocopieuse et les points sombres comptabilisés. On réalise 2 photocopies sur la longueur de la nappe (circonférence du tambour). Une seconde nappe peut-être réalisée avec le reste du coton.

Les corrélations entre les résultats obtenus sur voile de carde et le régularimètre Uster, la plaquette de fil, sont excellentes, voisines de 0.90. Les meilleurs résultats sont obtenus en prenant en compte tous les points, petits, moyens et gros.

Cette faisabilité montre que cette voie est très pertinente et qu'il est intéressant d'envisager un comptage automatique. Nous avons initié celui-ci en utilisant le logiciel « Visilog » paramétré par Borne (Cirad), pour l'évaluation des tâches sur les feuilles de plantes. Cependant, il ne répondait pas complètement à nos besoins et en conséquence, Gourlot et Giner (Cirad-ca) ont initié une étude pour la mise au point d'un outil de dénombrement adapté et répondant aux contraintes suivantes :

- un coût de production relativement faible, afin qu'il soit accessible à un nombre élevé de sélectionneurs ;
- une adaptation à une utilisation en station de recherche, ce qui implique notamment de pouvoir assurer localement la maintenance et de n'engendrer que des frais de fonctionnement réduits ;
- dénombrer un maximum de SCF.

E.4.2.2. Comptage des SCF sur voile de carde par l'outil de mesure Trashcam

Le fonctionnement de Trashcam est décrit ci-après à partir de la thèse de Krifa (2001).

Pour les différentes versions de Trashcam, les images sont acquises en 256 niveaux de gris (niveau 0 pour le noir et 255 pour le blanc). Le contraste entre le fond et les SCF permet la

détection de ces derniers par l'algorithme d'analyse d'image. Tous les points noirs détectés par Trashcam sont considérés comme étant des SCF, l'hypothèse de base étant qu'après ouvraison, nettoyage et cardage, seuls les SCF demeurent dans la matière étant donné que les débris végétaux divers sont plus facilement éliminés. Différentes approches ont été testées pour permettre une détection optimale des SCF par l'algorithme (Giner *et al.*, 1997). L'analyse se fait par l'évaluation de la couleur (le niveau de gris en l'occurrence) de chaque pixel¹ en parcourant successivement chaque ligne de l'image (

Figure E-11). L'application d'un seuil de gris global pour différencier les impuretés du fond, a rapidement montré ses limites à cause de la non-uniformité de ce dernier. La solution mise en œuvre pour résoudre ce problème était de considérer chaque pixel en interaction avec son environnement (les pixels avoisinants). Les caractéristiques du fond, de même que le seuillage appliqué pour attacher le pixel à une impureté ou le garder dans le fond, sont ainsi recalculées à chaque variation importante du niveau de gris de ce dernier. Les objets constitués par l'agrégation de pixels attachés aux impuretés sont ensuite dénombrés comme étant des SCF. La Figure E-12 montre sur écran les résultats.

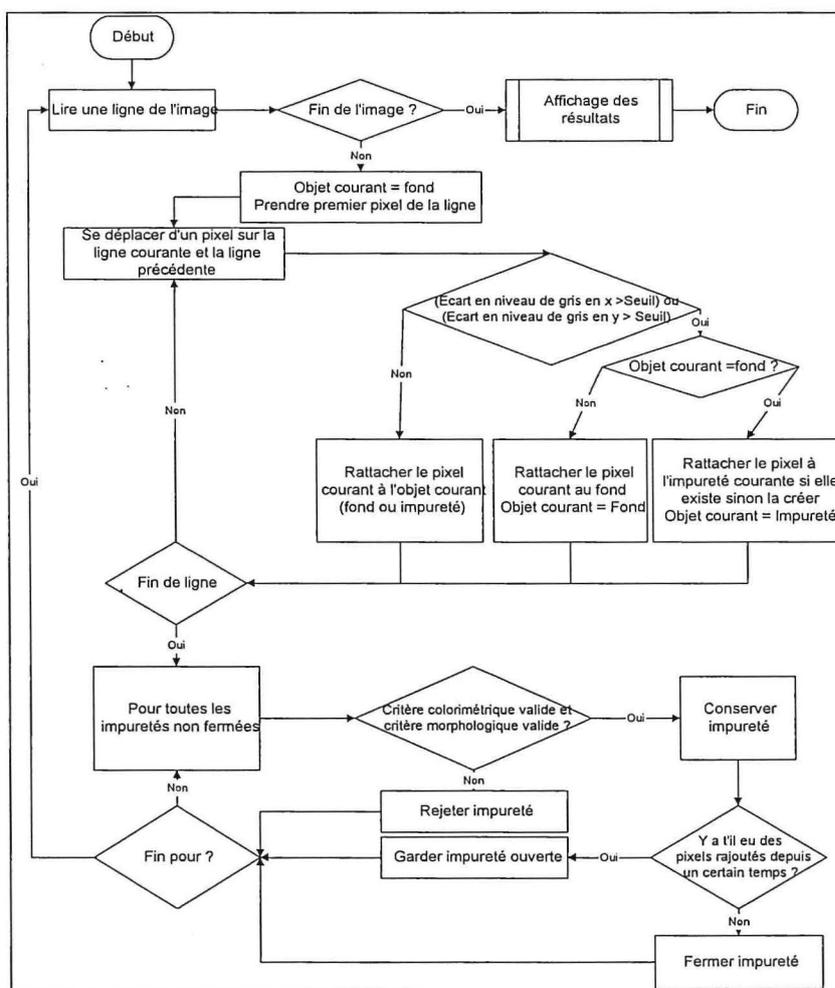


Figure E-11 : Principe de reconnaissance des impuretés sur Trashcam (Krifa, 2001).

¹ Point élémentaire d'une image numérique.

En plus du comptage des SCF, l'analyse Trashcam fournit, pour chaque impureté détectée, diverses caractéristiques morphologiques : la taille (hauteur, largeur et surface), les paramètres de forme (rapport dimensionnel et rapport surfacique) et la couleur (niveau de gris). Le rapport dimensionnel est le rapport entre la largeur et la hauteur de l'impureté (Figure E-13) ; le rapport surfacique représente le rapport entre la surface du SCF et celle de son rectangle englobant (Figure E-13). Ces paramètres sont déterminés en vue de l'application de filtres pour la classification des impuretés détectées selon la forme, dans le cas où il resterait d'autres types d'impuretés que les SCF après cardage. En effet, un rapport dimensionnel peu élevé traduit une forme allongée plus vraisemblable dans le cas d'un fragment de tige que dans celui d'un SCF.

Après l'analyse d'image, les résultats Trashcam sont stockés dans trois fichiers distincts :

- un fichier « global » contenant les conditions d'analyse et les comptages obtenus pour chaque image,
- un fichier « histogramme » comportant la distribution de taille des impuretés détectée pour chaque image, et
- un fichier « détail » fournissant, pour chaque impureté détectée, les paramètres de tailles, de forme et de couleur.

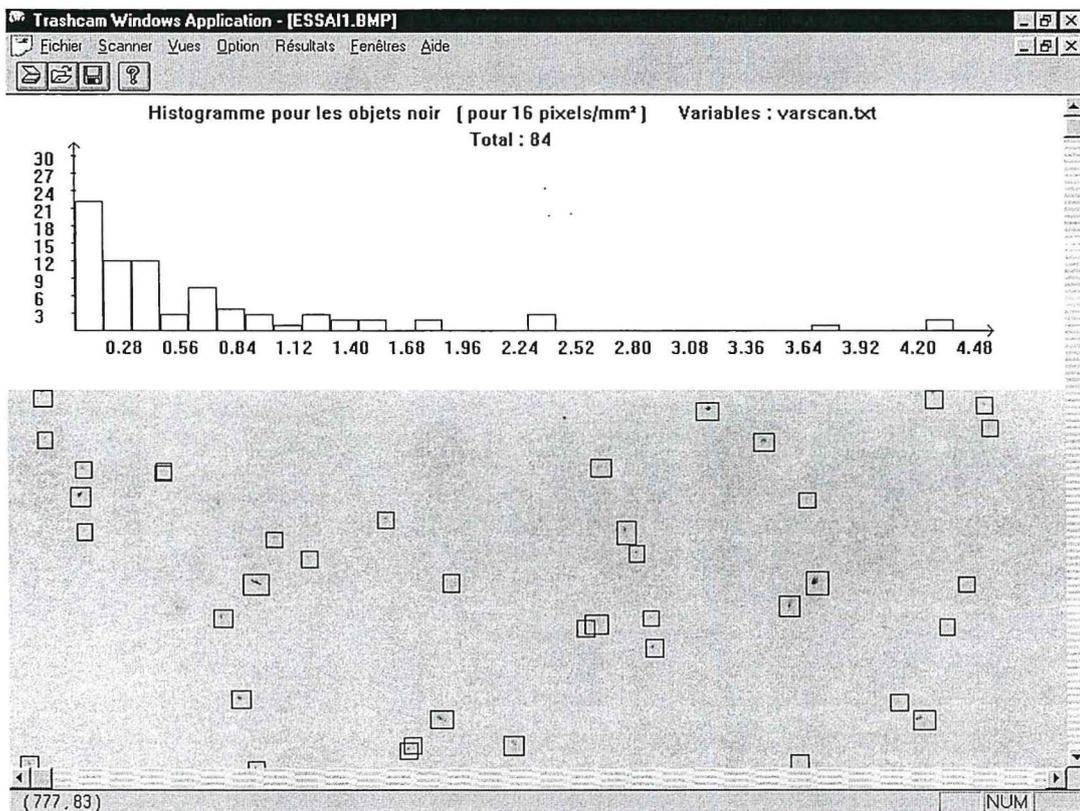


Figure E-12 : Ecran de résultats Trashcam.

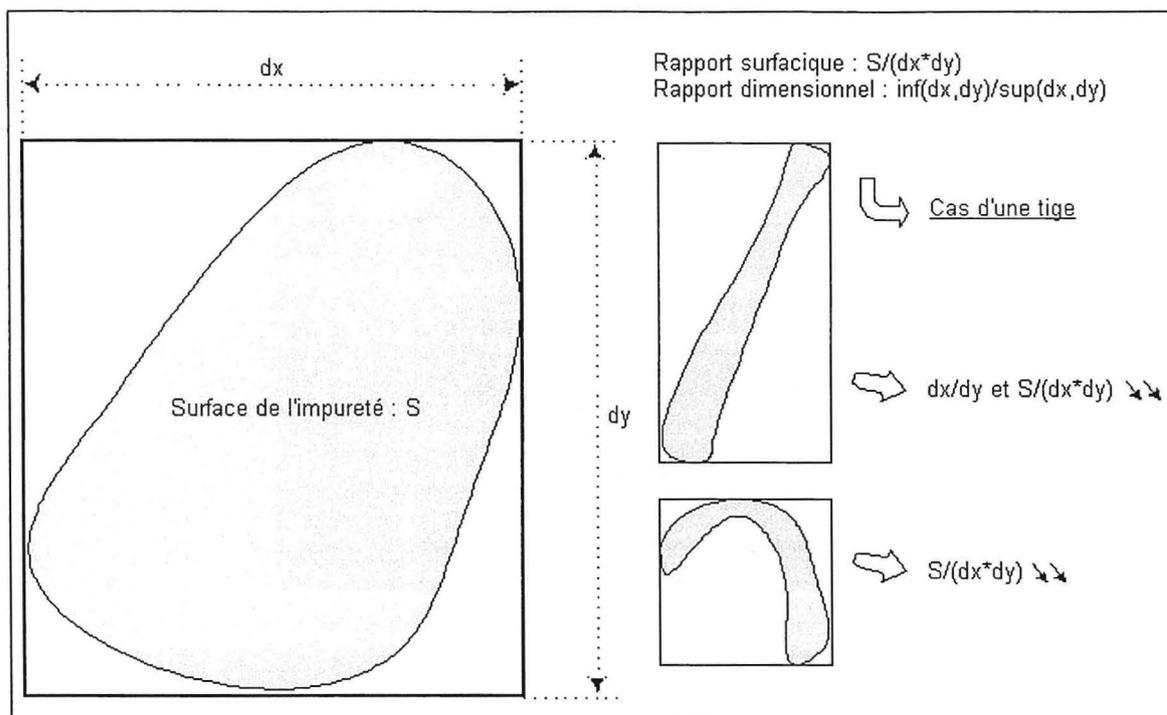


Figure E-13 : Paramètres morphologiques mesurés par Trashcam(schéma Krifa).

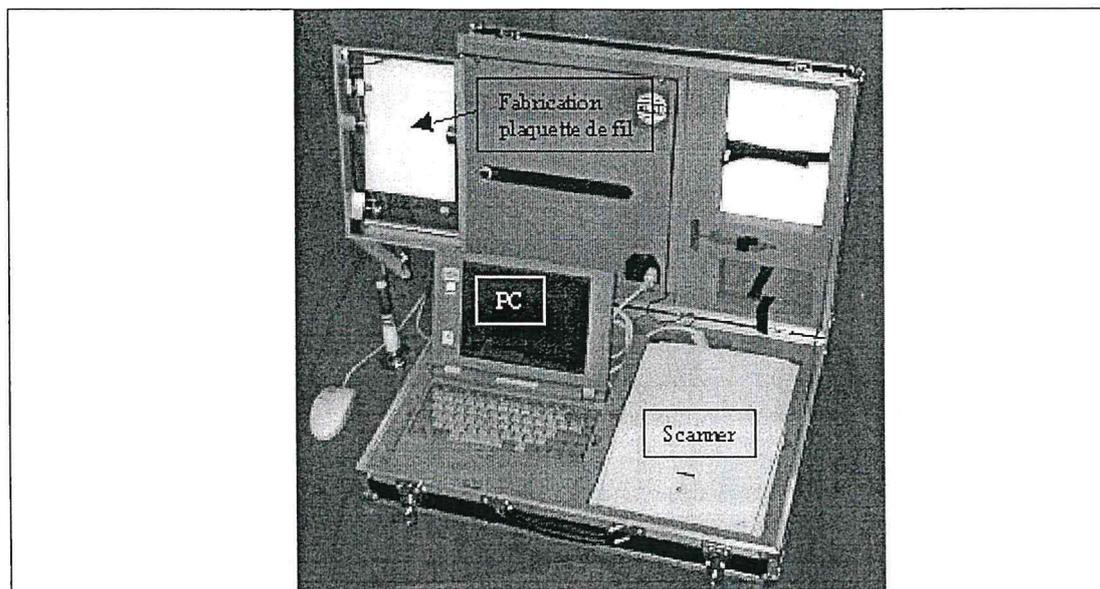
Les évolutions successives de Trashcam ont donné naissance à un nouveau développement, fondé sur les mêmes principes de base, mais pouvant traiter des images en millions de couleurs (Giner, 1998; Vega, 1999). Cette nouvelle version, désignée CATI (*Counting Apparatus for Trash and Impurities*), est développée afin de pouvoir différencier divers types d'impuretés. La capacité de faire cette différenciation, en ne nécessitant pas un nettoyage aussi efficace que celui de la carte au niveau des impuretés diverses, permettra de remplacer la préparation à la minicarde par un ouvrier moins encombrant du type de celui du H2SD.

E.4.3. Mise au point d'une mallette pour l'évaluation des SCF sur un voile et sur le fil

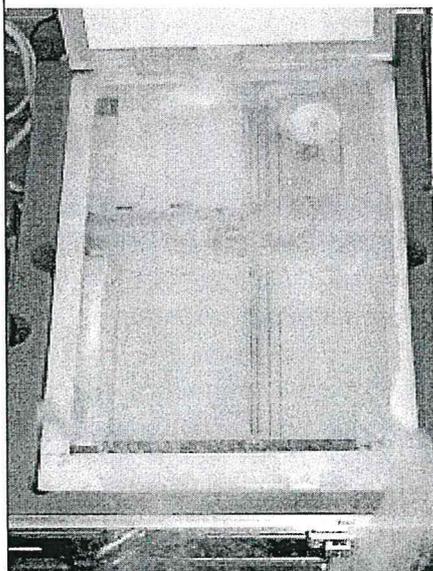
Trashcam peut dénombrer les SCF sur un voile de carte et sur une plaquette de fil. Pour les généticiens qui ne disposent pas de laboratoire, nous avons mis au point une mallette comportant le nécessaire pour évaluer les SCF sur fibre et sur fil. Elle se compose :

- d'un scanner ;
- d'un micro- ordinateur portable ;
- d'un enrouleur de fil sur plaquette ;
- d'une série de plaquettes.

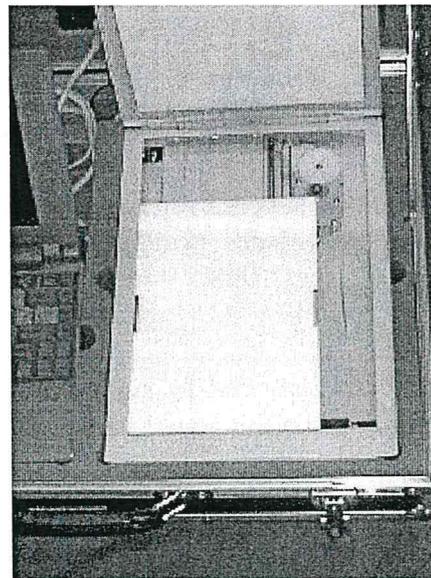
Cette mallette se présente selon la Figure E-14.



Malette portable : vue générale



Le scan d'un voile de cardé



La scan d'une plaquette de fil

Figure E-14. Mallette Trashcam pour l'analyse des SCF sur fil et fibre (photos R. Frydrych).

E.5. NOUVELLE METHODOLOGIE UTILISABLE PAR LES CHERCHEURS ET LES FILATEURS POUR LA MICROFILATURE DE FIBRES COURTES

E.5.1. Introduction

Pour le coton cardé industriel (*cf. B6*), nous avons vu que le procédé général de filature est le suivant : l'ouverture et le mélange du coton, son nettoyage par cardage, la transformation du voile en ruban puis l'affinage de ce ruban et sa mise sous forme de mèche, ensuite la filature proprement dite.

Le laboratoire de technologie cotonnière du Cirad-ca utilise le matériel de microfilature (Platt) qui se compose d'une minicarde, d'un banc d'étirage, d'un continu à filer à double étirage de 8 broches, le double étirage remplaçant le banc à broche qui transforme le ruban sous forme de mèche, avant la filature (cas industriel). Il est également équipé d'une filature à rotors ou open-end Suessen de 6 turbines (Figure E-15). La masse de coton utilisée avec ce type de matériel est d'environ 50 g.

Il est apparu que pour certaines études de collage et de nepposité, les masses de coton de 50 g étaient insuffisantes. Nous avons donc mis au point une méthodologie adaptée à la microfilature pour traiter des masses de fibres de 50 g à 500 g [C9]. Cette méthodologie est également intéressante pour le programme d'amélioration variétale car la longueur de fil disponible permet d'augmenter le nombre de mesures sur le fil pour obtenir plus de précision et d'autre part de compléter les informations en réalisant par exemple du tissu pour étudier l'affinité tinctoriale etc...

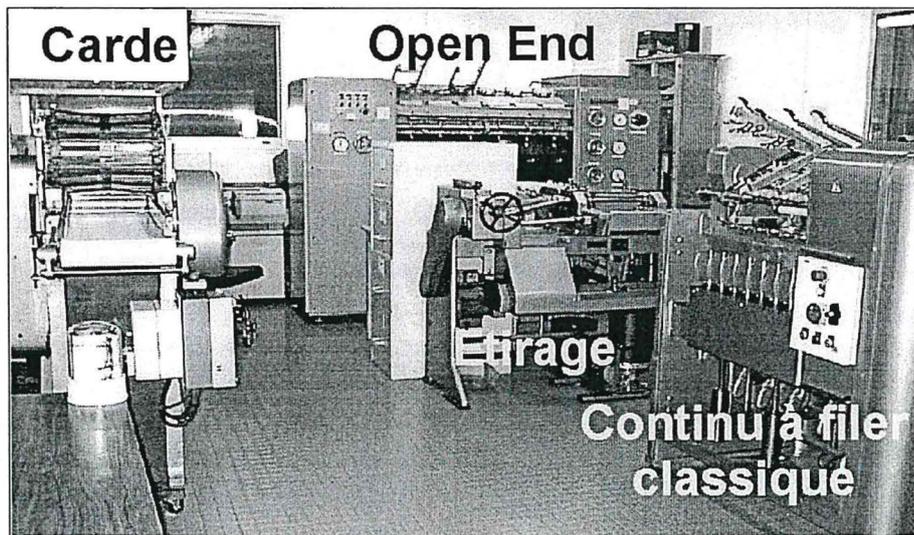


Figure E-15. Unité de microfilature : minicarde, banc d'étirage , continu à filer, Open-end (photos R. Frydrych).

E.5.2. Méthodologie

La Figure E-16 schématise les différentes phases qui permettent de réaliser un essai sur 50 g de coton et des essais allant jusqu'à 500 g de fibres [MT5].

Cette méthodologie a nécessité la mise au point des matériels suivants :

- pour la minicarde, un tambour d'une circonférence de 1,57 m, permettant de recevoir un voile de cardé pour former une nappe de fibres de 100 g ;
- pour le banc d'étirage, un système de guidage de rubans à l'arrière de l'appareil, ainsi qu'un système d'enroulement du ruban en sortie d'étirage, dans des pots.

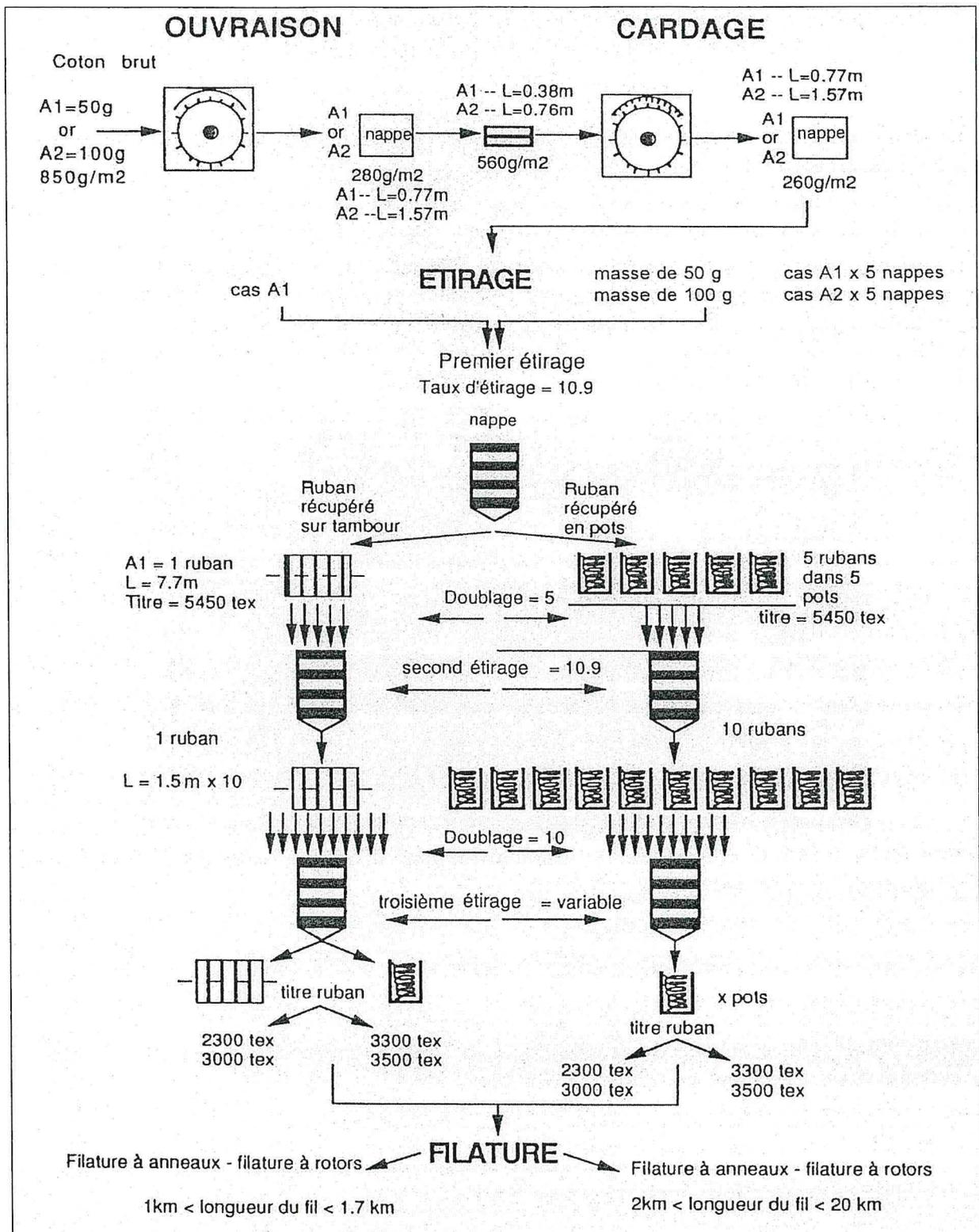


Figure E-16. Schéma des étapes en microfilature au CIRAD (R. Frydrych, 2000).

E.5.2.1. La préparation des fibres

Elle comprend les deux phases suivantes .

E.5.2.1.1. L'ouverture et le mélange de l'échantillon

Le coton est ouvert à la main, puis il est déposé sur le tapis d'alimentation de la minicarde

(Figure E-17-1), pour former une masse surfacique d'environ 850 g/m². Pour cette opération, nous avons transformé la minicarde en ouvreuse en remplaçant les chapeaux à aiguilles recouvrant le grand tambour, par un chapeau lisse reposant sur les flasques de celui-ci et placé à 2 mm de la surface de la garniture du grand tambour. Durant cette opération, le coton subit un premier démêlage et est débarrassé des impuretés les plus lourdes. Le voile obtenu en sortie est enroulé sur un cylindre ce qui assure un premier mélange et l'obtention d'une masse surfacique relativement régulière permettant d'optimiser l'opération suivante de cardage.

En fonction des masses de matière à traiter, la phase de préparation se déroule comme l'indique la Figure E-17. Lorsque l'échantillon a un poids voisin de 50 g ± 5, le voile de l'ouvreuse formé à la sortie du peigneur, d'un poids voisin de 6 g/m², est récupéré sur le cylindre en aluminium de 0,77 m de circonférence et de 0,25 m de largeur ; quand l'échantillon a une masse de 100 g ± 5, il est récupéré sur un cylindre en PVC (polyvinyl chloride) situé en de 1,57 m de circonférence (Figure E-17-2) et de 0,25 m de largeur. Pour des échantillons de plus de 100 g, c'est à dire en général 250 ou 500 g, l'échantillon est divisé en 5 parties de 50 g ou 100 g. Ces sous-échantillons forment 5 nappes qui sont ensuite cardées individuellement.

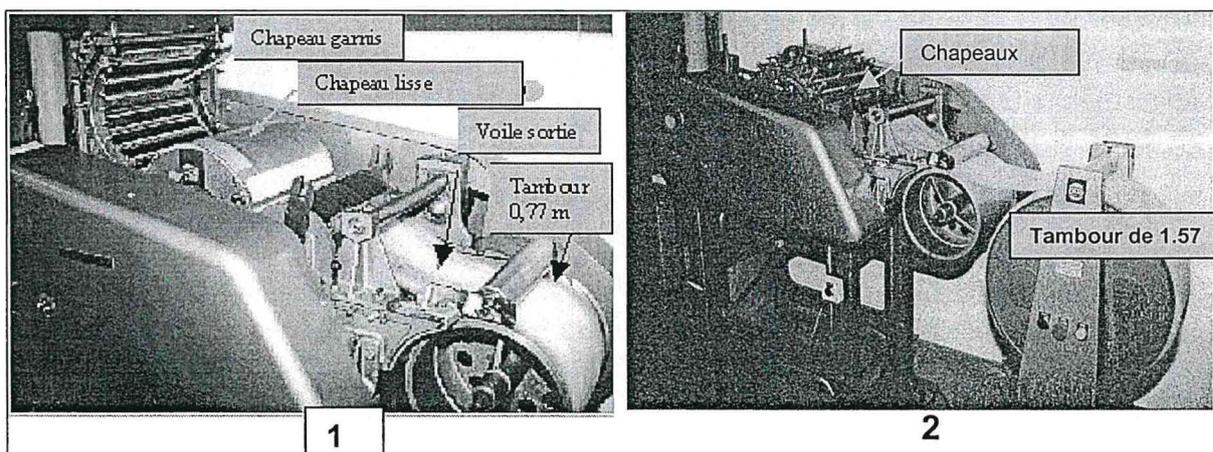


Figure E-17. Minicarde pour cardage de 50 g à 100 g de fibres (photos R. Frydrych).

E.5.2.1.2. Le cardage

Le cardage assure le nettoyage, le démêlage, l'individualisation des fibres et élimine une partie des neeps et fibres courtes. La nappe obtenue après la phase précédente d'ouvraison, d'un poids d'environ 280 g/m² est habituellement séparée du cylindre de réception puis divisée en deux dans le sens de la longueur. Ces deux parties sont alors superposées pour former un doublage de 2 et l'ensemble est présenté sur le tapis d'alimentation de la minicarde. Pour cette opération, le grand tambour est recouvert des chapeaux à aiguilles (Figure E-17-2). La récupération du voile se réalise de la même façon que lors de l'ouvraison : pour une masse de 50 g, le voile de sortie d'un poids de 5 g par m² est récupéré sur le cylindre de 0,77 m ; pour la masse d'un échantillon de 100 g, il est récupéré sur le cylindre en PVC de 1,57 m. La minicarde n'ayant pas de système automatique de nettoyage des aiguilles des chapeaux, celles-ci doivent être nettoyées avec une brosse recouverte d'une garniture de type déboureur, après chaque passage de 50 g de coton. De ce fait, pour un échantillon de 100 g, un nettoyage complémentaire intermédiaire est nécessaire.

E.5.2.2. La phase d'étirage

La phase d'étirage consiste à faire passer le flux fibreux (nappe ou ruban) entre des paires de

cylindres en pression entraînés à des vitesses tangentielles qui sont différentes. On applique ainsi un étirage à la matière. Les fibres de coton ont des longueurs différentes et lors de l'étirage certaines d'entre elles ne sont contrôlées ni par le cylindre d'alimentation, ni par le cylindre délivreur durant leur passage dans la zone de laminage. Ces fibres, généralement courtes, sont dites flottantes et ne subissent pas l'opération d'étirage. Il s'ensuit donc la création de grosseurs plus ou moins importantes, qui sont causées par cette accumulation des fibres courtes désordonnées, et de finesses aux endroits où les fibres courtes ont disparu.

La méthodologie pour déterminer les caractéristiques d'étirage dépend de la masse de coton utilisée, de la longueur des rubans obtenus pour chacun des étirages, du type de filature envisagé. Dans tous les cas, trois passages au banc d'étirage décrit par la Figure E-16, sont nécessaires. Au cours du premier passage (Figure E-18-1), la nappe de sortie de carte est transformée en ruban. Comme l'étirage introduit des irrégularités à court terme sous la forme de vagues d'étirage dont l'amplitude est variable, on réduit leur amplitude par un doublage, c'est à dire par la juxtaposition de plusieurs rubans placés côte à côte : doublage de 5 pour le 2e passage d'étirage ; doublage de 10 pour le 3e passage. D'autre part, l'étirage entraîne une parallélisation des fibres au sein du ruban. L'étirage s'exprime par un taux qui correspond au rapport des titres entrant (T_e) sur les titres sortant (T_s) : $E = T_e / T_s$.

Pour une filature de 50 g de fibres, en sortie du banc d'étirage, le ruban est récupéré sur un tambour permettant d'emmagasiner jusqu'à 15,60m de ruban. Pour le traitement de masses supérieures, le banc d'étirage a été complété comme suit (Figure E-18-2 et Figure E-18-3).

- un train de 5 rouleaux, placé à l'arrière du banc d'étirage, oriente et amène les rubans situés dans des pots aux rouleaux d'étirage ;
- un système d'emportage, est placé à 0,80 m sous les rouleaux d'appel de sortie du ruban. Il supporte un pot en PVC de 0,172 m de diamètre et 0,275 m de hauteur. Ce pot reçoit le ruban de sortie d'étirage. Sa vitesse de rotation est déterminée de façon à donner une torsion de 4 tr/m au ruban de sortie, conférant ainsi au ruban une certaine cohésion. La longueur du ruban délivrée est évaluée par un compteur.

Les rubans obtenus au 3^e étirage (Figure E-18-3) sont ensuite dirigés vers le continu à filer (Figure E-19) ou l'open-end.

La Figure E-20 récapitule les longueurs de fil disponible en fonction des masses de coton filées.

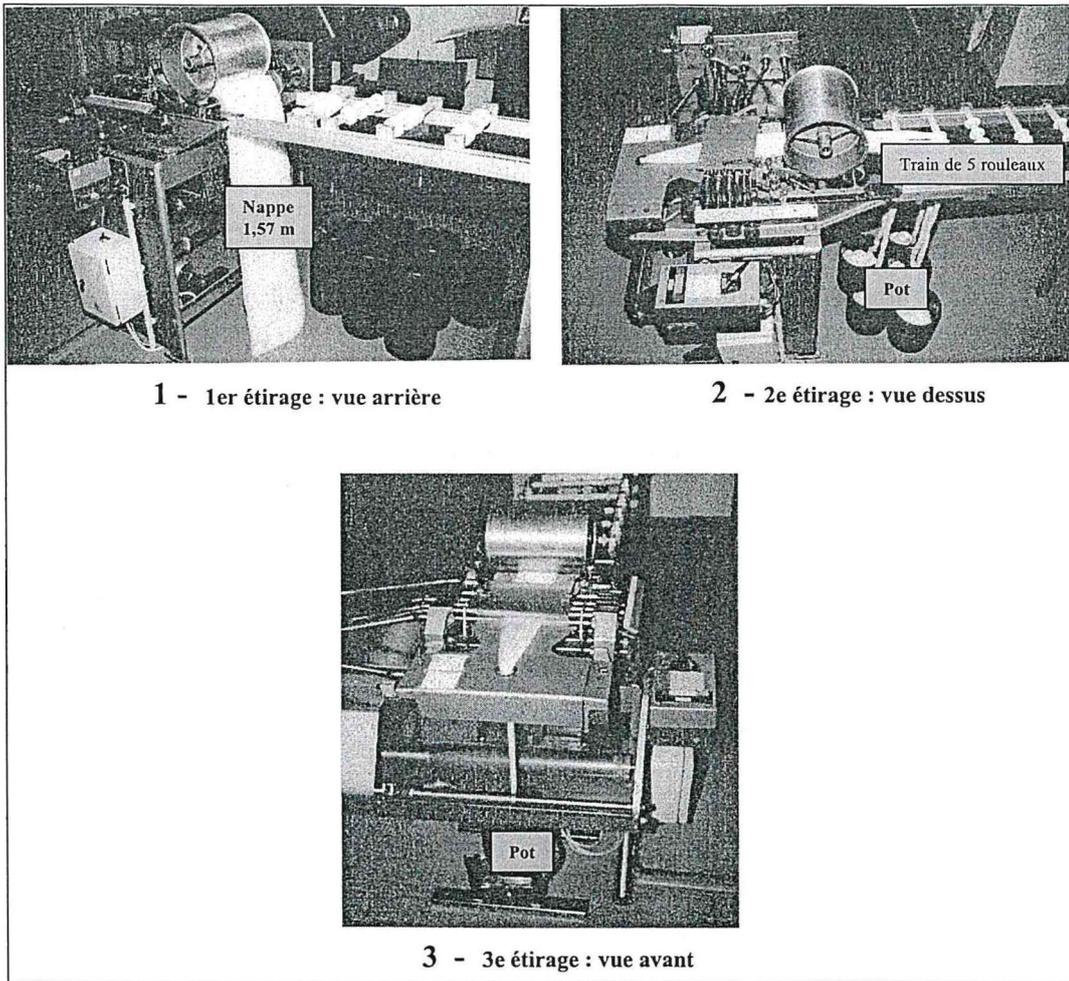


Figure E-18. Banc d'étirage (photos R. Frydrych).

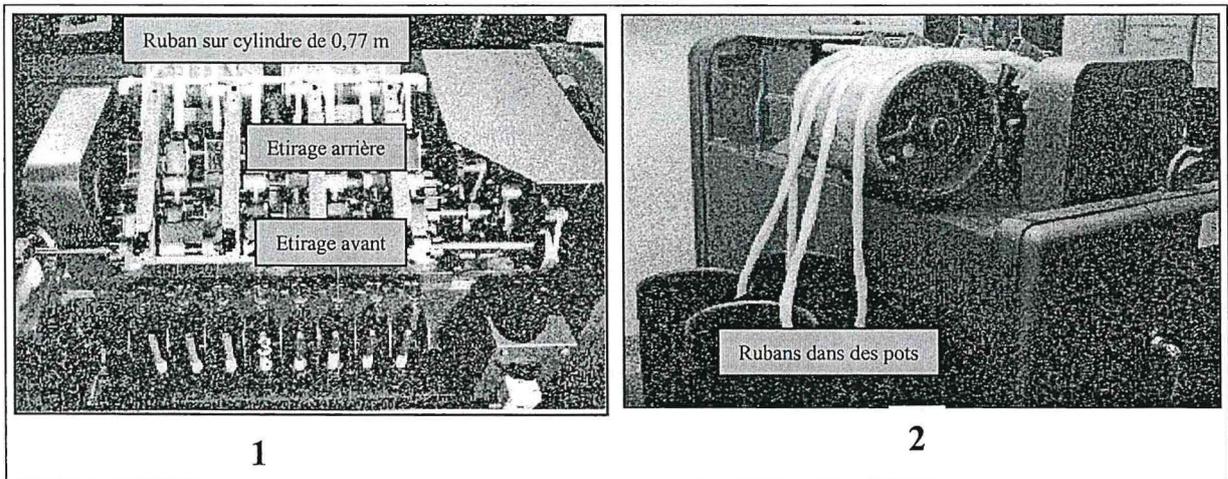


Figure E-19. Filature à anneaux (photos R ; Frydrych).

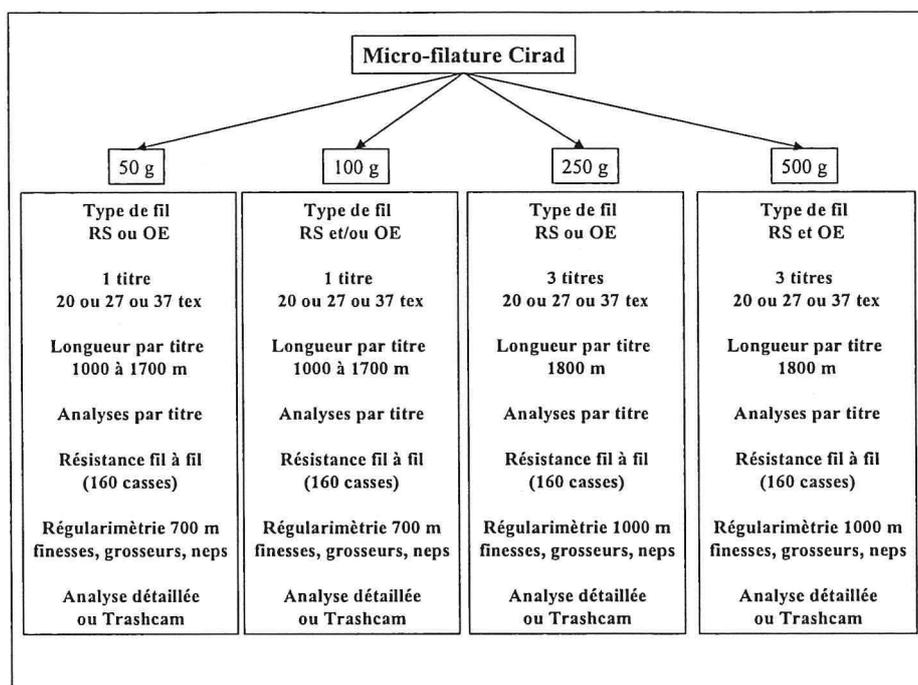


Figure E-20. Longueurs de fils disponibles en fonction des masses filées et du titre du fil.

E.6. APPLICATIONS DES METHODOLOGIES DE MICROFILATURE ET DE COMPTAGE DES SCF

Les méthodologies qui ont été développées, ont permis d'étudier plus précisément les fragments de coque et leurs effets sur le fil. Nous allons présenter quelques applications et les résultats les plus pertinents.

E.6.1. Filature de 500 g de fibres au continu à filer et à l'open-end

E.6.1.1. Introduction

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'un contrat avec Zellweger-Uster pour évaluer la relation entre les neps déterminés sur le fil à l'UT3 (Figure E-21) et ceux dénombrés par l'AFIS et ainsi valider l'algorithme utilisé par l'AFIS.

Les résultats concernant l'AFIS sont la propriété de Zellweger-Uster. Nous présenterons uniquement ceux relatifs à l'application de la méthodologie de filature de 500 g de fibres, pour l'étude de la nepposité détaillée sur le fil, mesurée au régularimètre UT3 [CR4 et CR5].

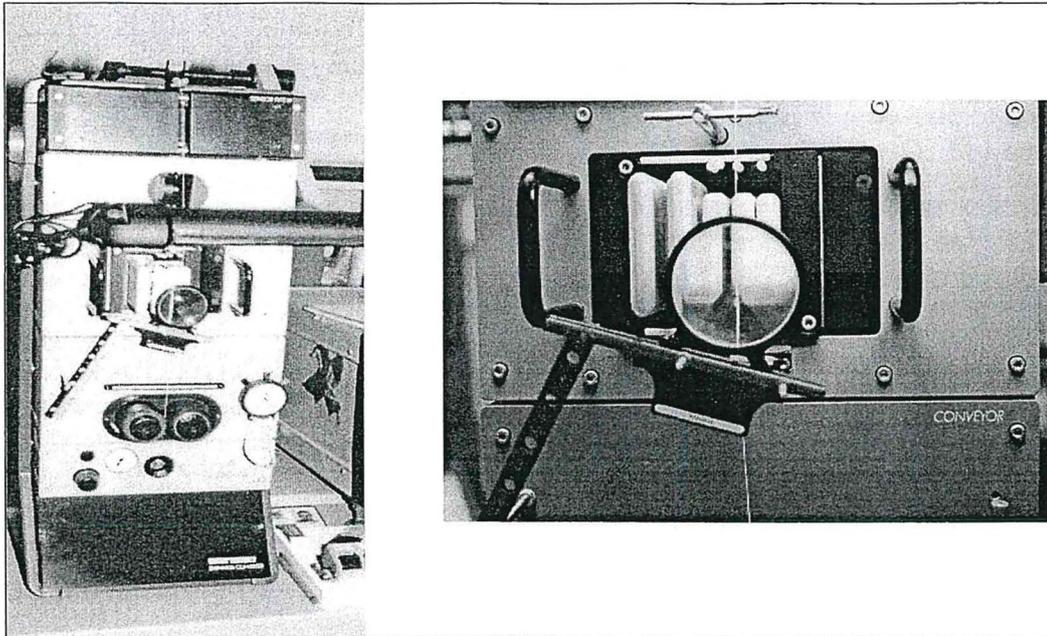


Figure E-21. Régularimètre UT3 (photos R. Frydrych).

E.6.1.2. Microfilature de 500 g de fibres et analyse du fil

E.6.1.2.1. Matériel et méthode

Trente cotons en provenance de plusieurs pays ont été choisis, afin d'avoir une gamme de caractéristiques technologiques relativement large.

L'analyse de la fibre sur coton brut a été réalisée sur une chaîne HVI 910B de Zellweger pour ce qui concerne les caractéristiques de la fibre telles que la longueur, la ténacité et sur le FMT3 de Shirley Developments pour la maturité, suivant la méthodologie appliquée dans le laboratoire (Gourlot et Hequet, 1994). L'ensemble des tests a été effectué dans les conditions ambiantes standards soient $65 \% \pm 2$ d'humidité relative (HR) et $21^{\circ} \text{C} \pm 1$ de température.

Ces 30 cotons ont été filés suivant nos deux techniques de filature, à anneaux et à rotors, selon les titres de fil de 20, 27, 37 tex. Pour chaque type de filature, nous avons utilisé 500 g de fibres qui ont été filés selon la procédure décrite précédemment. Les caractéristiques déterminées sur fil ont été les suivantes : en dynamométrie, la ténacité et l'allongement ont été mesurés sur le dynamomètre CRL de Zellweger ; en régularimétrie, il a été analysé les finesses, les grosseurs, la nepposité globale et une analyse détaillée de la nepposité. Les longueurs de ruban ont été définies en fonction des longueurs de fil nécessaires aux différentes analyses.

- pour la filature à anneaux ou ring spinning (RS), pour chaque titre de fil à réaliser, 4 rubans ont été prélevés sur le ruban de sortie du 3^e étirage, et chacun d'entre eux placé dans un pot pour alimenter 4 broches du continu à filer. La longueur du ruban a été déterminée pour obtenir une longueur de fil de 1000 m par broche soit 4000 m ;
- concernant la filature à rotors ou open-end (OE), pour chaque titre de fil à réaliser, 2 rubans ont été prélevés et placés dans 2 pots pour alimenter 2 turbines de l'open-end. Les longueurs ont été déterminées pour la réalisation de 2000 m par turbine soit 4000 m de fil ;
- un reste de ruban d'environ 20 m a été utilisé pour des études complémentaires chez Zellweger-Uster ;

- les caractéristiques déterminées sur fil dans les conditions standards d'humidité relative de $65\% \pm 2$ et de température de $21^{\circ}\text{C} \pm 1$, ont été les suivantes ;
- en ce qui concerne la ténacité et l'allongement, chaque titre de fil a subi 40 casses par bobine soit 160 casses ;
- en régularimétrie, pour la filature à anneaux la longueur testée par titre de fil a été de 2000 m ; en filature à rotors 1000 m, les 1000 m restant ont été destinés à une analyse détaillée de la nepposité plus importante.
- une analyse détaillée de la nepposité sur fil a été menée sur l'UT3 en utilisant la possibilité de l'arrêt sur l'imperfection de l'appareil UT3. Les différentes imperfections ont été dénombrées : les débris de coque, les neps fibre, les débris végétaux. Les pourcentages de chacun d'entre eux ont été déterminés et leur nombre calculé par rapport aux neps totaux. Cette analyse a été réalisée sur 1000 m de fil pour le fil obtenu en filature classique (RS) et sur 2000 m dans le cas du fil open-end (OE).

E.6.1.2.2. Résultats et discussion

Les relations liant les caractéristiques de la fibre et du fil pour 3 titres de fil et 2 types de filature ont été étudiées. Dans cette étude, près de 100 variables ont été déterminées. Nous avons sélectionné les résultats les plus significatifs et étudié :

- les relations entre la ténacité de la fibre et celle du fil pour les deux types de filature ;
- les relations entre la force de rupture du fil et le titre ;
- les relations entre le titre du fil et le niveau des imperfections

La Figure E-22 montre que nous avons une excellente corrélation entre la force de rupture du fil et la ténacité HVI pour les 3 titres de fil et les 2 types de filature. Les coefficients de corrélation sont supérieurs à 0,95. Ces résultats viennent d'être confirmés plus récemment dans les thèses de Krifa [E3] et Gourlot [E4].

Les relations entre les forces de rupture du fil, le titre et le type de filature sont excellentes comme l'indique la Figure E-23. Nous constatons pour la relation entre le 20 tex et le 27 tex, que les pentes des droites obtenues pour chaque type de filature sont très proches, avec cependant un niveau de résistance inférieur en ce qui concerne la filature à rotors. Le phénomène semble identique entre le 20 - 37 tex et le 27 -37 tex. Le Tableau E-2 indique les corrélations simples entre la force de rupture du fil en cN et les principales caractéristiques de la fibre. Il est possible d'expliquer, pour une très large part la force de rupture du fil uniquement par la ténacité HVI. Les équations figurent dans le Tableau E-3.

En ce qui concerne les neps, la Figure E-24 montre les relations qui existent entre la nepposité totale du filé, le titre et le type de filature ; la Figure E-25 indique les relations entre les SCF du fil, le titre et le type de filature et la Figure E-26 les relations entre les neps fibres, le titre et le type de filature. L'analyse de la nepposité a été réalisée en transformant les données obtenues en racine carrée. On remarque que quel que soit le titre du fil, les 2 principaux types de neps, c'est à dire les fragments de coque ou SCF et les neps fibre, sont nettement moins nombreux dans le filé open-end : les débris de coque (SCF) sont en moyenne 7 à 10 fois inférieurs à ceux obtenus en filature à anneaux. Ceci s'explique par le fait qu'il existe un nettoyage supplémentaire en filature open-end au niveau du briseur, le ruban étant individualisée à cet endroit ; d'autre part le choix de la sensibilité à l'UT3 est de 280% pour l'OE.

Tableau E-2. Coefficients de corrélation simple entre la force de rupture du fil (cN) en filature à anneaux ou ring spinning (RS) et la filature à rotors ou open-end (OE) et les principales caractéristiques de la fibre.

Force de rupture cN	Caractéristiques technologiques de la fibre							
	ML	UHML	UI	Ténacité	all%	IM	H	HS
Fil 20 tex RS	0,91	0,89	0,84	0,96	0,90	- 0,44	- 0,61	- 0,54
Fil 20 tex OE	0,90	0,88	0,83	0,96	0,90	- 0,47	- 0,63	- 0,53
Fil 27 tex RS	0,90	0,89	0,84	0,97	0,90	- 0,44	- 0,61	- 0,54
Fil 27 tex OE	0,90	0,88	0,83	0,98	0,90	- 0,49	- 0,64	- 0,53
Fil 37 tex RS	0,91	0,89	0,83	0,97	0,90	- 0,44	- 0,61	- 0,54
Fil 37 tex OE	0,90	0,87	0,83	0,98	0,90	- 0,50	- 0,63	- 0,52

Tableau E-3. Equations de prévision de la force de rupture du fil en cN à partir de la ténacité HVI exprimée en g/tex, pour trois titres et deux types de filature.

Filature	Titre	Equations de prévision	coefficient de corrélation
		de la force de rupture du fil	
anneaux ou ring- spinning (RS)	20 tex	Force de rupture = 10,76 x ténacité HVI - 37	r = 0,96
	27 tex	Force de rupture = 13,95 x ténacité HVI - 14,3	r = 0,97
	37 tex	Force de rupture = 18,81 x ténacité HVI + 9,3	r = 0,97
rotors ou open-end (OE)	20 tex	Force de rupture = 7,36 x ténacité HVI - 12	r = 0,96
	27 tex	Force de rupture = 10,23 x ténacité HVI - 0,6	r = 0,98
	37 tex	Force de rupture = 14,45 x ténacité HVI + 13,5	r = 0,98

E.6.1.2.3. Conclusion

Cette étude nous a permis d'évaluer qualitativement les méthodologies que nous avons mises au point que ce soit dans le domaine de la filature ou celui du dénombrement des SCF à l'UT3.

La microfilature de 500 g de fibres offre des possibilités supplémentaires en terme d'essais, de précision et permet d'aborder des évaluations de caractérisations supplémentaires : affinité tinctoriale des fibres etc..

Les résultats que nous avons obtenus montre que la méthodologie de filature est optimisée. Associée, à celle optimisée de mesure des fibres par HVI, mise au point au laboratoire (Gourlot et Hequet, 1994), les corrélations entre la ténacité des fibres mesurées par HVI et celles des fils sont excellentes. Les sélectionneurs peuvent donc estimer la ténacité du fil à partir de la ténacité HVI dès les premiers stades de la sélection, avec une bonne précision. Il serait intéressant de continuer l'évaluation de ces résultats dans le cas de mélanges de cotons, comme c'est le cas en filature industrielle.

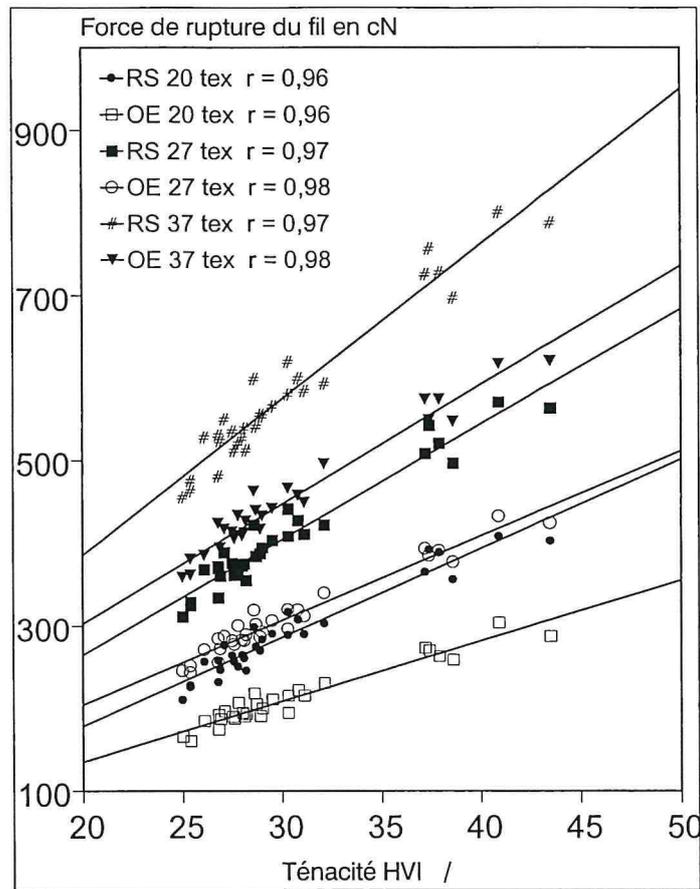


Figure E-22. Relation entre la force de rupture en cN /tex du fil et la ténacité HVI en cN/tex.

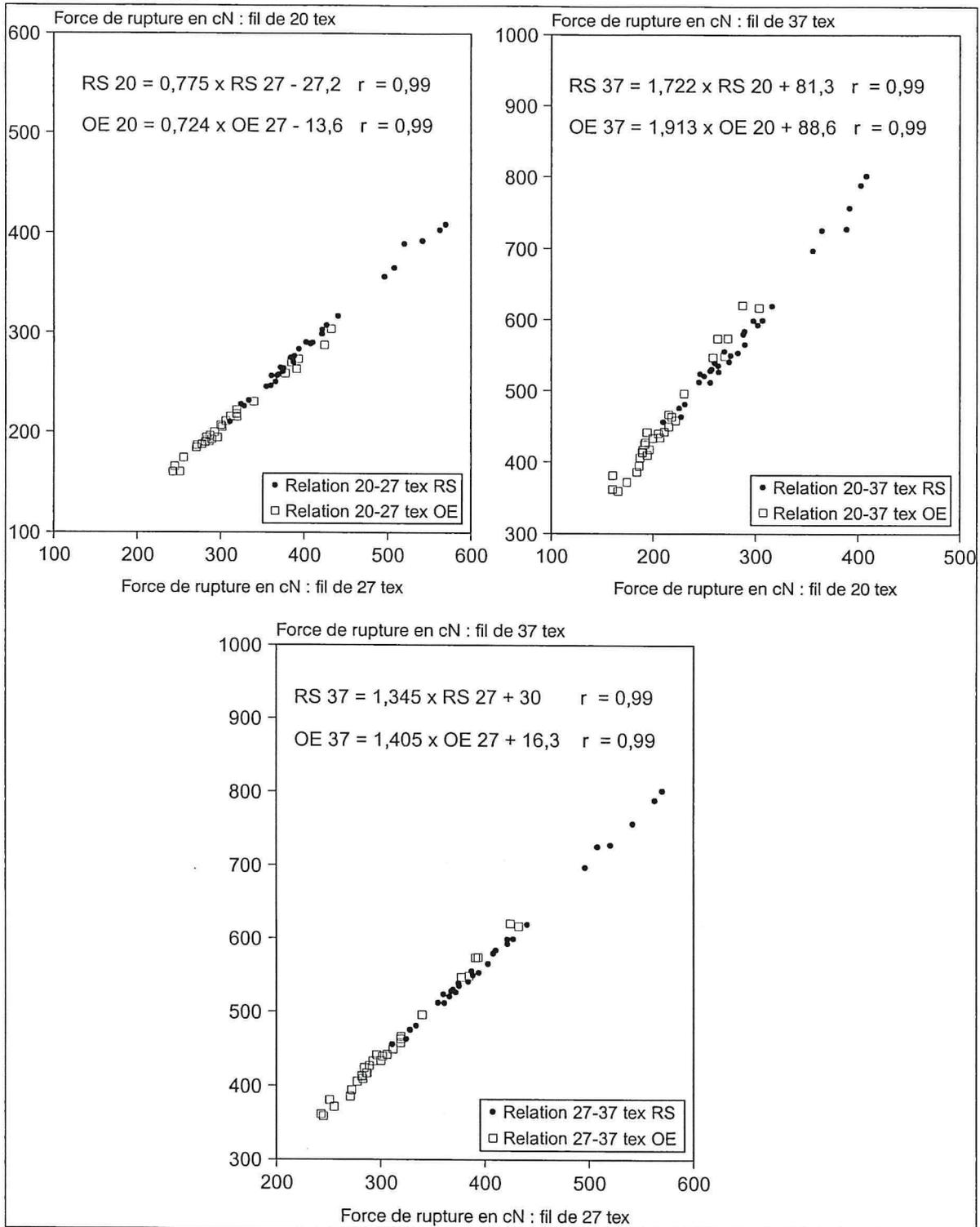


Figure E-23. Force de rupture filature à anneaux (RS) vs force de rupture open-end (OE).

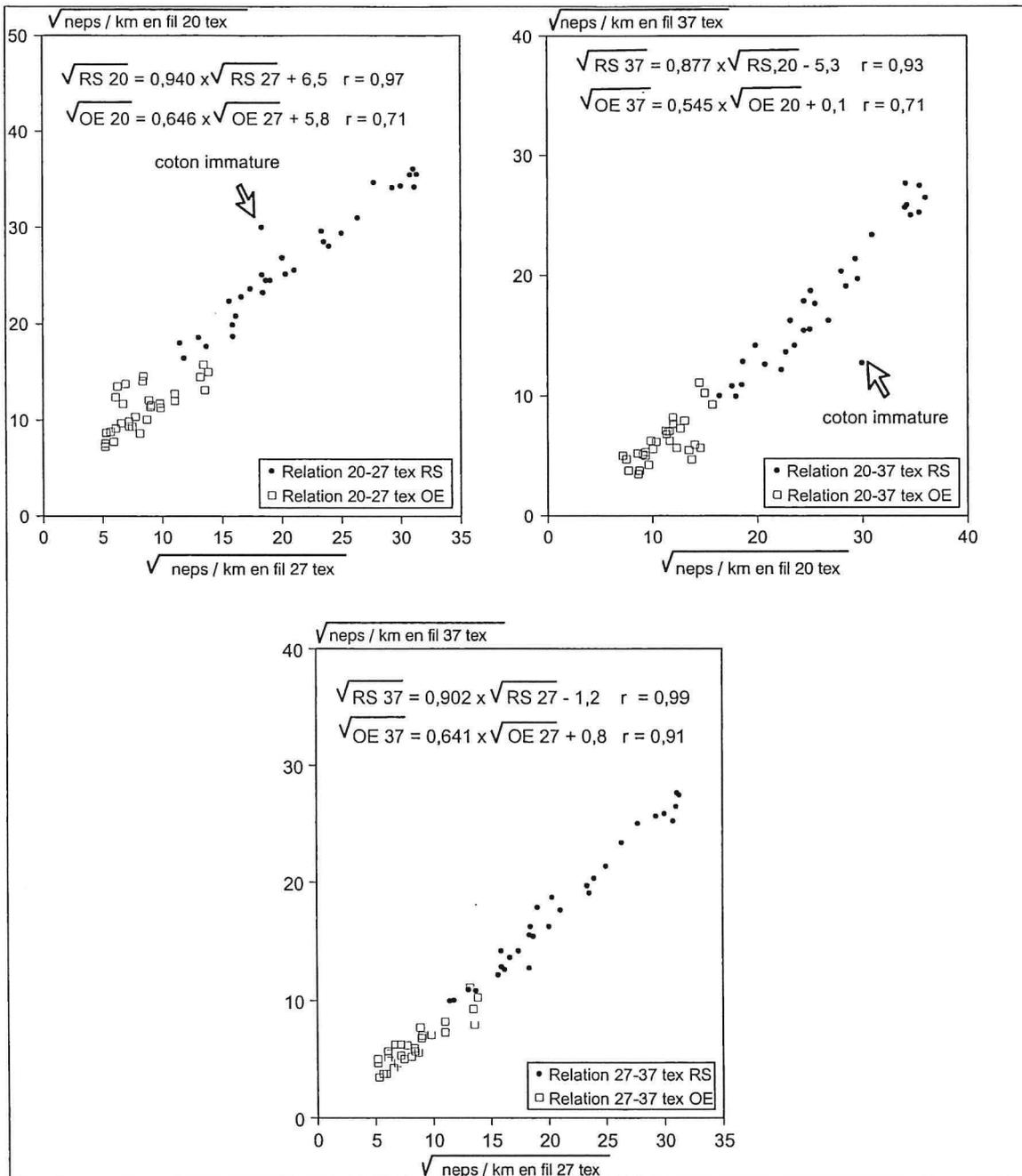


Figure E-24. Neps totaux filature à anneaux (RS) vs neps totaux open-end (OE) .

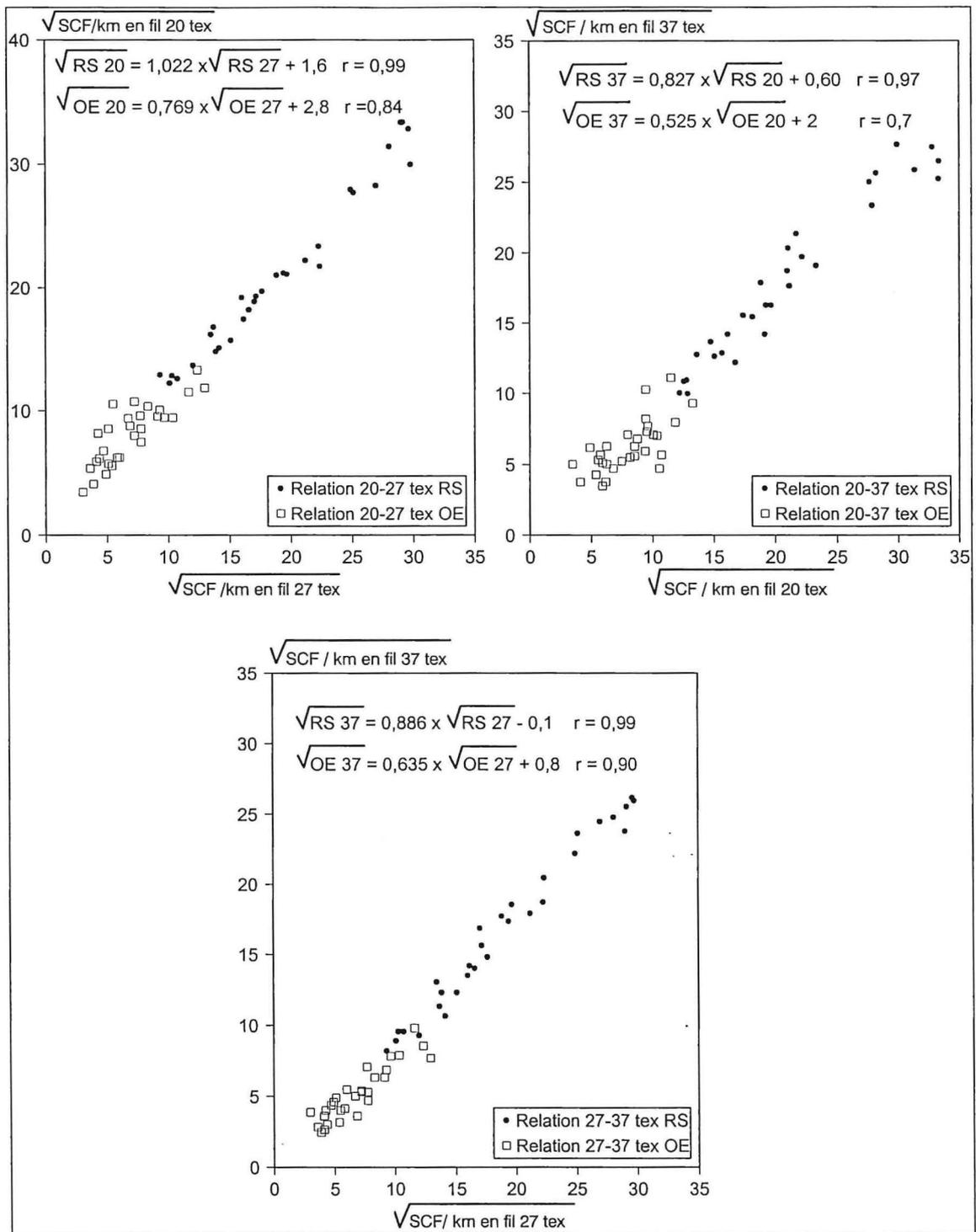


Figure E-25. SCF filature à anneaux (RS) vs SCF open-end (OE)..

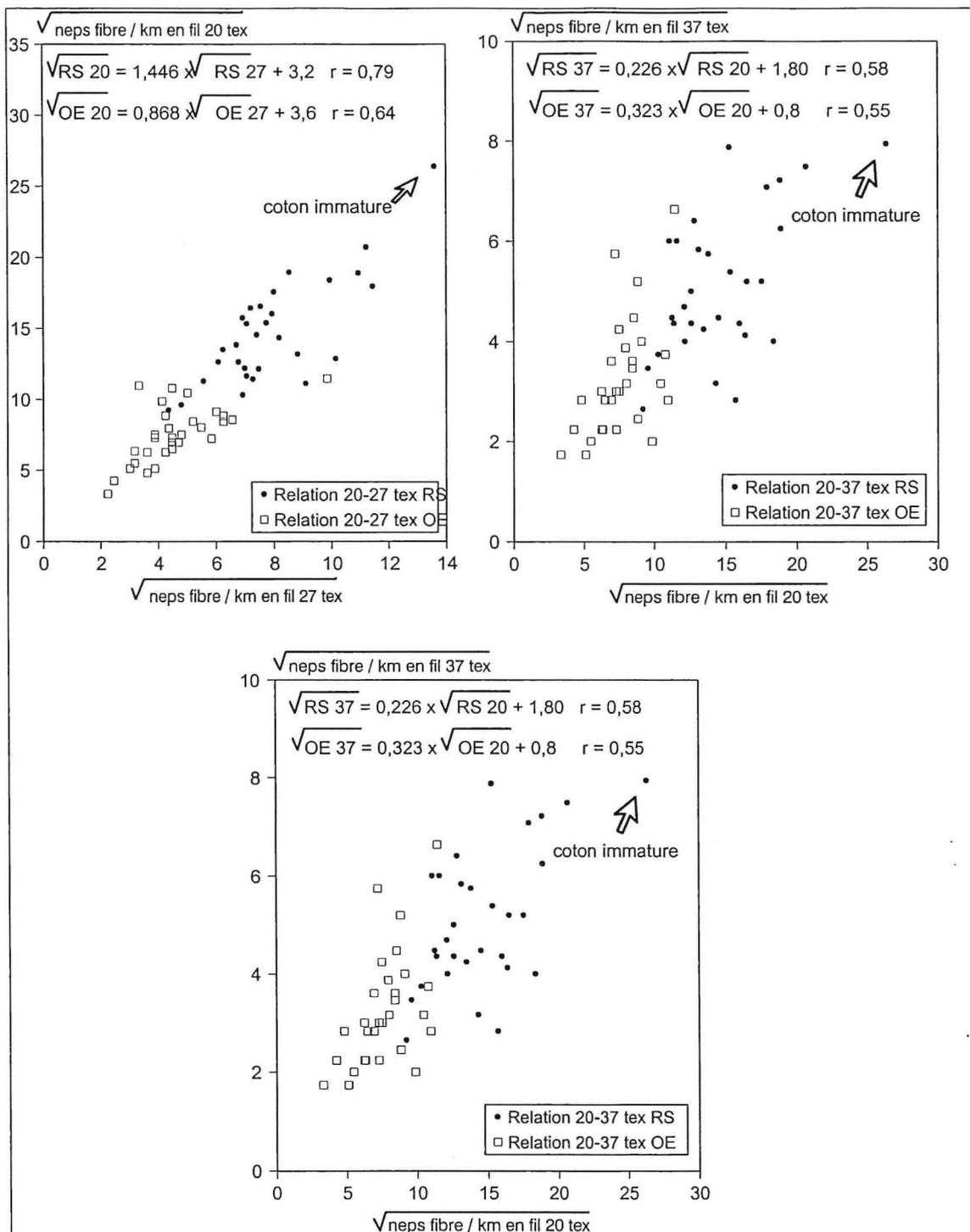


Figure E-26. Neps fibre filature à anneaux (RS) vs neps fibre open-end (OE).

E.6.2. Comparaison d'outils de mesure de la nepposité sur fil et sur fibre

Nous allons nous appuyer sur les résultats obtenus dans le cadre de 2 thèses :

- la thèse de Bachelier B. [E1] intitulée : « contribution à l'étude de la variabilité et du déterminisme génétique de la teneur en fragments de coque de la fibre de coton »
- la thèse de Krifa M. [E2] intitulée : « étude des fragments de coque des graines de coton : détection, caractérisation, interaction avec le processus de filature et influence sur la

qualité du fil ».

E.6.2.1. Application d'outils de mesure des SCF dans la thèse de Bachelier : cas de la capture d'image par « Trashcam caméra »

E.6.2.1.1. Comparaison d'outils de mesure de la nepposité sur fil et sur fibre

En 1995, Bachelier a réalisé une étude comparative des outils de mesure des SCF utilisés au laboratoire de technologie, sur 18 cotons, 3 titres (20, 27, 37 tex). Il a utilisé les appareils suivants :

- l' UT3 et le dispositif d'analyse détaillée pour la mesure sur le fil ;
- Trashcam sur nappe de carte dans la configuration du système de mesure par capture d'image avec une caméra. Une densité de 4 épaisseurs de voile pour la mesure a été définie comme seuil de saturation au-delà duquel les SCF ne sont plus dénombrés.
- l'AFIS pour l'analyse des fragments de coque sur fibre brute, ruban.

Les conclusions que Bachelier a retenues, sont les suivantes, sachant que la majorité des corrélations apparaît significative au seuil de 5% (Tableau E-4) :

- la corrélation systématique entre les différentes mesures de nepposité (totale ou coque) établies sur le fil, quel que soit le type de filature dont il est issu et son titre ;
- la relation entre le comptage par AFIS du nombre de fragments de coque sur ruban d'étirage d'une part et toutes les autres variables d'autre part, ce qui n'est pas le cas avec le comptage sur fibre brute ; ceci s'explique par le nettoyage réalisé au niveau de la carte, éliminant ou fractionnant certaines des impuretés contenues dans la fibre brute ;
- la corrélation du comptage Trashcam sur voile de carte avec les neps coque sur les 3 titres de fil RS et sur un seul en OE ; sa liaison est de plus très hautement significative avec le comptage AFIS sur ruban.

Tableau E-4. Analyse comparative des mesures de nepposité sur fibre et sur fil : valeurs des coefficients de corrélation

Neps totaux = NT ; Neps coque = NC.

		Fil ring spinning (RS)						Fil open-end spinning (OE)						Trashcam (TC)		AFIS-NC (AF)					
		Neps totaux (NT)			Neps coque (NC)			Neps totaux			Neps coque			Carde	Briseur	Fibre brute		Ruban		Briseur	
		20 tex	27 tex	37 tex	20 tex	27 tex	37 tex	20 tex	27 tex	37 tex	20 tex	27 tex	37 tex			NT	NC	NT	NC	NT	NC
RS	NT 20 tex																				
	NT 27 tex	0,908																			
	NT 37 tex	0,741	0,927																		
	NC 20 tex	0,734	0,754	0,680																	
	NC 27 tex	0,637	0,758	0,770	0,610																
	NC 37 tex	0,573	0,767	0,825	0,628	0,907															
OE	NT 20 tex	0,766	0,885	0,920	0,576	0,666	0,677														
	NT 27 tex	0,745	0,888	0,918	0,665	0,658	0,718	0,931													
	NT 37 tex	0,690	0,838	0,895	0,524	0,641	0,712	0,949	0,898												
	NC 20 tex	0,652	0,804	0,819	0,649	0,544	0,601	0,834	0,798	0,831											
	NC 27 tex	0,623	0,798	0,841	0,577	0,565	0,650	0,821	0,907	0,810	0,824										
	NC 37 tex	0,569	0,721	0,740	0,548	0,582	0,674	0,726	0,810	0,766	0,788	0,840									
TC	Carde	0,464	0,616	0,647	0,781	0,572	0,585	0,447	0,470	0,382	0,568	0,427	0,347								
	Briseur	0,057	0,332	0,553	0,446	0,364	0,543	0,388	0,466	0,405	0,549	0,530	0,469	0,647							
AF	F. brute NT	0,436	0,582	0,713	0,225	0,391	0,365	0,773	0,728	0,730	0,478	0,634	0,385	0,312	0,290						
	F. brute NC	0,713	0,863	0,877	0,677	0,731	0,779	0,845	0,849	0,827	0,665	0,718	0,659	0,606	0,370	0,701					
	Ruban NT	0,672	0,739	0,795	0,369	0,449	0,419	0,833	0,802	0,790	0,626	0,758	0,501	0,342	0,273	0,912	0,684				
	Ruban NC	0,610	0,807	0,856	0,726	0,720	0,835	0,726	0,771	0,773	0,798	0,798	0,766	0,720	0,660	0,470	0,830	0,555			
	Briseur NT	0,699	0,787	0,815	0,442	0,495	0,469	0,854	0,845	0,782	0,722	0,867	0,573	0,360	0,301	0,826	0,679	0,951	0,595		
	Briseur NC	0,409	0,604	0,622	0,727	0,671	0,784	0,495	0,597	0,467	0,625	0,584	0,598	0,677	0,687	0,102	0,609	0,141	0,799	0,279	

E.6.2.1.2. Relation entre la nepposité coque sur le fil et le comptage Trashcam sur la nappe de fibre

En sélection pour chaque campagne, une partie de la fibre produite par les Essais Variétaux Multilocaux (EVM) conduits au Cameroun fait l'objet au laboratoire de technologie d'une microfilature RS selon un titre de 20 tex. La mesure de la nepposité totale des filés est complétée par une analyse détaillée permettant d'établir leur teneur en neps coque. Depuis 1995, la mise en service d'un système Trashcam à l'IRAD (Institut de la Recherche Agronomique pour le Développement au Cameroun) permet de réaliser des comptages sur un sous-échantillon de la fibre analysée au laboratoire de technologie.

La comparaison de la nepposité coque sur fil et du comptage sur voile de carte porte sur 7 variétés en 1995/1996 et sur 6 variétés en 1996/1997. La corrélation entre de ces deux variables, après transformation racine carrée, est établie en les regroupant sur la Figure E-27. Elle apparaît très hautement significative. L'équation de régression linéaire permet d'estimer simplement le nombre de neps coque à partir du comptage Trashcam.

La caractérisation de la nepposité coque d'un fil RS 20 tex à partir de comptage sur fibre apparaît donc réaliste. Cependant, pour être effective, l'échantillonnage de la fibre destinée à la microfilature et de celle destinée aux mesures sur Trashcam doit être réalisé à partir d'un même lot, représentatif et convenablement homogénéisé. Des comparaisons antérieures entre fil et fibre, pour n'avoir pas respecté cette règle, ont fourni des corrélations à la limite de la signification entre ces deux variables (Bachelier, 1994).

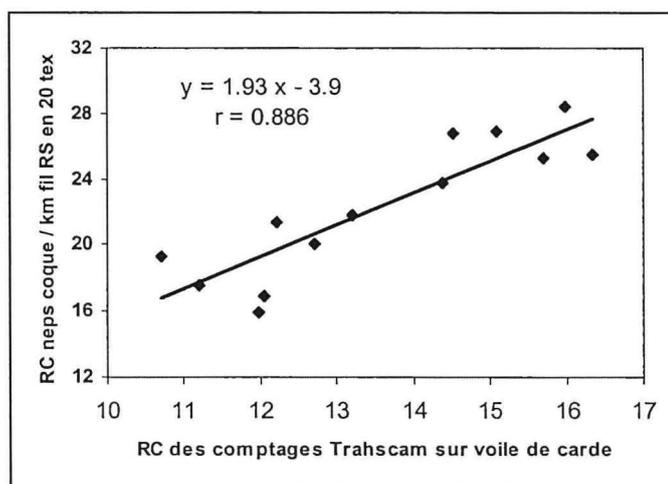


Figure E-27. Nombre de neps coque sur fil RS 20 tex (UT3) vs comptage Trashcam. EVM 1995/1996 et 1996/1997.

E.6.2.1.3. Utilisation de Trashcam en amélioration variétale

L'outil Trashcam a notamment permis à Bachelier (1998) :

- d'explorer diverses sources de variabilité de la teneur en fragments de coque du coton :
 - interspécifique (*i.e.* dans le genre *Gossypium*) ;
 - intraspécifique (au sein de l'espèce *Gossypium hirsutum* L.) ;
 - intra-plant ;
 - environnementale (lieu, alimentation hydrique, niveau d'intensification tel que doses d'engrais et d'insecticides) ;
 - induite par l'égrenage ;

- induite en filature ;
- d'évaluer l'héritabilité du caractère « teneur en fragments de coque de la fibre » par l'étude d'un plan diallèle ;
- de mettre en place un programme de sélection variétale à l'IRAD ayant fourni des lignées de cotonnier à teneur en fragments de coque réduite.

E.6.2.1.4. Conclusion

La conclusion de Bachelier est que l'estimation de la nepposité coque avant la filature constitue un intérêt de premier ordre, tant pour l'industriel, et notamment le filateur, que pour le généticien. Méthode fiable, rapide, simple à mettre en œuvre et moins onéreuse que la microfilature, elle répond donc aux nécessités et aux contraintes d'une sélection de terrain. Elle ouvre également une nouvelle voie d'étude des facteurs impliqués dans la variabilité de la teneur en fragments de coque de la fibre. Sa limite est d'utiliser une minicarde, appareil dont la fabrication est arrêtée.

La réponse à la sélection, conduite à partir des 5 croisements sur la base de comptage Trashcam, est nettement marquée, puisqu'elle a permis d'obtenir, au sein de 4 d'entre eux, des lignées extrêmes dont le fil présente une nepposité coque variant du simple au double. Parmi les lignées créées, une partie de celles possédant une fibre à faible teneur en SCF a été intégrée dans le schéma classique d'expérimentation variétal du Cameroun.

E.6.2.2. Application des outils de mesure des SCF dans la thèse de Krifa : cas de la capture d'image par « Trashcam scanner »

L'outil Trashcam a notamment permis à Krifa (2001) d'étudier plusieurs aspects relatifs à l'étude des SCF :

- la détection des SCF sur :
 - nappe de fibres car c'est la présentation de la matière en sortie de cardé utilisée pour l'expertise des cotons du programme d'amélioration, ce qui est l'utilisation la plus courante ;
 - voile de cardé lorsque l'on possède de faibles masses de fibre et pour comprendre le comportement des SCF sur le processus de filature ;
 - plaquette de fil pour éviter d'effectuer une analyse détaillée des SCF au régularimètre UT3 ;
- l'influence des SCF sur la qualité du fil : neps, finesses, grosseurs, ténacité du fil.

E.6.2.2.1. Evaluation de la lecture des SCF par Trashcam sur nappe de fibre

Comme l'analyse de Trashcam n'est pas destructive, Krifa a mené une comparaison entre les résultats obtenus par les deux méthodes de dénombrement des SCF ou SCN qui sont Trashcam et AFIS respectivement.

Il a étudié sur une gamme de 15 cotons dans les conditions ambiantes normalisées :

- l'effet de la densité de la nappe pour déterminer une densité de « saturation », au-delà de laquelle il apparaît que les comptages se stabilisent ;
- la relation entre le dénombrement des SCF par Trashcam et AFIS après cardage ;
- la contribution des SCF dans la nepposité du fil à l'aide du régularimètre UT3 ;
- la relation entre les SCF et les paramètres du fil.

- Phénomène de saturation

Ce phénomène de saturation n'est pas problématique dans le cas où la méthode est utilisée pour la détermination d'un potentiel de SCF dans la fibre. Bien au contraire, une fois la saturation atteinte, elle permet de stabiliser les comptages et d'éviter ainsi d'éventuels biais qui seraient dus à une variation trop importante de la densité de la nappe. En revanche, dans le cas où il est nécessaire de détecter et de caractériser la totalité des SCF présents dans les échantillons, notamment afin d'obtenir une distribution non tronquée de la taille de ces impuretés, ce phénomène risque de poser certains problèmes. Il est par exemple vraisemblable que les SCF de petite taille soient plus facilement masqués par la fibre que ceux de grande taille situés dans la même couche de la nappe. Une analyse réalisée au delà du seuil de saturation fournira dans ce cas une distribution des tailles tronquée sur sa partie gauche.

- Relation entre Trashcam et AFIS

Bien que l'analyse d'image sur Trashcam ait été réalisée sur des nappes de densité supérieure au seuil de saturation (4 épaisseurs de voile soit 20 g par m²) les comptages ont été ramenés à la masse du spécimen testé afin d'uniformiser les unités et de permettre la comparaison entre les deux méthodes. Il est toutefois nécessaire de rappeler que l'analyse Trashcam au delà du seuil de saturation fournit des évaluations sous-estimées du nombre de SCF par unité de masse de fibre.

Nous avons représenté dans la Figure E-28 la relation entre les comptages obtenus sur les deux méthodes après transformation racine carrée des données.

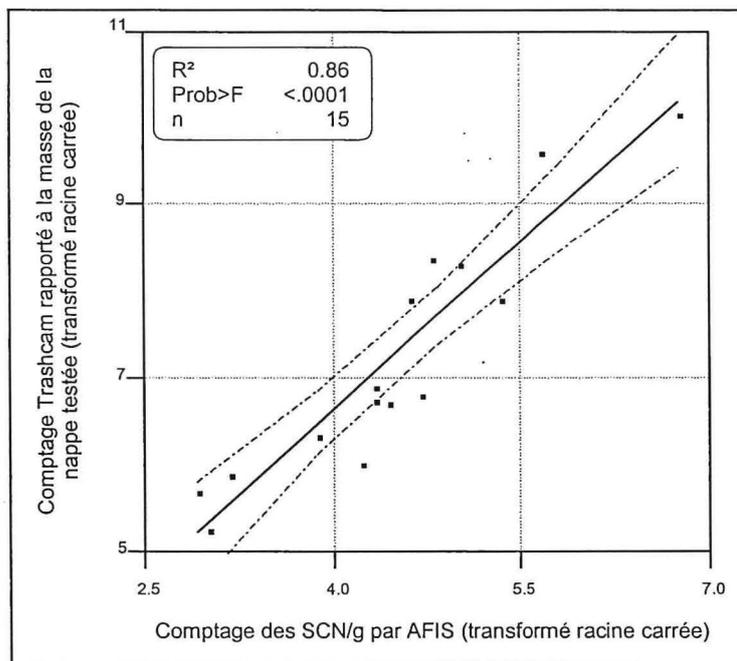


Figure E-28. Relation entre le comptage des SCF par Trashcam et des SCN par AFIS.

$$\sqrt{SCF\ Trashcam} = 1,29 \times \sqrt{SCN\ AFIS} + 1,44$$

Comme nous pouvons le constater en Figure E-28, les comptages obtenus par les deux méthodes sont corrélés de manière très hautement significative. L'équation de régression

reliant les deux méthodes laisse cependant apparaître des niveaux de comptage supérieurs pour Trashcam. L'analyse Trashcam détecte entre deux et quatre fois plus de SCF que ce que fournit le comptage des SCN par AFIS. Cette différence devrait s'accroître si Trashcam est adapté pour une détection de la totalité des SCF dans la fibre (en deçà de la saturation).

Ce résultat est cohérent car sur AFIS, la limite inférieure de la taille a été fixée par le constructeur à 500 μm , en vue d'obtenir des niveaux de comptage identiques à ceux des neps coques +200%, sur du fil RS 20 tex (sur la base de la même masse de matière). Baldwin *et al.* (1995) montrent que cette limite permet d'obtenir une relation très hautement significative entre les comptages AFIS des SCN contenus dans le ruban de carde et ceux retrouvés dans le fil par l'analyse régularimétrique sur UT3. En outre, ils préconisent des tailles minimales de détection de 600 et de 700 μm respectivement pour des filés de 27 et de 37 tex. L'auteur souligne que plus le fil est gros, moins les petits SCN provoqueront de défauts d'épaisseur détectables sur le fil. Pour ce qui est du comptage des fragments de coque, l'AFIS a donc été étalonné sur la base de la relation avec le comptage sur le fil.

- Contribution des SCF dans la nepposité du fil

Les filés obtenus pour les deux types de filature ont été testés en nepposité en analyse globale et détaillée sur le régularimètre UT3 avec les seuils de sensibilité préconisés : +200% pour le fil RS et +280% pour le fil OE. Les résultats de cette analyse détaillée sont représentés sous forme de séries empilées pour le fil RS et pour le fil OE (Figure E-29). Les résultats obtenus confirment ceux que nous avons obtenus dans l'étude précédente sur les 30 cotons à savoir :

- les fragments de coque représentent la majorité des neps totaux ;
- les fragments de coque sur fil OE sont inférieurs en pourcentage à ceux du fil RS.

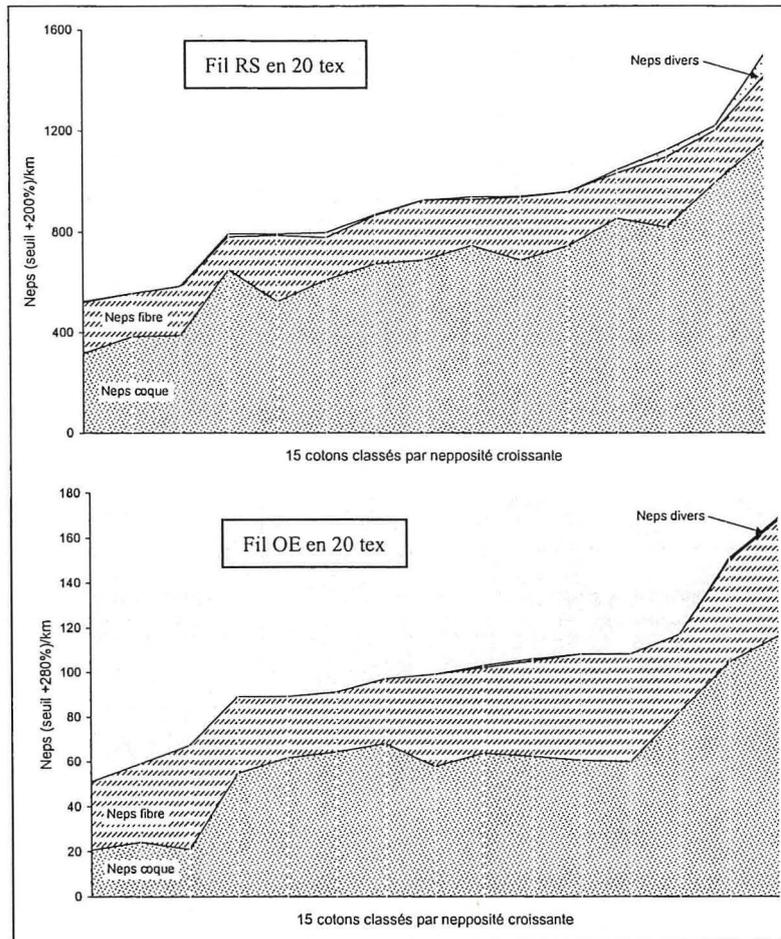


Figure E-29 : Analyse détaillée du nombre neps sur UT3 pour fil RS et OE en 20tex.

Pour évaluer la quantité de fragments de coque éliminée dans la zone du briseur de l'OE, une analyse du ruban avant et après passage au briseur a été réalisée à l'AFIS. La Figure E-30 montre la diminution enregistrée du nombre de SCN. D'après les comptages AFIS réalisés sur la matière avant et après passage au briseur de la broche OE, il y a une diminution de 53 à 79% du nombre de SCN détectés.

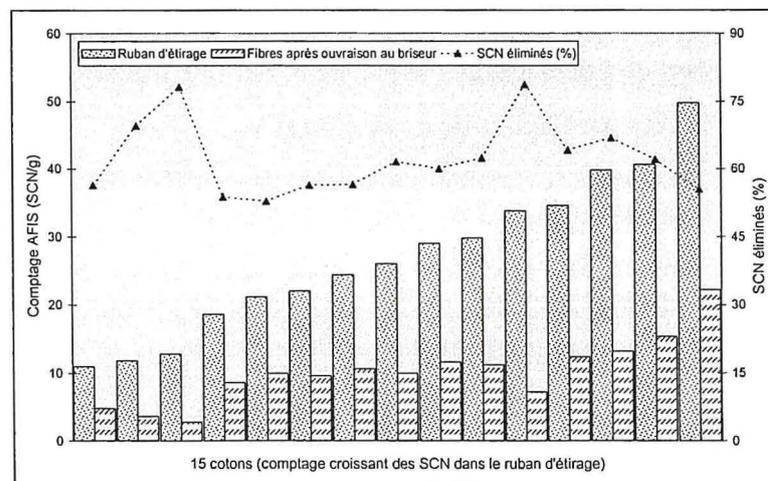


Figure E-30 : Variation du comptage AFIS des SCN après individualisation des fibres par l'ouvreur OE.

En Figure E-31, il est représenté les relations entre les comptages Trashcam, AFIS, réalisés sur nappe de cardé, et le nombre de neps coque obtenus par analyse détaillée des neps +200% du fil RS.

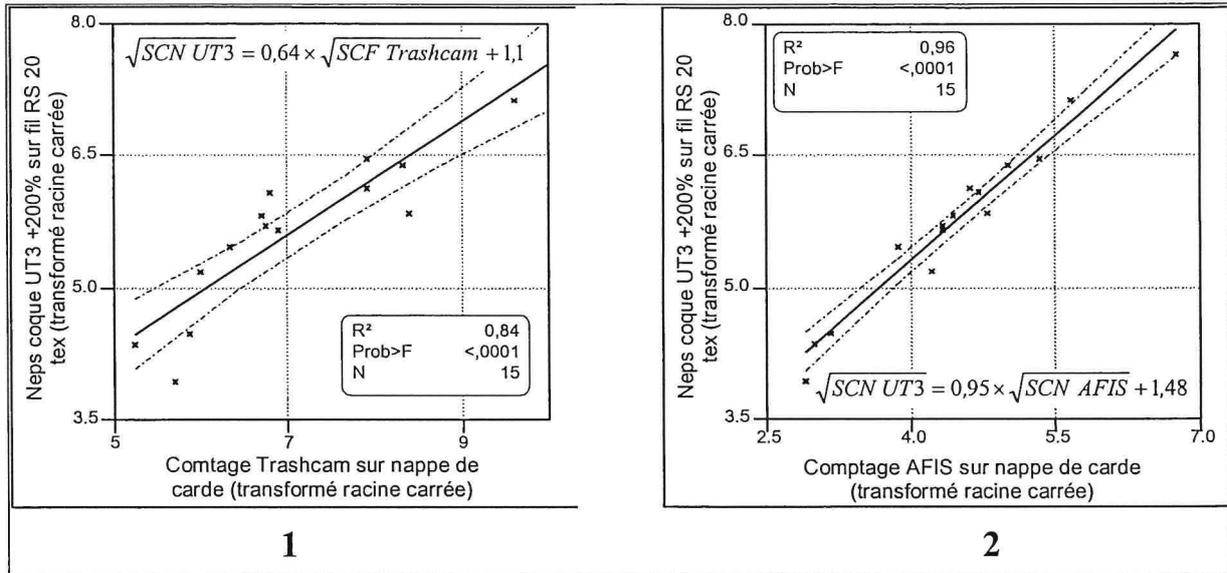


Figure E-31. Relation entre les neps coque détectés sur le fil par l'UT3 et fibres par Trashcam (1) et AFIS (2).

Les comptages sur fil ont été ramenés à un nombre par unité de masse pour permettre de visualiser les correspondances entre les niveaux des différentes méthodes. La première observation que nous pouvons formuler en examinant ces régressions est que AFIS et Trashcam fournissent tous les deux des comptages UT3 significativement prédictifs des neps coques sur le fil.

D'autre part, ces régressions laissent encore une fois apparaître les écarts des niveaux de comptages entre Trashcam et les deux autres méthodes. L'analyse par régularimétrie capacitive ne prend en compte que les SCF ayant provoqué dans le fil une variation de masse dépassant le seuil de sensibilité fixé (+200% en l'occurrence). AFIS, ayant été étalonné par rapport au comptage des neps coques sur fil, fournit un nombre de SCN très proche de ce dernier. Il reste donc une partie des SCF, que nous détectons par Trashcam dans le voile de cardé, dont l'effet sur le fil reste inconnu étant donné que ceux-ci n'ont pas conduit à la formation de neps (pouvant être détectés aux seuils de sensibilité utilisés).

- Relation entre les SCF et les paramètres de qualité du fil

Outre les neps, d'autres propriétés technologiques du fil sont influencées par les SCF. Il s'agit des points gros et de la ténacité du fil.

La relation entre les points gros (+50%) et les comptages Trashcam est très hautement significative (au seuil $\alpha = 0,001$), que ce soit dans le cas du fil RS ou OE (Figure E-32). Les SCF ne seraient donc pas liés uniquement aux défauts ponctuels que sont les neps, mais apparaissent comme source probable de défauts longs réputés être dus à des défauts d'étrépage. Les SCF, qui provoqueraient de telles imperfections dans le fil, ne sont pas pris en compte dans l'analyse détaillée effectuée sur régularimètre. Comme le montre les Figure E-33 et Figure E-34, la taille, la forme des SCF sont très variables ainsi que les longueurs des fibres qui y sont attachées.

La résistance des filés produits au cours de cette étude a été testée sur un dynamomètre à gradient d'allongement constant. La charge spécifique de rupture du fil (ténacité) est

principalement expliquée par la résistance des fibres (ténacité HVI) qui en fournit une prévision satisfaisante. Les coefficients de corrélation constatés entre ces deux paramètres étaient de 0,92 pour le fil RS et 0,90 pour le fil OE (tout deux très hautement significatifs). Néanmoins, une relation significative entre les comptages des SCF par Trashcam et la résistance du fil a également été remarquée. Nous rapportons cette relation sur la Figure E-35 pour chacune des filatures effectuées (RS et OE).

L'application d'un modèle de régression multiple pas à pas, regroupant les différentes propriétés technologiques de la fibre et les comptages des SCF montre que les SCF ont un effet sur la résistance du fil puisque cette variable améliore sensiblement l'explication comme l'indique les équations suivantes : Notons que pour le fil OE, la finesse améliore également l'explication

$$\text{Ténacité du fil RS} = 0,433 \times (\text{Ténacité HVI}) - 0,132 \times (\text{Trashcam}) + 3,25 \quad R^2 = 0,93$$

$$\text{Ténacité du fil OE} = 0,22 \times (\text{Ténacité HVI}) - 0,285 \times (\text{Trashcam}) - 0,022 \times (\text{H}) \quad R^2 = 0,90$$

La Figure E-36 illustre bien la place qu'occupe un SCF dans la structure du fil. On peut comprendre que de telles impuretés logées dans la structure du fil puissent créer une perturbation pouvant réduire sa résistance.

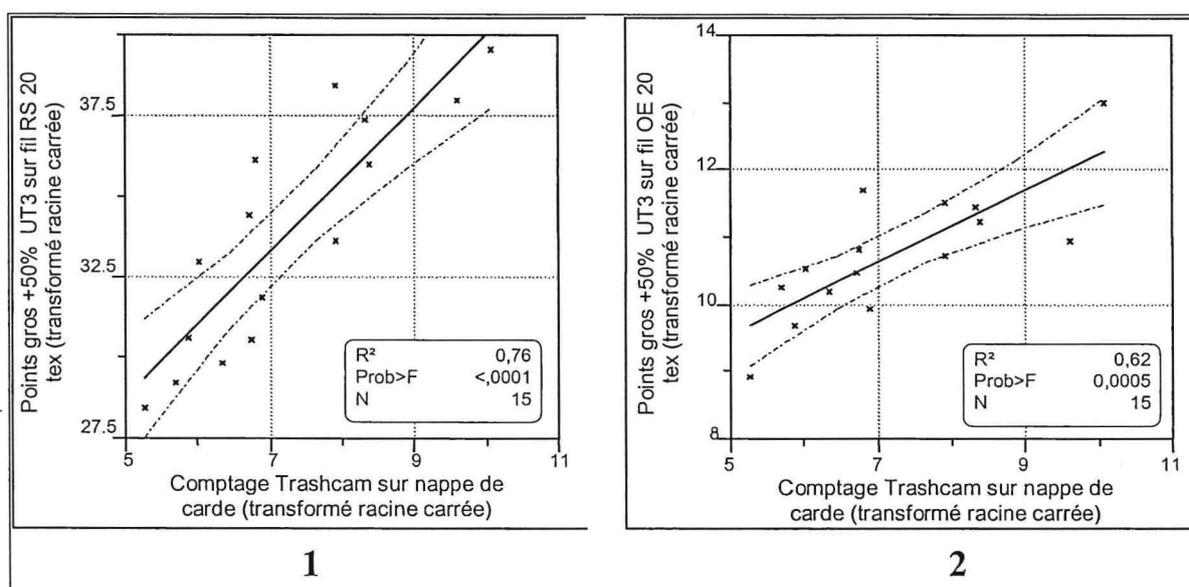


Figure E-32. Relation entre les points gros sur fil et Trashcam sur nappe de carde : Fil RS (1) ; fil OE (2).

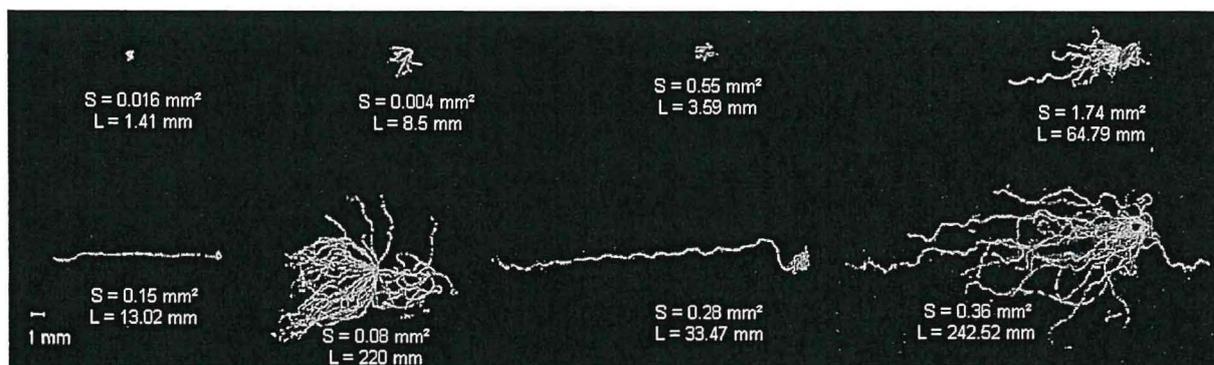


Figure E-33 : Exemples des divers types de SCF rencontrés dans le voile de carde au cours des expérimentations (photo Krifa, 2001).

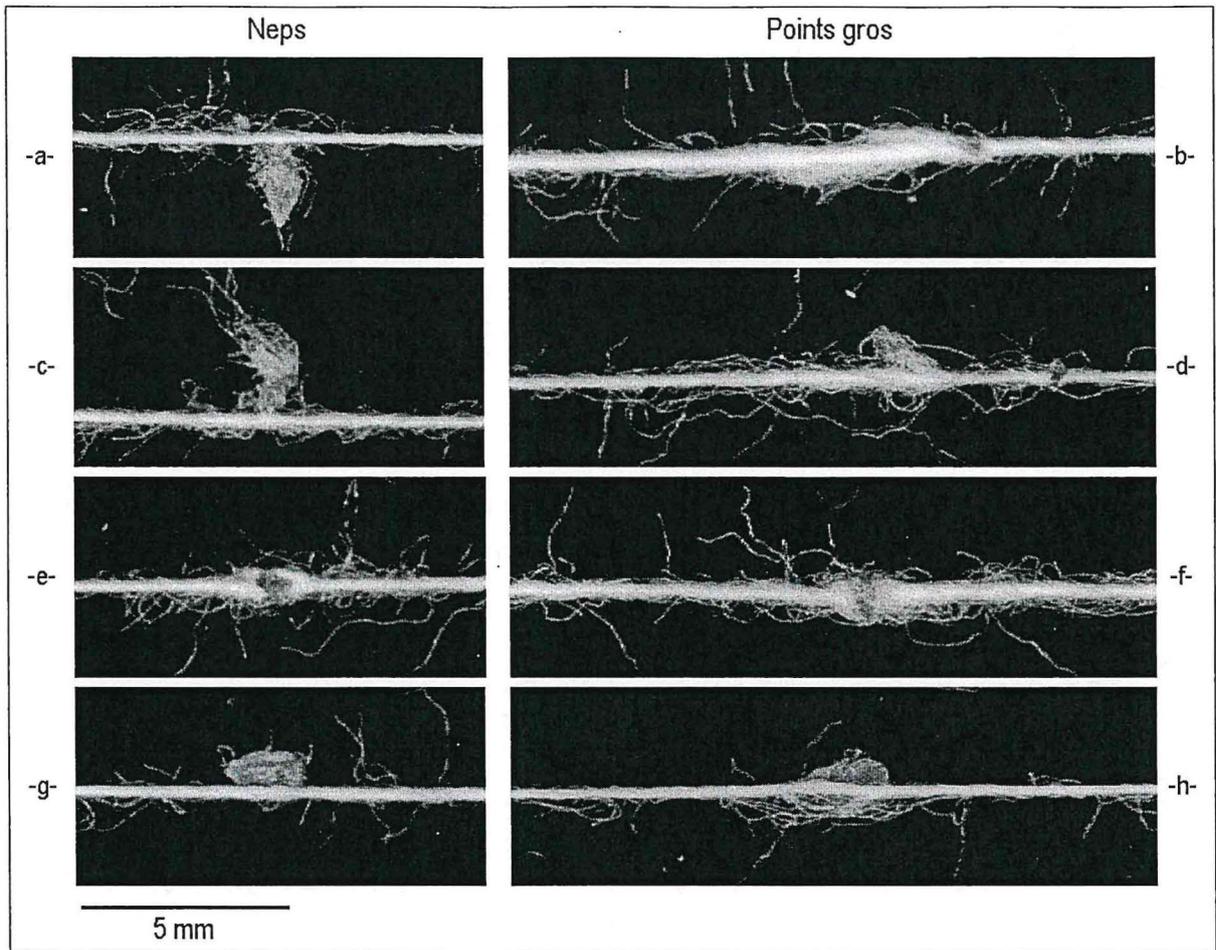


Figure E-34 : Quelques exemples de SCF ayant provoqué des neps et des points gros dans le fil RS (photo Krifa, 2001) .

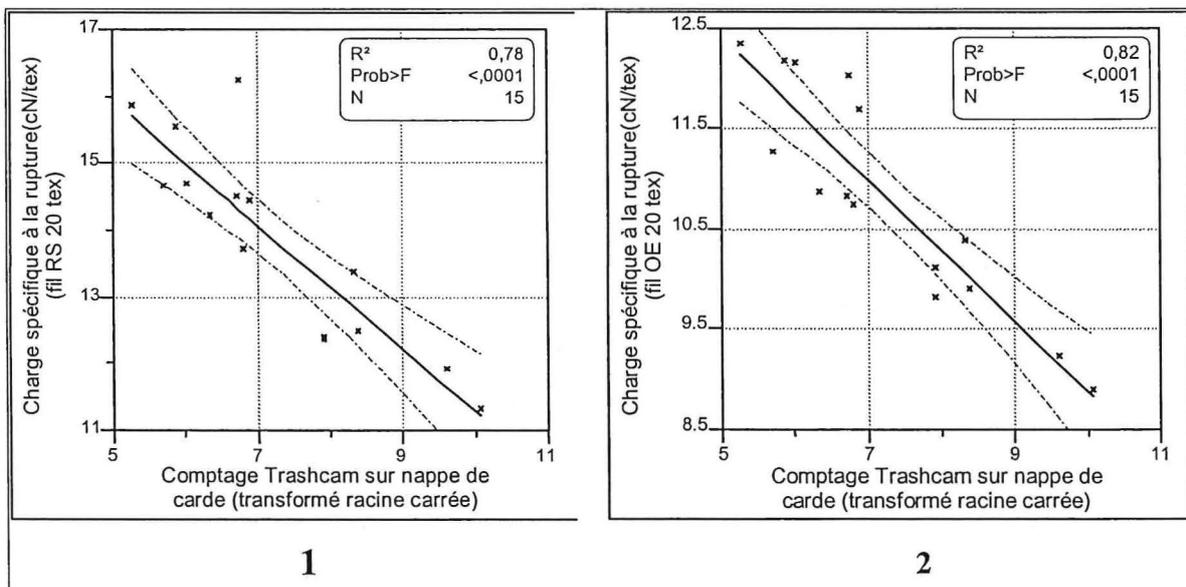


Figure E-35. Charge spécifique de rupture vs Trashcam sur nappe de cardé.

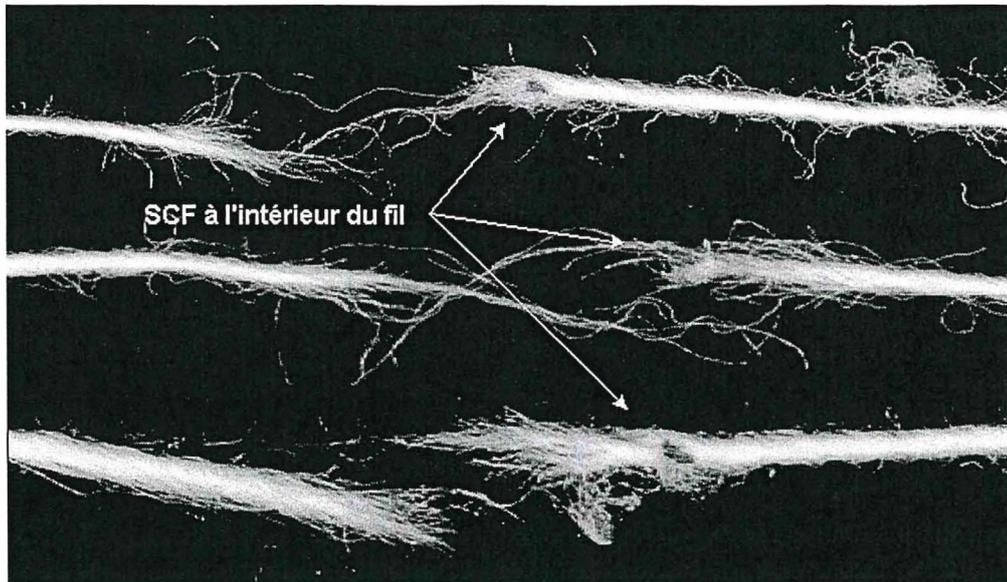


Figure E-36 : SCF sur le fil, casse sur dynamomètre fil à fil (photo Krifa, 2001).

E.6.2.2.2. Evaluation de la lecture des SCF par Trashcam sur voile de carde

Le comptage sur voile de carde, d'une masse surfacique d'environ 6 g/m², devrait prendre en compte l'ensemble des SCF présent dans le voile. Après une optimisation des paramètres de prise d'image pour un voile de carde (valeur du contraste = 150 et la résolution = 200 dpi), sur une gamme de cotons, il a été réalisé un comptage visuel des nappes et un comptage par Trashcam. La corrélation entre les deux comptages est hautement significative comme le montre la Figure E-37.

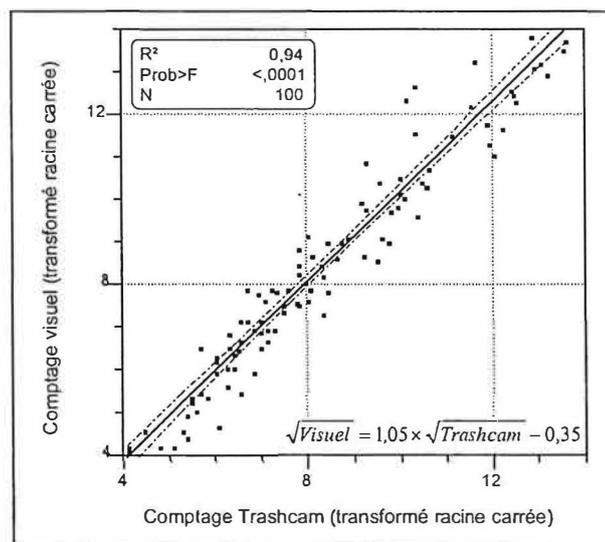


Figure E-37 : Relation entre les comptages visuel et par analyse d'image des SCF sur voile de carde

Une comparaison entre un comptage sur nappe et un comptage sur voile a été réalisée en utilisant 10 cotons. Les nouveaux paramètres utilisés ont permis la détection d'un plus grand nombre de SCF présents dans la fibre dans le cas du voile de carde (Figure E-38-1). Toutefois, la relation entre les deux présentations est excellente (Figure E-38-2). Le protocole

de routine sur nappe de cardé reste donc effectif pour déterminer la teneur en SCF des variétés à faible ou forte teneur en SCF.

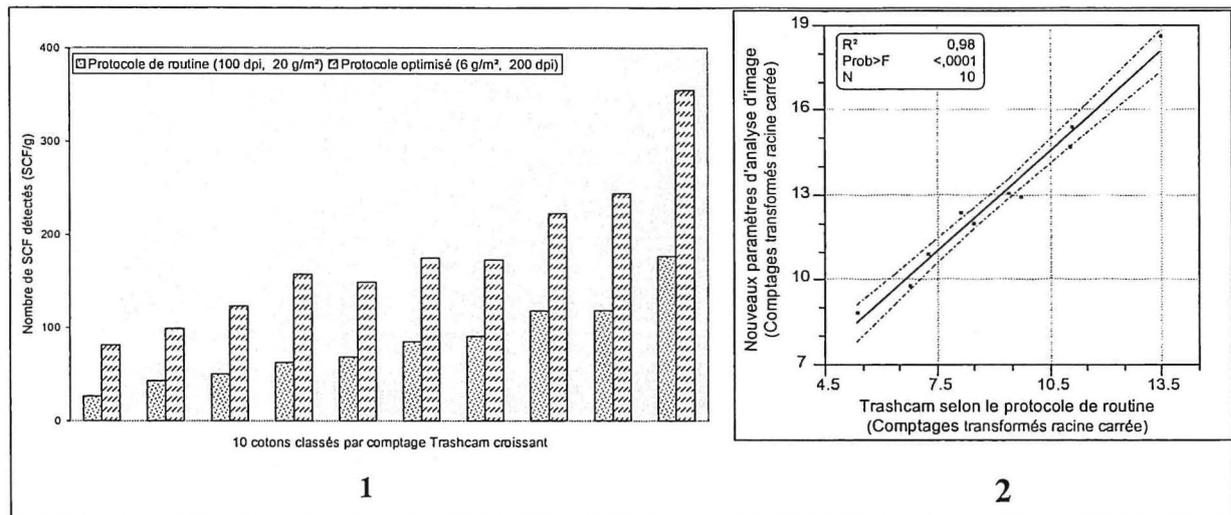


Figure E-38. Comparaison des moyennes des comptages Trashcam sur nappe et voile de cardé.

E.6.2.2.3. Evaluation de la lecture des SCF par Trashcam sur plaquette de fil

•Relation entre les comptages Trashcam et visuel sur plaquettes de fil.

Pour le comptage sur plaquette de fil, Krifa a optimisé les paramètres de prise d'image en relation avec le niveau de blanc de la plaquette. Les paramètres retenus sont : résolution = 200 dpi et contraste = 206.

De même que pour le voile, une comparaison entre des comptages Trashcam et visuels a été réalisée sur des fils RS et OE. Pour le fil RS, la corrélation est hautement significative avec une pente non différente de 1 et une ordonnée à l'origine non différente de 0 (Figure E-39-1) Pour le fil OE, la corrélation est également hautement significative. En revanche, le niveau des comptages est inférieur à 1 au seuil 5% (Figure E-39-2).

Pour le fil OE, en plaçant le paramètre de contraste de la prise d'image à 200, l'équation de régression indique une ordonnée à l'origine non différente de 0 et une pente non différente de 1 (Figure E-39-3). Ainsi, même dans le cas du fil OE, il est possible de quantifier la totalité des SCF.

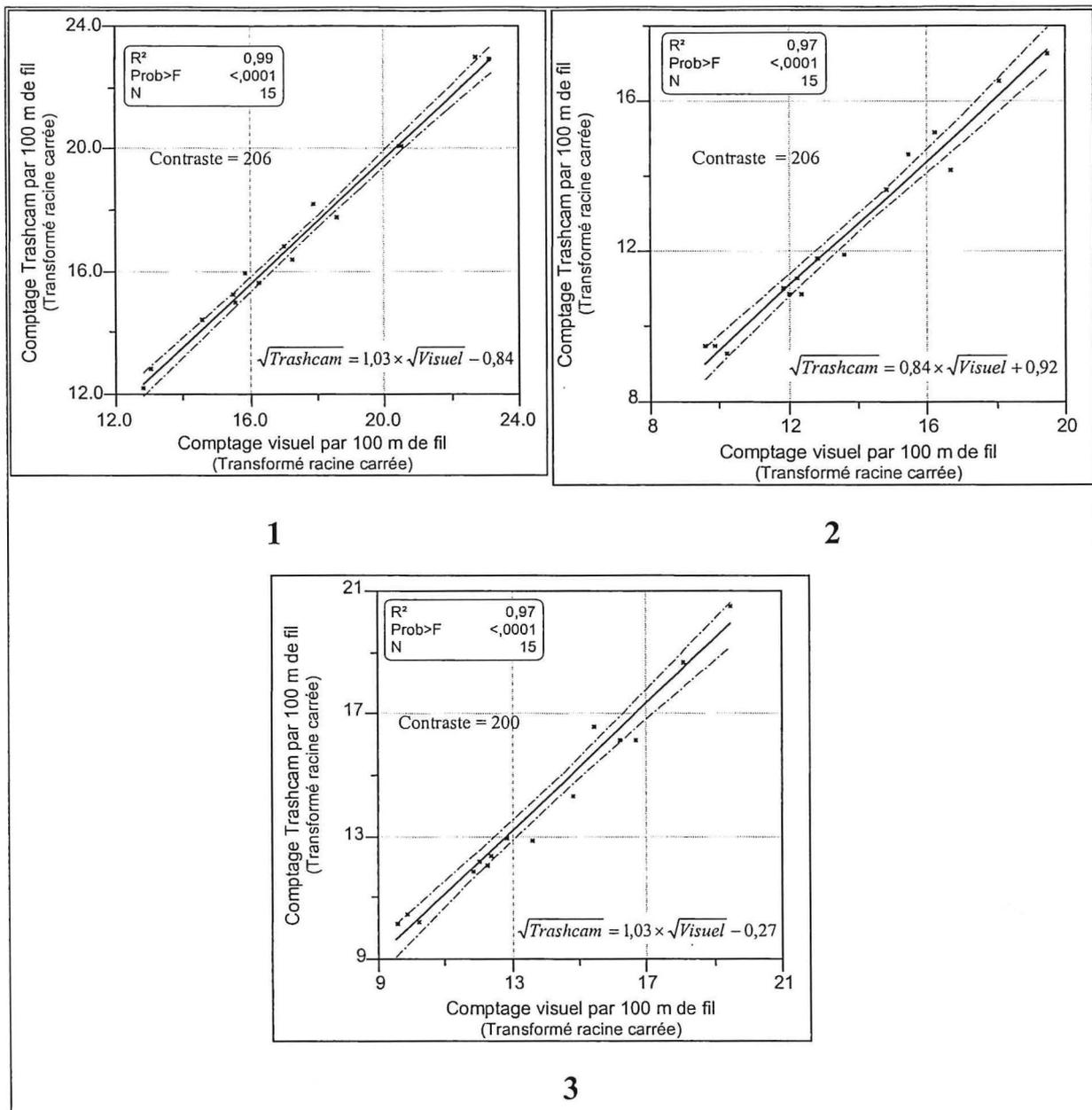


Figure E-39. Relation entre les comptages Trashcam et visuel réalisés sur plaquettes de fil RS et OE de 20 tex.

- Relation entre les comptages Trashcam sur plaquettes de fil et l'analyse détaillée sur fil avec l'UT3.

Les paramètres de Trashcam définis précédemment ont été appliqués dans cette étude comparative. L'analyse Trashcam sur plaquettes de fil fournit une information globale sur la totalité des SCF visibles dans le fil. En revanche, les méthodes capacitatives ne prennent en compte qu'une partie de ces impuretés.

La corrélation entre les deux méthodes est très hautement significative que ce soit dans le cas du fil RS ou OE. La comparaison des niveaux des comptages de chacune des méthodes a permis de quantifier la proportion de SCF jusqu'ici non détectés dans le fil, car ne correspondant pas aux critères de sensibilité requis en analyse capacitive (Figure E-40).

Il existe une très nette différence entre les résultats des deux méthodes (Trashcam et UT3), notamment dans le cas du fil OE. En effet, il apparaît que seule une faible proportion des SCF

visibles sur le fil (et donc détectés par Trashcam), dépassent les seuils de sensibilité fixés pour leur détection en analyse détaillée (3% pour le fil OE et 23% pour le fil RS). En outre, et contrairement à l'opinion courante, la grande majorité des SCF présents dans le fil ne constituent pas des neps (au sens normalisé du terme pour le fil), mais pourraient se manifester dans le fil sous d'autres formes d'imperfections.

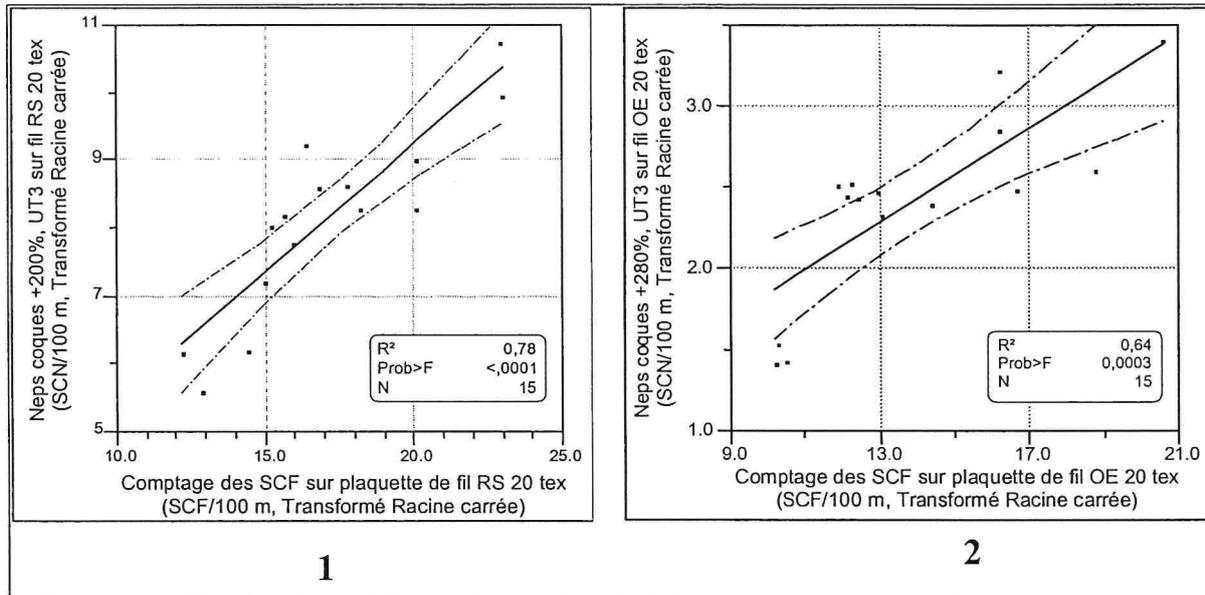


Figure E-40. Relation entre le nombre de neps coque détectés à l'UT3 et le comptage Trashcam : fil RS et OE en 20 tex.

- Effet des fragments de coque sur les aspects qualitatif du fil

Krifa a étudié :

- la répartition des tailles des SCF présents dans la fibre (sortie de carde) et sur le fil ;
- les effets des SCF sur les propriétés régularimétriques du fil RS 20 tex par une soustraction des SCF ;
- l'effet des SCF sur la ténacité du fil.

Les conclusions aux aspects traités peuvent être résumées comme suit :

- la carde affecte la taille des SCF par une fragmentation importante qui se traduit par une augmentation du nombre de SCF par rapport à l'opération de nettoyage. De ce fait, la distribution des SCF glissent vers les petites tailles, sachant que les gros SCF sont retirés par les chapeaux de carde ;
- les SCF augmentent le coefficient de variation de masse du fil ainsi que le nombre de grosseurs, finesses et neps sur le fil. Il apparaît donc que les SCF contribuent à la création de nombreux types de défauts ;
- les SCF affectent la résistance des fils.

En application de l'effet des SCF sur la ténacité du fil, une analyse des résultats d'expertise de 105 essais de filature RS, réalisés au laboratoire durant 3 campagnes, a été effectuée. Le Tableau E-5 récapitule la gamme des caractéristiques technologiques des fibres et des filés.

Tableau E-5 : Valeurs minimales et maximales des caractéristiques de fibres des cotons analysés.

	Paramètre	Minimum	Maximum
Fibres	Ténacité HVI (g / tex)	24,4	34,1
	H (mtex)	135	204
	HS (mtex)	154	245
	ML (mm)	21,5	27,5
	UHML (mm)	25,9	32,2
	UI (%)	81,5	85,9
	MR	0,73	0,97
	IM	3,18	4,71
	Ténacité (cN/tex)	10,81	16,26
	SCF Trashcam (SCF/km)	1100	6840
Fil	Neps totaux UT3/km	276	2423
	Points gros UT3/km	484	2071
	Points minces UT3/km	67	933

En considérant l'ensemble des données disponibles (105 cotons), la relation entre la charge spécifique de rupture du fil et la quantité de SCF détectés par Trashcam est non significative (Figure E-41-1).

Suite à des essais d'évaluation de la ténacité par soustraction de SCF dans la fibre, Krifa a montré que les SCF aurait un effet sur la charge spécifique de rupture en fonction de la qualité de la fibre. C'est pourquoi, dans les 105 cotons, deux nuages de points représentant deux gammes différentes de propriétés des fibres ont été isolés :

- le premier nuage (Figure E-41-2) a été constitué en sélectionnant les cotons ayant une valeur d'un ou plusieurs paramètres de qualité inférieure à la valeur correspondant approximativement au quantile 10% de la distribution du paramètre en question. Les seuils appliqués sont : ténacité HVI < 27,2 g/tex (~ 27,2 cN/tex) ; H > 192 mtex ; HS > 219 mtex ; ML < 22,8 mm, UHML < 27,1 mm, UI < 82,2 %. Trente cinq cotons de la gamme ont répondu à ces critères.
- le second nuage correspond aux échantillons pour lesquels les caractéristiques technologiques des fibres sont au dessus des seuils fixés. La Figure E-41-3 montre la relation qui existe entre la quantité de SCF et la charge spécifique à la rupture du fil pour ces cotons possédant de « bonnes caractéristiques fibre » (les 70 cotons restants, Figure E-41-3).

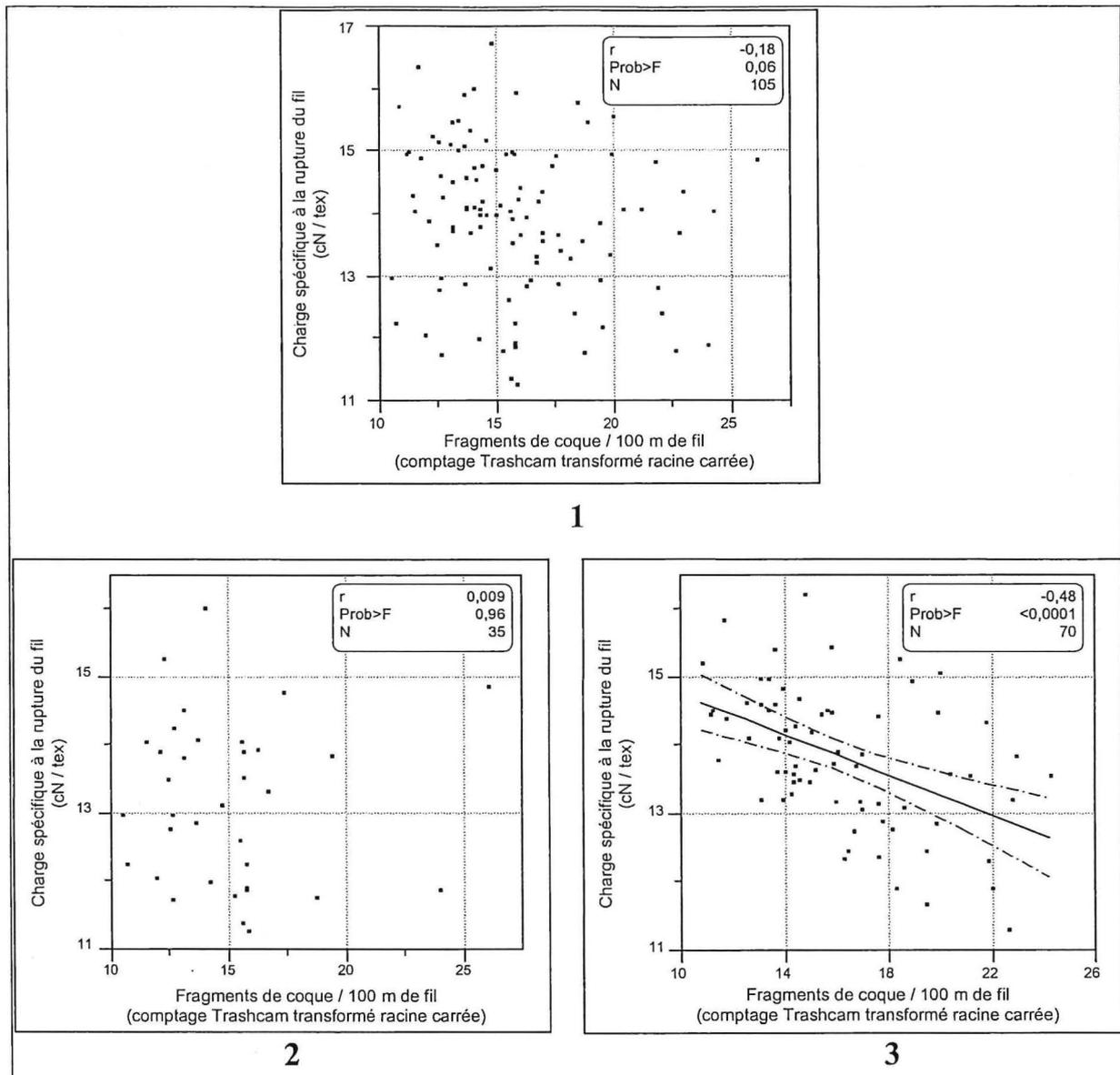


Figure E-41. Relation entre la résistance du fil (RS 20 tex) et la quantité de SCF détectée par Trashcam sur plaquette de fil : (1) 105 cotons ; (2) 35 cotons de basse qualité de fibres; (3) 70 cotons de bonne qualité de fibres.

E.6.2.2.4. Conclusion

Il a été montré qu'il existe de très bonnes relations entre les évaluations des débris de coque par Trashcam, l'AFIS et le régularimètre UT3. Ce point est très important car le laboratoire possède ces trois systèmes de mesure. Chaque système de mesure a son intérêt selon l'analyse souhaitée.

L'analyse par l'AFIS est très intéressante car elle concerne plusieurs types de défauts : neps fibre, neps coque, débris divers. Cependant le test ne prend pas en compte l'ensemble des neps car toutes les impuretés d'une taille inférieure à 500 μm sont considérées comme des poussières.

L'analyse par Trashcam peut être utilisée selon 3 configurations : analyse de la fibre présentée sous la forme d'une nappe de carte (plus de 20 g/m^2) ; analyse sur un voile de carte (6 g/m^2) ; analyse du fil placé sur une plaquette. Trashcam a permis de mieux comprendre le

comportement des SCF sur le processus de filature et de leur effets sur la qualité du fil. D'un faible coût, ce système permet d'être utilisé sur le terrain au stade des sélectionneurs, dans la mesure où ils possèdent une minicarde pour fabriquer des nappes et d'un dispositif d'enroulement du fil pour des évaluations sur plaquettes.

L'analyse détaillée des neps sur fil par l'UT3 permet de fournir des informations sur différents types de neps : coque, fibre, miellats. Ce test a cependant des limites d'utilisation car il est long, environ 15 min pour analyser 125 m de fil.

E.7. CONCLUSION

Similairement aux études dans le domaine des cotons collants, les travaux menés sur les fragments de coque par le programme coton du Cirad-ca, depuis les années 1980, ont engagé plusieurs disciplines telles que l'amélioration variétale, l'agronomie et la technologie.

Le laboratoire de technologie a apporté sa contribution à la compréhension du phénomène par la mise au point :

- de méthodologies de dénombrement des fragments de coque ou SCF sur le fil à partir d'appareils de mesure existant comme le régularimètre GGP et UT3, ou sur plaquettes de fil ;
- d'une méthodologie d'évaluation des SCF sur nappe de carde ou voile photocopiées ;
- d'un système d'évaluation des SCF par analyse d'image dénommé Trashcam, équipé soit d'une caméra ou bien d'un scanner pour la capture de l'image. Ces deux systèmes peuvent être utilisés aussi bien pour une analyse sur nappe de carde, sur voile de carde que plaquette de fil ou tissu ;
- d'une méthodologie de « microfilature évolutive » permettant de filer des masses de coton de 50 g à 500 g, utilisable par des chercheurs et des industriels. Elle offre ainsi des possibilités d'analyses plus étendues en vue d'évaluation de nouveaux critères pour améliorer la qualité.

L'appareil de mesure Trashcam permet aux généticiens d'avoir un outil disponible sur le terrain pour sélectionner les variétés sur le critère débris de coque. Cet outil, en capture d'image par scanner, est utilisé journalièrement au laboratoire pour l'expertise des cotons. En technologie, nous avons pu montrer l'impact des SCF sur le processus de filature et la qualité des fils. En conséquence, les SCF, habituellement pris en compte par leur seul aspect quantitatif en tant que neps, doivent être également abordés sous un angle qualitatif, de par leurs caractéristiques intrinsèques et les perturbations qu'ils induisent au sein même de la structure du fil.

Les travaux menés ont été réalisés avec diverses collaborations : partenaires industriels (Sercom, Zellweger-Uster), instituts (CI, ITC, IRAD) et Universités de Montpellier (LIRM) et de Haute Alsace (ENSITM).

E.8. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABRAMS C. F. JR, BOWMAN D. T., SEABOCH T. R., GUTIERREZ O., HORTON J., 1993. Shear testing of cotton seed. Meeting of the American Society of Agricultural Engineers - Canadian Society of Agriculture Engineering, June 20-23, Washington (USA), 13p.

- ASTM, 1963. Standard test method for seed-coat fragments and funiculi in cotton fiber samples. Annual Book of ASTM standards, American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA (USA). D2496-63T.
- ASTM, 1980. Standard test method for seed coat fragments and funiculi in cotton fiber samples. Annual Book of ASTM Standards, American National Standard. ANSI/ASTM D2496-80.
- ASTM, 1995a. Standard Test Method for Neps in Cotton Fibers (AFIS-N Instrument). Annual Book of ASTM standards, American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA (USA). D 5866-95.
- ASTM, 1995b. Standard Test Method for Non-Lint Content of Cotton. Annual Book of ASTM standards, American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA (USA). D 2812-95.
- BACHELIER B., 1997. Application en sélection des comptages de fragments de coques dans la fibre de coton (*Gossypium Hirsutum L.*) par analyse d'image sur voile de carde. Journées Coton du Cirad-ca, 21-25 juillet 1997, Montpellier (FR), pp. 68-79.
- BACHELIER B., 1998. Contribution à l'étude de la variabilité et du déterminisme génétique de la teneur en fragments de coque de la fibre de coton ; Premières applications pratiques en sélection chez *Gossypium hirsutum L.* Thèse de Doctorat Biologie et Agronomie 98-32-C-50, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Rennes (FR), 271p.
- BACHELIER B., LASSUS S., 2000. Breeding against Seed Coat Fragments in cotton fiber (*Gossypium hirsutum L.*) using image analysis on card web. Beltwide Cotton Conferences, San Antonio, TX (USA), National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 1542.
- BALDWIN J. C., QAUD M., SCHLETH A. C., 1995. AFIS Seed Coat Neps measurement. Beltwide Cotton Conferences, January 4-7, San Antonio, TX (USA), National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 1250-1253.
- BSI, 1974. Determination of nep content of card web (cotton system). BSI Handbook, British Standards Institution. 11 : 1974. Section 2. Fibres: 2/63-2/66.
- CIRAD, 1996. ANALYRA V3.0. CIRAD, Montpellier, FR, 36 p.
- CIRAD-LTC, 1998a. Mode opératoire pour l'utilisation de Trashcam V3 sur scanner à partir de voiles de minicarde. Montpellier, FR., CIRAD-ca, Laboratoire de Technologie Cotonnière. 4 p.
- CIRAD-LTC, 1998b. Mode opératoire pour l'utilisation de Trashcam V3 sur scanner pour comptages sur plaquettes de fil RS et OE 20 tex. Montpellier, FR., CIRAD-ca, Laboratoire de Technologie Cotonnière. 3 p.
- CONSTANTIN O., 1993. Trashcam. Cirad-ca, Laboratoire de Technologie Cotonnière, Rapport de stage - 04/04-28/08/93, Montpellier (FRA), 77 p.
- COOPER H.B., MCRAE K., ANDERSON D., PALMER J., PELLOW J., 1994. Methods for the evaluation of seed coat fragments. Beltwide Cotton Conferences, January 05-08, San Diego, Ca (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1442-1443.
- GINER M., 1998. Synthèse et perspectives sur la reconnaissance des défauts du coton. D.E.A. Informatique, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier (FR), 42p.
- GINER M., 2000. Les utilisations de l'informatique comme support au Laboratoire de Technologie Cotonnière. Journées Coton du Cirad-ca, 17-21 juillet 2000, Montpellier (FR), pp. 61-62.
- GINER M., GOURLOT J.P., BACHELIER B., AHRONOWITZ E., HUGON M., DAMIAND G., 1997. Latest developments and results in automatic SCF counting. Part I : development of algorithms and preliminary results. Beltwide Cotton Conferences, January 6-10, New Orleans, La (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1633-1636.
- GOURLOT J.-P., 1997. Principe de mesure et utilisation des HVI. Cirad-ca Manuel de formation- Montpellier (FR), 68 p.
- GOURLOT J.-P., GINER M., HEQUET E., AHRONOWITZ E., HUGON M., DAMIAND G., 1998A. Latest developments and results in automatic SCF counting. Part II : improved image acquisition and results obtained. Beltwide Cotton Conferences, January 5-9, San Diego, Ca (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1522-1524.
- GOURLOT J.-P., HEQUET E., 1994. Recherche cotonnière : comment utiliser les chaînes HVI en amélioration variétale ?. *Agriculture et développement* (2): 39-43.
- GRESSER G., 1994. Experiences in measuring dust and trash with MDTA 3. International Committee on Cotton

testing Methods. Meeting of the Working Group on Dust/Trash, March 2, 1994, ITMF, pp. 7p.

GUPTA A.K., 1986. Method for quick estimation of Seed Coat content in cotton lint (a proposal for consideration of the ITMF working group on trash). International Committee on Cotton Testing Methods, Bremen, ITMF, pp. Ap21.

GUPTA A.K., PATEL R.S., SUBRAMANIAN T.A., 1985. Some studies on the removal of seed-coat fragments from cotton to control blemishes on ring-spun cotton yarns. *Journal of the Textile Institute*, 76 (6): 407-414.

HEQUET E., KRIFA M., GOURLOT J.-P., 1999. Trashcam: a new instrument for cotton breeders. *Textile Topics* (3, summer 1999): 2-8.

KNOWLTON J. L., 1998. Experience with cotton stickiness testing. Beltwide Cotton Conferences, January 5-9, San Diego, Ca (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1550-1553.

KRIFA M., 1997. Contribution à l'étude de l'impact des fragments de coque de graine sur la qualité du fil de coton (*G. hirsutum*). D.E.A Génie des processus et des matériaux textiles et para-textiles, Université de Haute Alsace, Mulhouse (FR), 69p.

KRIFA M., BACHELIER B., FRYDRYCH R., HOF S. J.-L., 1998A. Trashcam : counting Seed Coat Fragments for cotton breeding. Technical seminar of the International Cotton Advisory Committee, October 1998, Santa Cruz de la Sierra (Bolivia), pp. 30-32.

KRIFA M., GOURLOT J.-P., DREAN J.-Y., 1999. Seed-Coat Fragments, a major source of cotton yarn imperfections. Beltwide Cotton Conferences, January 3-7, Orlando, FL (USA), National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 722-724.

KURATLE C., 1996. Optical detection of impurities in cotton. International Committee on Cotton Testing Methods, Bremen, ITMF, pp. Ap.34.

MARKEZICH A. R., TALLANT J. D., WORNER R. K., 1958. Progress reports on use and application of the nepotometer : some factors that affect test results. *Textile Research Journal*, July 1958 : 570-575.

MÖR U., 1996. FCT - Fiber Contamination Tester - A new instrument for the rapid measurement of stickiness, neps, seed-coat fragments & trash - for the ginner to the spinner. Beltwide Cotton Conferences, January 06-10, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1329-1331.

PERKINS H.H., 1971. Determination of Seed-Coat Fragments in cotton by solvent-extraction and infrared spectrophotometric analysis. *Textile Research Journal*, 41 (7): 559-563.

SCHLETH A., 1998. A performance update on AFIS Nep and Trash measurement. ITMF Committee on Cotton Testing Methods, March 10-11, Bremen, pp. 131-138.

SCHLICHTER S., LÖSBROCK P., 1996. Online test of neps and trash particles at high-performance cards. International Cotton Test Conference, March 96, Bremen, pp. 181-192.

VAN DER SLUIJS M.H.J., HUNTER L., 1999. Neps in Cotton Lint. *Textile Progress*, The Textile Institute, Manchester, 51p.

VEGA A., 1999. Analyse d'image. IUP Informatique, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier (FR), 53p.

VERSCHRAEGE L., FRANSEN T., 1988. Mesure de la quantité et de l'origine des fragments de graines dans la fibre de coton après égrenage. *Coton et Fibres Tropicales*, 43 (4): 307-310.

WILLIAMS G. F., SCHLETH A. C., 1993. Comparison of various trash measurements. Beltwide Cotton Conferences - Cotton Quality Measurement Conference, January 10-14, New Orleans, La (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1163-1167.

CHAPITRE F

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Chapitre F : CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

F.1. CONCLUSION GENERALE

Les miellats d'insectes et les fragments de coque représentent depuis plusieurs années les principaux contaminants de la fibre de coton. Ces deux polluants se retrouvent jusqu'au stade de la filature et ils causent des pertes de production quantitatives et qualitatives aux acteurs de la filière cotonnière.

Conscients des problèmes provoqués par les contaminants, les filateurs sont de plus en plus exigeants quant à la propreté de la matière première. Il est donc devenu nécessaire d'identifier la nature et l'origine de chaque type d'impureté, afin de mesurer les risques de perturbations du processus de transformation et d'altération de la qualité du fil, du tissu et de proposer des moyens spécifiques pour y pallier. Si certaines impuretés, telles que les débris de tiges ou de feuilles, sont facilement éliminées de la matière brute par des opérations de nettoyage appropriées, d'autres demeurent difficiles à extraire. Il en est ainsi pour les cotons collants ; c'est également le cas des fragments de coque. Ces nouvelles exigences des filateurs se sont répercutées en amont sur tous les acteurs de la filière, les producteurs et les égreneurs.

Au Programme Coton du Cirad-ca, les recherches menées depuis la culture de la plante, au champ, jusqu'au fil, contribuent à acquérir des connaissances et à apporter des solutions afin de satisfaire à ces nouveaux impératifs de qualité. Ainsi interviennent aux côtés des technologues, les équipes d'amélioration variétale, d'entomologie, d'agronomie.

LES COTONS COLLANTS

Le Laboratoire de Technologie Cotonnière du Cirad a tenté d'apporter sa contribution à la compréhension du phénomène des cotons collants par :

- l'étude et la mise au point de méthodes et d'appareils de mesure ;
- des programmes de recherche qui ont permis d'étudier les effets négatifs des cotons collants en filature (production et qualité du fil), les moyens d'utiliser les cotons collants et enfin par une faisabilité de classement des balles en zone de production, pour valoriser les cotons non collants.

Mise au point d'appareils de détection

Pour la détection des cotons collants, nous avons utilisé, dans une première phase (1980), la minicarde de laboratoire et défini les conditions du test. D'autre part, nous avons montré que, dans certaines conditions, notamment lorsque les cotons collants sont mélangés à d'autres, pas ou peu collants, leur potentiel peut-être fortement réduit. En 1990, le test de détection du collage à la minicarde a été reconnu comme méthode de référence par l'ICCTM de l'ITMF.

Cependant, le test à la minicarde présente quelques limites d'utilisation : les résultats sont seulement qualitatifs ; au-delà d'un certain seuil, les forts grades de collage sont tous confondus et il existe un effet opérateur pour l'appréciation du grade.

C'est pourquoi, en 1986, nous avons mis au point une méthode de détection quantitative originale : la thermodétection. Le thermodétecteur SCT permet, en appliquant une température et une pression définies sur une nappe de coton placée entre deux feuilles d'aluminium, de transférer une partie de l'humidité de l'échantillon de coton aux miellats qu'il renferme et de les déposer sur le support en aluminium. Il suffit, ensuite, de compter les miellats avec fibres fixés au support.

Le test au thermodétecteur est simple, plus rapide que celui à la minicarde et, surtout, il est quantitatif. Contrairement à celui de la minicarde, il ne sature pas pour des degrés de collage élevés et les résultats restent stables pour des humidités relatives ambiantes de l'air comprises entre 55 et 65 %. En l'absence de conditions ambiantes requises, il est possible d'utiliser l'enceinte à conditionner FG49 mise au point à cet effet. Les résultats obtenus avec le thermodétecteur sont en bonne corrélation avec ceux de la minicarde. Depuis 1994, le thermodétecteur est recommandé par l'ITMF pour la mesure du collage et il est en cours de normalisation CEN. Actuellement plus de 100 appareils sont en service à travers le monde, dans des zones de production, des laboratoires de recherche, chez des filateurs.

Cependant, même si cet appareil aide à résoudre le problème de la détection du collage, la qualité des mesures n'est pas indépendante de l'opérateur et la durée d'un test reste assez longue, environ 4 min. Il n'est donc pas envisageable de l'utiliser pour mesurer plusieurs centaines d'échantillons par jour.

Nous avons donc imaginé un second système de mesure du collage plus rapide, le H2SD (High Speed Stickiness Detector). Le principal intérêt d'un appareil de mesure rapide réside dans la possibilité d'élaborer une stratégie de suivi et d'évaluation du collage d'une production. Il faut éviter que, en l'absence d'un système de suivi de la production, la totalité de celle-ci soit considérée comme collante et subisse des décotes en conséquence. L'objectif final est de revaloriser la production non collante et de permettre également aux utilisateurs une gestion de leurs achats et de leurs stocks.

Fondé sur le principe de la thermodétection, le H2SD est entièrement automatique et présente les avantages suivants : l'effet de l'opérateur est réduit au maximum car son intervention se limite à alimenter l'appareil ; le comptage des points collants sur le support en aluminium est réalisé par une analyse d'image ; les déplacements de l'échantillon sont automatiques ; il est possible de réaliser environ 100 tests par heure (soit un résultat toutes les 30 s) . Les résultats sont en excellente corrélation avec ceux du thermodétecteur SCT. Cinq appareils sont en fonctionnement. Le H2SD est en cours de normalisation CEN.

Grâce à ces nouveaux moyens de détection, les chercheurs peuvent collecter en permanence, dans les pays producteurs, des informations fiables sur le phénomène de collage. Ils sont à même de proposer des solutions adaptées pour le diminuer. Les pays producteurs peuvent appréhender ce problème en déterminant les zones à risques, en mettant en place les solutions les mieux adaptées (traitements, récolte précoce, etc.) et en classant leur production pour une valorisation maximale de la partie non collante. Les filateurs peuvent trier les cotons, pour réaliser des mélanges permettant d'optimiser le fonctionnement de leur matériel, afin d'obtenir la qualité recherchée pour les filés.

Programmes de recherche sur le collage

Le Commun Fund for Commodities (CFC) a financé une recherche sur le thème de « l'amélioration de la commercialisation du coton produit dans des zones affectées par le collage ». Avec les quatre partenaires, la SCC, l'ARC, l'IFTH et le Cirad, cette étude a traité les volets suivants.

- La faisabilité d'une classification des balles de coton au Soudan, à l'aide des appareils de mesure que nous avons mis au point : le thermodétecteur SCT et le H2SD. Nous avons montré que les variabilités du collage intra-balle et inter-balles au Soudan sont importantes. Il existe selon les usines d'égrenage et les zones géographiques, un collage plus ou moins important. En conséquence, il est intéressant de classer la production en terme de qualité (non collant et collant) et d'analyser les zones géographiques eu égard à la pollution. Nous avons montré que le thermodétecteur SCT n'est pas complètement adapté pour une classification à grande échelle, car les appareils et le personnel nécessaires sont trop importants et qu'il existe un effet opérateur non négligeable. En revanche, le H2SD apparaît bien mieux adapté à ce type de classement.
- La détermination d'un seuil critique pour la transformation des cotons collants en filatures cardée et peignée. Il a été montré que le nombre de points déterminés au H2SD est bien relié aux problèmes observés en filature et à la qualité du fil. Il est donc un bon indicateur ; même remarque pour le SCT. Cependant, nous n'avons pas pu définir un seuil limite du collage ; il dépend plus des conditions particulières des filatures et des impératifs de production de chacune.
- Le mélange pour la filabilité des cotons collants. Il est possible, par des mélanges, de réduire le potentiel collant des cotons en filature pour se situer en dessous d'un seuil critique que chaque filateur peut définir.
- L'influence de l'humidité relative sur le potentiel de collage. La baisse de l'humidité relative entre 40 et 45%, réduit très fortement les problèmes en filature. Cependant, elle ne permet pas aux miellats d'être éliminés lors du processus de filature. Selon l'intensité de la pollution, il est possible de retrouver sur le fil des miellats en nombre plus ou moins élevé, ce qui dégrade, dans une certaine mesure, sa qualité.

Les méthodes de gestion des cotons collants en filature ont leurs limites. C'est pourquoi nous avons décidé de mettre au point des méthodes ayant une action directe sur les miellats pour neutraliser leurs effets. Une recherche, financée par le Ministère de l'Industrie, nous a permis d'imaginer deux techniques : une méthode mécanique, qui enlève les miellats des masses de coton, et une méthode thermomécanique, qui dissout ou transforme les miellats pour les rendre inactifs. Ces méthodes en sont restées au stade de laboratoire. Cependant, elles montrent qu'il est pertinent de s'intéresser à la réduction du pouvoir collant des cotons afin de faciliter leur filabilité. C'est pourquoi, nous avons décidé d'étudier le pouvoir collant de chaque type de sucre produit par les deux principaux insectes responsables du collage, le puceron et la mouche blanche. L'intérêt est de mieux comprendre le comportement des sucres vis à vis des matériaux sur lesquels ils adhèrent.

LES DEBRIS DE COQUE

Dans le cas des débris de coque ou SCF (Seed-coat fragments), la démarche a été voisine de celle des cotons collants, c'est à dire la mise au point de méthodes de mesure des SCF et l'application dans des programmes de recherche.

Mises au point de méthodes de détection

Chronologiquement, nous avons séparé sur le fil les débris de coque des autres impuretés. Pour ce faire, nous avons utilisé le régularimètre GGP, puis UT3 de Zellweger-Uster qui comptabilisent l'ensemble des impuretés ou neps. Une méthodologie adaptée a été mise au point. Il a été montré, qu'en général, les SCF représentaient une large part des neps sur un fil obtenu par une filature à anneaux. Cette méthodologie a été utilisée dans de nombreuses études

au laboratoire et également dans le cadre de la sélection variétale car elle permet de séparer tous les types d'impuretés tels que les débris végétaux, les neps fibre, les neps coque et les miellats. En revanche, la durée de détermination est longue.

C'est pourquoi, pour le dénombrement des SCF sur le fil, nous avons mis au point une évaluation sur une plaquette de fil photocopiée. Cette mesure est plus rapide et prend en compte tous les neps coque alors que, les autres appareils disponibles, le régularimètre (mesure sur fil) et l'AFIS (mesure sur fibres), ne comptabilisent qu'à partir d'une certaine taille.

Dans le cadre de la sélection variétale, produire du fil pour évaluer les variétés a un coût financier important. L'analyse du fil ne se réalise, en général, que vers la 10^e année de sélection. Si l'on considère que le critère SCF est important à prendre en compte dans le choix des variétés, il est nécessaire de trouver une méthode pour les évaluer, dès les premiers stades de la sélection, afin d'éviter de reconduire des variétés qui ne seront pas retenues du fait d'une teneur en SCF trop élevée. Une méthodologie a été mise au point pour dénombrer les fragments de coque à partir du voile de la minicarde sur une masse de fibres très faible, d'environ 12 g. Après une faisabilité avec le comptage visuel, il a été développé l'outil « Trashcam » pour des comptages automatiques sur voile et nappe de fibres. Les relations entre les SCF mesurés sur la nappe, le voile et sur le fil sont excellentes. Cette méthode est donc très intéressante. Néanmoins, son utilisation reste limitée à quelques laboratoires car la construction de la minicarde est arrêtée depuis quelques années.

Trashcam a été adapté pour réaliser des comptages sur la plaquette de fil. Actuellement, cette méthodologie est utilisée quotidiennement, au laboratoire, pour les demandes des sélectionneurs, en remplacement de l'analyse détaillée sur le fil.

Programmes de recherche sur les SCF

L'outil Trashcam a permis de montrer les effets négatifs des SCF sur la qualité du fil, c'est à dire sur les paramètres de régularimétrie (finesse, grosseur, neps) ainsi que sur la ténacité du fil. Il a été montré que l'effet négatif des SCF est plus important sur des fibres de qualité supérieure que sur des fibres de qualité moindre.

En conséquence, les SCF, habituellement pris en compte par leur seul aspect quantitatif en tant que neps, doivent également être abordés sous un angle qualitatif, de par leurs caractéristiques intrinsèques et les perturbations qu'ils induisent au sein même de la structure du fil. Ce résultat montre qu'il est utile de travailler sur ce type de pollution.

L'outil Trashcam a été utilisé dans une étude de la variabilité et du déterminisme génétique de la teneur en fragments de coque. Des lignées à faible teneur en SCF ont été obtenues et intégrées dans un schéma d'expérimentation.

BENEFICES DE CES ETUDES

L'ensemble des travaux menés a permis à l'équipe de technologie :

- de s'ouvrir plus aux communautés nationale et internationale, grâce aux multiples collaborations avec :
 - les partenaires français tels que l'Anvar, l'IFTH, les filateurs, le Ministère de l'Industrie, l'Université de Haute-Alsace et plus particulièrement l'ENSITM, l'Université des Sciences et Technique du Languedoc de Montpellier ;

- les partenaires internationaux tels que CI (USA), ITC (USA), ARC (Soudan), SCC (Soudan).
- d'apporter des contrats privés de recherches nationaux (Anvar, Ministère de l'Industrie), et internationaux (CI, CFC, Graf, SDL, Zellweger-Uster) ;
- d'avoir en cours de validation par la communauté internationale, (ITMF, norme CEN), les appareils de mesure mis au point tels que le thermodéteur SCT et le H2SD ;
- de transmettre les connaissances acquises sur les cotons collants aux acteurs de la filière cotonnière, par les publications, les communications et la formation ;
- de participer, en tant que membre, à des groupes de travail sur le collage (ITMF et CEN) ;
- d'accueillir des étudiants et des ingénieurs en DEA et en thèses, sur des sujets d'actualité ;
- d'ouvrir de nouveaux axes de recherche, suite à l'expérience de ces 20 années.

Le laboratoire a acquis une reconnaissance internationale sur les pollutions de la fibre. Il a eu un rôle significatif en matière de recherche appliquée aux besoins du Développement.

C'est à partir des activités d'expertise classique que j'ai pu apprécier l'impact négatif des cotons collants et des SCF, aussi bien sur la production que sur la qualité du fil et sur les résultats fournis par nos appareils de mesure. Quasi simultanément, j'ai engagé des recherches sur ces deux thèmes. Voilà pourquoi, dans ce document, certaines méthodologies utilisées pour la détermination des deux types d'imperfections se répètent parfois dans l'un et l'autre thème.

Pour les recherches menées, mon activité a consisté à apporter les idées et les principes de nouvelles méthodologies et appareils de mesure qui ont été décrits. Avec la mise au point des appareils de mesure, j'ai dû mettre en place des démarches hiérarchisées pour la prise en compte des conditions opératoires d'utilisation des appareils et des protocoles de tests, afin que la qualité scientifique soit garantie. Pour la réalisation de ces travaux, je me suis entouré de compétences techniques (constructeurs) et scientifiques (service biométrie du Cirad) ainsi que de l'aide de techniciens et chercheurs du laboratoire.

Certaines réalisations ont été ensuite améliorées par les équipes citées dans l'ouvrage, en fonction des compétences techniques et scientifiques nécessaires. Les sujets, les cotons collants et les débris de coque, touchent à de nombreux domaines, celui de la métrologie, la transformation etc..., et englobent donc plusieurs spécialités. Ainsi, il a été très productif d'intégrer des étudiants de l'ENSITM, du DEA jusqu'à la thèse. Sur cette durée, il a été possible de structurer les projets, de les mener très en aval pour obtenir des résultats tangibles, accompagnés d'une dynamique d'équipe. L'intérêt de travailler avec des étudiants est certain en ce qu'il constitue un apport important de nouvelles compétences.

F.2. PERSPECTIVES

Que ce soit en matière de cotons collants ou de nepposité, les sujets ne sont pas clos. De nombreux nouveaux thèmes de recherche peuvent être développés dans les prochaines années.

LES COTONS COLLANTS

Avec l'expérience acquise dans la mesure de la détection des cotons collants, je pense qu'il faut continuer d'orienter les sujets de recherche dans les deux directions : au champ et en filature.

Au champ. A la suite des résultats très intéressants obtenus lors de la faisabilité de la classification, l'ARC et la SCC ont exprimé leur souhait de poursuivre les recherches impliquant plusieurs équipes du Programme Coton. Il peut donc être envisagé de développer une gestion intégrée des populations d'insectes pollueurs et une valorisation du coton soudanais par une organisation de la collecte, de l'égrenage, du tri des balles collantes et non collantes.

En filature. Les études portant sur la neutralisation du collage ont montré que l'on peut agir sur le pouvoir collant des sucres. Il est nécessaire d'étudier plus en amont, à un stade plus théorique, le comportement des sucres (individuels ou associés) vis à vis du support sur lequel ils se déposent. Les résultats du DEA de Amara (2002), tests de pelage sur différents sucres, nous incitent à poursuivre dans ce domaine mais en utilisant les miellats de pucerons et de mouches blanches. Cette recherche devrait faire l'objet d'une thèse. Plusieurs objectifs sont poursuivis. Il est nécessaire d'acquérir une connaissance sur le pouvoir collant des sucres, associés aux insectes responsables, aux conditions de milieu, aux variétés. Il faudra ensuite étudier et mettre en place une neutralisation des effets des miellats en filature, quelles que soient les conditions d'utilisation des cotons. D'après les quelques tests que nous avons réalisés et qui demandent à être vérifiés, il semble que les miellats des deux types d'insectes réagissent différemment en terme de pouvoir collant. Il faudra donc distinguer les deux types d'insectes, pucerons ou mouches blanches, en nous appuyant sur tous les éléments à notre disposition. Cela nous permettra de mieux valoriser les cotons pollués.

Nous avons montré qu'il était possible de réaliser des cotons de référence, à partir d'une variabilité intra-balle importante. Il est nécessaire d'étudier la faisabilité d'obtenir un échantillon représentatif du collage moyen de la balle associé à une variabilité minimale. Dans ce sens, nous proposons de faire réaliser l'étude par un étudiant DEA.

D'autres nouvelles actions de recherche ont été identifiées, pluridisciplinaires, qui ne peuvent être énoncées dans ce document, car confidentielles.

LA NEPPOSITE

Pour la nepposité, due aux fragments de coque, les résultats montrent qu'il est important de continuer à travailler au stade de l'amélioration variétale. D'autre part, les neps fibres, immatures ou matures, sont difficiles à mettre en évidence, par les méthodes indirectes, très tôt dans le processus de transformation du coton car ils n'apparaissent que sur le tissu teint.

L'évaluation des débris de coque par Trashcam sur nappe de fibres nécessite l'utilisation d'une minicarde qui ne se construit plus. Si nous voulons généraliser Trashcam auprès des sélectionneurs, il est nécessaire de mettre au point un ouvrier spécifique à Trashcam. D'autre part, il serait intéressant d'intégrer Trashcam au H2SD pour une évaluation rapide des SCF sur la nappe fabriquée par l'ouvrier. Il faut poursuivre l'évolution de Trashcam, en cours, afin d'évaluer les autres débris qui peuvent être présents dans la fibre, pour étendre son champ d'utilisation.

Avec Trashcam, nous disposons d'un outil pour évaluer les SCF par comptage, aux stades de la nappe de carde et du fil. Il n'en est pas de même pour les neps fibres immatures. Une évaluation rapide, par comptage, des neps fibres immatures sur voile de carde permettrait d'anticiper l'impact de ceux-ci sur le produit final, le tissu, et de relier leur nombre aux résultats obtenus par les méthodes traditionnelles.

CHAPITRE G

NOTICE INDIVIDUELLE

Chapitre G : NOTICE INDIVIDUELLE

G.1. CURRICUMUM VITAE

Richard FRYDRYCH

Nationalité :	Française
Date de naissance :	13 septembre 1949
Situation familiale :	Marié, 2 enfants .
Adresse professionnelle :	Cirad-ca/programme coton 73, rue Jean-François Breton 34398 Montpellier Cedex 5 France Téléphone : 04 67 61 44 23 Fax : 04 67 61 56 67 Adresse électronique : richard.frydrych@cirad.fr
Profession :	Technologiste textile
Fonction :	Responsable de l'unité de microfilature et du contrôle des filés Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement Département des cultures annuelles Laboratoire de Technologie Cotonnière, Produits du cotonnier
Compétences :	Technologie cotonnière, filature, laboratoire métrologie Technologie du coton et plus particulièrement de la fibre et du fil. Mise au point de méthode de mesure des cotons collants Etudes dans le domaine de la filature et des imperfections du fil. Membre du groupe collage de l'International Textile Manufacturer Federation (ITMF). Membre du comité européen de normalisation CEN, groupe collage

Formation :

- Doctorat en sciences de l'ingénieur

Université de Haute Alsace / Mulhouse / France (1996)

- DES

Université Sciences et Techniques du Languedoc / Montpellier / France (1987)

- Diplôme de l'Ecole Supérieure des Industries du Vêtement

Chambre de Commerce / Paris / France (1972)

- Technicien Supérieur en Fabrication Textile option bonneterie

ENSAIT / Roubaix / France (1970)

- Technicien Supérieur en Fabrication Textile option tissage

ENSAIT / Roubaix / France (1971)

Compétence linguistique :

Français

Anglais

Expérience professionnelle :

Depuis 1992 : **Cirad-ca**

Montpellier (France)

Responsable de l'unité de microfilature et du contrôle des filés

- Activités d'expertises en microfilature, analyse des filés et des pollutions de la fibre de coton : collage et nepposité.

- Activités de recherche dans le domaine de la mise au point de matériel de mesure du collage : thermodétecteur et détecteur rapide H2SD (High Speed Stickiness Detector).

- Activités dans le domaine de la neutralisation du collage en filature.

- Mise au point de méthodes de comptage d'imperfections sur fil et sur voile de carde.

- Mise au point de méthodologies en microfilature.

1977-1992 : **Cirad-IRCT**

Montpellier (France)

Responsable du laboratoire de microfilature et du contrôle des filés

- Etude des cotons en filature pour les sélectionneurs.

- Mise au point et commercialisation de matériels : thermodétecteur pour les cotons collants, enceinte à conditionner.

Missions : de 1995 à 2001

1973/08-1977/08 : **Société Eminence**

Nîmes (France)

Assistant du Directeur de fabrication

- Responsable technique du service repassage-conditionnement : usine d'Aimargues de 1976 à 1977 ; usine de Sauve de 1975 à 1976

- Intégré au service coupe usine d'Aimargues de 1973 à 1975

11/03/02, 4 j, **politique générale et scientifique (Allemagne)**

Participation au groupe de normalisation, thème méthodes de mesure du collage, au sein de l'ICCTM de ITMF.

Participation au groupe de normalisation CEN, thème collage.

08/10/01, **appui scientifique et technique externe (Etats-Unis)**

Etablir et assurer la réalisation des contrats en cours de 2001 et mise en place contrat 2002 entre Cotton Incorporated et Cirad.

30/09/00, 14 j, **appui scientifique et technique externe (Etats-Unis)**

Installer les dernières améliorations techniques sur le H2SD de ITC; installer le H2SD de Cotton Incorporated ; restitution de résultats

04/03/00, 7 j, **politique générale et scientifique (Etats-Unis)**

Poursuivre la négociation avec Schaffner Technologies USA (STI) en vue du partenariat de recherche et d'exploitation commerciale du H2SD.

28/02/00, 4 j, **politique générale et scientifique (Allemagne)**

Participation au groupe de normalisation, thème collage, au sein de l'ICCTM de ITMF

26/01/00, 16 j, **appui scientifique et technique externe (Etats-Unis)**

Coordination des recherches sur le collage entre ITC, CI et CIRAD aux USA. Installation d'améliorations sur le H2SD.

19/10/99, 10 j, **politique générale et scientifique externe (Etats-Unis)**

58e réunion plénière de ICAC à Charleston Caroline du Nord, visite chez Cotton Incorporated Raleigh Caroline du Nord.

07/09/99, 3 j, **politique générale et scientifique externe (Autriche)**

Négociations avec des partenaires français, suisses, autrichiens pour le laboratoire de technologie cotonnière

31/01/99, 14 j, **appui scientifique et technique externe (Etats-Unis)**

Installation de l'appareil H2SD à Lubbock. Mise au point. Visite à Raleigh à Cotton Incorporated.

26/12/98, 7 j, **congrès-séminaires-colloques (Etats-Unis)**

Expertise Collage à ITC, Texas, USA ;

08/12/98, 7 j, **appui scientifique et technique externe (Etats-Unis)**

Maintenance du H2SD prototype à Raleigh (Etats Unis) avec la sté Sercom constructeur.

07/11/98, 10 j, **appui scientifique et technique externe (Etats-Unis)**

Maintenance du H2SD à Cotton Incorporated

09/03/98, 4 j, **congrès-séminaires-colloques (Allemagne)**

Participation au groupe de normalisation, thème collage, au sein de l'ICCTM de ITMF .

12/1997, 4 j, **encadrements d'agents non Cirad au Soudan.**

Mise en place de protocole et formation des cadres et techniciens au collage dans le cadre du contrat de recherche sur « The improvements of the marketability of cotton produced in zones affected by stickiness, 1997-2001, financé par le Commun Funds for Commodities and the International Cotton Advisory Committee, avec comme partenaires Suddan Cotton Company, Agriculture Research Corporation.

16/09/97, 3 j, **encadrement d'agents non cirad (Royaume-Uni)**

Contrôle des thermodétecteurs sous licence ; formation des techniciens au réglage du SCT et aux tests de collage ; formation des cadres ingénieurs et commerciaux au collage.

16/09/97, 3 j, **expertise (Royaume-Uni)**

Discussion du contrat innovation avec le fabricant partenaire SDL/Manchester.

16/09/97, 3 j, **enseignement et formation (Royaume-Uni)**

Formation sur place chez le fabricant à Manchester.

15/08/97, 11 j, **appui scientifique et technique externe (Etats-Unis)**

Mise en place d'améliorations sur le H2SD prototype.

11/04/96, 2 j, **politique générale et scientifique (Royaume-Uni)**

Mettre au point la cession de licence de produits du laboratoire à la firme anglaise SDL.

28/10/95, 17 j, **appui scientifique et technique externe (Etats-Unis)**

Maintenance du High Speed Stickiness Detector (H2SD) dans le cadre de notre accord avec Cotton Incorporated. Formation des personnels de Lawson Hemphill dans le cadre de contrat de cession de licence d'exploitation.

G.2. PRINCIPAUX TRAVAUX

G.2.1. Thèse

[T] - FRYDRYCH R., 1996. Contribution à l'étude du collage des cotons au moyen de méthode mécaniques et thermomécaniques. Université de Haute Alsace, Mulhouse, France, 200 p, Mention TH Felicitations.

G.2.2. DES

[DES] - FRYDRYCH R., 1987 - Une nouvelle méthode pour la détermination du potentiel de collage des cotons. Université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier, France, 62 p.

G.2.3. Publications

[P1] - FONTENEAU-TAMIME O., FRYDRYCH R., DREAN J.-Y., 2001 Carded Spinning of sticky cotton. Part 1: Stickiness effects on productivity. Textile Research Journal, 71 (11), 1023-1030.

[P2] - FONTENEAU-TAMIME O., GOZE E., FRYDRYCH R., DREAN J.-Y., 2000. Qualitative Classification of Cotton Stickiness in H2SD High Speed Stickiness Detector. Textile Research Journal, 70 (10), 866-871.

[P3] - FRYDRYCH R., 1986 - Détermination du potentiel de collage des cotons par thermodétection. Coton et Fibres Tropicales, 41, 3, 211-214.

[P4] - FRYDRYCH R., GUTKNECHT J., 1989. Identification et comptage des diverses imperfections rencontrées sur le fil de coton. Coton et Fibres Tropicales, 44, 1, 59-65.

[P5] - FRYDRYCH R., 1991. Evaluation de la résistance du fil à partir des caractéristiques technologiques de la fibre. Coton et Fibres Tropicales, 46, 3, 243-247.

[P6] - FRYDRYCH R., GOURLOT J.P., 1993. Evaluation de la résistance du fil à partir des caractéristiques technologiques de la fibre obtenues sur HVI. Coton et Fibres Tropicales, 48, 3, 201-206.

[P7] - FRYDRYCH R., GOZE E., HEQUET E., 1993. Effet de l'humidité relative sur les résultats obtenus au thermodétecteur. Coton et Fibres Tropicales, 48, 4, 305-311.

[P8] - FRYDRYCH R., HEQUET E., VIALLE M., 1993. Incidence du stockage sur l'évolution du potentiel de collage des cotons. Coton et Fibres Tropicales, 48, 3, 207-212.

[P9] - FRYDRYCH R., FRYDRYCH D., 1993. Les cotons collants : un problème mondial. L'Industrie Textile, n° 1239, 27-29.

[P10] - GUTKNECHT J., FOURNIER J., FRYDRYCH R., 1986. Influence de la teneur en eau et de la température de l'air sur les tests de collage des cotons à la minicarde de laboratoire. Coton et Fibres Tropicales, 41, 3, 179-190.

[P11] - GUTKNECHT J., FOURNIER J., FRYDRYCH R., 1988. Principales recherches effectuées par l'IRCT sur l'origine et la détection des cotons collants. Coton et Fibres Tropicales, série Documents, Etudes et Synthèses n° 9, 42 p.

[P12] - GUTKNECHT J., FRYDRYCH R., 1988. L'enceinte à conditionner FG49 pour humidifier le coton avant le test de collage au thermodétecteur. Coton et Fibres Tropicales, 43, 2, 147-152.

[P13] - KRIFA M., FRYDRYCH R., GOZE E., 2002. Seed coat fragments : the Consequences of Carding and the Impact of Attached Fibers. Textile Research journal, 73 (3), 259-265.

G.2.4. Communications

G.2.4.1. Communications à congrès avec comité de sélection et publication des actes

[C1] – CFC, 2001. Amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectés par le collage . Actes du séminaire, Lille, France, 195 p.

[C2] - FRYDRYCH R., HEQUET E., CORNUEJOLS G., 1994. A high speed instrument for stickiness measurement. 22 th International Cotton Conference of ITMF, Brème, Allemagne, 83- 91.

[C3] - FRYDRYCH R., HEQUET E., BRUNISSEN C., 1995. High speed stickiness detector : relation with the spinning process. Proceedings, Beltwide Cotton Conference, San Antonio, Texas, Etats-Unis, 2, 1185-1189.

[C4] - FRYDRYCH R., HEQUET E., 1998. Standardisation proposals : the thermodetector and its methodology. Proceedings, International Committee on Cotton Testing Methods of

ITMF, Brème, Allemagne, 97-101.

[C5] - HEQUET E., FRYDRYCH R., WATSON M., 1997. The use of high speed stickiness detector on a large range of cotton coming from different countries. University of Huddersfield, World Textile congress on Natural and natural-Polymer Fibres, July 97, 200-211.

[C6] - CROMPTON R.J., FRYDRYCH R., 1998. The SDL-CIRAD High Speed Stickiness Dtector (H2SD): Improvements Incorporated in the Production Version. 24th International Cotton Conference, Plenary, Brème, Allemagne, 73-77.

[C7] - FRYDRYCH R., KRIFA M., FONTENEAU-TAMIME O., GINER M., GOURLOT J.-P., 1999, Detection and counting of two cotton contaminants : Seed coat fragments and honeydew deposits, Cotton Beltwide Conferences, Orlando (FL), USA du 3 au 10 janvier 1999, 2, 695-698.

[C8] - FRYDRYCH R., FONTENEAU-TAMIME., GOURLOT J.-P., GOZE E., LE BLAN T., AHMED S. F., ABDIN M. A, 2000, Sticky cotton effects on the carded spinning process, Cotton Beltwide Conferences, San Antonio (TX), USA, 2 , 1517.

[C9] - FRYDRYCH R., DREAN J.-Y., 2000. A new methodology usable by researchers and spinners for short staple fiber micro-spinning, Beltwide Cotton Conferences, January 4-8, San Antonio, TX (USA), National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), 2, 1555-1556.

[C10] - GOURLOT J.P, FRYDRYCH R., HEQUET E., THOLLARD F., CONSTANTIN O., BACHELIER B., 1995. Seed coat fragment counting and sizing in card web. Proceedings of the Beltwide Cotton Conference, 2, 1245-1249.

[C11] - GOURLOT J.-P., KRIFA M., FRYDRYCH R., CHANSELME J.-L., 1998. Honeydew and seed coat fragments : identifying and counting two major cotton fiber contaminants. World Cotton Research, Conference 2 : " New frontiers in cotton research ", September 6-12, 1998. Athens, Greece.

[C12] - GOURLOT J.P., FRYDRYCH R., 2000. Mesure du collage des fibres de coton et moyens de lutte. Actes du séminaire , 26 juin , Montpellier, France, 136 p.

[C13] - HEQUET E., FRYDRYCH R., 1990. Methodology of use of the IRCT-RF13 thermodetector. Proceeding of International Committee on Cotton Testing Methods. ITMF, appendix 11, 1-4.

[C14] - HEQUET E., FRYDRYCH R., 1992. Some exemples for the use of the sticky cotton

thermodetector. Proceeding of Beltwide Cotton Conferences, 2, 1145-1147.

[C15] - HEQUET E., FRYDRYCH R., 1992. Sticky cotton from plant to yarn. Proceedings, International Committee on Cotton Testing Methods of ITMF, Brème, Allemagne, appendix 46, 3-19.

[C16] - HEQUET E., FRYDRYCH R., 1994. The problem of cotton stickiness : CIRAD work on controlling stickiness. Proceedings of the 53 rd Plenary Meeting of the International Cotton Advisory Committee, Brazil, 45-48.

[C17] - KRIFA M., BACHELIER B., FRYDRYCH R., GOURLOT J.P, GINER m., 2001. Relation between seed coat fragment content and yarn strenght depending on the range of fiber quality. Proceedings of the Beltwide Cotton Conference, Memphis, 2, 1279-1282 .

[C18] - KRIFA M., FRYDRYCH R., GOZE E., GOURLOT J.P., 2002. Feasability fo Producing Reference cotton to calibrate Stickiness Measuring Instruments. Proceedings of the Beltwide Cotton Conference.

[C19] - TAMIME O., GOZE E., FRYDRYCH R., GOURLOT J-P., DREAN J.-Y., 1999, Classement des balles de coton selon leur potentiel de collage mesuré par le High Speed Stickiness Detector (H2SD), Doctoriales de l'Université de Haute Alsace à Mulhouse (France), Mai 1999.

G.2.4.2. Autres communications

[C20] - FRYDRYCH R., 1991. Etude sur les cotons collants et effet des cotons collants sur les imperfections du fil. Journées de Génétique et Technologie Cotonnière, vol. 3, 105-118.

[C21] - FRYDRYCH R., 1991. Le problème des cotons collants. Réunion des filateurs 24 juin 1991, 11 p.

[C22] - FRYDRYCH R., 1991. Etude sur les cotons collants. Effet des cotons collants sur les imperfections du fil. Journées des sélectionneurs et des technologistes, CIRAD, Montpellier, France, 12 p.

[C23] - FRYDRYCH R., GAWRYSIAK G., GOURLOT J.-P., 1999. What is stickiness ? What are its consequences ? Comité de normalisation européen CEN TC248, Porto.

[C24] - FRYDRYCH R., GAWRYSIAK G., GOURLOT J.-P., 1999. Standardization proposals: The thermodetector and its methodology, comité de normalisation européen CEN TC248, Porto.

[C25] - FRYDRYCH R., GAWRYSIAK G., GOURLOT J.-P., 1999. Standardization proposals : The H2SD, methodology and results, comité de normalisation européen CEN TC248 , Porto.

[C26] - FRYDRYCH R., GOURLOT J.-P., 2000. Présentation du High Speed Stickiness Detector (H2SD) et des résultats obtenus. Journée d'information sur la mesure et la lutte contre le collage des fibres de coton, série colloque-Cirad, 26 juin 2000, Montpellier, France.

[C27] - GOURLOT J.-P., GOZÉ E., FRYDRYCH R., 2000. Choix du type de classement et du matériel utilisé. Journée d'information sur la mesure et la lutte contre le collage des fibres de coton, série colloque-Cirad, 26 juin 2000, Montpellier, France.

[C28] - GOURLOT J.-P., FRYDRYCH R., FONTENEAU-TAMIME O., BACHELIER B., GOZE E., 2000. Improve the marketability of the cotton produced in the zones affected by stickiness. Résultats du projet Soudan, Wad Medani, Soudan, 07/12/2000.

G.2.5. Brevets

[B1] - FRYDRYCH R., 1991. Brevet pour : procédé de traitement en ambiance humide du coton et installation pour la mise en oeuvre du procédé, priorité France n° 91 16464 du 30 décembre 1991.

[B2] - FRYDRYCH R., 1991. Brevet pour : procédé de traitement du coton par injection de vapeur d'eau chaude et installation pour la mise en oeuvre du procédé, priorité France n° 91 16463 du 30 décembre 1991.

[B3] - FRYDRYCH R., 1992. Brevet pour : procédé et installation pour l'évaluation du caractère collant de matières fibreuses végétales telles que des cotons et utilisation de ce procédé et de cette installation, priorité France n° 92 06142 du 20 mai 1992.

G.2.6. Manuel technique

[MT1] - FRYDRYCH R., 1993. Le thermodétecteur SCT. Manuel technique, 15 p.

[MT2] - FRYDRYCH R., 1993. L'enceinte à conditionner FG 49. Manuel technique, 8 p.

[MT3] - FRYDRYCH R., 2001. Les cotons collants. Fascicule de formation, Cirad, Montpellier, France, 78 p.

[MT4] - FRYDRYCH R., 2000. Le détecteur rapide des cotons collants H2SD. Manuel technique, 36 p.

[MT5] - FRYDRYCH R., 2000. Méthodologies pour la microfilature de fibres courtes et l'analyse du fil. - Fascicule de formation, Cirad, Montpellier, France, 78 p.

G.2.7. Contrats de recherche

[CR1] - 1 an - 1992 - A comparison of the different method used to detect stickiness and the impact of sticky potential on the spinning process. Contrat Zellweger-Uster, Knoxville, TN, USA, rapport 50p.

[CR2] - 1 an – 1992 - Mise au point d'un appareil rapide du collage des cotons. Contrat Anvar n° 92 10 120 J00, rapport 50 p

[CR3] - 1 an – 1993 - Neutralisation du collage de la fibre de coton. Contrat Ministère de l'Industrie, France, n° 91 4 92 6023, rapport 85 p.

[CR4] - 1 an - 1994 - Neps counting: ring spinning validation on 30 cottons. Contrat Zellweger-Uster, Knoxville, TN, USA, 138 p.

[CR5] - 1an - 1995 - Neps counting: rotor spinning validation on 30 cottons. Contrat Zellweger-Uster, Knowville, TN, USA, 140 p.

[CR6] - 1an -1995 – Validation of the H2SD prototype. Contrat Cotton Incorporated, Cary, CN, USA.

[CR7] - 1an - 1996 - Software development for High speed stickiness detector prototype. Contrat avec Cotton Incorporated, Cary, CN, USA.

[CR8] - 4ans – 1997 à 2000 -The improvements of the marketability of cotton produced in zones affected by stickiness, 1997-2001. Contrat Commun Funds for Commodities (CFC, USA) et l'International Cotton Advisory Committee (ICAC, USA) avec comme partenaires Suddan Cotton Company (SCC, Soudan)), Agriculture Research Corporation (ARC, Soudan)), Institut Français du Textile et de l'Habillement (IFTH, France), rapport 200 p.

[CR9] - 1an - 1998 -Investigate the within bales variability for stickiness with SCT and H2SD. Contrat Cotton Incorporated, Cary, CN, USA.

[CR10] – 1 an – 2000 – Software developpment for H2SD. Contrat cotton Incorporated, Cary, CN, USA.

[CR11] - 1an - 2000. Transfert concernant une machine d'homologation de la mesure du caractère collant des fibres de coton. Contrat Anvar 2000, n° A0001002J/AT

[CR12] - 1an - 2001 -Support for standardization and check for H2SD. Contrat Cotton Incorporated, USA.

[CR13] – 1 an – 2002 – Cleaner Improvement on the H2SD . Contrat avec Cotton Incorporated, USA.

G.2.8. Encadrements

G.2.8.1. Coencadrement de thèses

[E1] – BACHELIER B., 1998. Encadrement 10%. Etude de la variabilité et du déterminisme génétique de la teneur en fragments de coque de la fibre de coton. Université de Rennes, thèse de doctorat, 271 pages.

[E2] - GOURLOT J.P., 2002. Encadrement 50%. Effet des caractéristiques de fibres de coton sur la mesure de leur résistance à la rupture. Contribution à l'étude de la qualité des mesures réalisées sur un instrument intégré de mesure High Volume Instrument (HVI). Université de Haute Alsace, Mulhouse, France, thèse de doctorat, 246 pages.

[E3] - KRIFA M., 2001. Encadrement 40%. Etude des fragments de coque de graines de coton : détection, caractérisation, interaction avec les processus de filature et influence sur la qualité du fil. Université de Haute Alsace, Mulhouse, France, thèse de doctorat, 266 pages.

[E4] - FONTENEAU-TAMIME O., 2000. Encadrement 60%. Etude de la filabilité des cotons collants et de la classification des balles selon leur potentiel de collage mesuré par le H2SD. Université de Haute Alsace, Mulhouse, France, thèse de doctorat, 233 pages.

G.2.8.2. Coencadrement de thèses en cours

[E5] - CHOLLAKUP Rungsim. Encadrement 30%. Etude de la filabilité des mélanges soies / coton thaïlandais

[E6] AMARA A..A. Encadrement 30 %. Etude théorique du pouvoir adhésif des sucres liés au collage

G.2.8.3. Coencadrement de DEA

[E6] - AMARA A.A, 2002. Encadrement 20%. Mise au point d'une méthode de détermination du pouvoir collant du coton.). Ecole Nationale Supérieure Industrie Textile de Mulhouse, France, DEA, 81 p.

[E7] - KRIFA M., 1997. Encadrement 40%. Contribution à l'étude de l'impact des fragments de coque de graine sur la qualité du fil de coton (*G. hirsutum*). Ecole Nationale Supérieure Industrie Textile de Mulhouse, France, DEA, 50 p.

[E8] – TAMIME O., 1996. Encadrement 75%. Etude de la précision et de la répétabilité des mesures de collage du coton sur le thermodétecteur SCT. Ecole Nationale Supérieure Industrie Textile de Mulhouse, France, DEA, 50 p.

G.2.8.4. Encadrement de mémoire d'ingénieur ENSITM sur des études de recherche

[E9] - LANGLOIS F., 2000. : encadrement 60%. Etude de la variabilité, intra-balle et inter usine d'égrenage, du collage du coton sur l'H2SD, au sein de la production soudanaise, 4 mois.

G.2.9. Normalisation

- Membre du groupe de travail CEN sur la normalisation des appareils sur le collage

[N1] - Thermodétecteur SCT : en cours de normalisation CEN TC 248 WG19 « Stickiness of cotton fibers »

[N2] - Automatic thermodetection plate device : en cours de normalisation CEN TC 248 WG19 « Stickiness of cotton fibers »

- Membre du groupe de travail sur le collage de l'ICCTM de l'ITMF .

G.2.10. Formation

1997 - Formation d'ingénieurs et techniciens au réglage et à la méthodologie du thermodétecteur SCT et au problème des cotons collants. SDL, Manchester, UK, 10 h ; fascicule de formation, 78p.

1997 - Formation d'ingénieurs et de techniciens sur le thème des cotons collants et l'application de la méthodologie du thermodétecteur SCT. ARC au Soudan, 16 h, manuel technique, 36 p.

1999 et 2000 – Formation d'ingénieurs et techniciens de terrain : recherche interdisciplinaire pour une production cotonnière durable et compétitive. Cirad-ca, Montpellier, France, 8h, fascicules de formation sur le collage 78 p et sur la microfilature 78 p.

2001 et 2002 – Formation de responsables de la vente de coton sur les thèmes des cotons collants et de la filature ». Cirad-ca, Montpellier, France, 8h, fascicules de formation sur le collage 78 p et sur la microfilature 78 p.

1950
1951
1952
1953