

Interpretation and Use of Instrument Measured Cotton Characteristics

Interprétation et utilisation des résultats SITC de mesure instrumentale des caractéristiques du coton

Version V 1.0

Editée le 18 septembre 2020

Langue : Français

A Guideline by ITMF International Committee on Cotton Testing Methods (ICCTM) & By ICAC Task Force On Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton (CSITC)



Interprétation et utilisation des résultats SITC de mesure instrumentale des caractéristiques du coton

Ligne directrice par

**ITMF International Committee on
Cotton Testing Methods (ICCTM)**

Et par

**ICAC Task Force on Commercial Standardization
of Instrument Testing of Cotton (CSITC)**

Version Française

(seule la version en anglais fait référence)

Editeurs et contributeurs :

- Jean-Paul Gourlot, CIRAD, UPR AïDA, F-34398 Montpellier, France, and AïDA, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France.
- Axel Drieling, Faserinstitut Bremen e.V. (FIBRE) / ICA Bremen, Bremen, Germany.
- Mona Qaud, Uster Technologies, Uster, Switzerland.
- Stuart Gordon, CSIRO, Geelong, Australia.
- Jimmy Knowlton, USDA AMS, Memphis, USA.
- Malgorzata Matusiak, Lodz University of Technology, Lodz, Poland.
- Marinus van der Sluijs, Textile Technical Services, Geelong, Australia.
- Vikki Martin, Cotton Incorporated, Cary, USA.
- Karsten Froese, Bremer Baumwollboerse, ICA-Bremen, Bremen, Germany.
- Chris Delhom, USDA-ARS-SRRC, New Orleans, USA

Publié par :

- International Cotton Advisory Committee (ICAC), Washington, D.C., USA
- International Textile Manufacturers Federation (ITMF), Zurich, Switzerland

Cette publication est disponible sur :

- www.csitc.org
- www.icac.org
- www.itmf.org

Date de publication : September 18, 2020 Version 1.0 Français



International Cotton Advisory Committee

1629 K Street NW, Suite 702,
Washington DC 20006
USA

Telephone +1-202-463-6660
Fax +1-202-463-6950
e-mail: secretariat@icac.org



International Textile Manufacturers
Federation

Wiedingstrasse 9
CH-8055 Zürich
Switzerland

Telephone +41-44-283-6380
Fax +41-44-283-6389
e-mail: secretariat@itmf.org

Task Force on Commercial Standardization
of Instrument Testing of Cotton (CSITC)

International Committee on
Cotton Testing Methods (ICCTM)

Référence bibliographique :

Gourlot Jean-Paul, Drieling Axel, Qaud Mona, Gordon Stuart, Knowlton James, Matusiak Malgorzata, van der Sluijs Marinus, Martin Vikki, Froese Karsten, Delhom Chris, 2020. Interpretation and use of SITC measured characteristics = Interprétation et utilisation des résultats SITC de mesure instrumentale des caractéristiques du coton, Version 1.0 publiée le 18 Septembre 2020, Edition française, un guide par la *Task Force on Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton (CSITC)* du CCIC (ICAC) et par l'*International Committee on Cotton Testing Methods (ICCTM)* de l'ITMF, 79 p.

Edition de l'ouvrage : Gourlot Jean-Paul and Drieling Axel

Edition de la page de couverture : Cotton Incorporated Public Relation Team

Traduction de l'anglais par Jean-Paul GOURLOT

Cette œuvre est mise à disposition sous licence Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International. Pour voir une copie de cette licence, visitez <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou écrivez à : Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

Résumé exécutif

Efficacité et rentabilité des tests sur les fibres de coton

La Ligne directrice pour la normalisation du classement du coton par instruments, publiée pour la première fois en 2012 et révisée en 2018 conjointement par l'*International Textile Manufacturers Federation* et la *Task Force on Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton*, répond à de nombreuses questions sur **la manière de tester** le coton à l'aide d'instruments d'essai à grand volume. Cette publication complémentaire, le guide Interprétation et utilisation des résultats SITC de mesure instrumentale des caractéristiques du coton, explique **comment utiliser et interpréter** les résultats des essais par instruments.

L'objectif de ce guide est d'encourager la compréhension des résultats de tests instrumentaux, conduisant ainsi à une plus grande efficacité dans tous les domaines de la chaîne de valeur du coton, avec pour résultat une amélioration de l'efficacité et de la rentabilité.

Le présent résumé exécutif donne un bref aperçu du guide d'interprétation, mais des explications détaillées et des informations utiles sont disponibles dans le texte intégral. Des chapitres distincts sont consacrés à chaque propriété mesurée de la fibre de coton et des sous-chapitres sont consacrés aux producteurs, aux égreneurs, aux négociants et aux filateurs.

Les chapitres 1 et 2 fournissent un préambule et une introduction à ce guide d'interprétation, et le chapitre 3 fournit une brève description de la chaîne d'approvisionnement du coton.

Le chapitre 4 est consacré au thème de la "variabilité". Le coton est un produit naturel, et les propriétés de la fibre varient naturellement au sein de chaque échantillon, entre les échantillons d'une même balle et entre les balles. La variation dans la mesure de chaque propriété de la fibre est quantifiée au chapitre 4, et des informations sur l'utilisation des données des tests d'instruments pour gérer les stocks et la transformation du coton dans les limites imposées par la variation naturelle des résultats de mesure sont fournies. La distribution des résultats fournis par les tests d'instruments peut être utilisée avantageusement car elle représente une description précise des caractéristiques des balles dans les lots de vente et les mélanges en filature.

Les résultats de micronaire sont décrits au Chapitre 5 comme une combinaison entre finesse et maturité.

- Le micronaire d'un échantillon donné de coton est affecté par des facteurs génétiques et environnementaux pendant la culture cotonnière.
- En comparant des échantillons de coton d'une même variété, les différences de micronaire reflètent des différences de maturité. Cependant, en comparant des échantillons de variétés différentes mais de maturité comparable, les différences de micronaire reflètent des différences de finesse.
- Pour la production, le micronaire peut aider à comparer les variétés.
- Pour la commercialisation, il est un moyen simple et fiable pour analyser la combinaison de la finesse et de la maturité.
- Pour la filature, la finesse d'un coton est cruciale pour prédire son aptitude à la filature et le titre, la régularité et la résistance du fil qui peut être produit.
- Le micronaire est important pour prédire l'aptitude à la teinture, les neps de fibre et l'apparence du fil et des étoffes.

La longueur des fibres, qui fait l'objet du chapitre 6, est généralement comprise comme la longueur moyenne supérieure de la moitié supérieure (UHML). L'indice d'uniformité (UI) et l'indice de fibres courtes (SFI) sont des mesures supplémentaires liées à la distribution de la longueur des fibres.

- La longueur dépend de facteurs génétiques (*i.e.* la variété) et environnementaux pendant la saison de culture et de l'égrenage après récolte.
- Les mesures instrumentales de l'UHML sont généralement similaires aux résultats attribués par les classeurs qui effectuent des '*pullings*'. Les classeurs attribuent des longueurs '*pulling*' en 32^e de pouce, alors que les résultats des instruments sont donnés en centièmes de pouce ou en millimètres, et permettent des calculs de moyenne ou d'écart-type plus faciles sur un certain nombre d'échantillons.
- La longueur est un des paramètres les plus importants utilisés dans tous les segments de la chaîne de valeur du coton.
- La longueur est la propriété la plus importante dans la production de fils classiques à anneaux-curseur.
- La longueur influence la filabilité du coton et la torsion de fil nécessaire pour atteindre un niveau de résistance donné. La longueur est la propriété la plus importante dans la définition des paramètres d'étirage au sein d'une usine textile.
- La distribution des longueurs influence fortement presque tous les paramètres de qualité du fil. L'UHML joue sur la résistance du fil. L'uniformité de la longueur influence l'uniformité et le SFI a un effet sur la pilosité.

La mesure de la ténacité des fibres est discutée au Chapitre 7.

- La ténacité dépend du choix variétal et des conditions de culture.
- Un séchage excessif et l'utilisation de nettoyeurs de fibres pendant l'égrenage réduisent la résistance et entraînent une augmentation de la casse des fibres.
- La ténacité des fibres est la propriété la plus importante pour la filature à rotor, dite « Open End », et la filature à jet d'air.
- La ténacité des fibres et leur longueur influencent la ténacité des fils, ce qui est crucial pour les fils à tisser.

La couleur, sujet du Chapitre 8, peut être déterminée par des classeurs ou par des instruments de mesure. Les classeurs attribuent un seul grade de couleur à un échantillon. Les résultats des instruments sont une combinaison de réflectance (Rd) et d'indice de jaune (+b). Les nuances de couleur et les résultats des instruments peuvent être mis en correspondance les uns avec les autres à l'aide d'un diagramme Nickerson-Hunter.

- Les changements de couleur de la fibre sont les indices de divers événements. Le coton peut changer de couleur, passant du blanc au gris ou au jaune, selon la façon dont il a été cultivé et récolté, s'il a subi des attaques de bio-agresseurs ou s'il a plu au moment de la récolte, selon la teneur en eau du coton-graine et la durée de stockage avant l'égrenage. Le coton gris ou jaune sera généralement moins tenaces que le coton blanc.
- Dans la transformation, la couleur est importante pour la prise de teinture et l'homogénéité de la teinture.

Les mesures des déchets (*Trash*) sont examinées au chapitre 9. Les déchets sont principalement constitués de débris végétaux (feuilles, tiges ou carpelles de cotonnier, fragments d'autres plantes, *etc.*).

- Les *trash* sont influencés par la méthode de récolte : à la main, au *cotton picker* ou au *cotton stripper*.
- Pour une méthode de récolte donnée, l'égrenage a un impact dominant sur le contenu en déchet (*trash content*).
- Les déchets peuvent être partiellement retirés à l'usine d'égrenage, en utilisant des nettoyeurs de fibres (*lint cleaners*), ou à la filature, durant les opérations de cardage et de peignage avant que le coton atteigne les continus à filer.

- Dans le commerce, les déchets représentent le contenu non fibreux des balles et ont donc un impact négatif sur les prix.
- Les déchets ont un impact négatif sur la transformation textile.

Les chapitres 10 et 11 couvrent d'autres mesures de fibres, incluant les neps, le collage, le *Spinning Consistency Index* (SCI) et la teneur en eau.

- La formation des neps (enchevêtrement de fibres) est influencée par la variété, la maturité des fibres, la présence de miellats, l'intensité avec laquelle le coton est transformé... Un traitement lent et soigneux, de l'égrenage au filage, réduit la formation de neps.
- Les neps ont une influence négative sur l'apparence du fil.
- Le collage causé par les infestations de mouches blanches et de pucerons interfère avec le processus de filage, en particulier dans l'étirage. Un coton très collant peut entraîner l'arrêt d'une usine textile.
- Le *Spinning Consistency Index* est un paramètre calculé, déterminé à partir des résultats des mesures instrumentales du micronaire, de la résistance, de la longueur, de l'uniformité de la longueur et de la couleur
- La teneur en eau des fibres affecte la transformation. La fibre sèche est sujette à des taux de rupture plus élevés.

Un résumé des influences de chaque paramètre des fibres est donné dans le tableau suivant:

Table: Propriétés de fibre, leur utilisation et leur influence, comme indiqué dans le guide d'interprétation.

Propriété de fibre	Influence de l'égrenage sur la propriété	Utilisation de la propriété		Influence de la propriété sur	
		dans les échanges commerciaux	en filature	la qualité de fil	les étapes textiles ultérieures
Micronaire	-	XX	XX	XX	X
Longueur	X	XX	XX	XX	-
Ténacité	-	X	XX	XX	-
Couleur	-	XX	-	X	X
Trash	XX	XX	X	XX	X
Neps	-	-	-	XX	X
Collage	-	X	XX	X	X

Sommaire

1 - Préambule	10
2 - Introduction	11
3 - Description des principales étapes de transformation de la filière cotonnière et textile et de l'enjeu de la gestion de la qualité tout au long de la filière	13
4 - Gestion de la variabilité naturelle initiale des caractéristiques de qualité des fibres pour produire des matériaux uniformes.....	15
4.1 - Sources de variabilité des résultats des tests de caractérisation.....	15
4.2 - Quantification de la variation intra- échantillon et intra-balle des résultats des tests .	17
4.2.1 - Quantification A: Variation intra-instrument sur un échantillon, basé sur les données des tests inter-laboratoires du CSITC.....	17
4.2.2 - Quantification B: Variation intra-instrument et intra-balle sur un échantillon, sur la base de pré-tests effectués sur des échantillons du test inter-laboratoires ICA Bremen	18
4.2.3 - Quantification des variations entre instruments	19
4.3 - Variation entre balles dans un lot.....	19
4.4 - Gestion de la variabilité entre bales et entre lots : organisation des mélanges de balles en filature.....	21
4.5 - Utilisation des résultats de test : résultats individuels ou résultats moyens.....	26
5 - Micronaire	28
5.1 - Unité, gamme, importance dans le processus d'harmonisation du CSITC.....	28
5.2 - Instruments de mesure existant pour la caractérisation du Micronaire	31
5.3 - Description de toute relation entre les résultats du « classement visuel et manuel » et du « classement instrumental ».....	32
5.4 - Résultats d'évaluation présent en « classement manuel et visuel » mais absent du « classement instrumental ».....	33
5.5 - Utilisation de résultats de Micronaire pour la production.....	33
5.6 - Utilisation de résultats de Micronaire pour l'égrenage	33
5.7 - Utilisation des résultats de Micronaire pour la commercialisation.....	34
5.8 - Utilisation des résultats de Micronaire pour la filature et la transformation textile.....	35
6 - Longueurs	36
6.1 - Unité, gamme, importance dans le processus d'harmonisation du CSITC.....	37
6.2 - Instruments de mesure existant pour la caractérisation de la longueur.....	38
6.3 - Description de toute relation entre les résultats du « classement visuel et manuel » et de la « classification instrumentale ».....	38
6.4 - Description de tous les résultats pris en compte par le « classement visuel et manuel » et manquant dans le « classement instrumental »	39
6.5 - Utilisation des résultats de longueur pour la production.....	39
6.6 - Utilisation des résultats de longueur pour l'égrenage	39
6.7 - Utilisation des résultats de longueur pour la commercialisation.....	40
6.8 - Utilisation des résultats de longueur pour la filature et la transformation textile	40
7 - Ténacité	42
7.1 - Unité, gamme, importance dans le processus d'harmonisation du CSITC.....	42
7.2 - Instruments de mesure existant pour la caractérisation de la ténacité	43
7.3 - Description de toute relation entre les résultats du « classement visuel et manuel » et du « classement instrumental ».....	44
7.4 - Résultats d'évaluation présent en " classement manuel et visuel " mais absent du " classement instrumental "	44
7.5 - Utilisation des résultats de ténacité pour la production	44
7.6 - Utilisation des résultats de ténacité pour l'égrenage.....	44

7.7 - Utilisation des résultats de ténacité pour la commercialisation	45
7.8 - Utilisation des résultats de ténacité pour la filature et la transformation textile	45
8 - Couleur	46
8.1 - Unité, gamme, importance dans le processus d'harmonisation du CSITC	47
8.2 - Instruments de mesure existant pour la caractérisation de couleur	50
8.3 - Description de toute relation entre les résultats du « classement visuel et manuel » et du « classement instrumental »	50
8.4 - Résultats d'évaluation présent en « classement manuel et visuel » mais absent du « classement instrumental »	51
8.5 - Utilisation des résultats de couleur pour la production	51
8.6 - Utilisation des résultats de couleur pour l'égrenage	51
8.7 - Utilisation des résultats de couleur pour la commercialisation	51
8.8 - Utilisation des résultats de couleur pour la filature et la transformation textile	53
9 - Trash count et Trash area	54
9.1 - Unité, gamme, importance dans le processus d'harmonisation du CSITC	54
9.2 - Instruments de mesure existant pour la caractérisation de trash	55
9.3 - Description de toute relation entre les résultats du « classement visuel et manuel » et du « classement instrumental »	56
9.4 - Résultats d'évaluation présent en « classement manuel et visuel » mais absent du « classement instrumental »	56
9.5 - Utilisation des résultats de Trash count et de Trash area pour la production	56
9.6 - Utilisation des résultats de Trash count et de Trash area pour l'égrenage	57
9.7 - Utilisation des résultats de Trash count et de Trash area pour la commercialisation	57
9.8 - Utilisation des résultats de Trash count et de Trash area pour la filature et la transformation textile	58
10 - Autre paramètres mesurés	59
10.1 - Spinning Consistency Index	59
10.2 - Amount	60
10.3 - Teneur en eau (<i>Moisture content</i>)	60
10.3.1 - Utilisation des résultats de teneur en eau pour la production	61
10.3.2 - Utilisation des résultats de teneur en eau pour l'égrenage	61
10.3.3 - Utilisation des résultats de teneur en eau pour la commercialisation	62
11 - Autres caractéristiques mesurables sur fibres avec d'autres instruments	63
11.1 - Neps	63
11.1.1 - Unité, gamme, importance dans le processus d'harmonisation du CSITC	63
11.1.2 - Instruments de mesure existant pour la caractérisation de Neps	64
11.1.3 - Description de toute relation entre les résultats du « classement visuel et manuel » et du « classement instrumental »	64
11.1.4 - Résultats d'évaluation présent en « classement manuel et visuel » mais absent du « classement instrumental »	64
11.1.5 - Utilisation des résultats de neps pour la production	64
11.1.6 - Utilisation des résultats de neps pour l'égrenage	65
11.1.7 - Utilisation des résultats de neps pour la commercialisation	65
11.1.8 - Utilisation des résultats de neps pour la filature et la transformation textile	65
11.2 - Collage	66
11.2.1 - Unité, gamme, importance dans le processus d'harmonisation du CSITC	66
11.2.2 - Instruments de mesure existant pour la caractérisation de collage	67
11.2.3 - Description de toute relation entre les résultats du « classement visuel et manuel » et du « classement instrumental »	67
11.2.4 - Résultats d'évaluation présent en « classement manuel et visuel » mais absent du « classement instrumental »	67
11.2.5 - Utilisation des résultats de collage pour la production	67
11.2.6 - Utilisation des résultats de collage pour l'égrenage	68

11.2.7 - Utilisation des résultats de collage pour la commercialisation	68
11.2.8 - Utilisation des résultats de collage pour la filature et la transformation textile	69
12 - Interaction ou relations entre paramètres	70
13 - Information résumée	71
14 - Lexique	73
15 - Remerciements	74
16 - Liste des illustrations	75
17 - Liste des tables	77
ANNEXE A: Explication détaillée de la Figure 2 (et identiquement de la Figure 3)	78

1 - Préambule

Le classement normalisé du coton par instruments à haute capacité (HVI ou CMI, Chaîne de mesure instrumentale) est largement répandu aujourd'hui et forme de plus en plus la base de la commercialisation du coton, au lieu du classement manuel.

L'objectif du Comité *International Committee on Cotton Testing Methods* de l'ITMF (ITMF-ICCTM) est d'encourager la recherche et le développement de méthodes d'essai améliorées et d'harmoniser les résultats des méthodes d'essai du coton. L'objectif du groupe de travail *ICAC Task Force on Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton* (CSITC Task Force) est de faciliter les essais d'instruments et l'utilisation des résultats des instruments à des fins commerciales.

Afin de permettre des résultats d'essais fiables et comparables de la part des laboratoires d'essais de coton du monde entier, un manuel universel et complet, couvrant les meilleures pratiques pour les essais d'instruments commerciaux sur les fibres de coton, de l'échantillonnage à la communication des données, a été produit conjointement par les groupes CSITC Task Force et ITMF-ICCTM en 2012. Il est maintenu en permanence sous le nom de "*Guideline for Standardized Instrument Testing of Cotton*" (« Ligne directrice pour la normalisation du classement du coton par instruments »), ci-après dénommé "*CSITC Testing Guideline*". Le guide est disponible en plusieurs langues à ces adresses :

- https://csitc.org/index.php?lien1=/instrument_testing/public_documents_it
- <https://www.icac.org/CommitteesandNetworks/SEEPDocuments?CommitteeLinkId=23>
- <http://www.itmf.org/committees/international-committee-on-cotton-testing-methods>.

En 2016, l'ITMF-ICCTM et la Task Force CSITC ont alors convenu de travailler conjointement sur une ligne directrice plus complète pour les essais d'instruments, ci-après dénommée '*ITMF-ICCTM and CSITC Interpretation Guideline*'. Le but de cette ligne directrice est d'expliquer comment interpréter et appliquer les résultats produits par une série d'instruments utilisés par les différents segments de l'industrie du coton. Ces segments comprennent les mesures effectuées depuis la production de coton-graine jusqu'au filé et au tissu teint.

Il est proposé que cette ligne directrice soit mise à jour périodiquement afin de prendre en compte les résultats des travaux en cours (sur les instruments d'essai des fibres) qui seront compilés dans les versions successives. Ces versions comprendront des mises à jour basées sur les idées, réflexions, questions et commentaires qui nous seront apportés par les lecteurs et les utilisateurs. N'hésitez donc pas à revenir vers l'un des contributeurs pour de futures améliorations de ce document !

Nous vous remercions d'avance.

2 - Introduction

Depuis la fin du XIXe siècle, l'évaluation et la caractérisation de la "qualité" de la fibre de coton ont été effectuées pour les deux grandes raisons suivantes :

- La qualité du coton dépend de la génétique (variété) et des conditions de production, qui déterminent le prix du coton lorsqu'il est transféré d'un opérateur à l'autre dans la chaîne de valeur ajoutée du coton.
- Les résultats des tests sur la qualité des fibres permettent de prédire les performances du coton depuis l'égrenage jusqu'à la teinture. Cela est particulièrement vrai lorsque les résultats sont utilisés dans la gestion du coton et des machines utilisées pour le traiter.

Au cours des années 1980, des chaînes de mesures instrumentales ou intégrées (souvent appelés "*High Volume Instrument*" ou "HVI") ont commencé à remplacer les instruments de test individuels, par exemple les instruments Micronaire, Fibrographe et Stelomètre/Pressley.

Le terme "HVI" est désormais une marque déposée et la formulation suivante s'applique aux chaînes de mesures instrumentales *Standardized Instrument for Testing Cotton* ou *CSITC Testing Guideline*. Pour les SITC, les méthodes de test, les paramètres et le matériel d'étalonnage ont été normalisés et harmonisés pour tous les instruments correspondants.

Cependant, comme il existe encore une grande confusion entre les définitions et les formulations utilisées dans le classement manuel et les tests d'instruments, il est important d'avoir une compréhension commune de la méthode de test et de ses résultats, adaptée à tous. C'est pourquoi le "Guide d'interprétation de l'ITMF-ICCTM et du CSITC" vise à définir tous les mots techniques actuellement utilisés et à les replacer dans leur contexte, c'est-à-dire leur champ d'application, leur utilisation et leurs limites d'utilisation, les unités, etc.

Alors que le "*Guideline for Standardized Instrument Testing of Cotton*" (« Ligne directrice pour la normalisation du classement du coton par instruments ») couvre les procédures d'échantillonnage et d'essai pour les lignes d'instruments à grand volume, le " Guide d'interprétation de l'ITMF-ICCTM et du CSITC " fournit des définitions et des applications pour les résultats des essais.

Les propriétés et les valeurs caractéristiques prises en compte dans le présent guide sont les suivantes :

- Résultats des caractéristiques importantes données par les SITC :
 - Micronaire (représentant la finesse et la maturité)
 - Longueur (*Upper Half Mean Length, Uniformity Index, et Short Fiber Index*)
 - Ténacité (*Strength et Elongation*)
 - Couleur (Réflectance and degré de jaune)
 - *Trash (Count et Area)*
- Autres caractéristiques données par les instruments, mais généralement pas considérés:
 - *Spinning Consistency Index*
 - *Amount*
 - Teneur en eau
- Autres caractéristiques de fibres données par d'autres instruments :
 - Maturité
 - Finesse
 - Neps
 - Collage...

Pour chacune de ces caractéristiques, l'utilisation et l'interprétation des résultats de mesure sont décrits pour les segments suivant de la filière cotonnière :

- Production de coton (pratiques agronomiques et préparation à la récolte)
- Egrenage
- Commerce
- Filature et transformation textile.

Ces descriptions tiennent compte du fait que les fibres de coton, étant un produit naturel, ont des caractéristiques très variables au sein et entre les échantillons représentatifs collectés, et donc que tout résultat de mesure comporte une imprécision intrinsèque et qu'il est entouré de tolérances. Ces tolérances sont liées à la capacité des instruments de mesure à mesurer correctement, précisément et en temps utile les différences lorsqu'elles existent.

3 - Description des principales étapes de transformation de la filière cotonnière et textile et de l'enjeu de la gestion de la qualité tout au long de la filière

Les principales étapes de transformation dans l'industrie du coton et du textile sont décrites dans la Figure 1.

La filière de production commence par la phase agricole. Elle regroupe le semis de la graine de coton, la production de la plante, la récolte du coton-graine et son transport jusqu'à l'usine d'égrenage.

Durant la phase industrielle à l'usine d'égrenage, le coton-graine peut être nettoyé avant que les fibres soient séparées de la graine, puis éventuellement nettoyées (via un nettoyeur de fibres). La fibre de coton (*lint*) est ensuite compactée en balles pour le stockage et le transport vers les filatures. Un échantillon de fibre est prélevé de chaque balle pour la caractérisation de la qualité (classement manuel et/ou instrumental). Cette étape permet également de regrouper les balles en lots homogènes, sur la base des résultats de la caractérisation de la qualité, en vue de leur commercialisation, de leur transport et de leurs transformations ultérieures.

Le processus de filature est conçu pour ouvrir, nettoyer, homogénéiser et assembler les fibres en fils avec l'exigence de travailler avec un ensemble constant de caractéristiques avec le moins de variation possible dans la matière première afin de maintenir un ensemble de caractéristiques presque constant pour les fils produits. Le filage est l'un des procédés qui permet d'introduire des fibres autres que le coton dans la chaîne de production.

Le tissage et le tricotage sont les deux principales techniques de production des étoffes utilisées dans l'industrie textile. Ce sont les étapes où il faut également veiller à la stabilité et à l'homogénéité des caractéristiques de qualité dans le temps.

Les opérations de teinture et de finissage sont les dernières étapes de la production d'étoffes. Celles-ci peuvent être transformées en vêtements destinés aux consommateurs finaux lors de l'étape de la confection. Ce sont également les opérations où tous les problèmes de gestion de la qualité des matières premières et transformées sont généralement révélés.

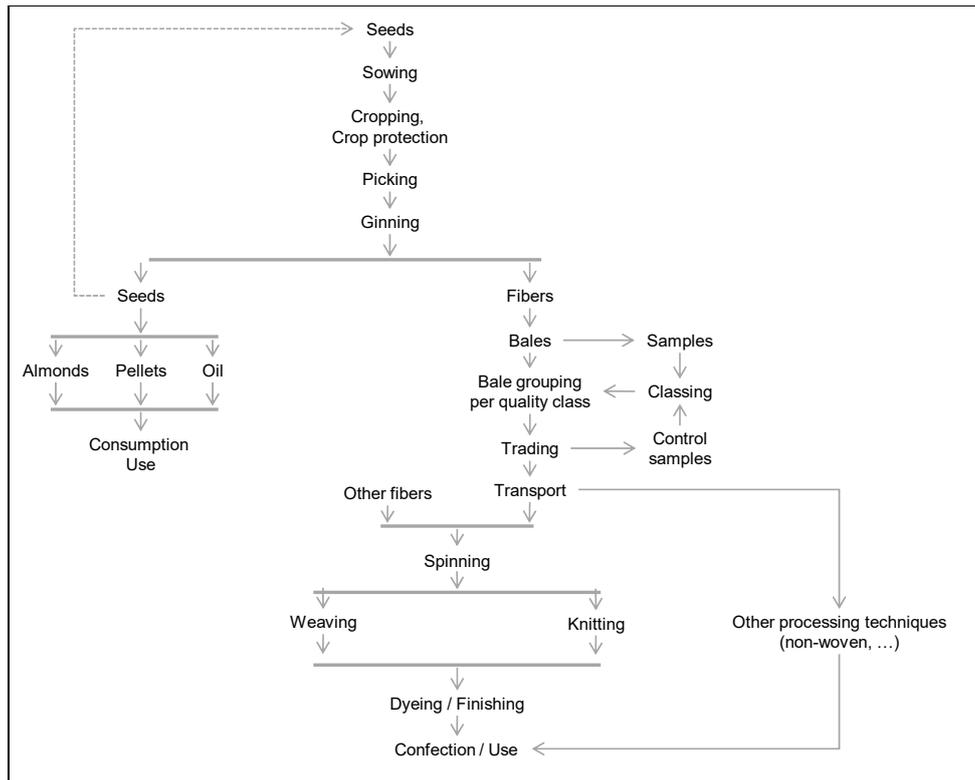


Figure 1 : Chaîne d'approvisionnement du coton et du textile : principaux flux de matières.

4 - Gestion de la variabilité naturelle initiale des caractéristiques de qualité des fibres pour produire des matériaux uniformes

Les caractéristiques de qualité des fibres de coton varient en fonction de nombreux paramètres. Les propriétés de ces fibres au sein d'une balle dépendent de la variété cultivée, de ses conditions de production (niveau d'intensification ou de mécanisation, pression parasitaire, pluviométrie, technique de récolte, etc.), de l'organisation de la collecte du coton-graine, du transport et du stockage, ainsi que du type et de la mise en place des équipements dans l'usine d'égrenage. Cela entraîne une variabilité des caractéristiques de qualité des fibres à plusieurs niveaux : au sein de l'échantillon, au sein des balles et entre elles, au sein des lots de balles et entre eux, et même tout au long de la saison. En outre, le mélange de plusieurs origines de coton est la norme dans les filatures, ce qui peut introduire une nouvelle source de variabilité que les fabricants doivent gérer pendant la production de leurs produits.

La même situation s'applique à l'industrie textile, de la filature au tissage et/ou au tricotage et au-delà, où les fils, puis les étoffes, présentent des caractéristiques de qualité variables, qui doivent être prises en compte pour parvenir au produit à fabriquer et déterminer la technologie de production à adopter.

Pour contrôler ces niveaux de variabilité multi-échelle de la qualité des matériaux, plusieurs solutions peuvent être utilisées isolément ou en combinaison :

- Vérifier, organiser ou contrôler la plupart des sources de variabilité des caractéristiques des matériaux,
- Commander des matières premières dans des limites données de caractéristiques des fibres,
- Gérer la variabilité donnée pour éviter les problèmes de qualité et de productivité.

L'étendue de ce contrôle dépend des informations disponibles sur les matériaux ; en liaison avec les objectifs des groupes de travail CSITC et ITMF-ICCTM, nous nous concentrons sur les fibres de coton en tant que matière première :

- Avec les informations de classement manuel/visuel et instrumental des échantillons de balles, seules certaines propriétés peuvent être gérées, sauf si de nouveaux échantillons sont prélevés pour effectuer des tests instrumentaux afin de baser la gestion des matières premières sur de nouveaux résultats ;
- Avec des résultats de tests instrumentaux supplémentaires, davantage de caractéristiques mesurées peuvent être utilisées pour gérer la qualité, en fonction de l'objectif de production en termes de productivité et de qualité.

4.1 - Sources de variabilité des résultats des tests de caractérisation

La variabilité des résultats des tests de caractérisation est due à la variation du :

- Matériau d'essai (échantillon, voir ci-dessous)
- Processus d'essai ; méthode d'essai, étalonnage, opérateur/personnel, environnement, instrument et dispositifs auxiliaires (ces points sont abordés dans le *CSITC Testing Guideline*).

Malheureusement, il est parfois difficile de distinguer la variation provenant du matériau et celle résultant de la méthode d'essai elle-même, car les deux jouent simultanément sur le résultat final. Par conséquent, tout résultat typique comprend les deux sources de variation. La variation de la méthode d'essai doit donc être réduite au minimum, même s'il est entendu qu'elle ne peut être totalement évitée, notamment lorsque des comparaisons sont effectuées entre laboratoires.

D'autres sources de variation, par exemple la variabilité des tests liés aux matériaux, sont également prises en compte dans ce document :

- Entre fibres individuelles ;
- Entre différents échantillons d'un même échantillon, ce qui permet également de mesurer la variabilité des tests ainsi que la variabilité des matériaux ;

- Entre les différents échantillons d'une balle, que ce soit dans la même couche ou entre les couches, ce qui permet également de mesurer la variabilité à l'intérieur de la balle et d'inclure les niveaux de variabilité ci-dessus ;
- Entre les différentes balles d'un lot, qui mesure également la variabilité à l'intérieur du lot et inclut les niveaux de variabilité ci-dessus ;
- Entre différents lots, ce qui inclut également les niveaux de variabilité ci-dessus.

Chacun de ces niveaux d'observation permet de calculer des moyennes et des écarts-types (Figure 2). Il faut faire attention au fait que ces moyennes et ces écarts-types comportent de plus en plus de sources de variabilité, à mesure qu'on avance en aval du processus, depuis les fibres jusqu'aux lots de balles. Dans tous les cas, les moyennes et les écarts-types doivent être comparés avec beaucoup de soin, car ils dépendent des chiffres de base utilisés pour effectuer les calculs, et seulement si une méthodologie de calcul commune a été utilisée dans chaque situation. Si nécessaire, une explication détaillée des Figure 2 et Figure 3 est donnée dans l'annexe A.

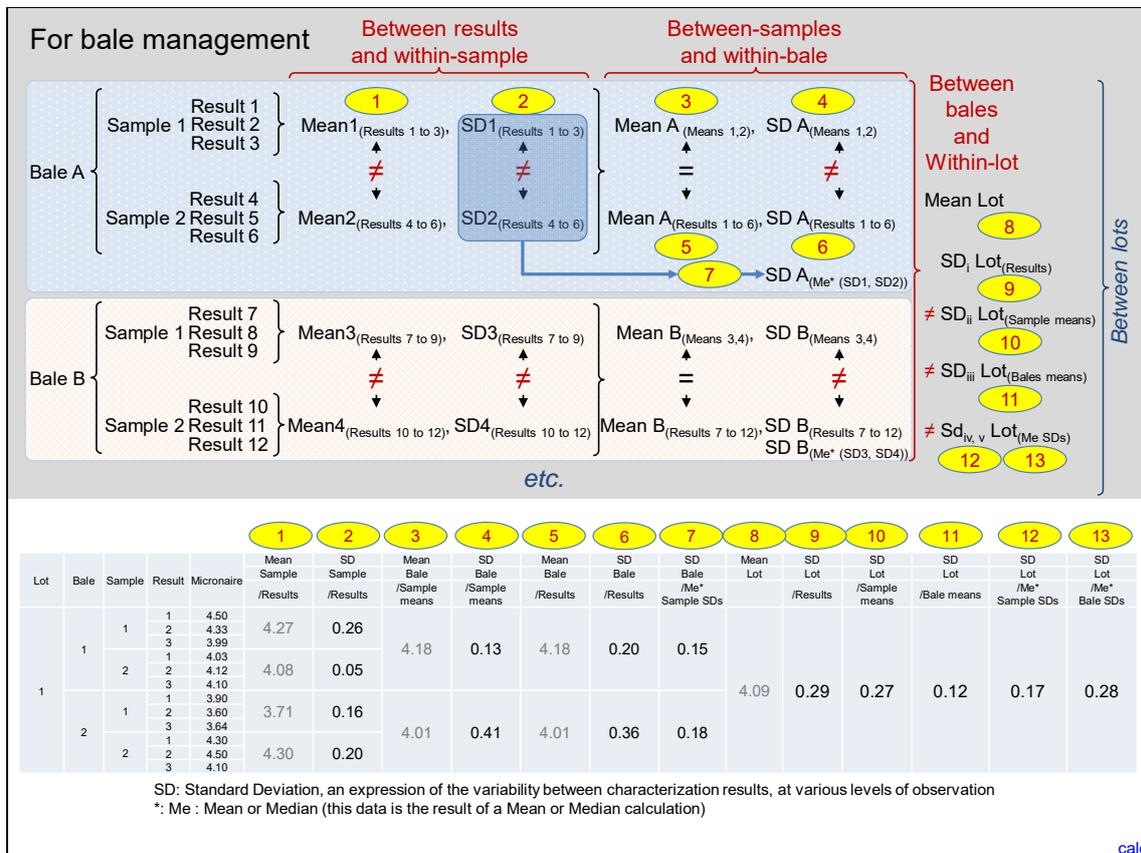


Figure 2 : Diverses méthodes de calcul des moyennes et des écarts-types (SD) dans le cas de la gestion des balles : Influence de la moyenne calculée et des valeurs d'écart-type (explication à l'annexe A) ¹.

Les paragraphes suivants fournissent des données quantifiant l'importance d'une ou plusieurs sources de variation des résultats limitées à celles de la matière. Lorsque la source de variation dépend des conditions de test, les données sont fournies dans le *CSITC Testing Guideline*. Les données fournies ci-après dépendent de calculs spécifiques qui ont été obtenus dans le cadre d'essais inter-laboratoires ou d'expériences spécifiques ; chacune des données est faite en référence à des modes de calcul étiquetés dans la Figure 3.

¹ Cette figure n'est juste que lorsque le nombre de points de données reste le même à tous les niveaux (résultat de test, échantillon et niveau des balles).

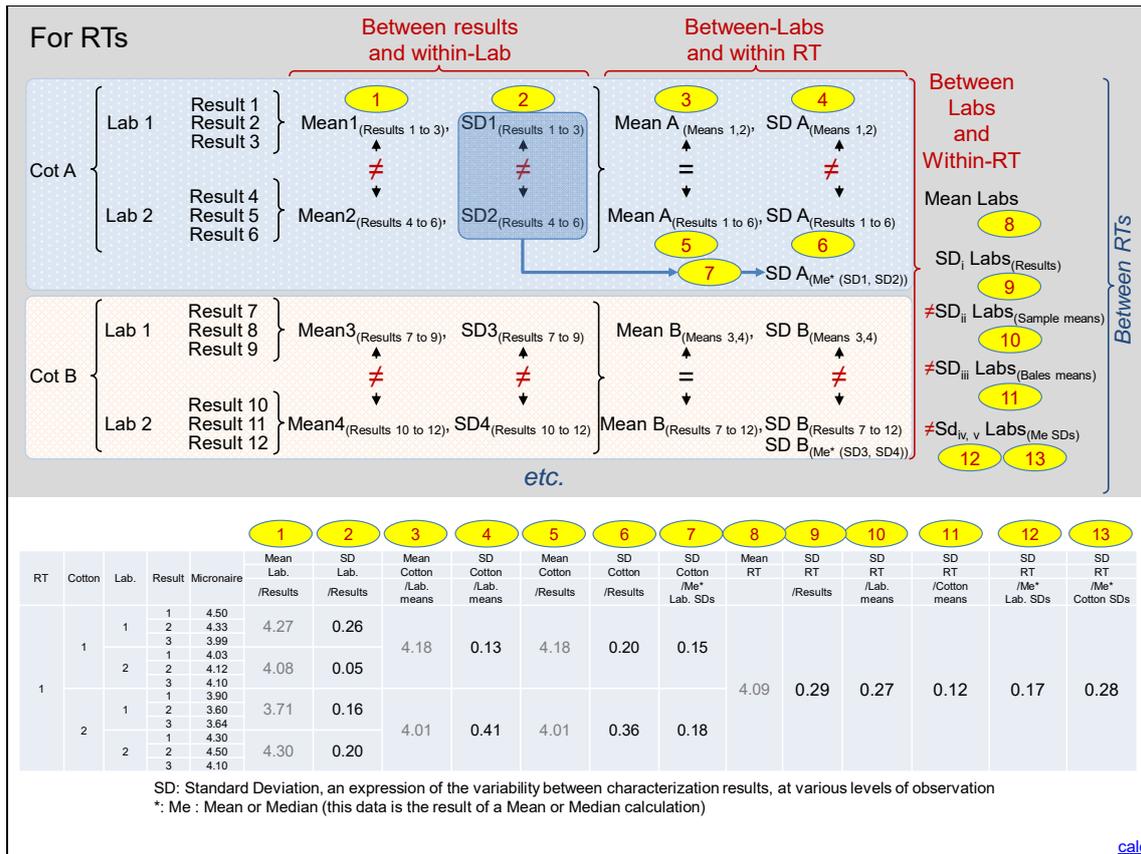


Figure 3 : Diverses méthodes de calcul des moyennes et des écarts-types (SD) dans le cas de résultats d'essais inter-laboratoires : Influence de la moyenne calculée et des valeurs de l'écart-type (explication dans l'annexe A) ².

4.2 - Quantification de la variation intra-échantillon et intra-balle des résultats des tests

Il est important d'obtenir des estimations des niveaux de variation lorsqu'on détermine la signification d'un résultat de test particulier. En effectuant un plus grand nombre de tests (attention à l'incidence sur les coûts des tests) sur un échantillon ou une couche de balles, ou sur plusieurs échantillons provenant de différentes positions d'une balle, il est possible de quantifier la variation des tests au sein des échantillons d'une part et entre les échantillons et au sein des balles d'autre part. Ces variations comprennent les variations liées aux matériaux ainsi que les variations liées aux tests.

Des résultats de variation similaires peuvent être obtenus en analysant également les données individuelles provenant d'essais inter-laboratoires, comme vu dans la Figure 3.

4.2.1 - Quantification A: Variation intra-instrument sur un échantillon, basé sur les données des tests inter-laboratoires du CSITC

Conditions :

- Seulement des échantillons de coton USA *Upland*. Balles choisies par USDA-AMS, essayant d'éviter des balles variables (balles candidates).
- Chaque laboratoire participant teste ses échantillons 6 fois chaque jour sur le même instrument.
- En répétant les tests sur 5 jours différents, il est en outre possible de quantifier la variation des résultats des tests entre les jours (chaque jour représenté par la moyenne

² Cette figure n'est juste que lorsque le nombre de points de données reste le même à tous les niveaux (résultat de test, coton et round-test).

de 6 tests), qui sont principalement influencés par les conditions de test plutôt que par la variation matérielle.

- Comme un laboratoire reçoit un seul échantillon par balle, cette variation intra-échantillon exclut la variation entre les différents échantillons d'une balle.
- Avec 120 à 160 instruments participants, les résultats sont représentés avec la médiane de toutes les variations intra-instrumentales.

Pour le Micronaire, Strength, Length, Length Uniformity, Color Rd et Color +b il est possible de donner des écarts-types (Table 1). Pour SFI et Trash, comme la variabilité augmente fortement avec la valeur mesurée, les coefficients de variation (CV%) sont fournis à la place des écarts-types (Table 2).

Table 1 : Variation intra-instrument sur un échantillon : Écart-type (ET) médian intra-instrument, moyenne de 32 cotons Upland des États-Unis de RT 2017-1 à 2018-4.

Variation intra-Instrument [donné en écarts-types (ET)]						
Caractéristique	Mic	Str	UHML	UI	Rd	+b
Unité	Sans	g/tex	inch/mm	%	%	Sans
Variation entre tests unitaires sur un jour ³ (qui mesure la variation intra-échantillon)	0.035	0.53	0.0099 inch 0.25 mm	0.51	0.17	0.097
Variation entre différents jours ⁴ (qui mesure la variation intra-instrument)	0.025	0.33	0.0055 inch 0.14 mm	0.27	0.16	0.093

Table 2 : Variation intra-instrument: Coefficient de Variation (CV%) médian intra-instrument, moyenne de 32 cotons Upland des États-Unis de RT 2017-1 à 2018-4.

Variation intra-Instrument [donné en Coefficient de Variation (CV%)]			
Caractéristique	SFI, CV%	Trash Area, CV%	Trash Count, CV%
Variation entre tests unitaires sur un jour ⁵	4.8	16	13
Variation entre différents jours ⁶	2.6	13	10

4.2.2 - Quantification B: Variation intra-instrument et intra-balle sur un échantillon, sur la base de pré-tests effectués sur des échantillons du test inter-laboratoires ICA Bremen

Conditions :

- Large éventail d'origines avec une grande variété d'environnements de croissance, de récolte et d'égrenage (ici : Bénin, Brésil, Côte d'Ivoire, Grèce, Guinée, Israël, Soudan, États-Unis).
- Fait en tant que pré-test pour les essais inter-laboratoires ICA Bremen.
- Tests dans un laboratoire et sur un instrument.
- Test sur un échantillon par couche, 10 couches par balle avec un échantillon par couche, 6 tests par échantillon sur un seul instrument dans un laboratoire sur une journée de tests.

³ Figure 3, calcul réf. 2, explication en ANNEXE A.

⁴ Figure 3, calcul réf. 10, explication en ANNEXE A.

⁵ Figure 3, calcul réf. 2, explication en ANNEXE A.

⁶ Figure 3, calcul réf. 10, explication en ANNEXE A.

Table 3 : Variation intra-instrument sur un échantillon : gamme d'écart-types (ET) intra-instrument pour huit balles d'échantillons provenant d'essai inter-laboratoires ICA Bremen de RT 2016-1 à 2018-2.

Caractéristique Unité	Micronaire Sans unité	Strength g/tex	Length mm	Length Inch
Variation entre tests unitaires dans un échantillon, ET ⁷	0.02 to 0.09	0.6 to 1.6	0.29 to 0.73	0.01 to 0.03
Variation entre couches de balles, ET ⁸	0.02 to 0.08	0.24 to 0.69	0.1 to 0.32	0.004 to 0.013

4.2.3 - Quantification des variations entre instruments

Jusqu'à ce stade, seule la variation des résultats basée sur des instruments individuels typiques a été prise en compte. Dès que les résultats pour une même balle proviennent de différents laboratoires/instruments, la variation entre les laboratoires doit être prise en compte en plus de la variation à l'intérieur des laboratoires.

Table 4 : Table des variations entre instruments tels que mentionnées dans le *CSITC Testing Guideline* (extrait).

Variation inter-instruments (Moyenne des écarts-types inter-instruments pour 16 cotons USA <i>Upland</i>)						
Caractéristique Unité	Mic Sans	Str g/tex	UHML inch	UI %	Rd %	+b Sans
basé sur 30 tests par instrument	0.057	0.71	0.010	0.46	0.52	0.27
basé sur 6 tests par instrument	0.063	0.82	0.012	0.54	0.55	0.28
basé sur les tests unitaires	0.072	0.96	0.015	0.73	0.60	0.32

Pour plus d'information sur ces niveaux de variation, consulter le *CSITC Testing Guideline*.

4.3 - Variation entre balles dans un lot

Sur la base de la Figure 2, il n'est pas possible de fournir une indication valable du niveau de variabilité entre les balles d'un même lot, car les lots peuvent être définis comme des lots de production ou des lots de vente :

- La variabilité des lots de production dépend de la manière dont le lot, comme un conteneur d'expédition, est constitué, par exemple la zone régionale à partir de laquelle les balles sont regroupées, le nombre d'exploitations agricoles productrices, les variétés et les systèmes de culture, jusqu'à la procédure d'égrenage, le nombre d'égreneurs concernés, puis le type d'égrenage et les machines.
- Les lots de vente peuvent être organisés de manière à s'adapter au mieux à la production, à la vente ou à la transformation, chacun entraînant des niveaux de variabilité très différents.

Néanmoins, il est possible de donner quelques exemples des variabilités typiques observées pour les lots de production. Cela ne signifie pas que les lots de vente présentent des variations correspondantes.

⁷ Figure 3, calcul réf. 2, expliqué en ANNEXE A.

⁸ Un lien direct à une réf. de la Figure 3 ne peut pas être indiqué car il faudrait ajouter un niveau de variation 'couche', mais cela compliquerait beaucoup la figure.

Si cela est possible, une prochaine version de ce guide d'interprétation contiendra des exemples de niveaux de variations à différentes échelles dans différentes régions de culture.

Nous faisons appel à des volontaires.

4.4 - Gestion de la variabilité entre bales et entre lots : organisation des mélanges de bales en filature

Comme nous l'avons vu précédemment, les caractéristiques du coton et les résultats des tests sont variables à de nombreux niveaux. Sur l'exemple de Micronaire, la gestion de la variabilité entre les bales lors du traitement dans une filature est décrite ci-après.

Deux principales techniques d'ouverture des bales existent en filature (Figure 4) :

- En général, les bales sont préparées et consommées par lots ou par groupes par une éplucheuse automatique. Pendant qu'un lot est consommé (les mêmes quantités successives de fibres sont prélevées sur chaque balle et le prélèvement se termine au même moment sur toutes les bales du lot), un autre lot est préparé. Comme les fibres sont prélevées sur toutes les bales d'un lot, une première opération de mélange a lieu dès le début du processus.
- Plusieurs organisations des bales en groupes successifs sont possibles pour gérer la variabilité existante des caractéristiques de la fibre. La Figure 4 (en bas) donne deux exemples d'organisations de dépôt de bales avec quatre origines et six bales par lot. Les lots successifs peuvent être introduits successivement par origine dans la filature (cas 1) ou en randomisant (ou en organisant à dessein) les origines⁹ dans les lots successifs (cas 2). En fonction de l'organisation des lots, on peut en déduire diverses incidences et conséquences, en particulier lorsque les caractéristiques des fibres sont considérées comme différentes d'une origine à l'autre (Table 5).

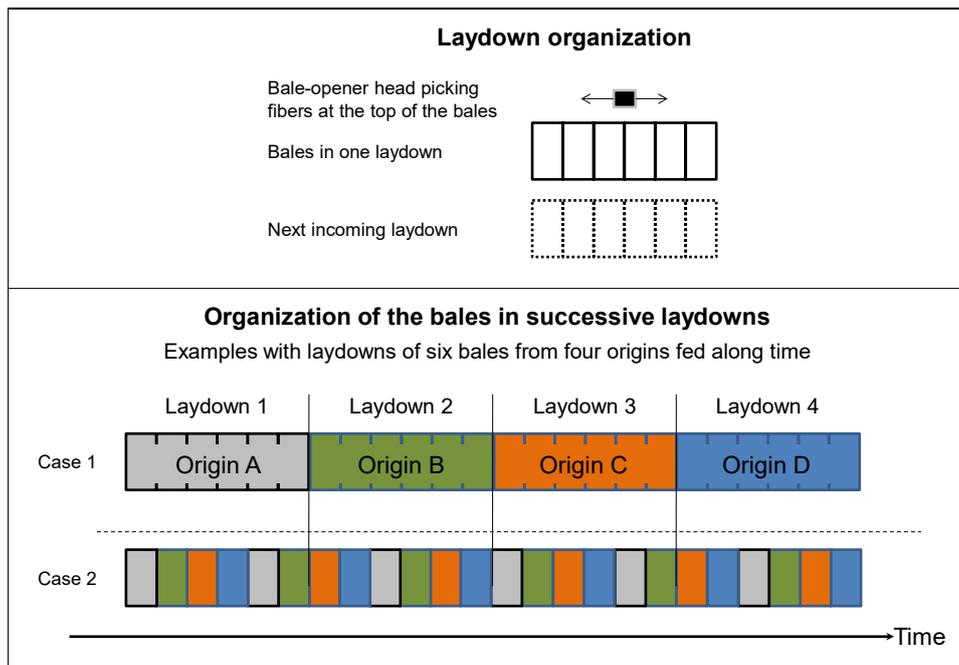


Figure 4 : Utilisation d'une éplucheuse, exemples de deux cas pour organiser les bales en groupes successifs à traiter : Cas 1 : toutes les bales d'une origine sont utilisées avant d'utiliser les bales d'une autre origine jusqu'à leur épuisement ; Cas 2 : des bales de diverses origines sont réparties au hasard (ou à la demande) entre les groupes successifs. Ces exemples doivent être étendus car les groupes peuvent contenir jusqu'à environ 15 origines et 100 bales dans la vraie vie.

⁹ L'origine signifie ici la représentation de toute source de variation : pays d'origine, groupe de qualité attribué (par caractéristique, fournisseur de bales, négociant en coton...), arrivée du lot de bales, ou tout autre élément de cette nature.

Table 5 : Conséquences prévisibles lors du changement d'organisation des balles dans les groupes.

Cas 1	Case 2
A chaque changement d'origine, changement rapide potentiel de la qualité du fil => modification de l'identification de lot de fil + gestion adéquate nécessaire.	<p>La durée totale d'utilisation d'une origine est plus grande dans le Cas 2 que dans le Cas 1.</p> <p>L'incidence d'une origine manquante est plus faible sur la qualité de fil et des étoffes que dans le Cas 1.</p> <p>Toute origine manquante peut facilement être remplacée par une autre utilisée longtemps, sans grande incidence sur les caractéristiques finales des produits.</p> <p>Toutefois, si les distributions sont trop larges, des problèmes de qualité du fil pourraient survenir : taches non teintées pour le micronaire, pilosité, points gros/fins pour la longueur, point faible pour la résistance ...</p>

Dans les exemples suivants, on utilise un ensemble de 5 000 balles de quatre origines (A à D) dont les micronaires (simulés ¹⁰) sont représentées dans la Figure 5. Dans le Cas 1 de la Figure 4, les balles peuvent être transformées dans un ordre aléatoire, et origine par origine, par lots successifs de 100 balles. Dans le Cas 2 (Figure 4), les balles peuvent être transformées aléatoirement, toutes les origines considérées ensemble, par groupes successifs de 100 balles ; ainsi, les origines A à D font partie de chaque groupe entrant dans la filature pour une meilleure opération de mélange.

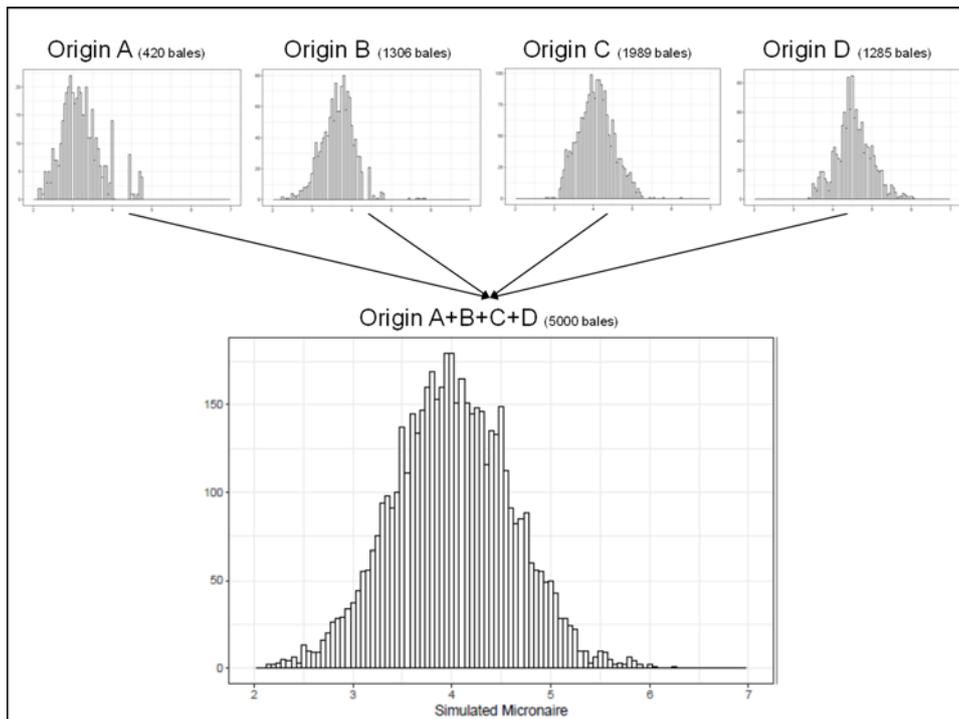


Figure 5 : Exemples de distributions de quatre origines (Micronaire simulé), et proposition d'organisation des balles dans 50 groupes successifs (de 100 balles chacun) alimentant une filature.

¹⁰ Les lectures individuelles du micronaire ont été simulées selon des distributions gaussiennes avec des valeurs moyennes croissantes par origine (A : 3,2 ; B : 3,6 ; C : 4,1 ; D : 4,5) et une valeur de SD commune et stable (SD=0,45).

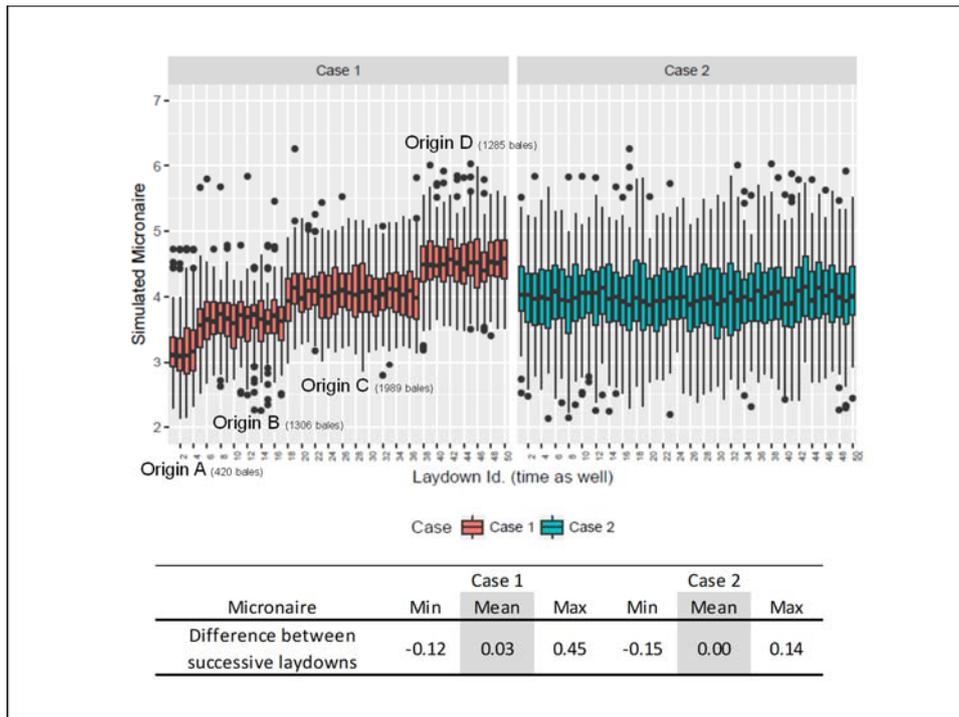


Figure 6 : Résultats de Micronaire des groupes successifs (100 balles chacun) alimentant une filature en prenant en compte la combinaison entre la technique utilisée et l'organisation des groupes. Le tableau fournit des statistiques sur les différences entre groupes successifs dans les deux cas proposés.

La Figure 6 compare l'évolution des caractéristiques des groupes de balles (moyenne et fourchette représentées sous forme de diagramme à barres) selon les cas. Dans le cas 1, les origines expliquent clairement les changements de micronaire observés dans la figure, tandis que la fourchette pour chaque origine est nettement inférieure à celle du cas 2. Dans le cas 2, la valeur moyenne de chaque groupe est très proche des autres moyennes de groupes, tandis que la fourchette du micronaire dans chaque groupe est augmentée parce que les balles peuvent provenir des quatre origines. Cette méthode tient compte d'une proportion fixe de chaque origine dans les groupes de balles successifs, ainsi que d'un éventuel ajustement des proportions de chaque origine lorsqu'une d'entre elles est progressivement éliminée.

En quelques mots, il faut trouver un équilibre entre les variations "entre les groupes " et "au sein d'un groupe" : en effet, une variation excessive entre les groupes signifie que les propriétés des lots de fils sont différentes, et une variation excessive dans un groupe peut créer des problèmes de qualité au sein de chaque lot. Les DEUX variations doivent donc être contrôlées et maintenues à un niveau approprié.

Pour apprécier l'impact de ces organisations, les différences de valeurs en micronaire entre les groupes successifs et l'écart-type à l'intérieur d'un groupe sont affichées dans la Figure 6 et ont été moyennées dans le tableau au bas de la Figure 6. Un changement est observé dans les différences moyennes de valeur micronaire dans le cas 1 (-0,12 à +0,45), et presque aucune différence n'est observée dans le cas 2 (-0,15 à +0,15 centré sur zéro). Le CV% ou l'ET (Figure 7) démontrent clairement l'impact de l'organisation sur les variations intra-groupe de balles des valeurs de micronaire. L'organisation des groupes de balles a des conséquences sur la teinture, la teneur en barré et la teneur en neps brillants ¹¹ ou en taches blanches lorsque les valeurs de micronaire sont faibles (voir l'impact sur les tissus au paragraphe 5.8 -).

¹¹ Les taches blanches sont des enchevêtrements de fibres n'absorbant pas beaucoup de teinture, apparaissant ainsi plus ternes ou plus pâles que les fibres matures sur les tissus teints.

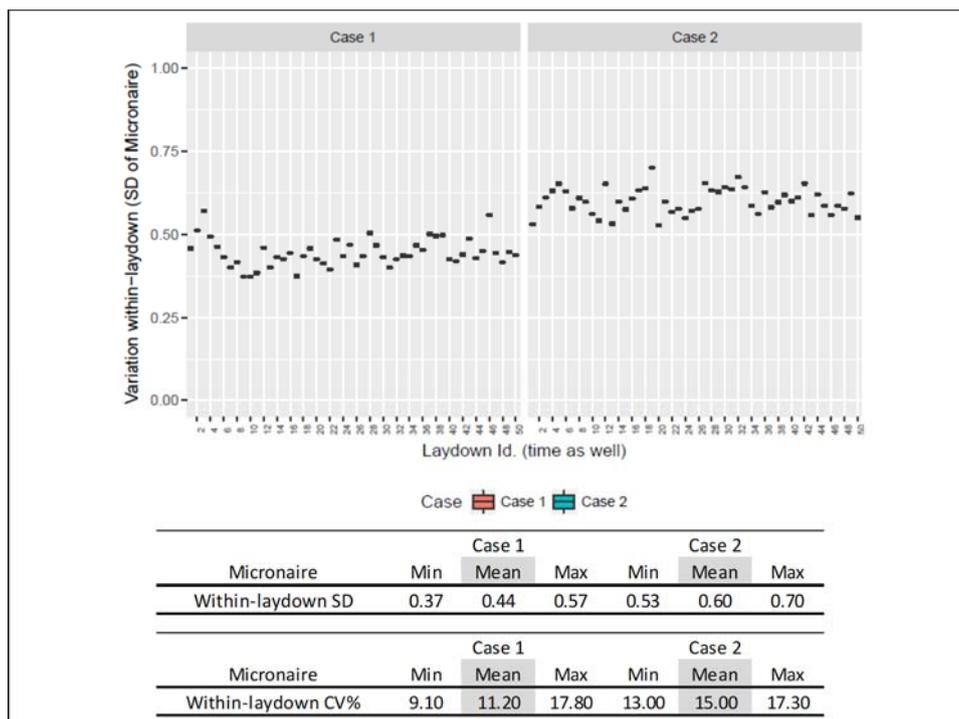


Figure 7 : Evolution des variations intra-mélange (SD or CV) dans le temps en fonction du cas étudié.

En résumé, on peut voir qu'en utilisant les données des résultats des tests d'une propriété pour organiser les groupes de balles, on peut aider à réduire la variation entre les groupes et/ou la variation au sein d'un groupe de balles. Les logiciels de gestion des balles existants peuvent aider à déterminer les dispositions de balles optimisées.

En général, c'est plus d'une propriété qui est importante pour la transformation textile. Théoriquement, la gestion des groupes de balles pourrait prendre en compte toutes les propriétés testées. En pratique, elle se limite - selon le système utilisé - à environ quatre propriétés. Il est donc extrêmement important de choisir les propriétés les plus importantes.

Le *Spinning Consistency Index* (SCI), décrit au chapitre 10.1 - , peut être choisi comme propriété pertinente. Le SCI inclut toutes les mesures SITC habituelles (Strength, Micronaire, Length, Uniformity, Color Rd et Color +b), ainsi, grâce à ce paramètre, toutes les propriétés du coton qui n'ont pas été directement choisies peuvent être prises en compte pour le calcul. En outre, outre les propriétés habituelles à choisir, l'origine du coton peut être utilisée pour décrire les balles et être un paramètre pour l'organisation des groupes de balles.

La Figure 8 et la Figure 9 montrent l'effet de la gestion des balles (qui débute à la semaine 22) sur la ténacité et la variabilité de la ténacité du fil.

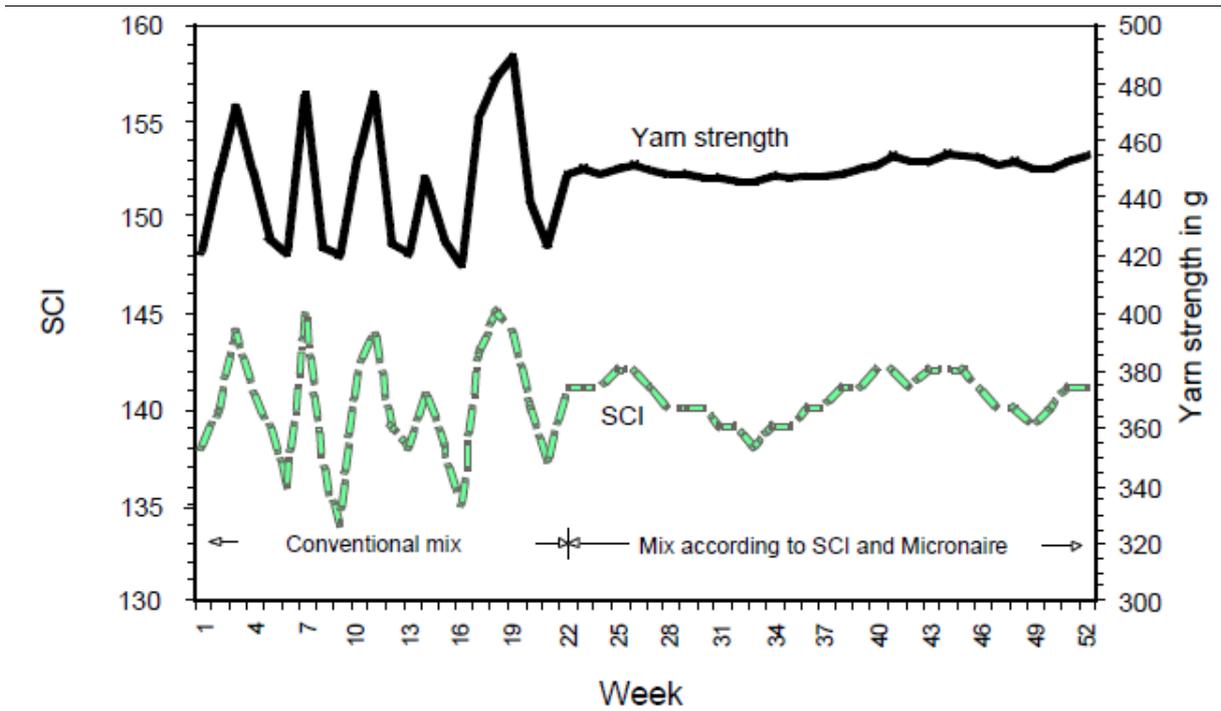


Figure 8 : Optimisation des groupes de balles et résultats : optimisation sur la base de SCI et du Micronaire débutant en semaine 22, et changement correspondant de la ténacité du fil : ténacité du fil, [Uster Technologies: HVI Application Handbook].

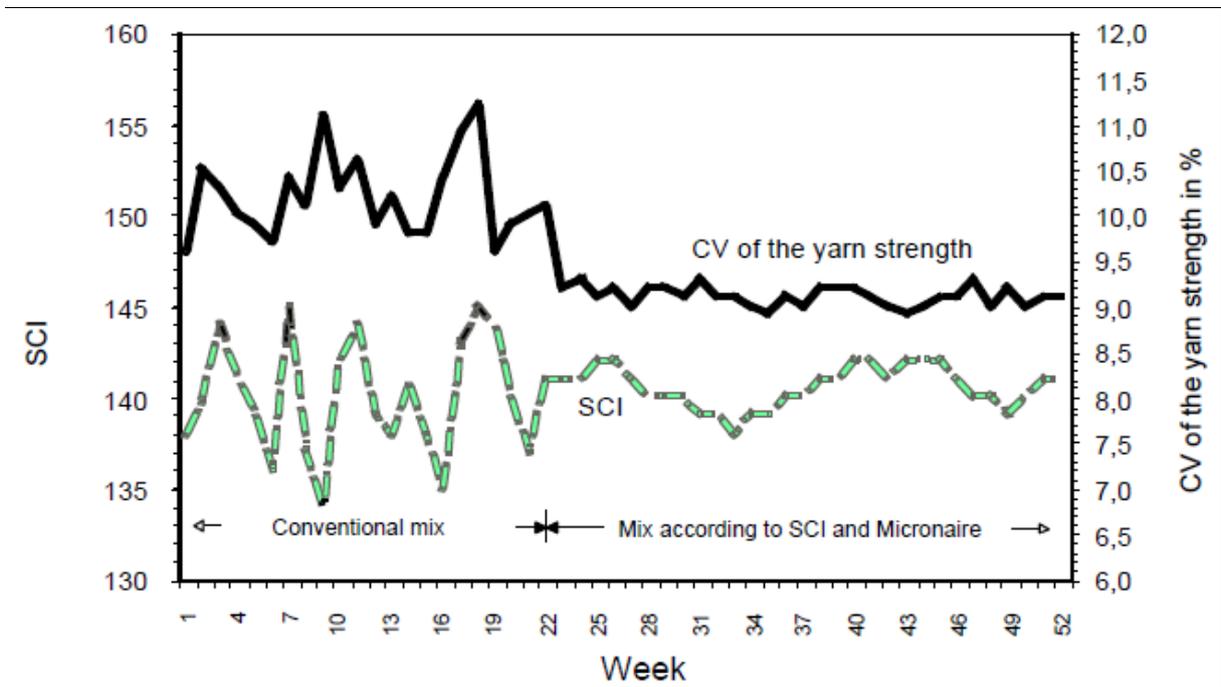


Figure 9 : Optimisation des groupes de balles et résultats : optimisation sur la base de SCI et du Micronaire débutant en semaine 22, et changement correspondant de la ténacité du fil : CV% de la ténacité du fil : [Uster Technologies: HVI Application Handbook].

4.5 - Utilisation des résultats de test : résultats individuels ou résultats moyens

Toutes les données de mesure présentent des incertitudes de mesure. Une quantification a déjà été donnée au chapitre 4.2 - . Comme les incertitudes de mesure ne peuvent être évitées, il est nécessaire de les gérer au mieux.

Pour l'explication suivante, nous devons supposer que le principal problème des résultats de mesure est un manque de précision (ayant une variation aléatoire), ce qui permet d'éviter au mieux les écarts systématiques dans les résultats. Toutes les explications sont données pour les résultats des tests sur les balles.

Une chance de traiter des données incertaines est basée sur les distributions de valeur données de plusieurs balles dans un lot et leur description. Dans le cas le plus simple (Figure 10), une distribution peut être décrite par une valeur moyenne (décrivant la position d'une distribution) et par un écart-type (décrivant la largeur de la distribution).

Le théorème de la limite centrale illustre qu'en utilisant des valeurs moyennes au lieu de valeurs individuelles, la variation des résultats est réduite par la racine carrée du nombre de résultats à partir desquels la moyenne est calculée. Ainsi, en utilisant des moyennes de 25 résultats au lieu de valeurs individuelles, la variation est réduite à $1/5^e$. En utilisant des moyennes de 100 résultats, la variation est réduite à $1/10^e$. Dans le même temps, la distribution des valeurs moyennes est une distribution normale, même si les résultats individuels ne suivent pas une distribution normale.

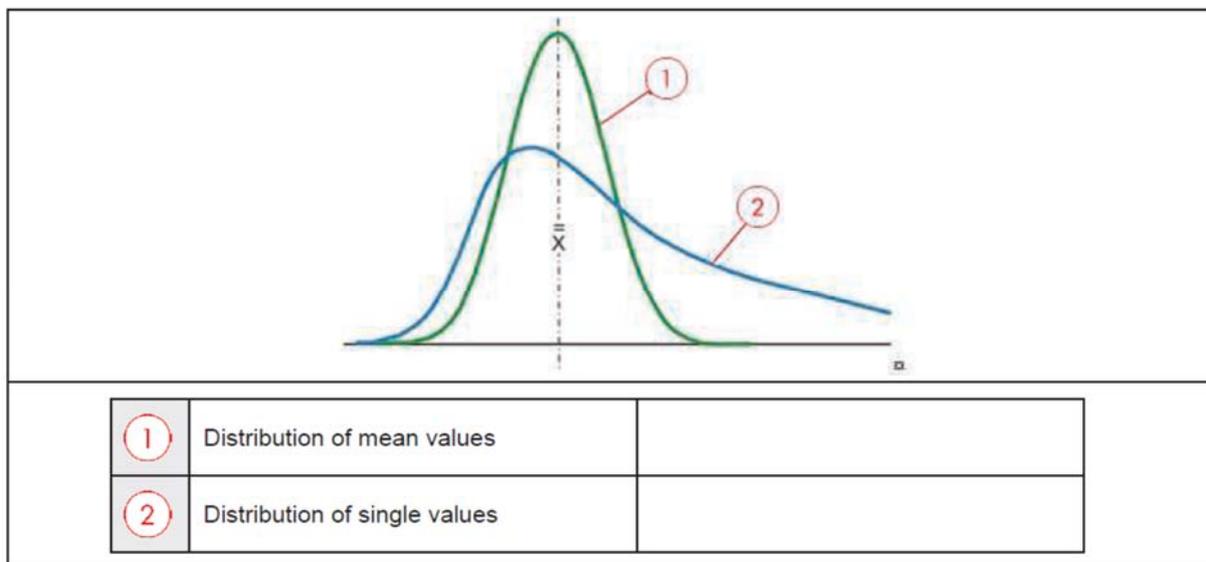


Figure 10 : Selon le théorème de la limite centrale, l'utilisation d'une distribution de valeurs moyennes au lieu d'une distribution de valeurs individuelles conduira à une distribution normale avec une variation plus faible [Uster Technologies: Uster Tester 6 Application Handbook].

Dans le cas de la vente/achat de lots de vente, il est important pour l'acheteur que les propriétés demandées (par exemple la ténacité) soient fournies. Cela peut se faire sur la base de la résistance moyenne de toutes les balles plutôt que sur les résultats de la résistance de chaque balle, ce qui permet d'éviter la grande incertitude des résultats d'un seul test. Certes, il est également important pour les filatures, en tant qu'acheteurs, que le lot de vente ne comprenne pas de balles périphériques. Cela ne peut pas être garanti avec la ténacité moyenne, mais cela peut l'être en examinant l'écart-type des résultats de la ténacité en complément. Compte tenu du fait que souvent ce ne sont pas 100 % des balles qui sont contrôlées et testées, mais seulement 10 %, il est conseillé de ne pas utiliser des résultats unitaires, mais plutôt l'approche statistique en analysant les valeurs moyennes et les écarts-types. Ainsi, les contrats pourraient spécifier des résultats de ténacité moyenne et minimale, et des écarts-types maximums au lieu de limites absolues pour chaque balle.

Il en va tout autrement pour la formation des groupes de balles à la filature. Dans ce cas, il faut choisir exactement les balles qui, au total, donnent la bonne moyenne et le bon écart-type pour le groupe de balles. Il est donc avantageux de choisir les balles en fonction des résultats de tests unitaires.

Enfin, à la production de coton, une solution appropriée pour des modules de coton-graine homogènes consiste à calculer la moyenne des résultats des tests des balles individuelles du module (qu'il s'agisse de 100 % ou d'un pourcentage inférieur des balles caractérisées). Cette valeur moyenne peut ensuite être attribuée à chacune des balles du module. De cette manière, l'incertitude de mesure des mesures individuelles est évitée. Ainsi, une valeur unique ne sera attribuée aux balles individuelles qu'en cas de variations importantes des résultats de mesure au sein d'un module.

5 - Micronaire

L'instrument Micronaire mesure la résistance offerte par un tampon de fibres d'un poids connu, comprimé dans une chambre cylindrique de volume fixe, à un débit d'air mesuré. La variation du débit d'air ou de la pression à travers le tampon de fibres était, à l'origine, corrélée avec les mesures de finesse linéique, bien qu'il soit maintenant bien compris que la variation dépend de la surface spécifique de l'échantillon. Cette valeur Micronaire représente la combinaison de la finesse linéique (finesse) et de la maturité de la fibre, la maturité étant une mesure de l'épaississement de la paroi cellulaire secondaire de la fibre ¹².

La finesse linéique est la forme appropriée pour mesurer la finesse du coton parce que la section transversale de la fibre de coton est de forme irrégulière et creuse, ce qui confond les mesures bidimensionnelles du diamètre des fibres qui sont appliquées à des fibres solides cylindriques, ou au moins de forme constante, comme la laine et le polyester.

5.1 - Unité, gamme, importance dans le processus d'harmonisation du CSITC

L'échelle originale mesurée par l'instrument Micronaire a été calibrée avec des cotons dont la densité linéaire allait de 2,3 µg/pouce à 8,0 µg/pouce. Ceux-ci représentent la gamme la plus large des espèces de coton cultivées et commercialisées au siècle dernier. Les instruments actuels limitent la fourchette entre 2,5 µg/pouce et 6,0 ou 7,0 µg/pouce. La méthode d'essai souffre d'une erreur significative à chaque extrémité de l'échelle. Une autre échelle existe pour le coton de type Pima (*Gossypium barbadense*). Le nom "micronaire" est souvent noté mic, MIC ou "X", selon l'ouvrage de Lord ¹³. Les unités d'étalonnage originales de microgrammes par pouce (µg/inch) ne sont presque jamais indiquées.

Importance pour le CSITC : le micronaire est un paramètre à part entière.

La relation linéaire originale observée entre le flux d'air et la densité linéaire utilisée par l'instrument a été observée dans les années 1940 pour un ensemble d'échantillons de calibration tous de maturité similaire. Des études ultérieures avec différents échantillons ont montré des résultats qui variaient de manière significative par rapport aux déterminations réelles du poids par unité de pouce. Des études ultérieures, notamment celles de Lord^{2, 14}, Des études ont montré que la relation entre le micronaire et la finesse linéique était curviligne et que les changements de maturité des fibres produisaient des variations concomitantes du micronaire.

La Figure 12 illustre la situation ci-dessus pour un groupe de balles provenant d'une grande filature commerciale de fil fin. Les balles de ce groupe de balle proviennent des États-Unis, de Chine, d'Australie et d'Afrique de l'Ouest. Les échantillons de balles ont été testés pour le micronaire (X), la finesse linéique (H) ¹⁵ et la maturité à l'aide du Cottonscope. La finesse linéique est définie en termes de millitex (mg/km), écrit mtex. La maturité est définie en termes de *maturity ratio* (M ou MR) comme décrit par les méthodes d'essai de la *British Standard BS3085* ou *American Society for Testing and Materials (ASTM) International test method D1442*.

¹² Une fibre de coton est une cellule végétale unique et allongée. L'épaisseur de sa paroi cellulaire détermine la maturité de la fibre. La maturité de la fibre est une propriété normalement distribuée, mais la distribution est généralement négativement biaisée de sorte que la plupart des échantillons ont une longue queue de fibres immatures (en cours de maturation). La forme de cette queue dépend largement des conditions de croissance et de préparation de la récolte (pour le cotonnier/la culture).

¹³ Lord E. 1955. Air Flow through Plugs of Textile Fibers: Part 1—General Flow Relations, *Journal of the Textile Institute Transactions*, 46:3, T191-T213, DOI: 10.1080/19447027.1955.10750307

¹⁴ Lord E. 1956. Air Flow Through Plugs of Textile Fibers: Part 2, *Journal of the Textile Institute Transactions*, 47:1, T16-T47, DOI: 10.1080/19447027.1956.10750375.

¹⁵ H = finesse linéique.

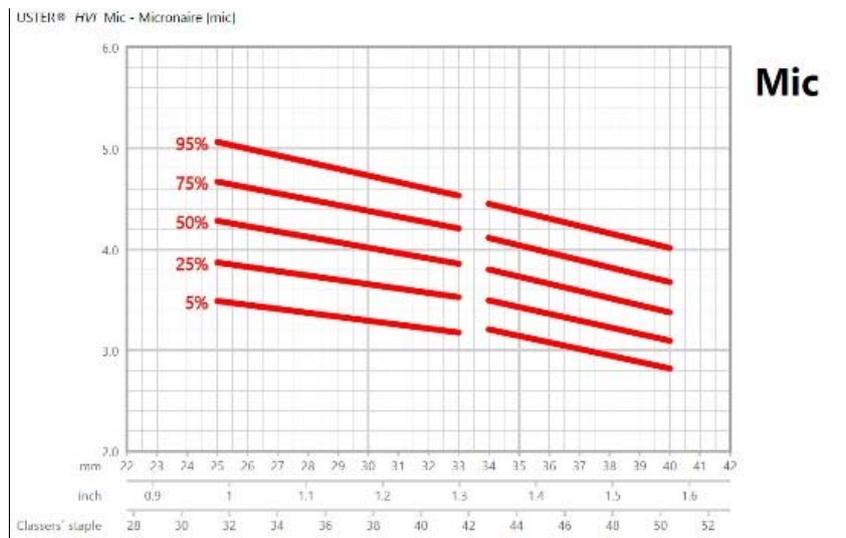


Figure 11 : Avec l'aimable autorisation de Uster Technologies : STATISTIQUES USTER® pour le coton (www.uster.com/statistics2018)¹⁶: Micronaire et *Upper Half Mean Length (UHML)*¹⁷.

La Figure 12 reflète la pratique sous-optimale consistant à utiliser les valeurs du micronaire pour sélectionner le meilleur coton pour l'utilisation finale requise. Étant donné que les résultats de finesse linéique et de maturité ne sont pas communiqués pour la classification dans le commerce, les balles présentant des valeurs faibles, c'est-à-dire < 3,5, sont considérées comme douteuses en termes de maturité, tandis que les échantillons présentant des valeurs élevées, c'est-à-dire > 4,9, sont considérés comme matures mais grossiers. Pour les valeurs de micronaire dans la fourchette négociée (3,5 - 4,9), il est difficile de déduire si les fibres sont en fait fines et matures ou grossières et immatures, sans procéder à des tests supplémentaires. La Figure 13 illustre cette situation en utilisant une seule section transversale de fibre.

Le terme "biologique" ou finesse standard (Hs) est le rapport entre la finesse linéique (H) et la maturité (MR). Ce terme fait essentiellement référence à la limite physique (périmètre) de la section transversale de la fibre et à la quantité d'épaississement de la paroi cellulaire secondaire qui se produit pendant la maturation. Il est généralement admis que la finesse biologique est relativement constante pour un cultivar donné, bien qu'elle soit encore normalement distribuée autour d'une valeur moyenne. En termes d'héritabilité, les sélectionneurs de plantes ont noté que la finesse, et d'autres propriétés de la fibre telles que la résistance et la longueur, sont principalement régies par des effets additifs (multiples) des

¹⁶ Avec leur approbation, plus loin dans le présent guide d'interprétation, la référence à ce document sera uniquement rappelée comme suit : [Uster Technologies].

¹⁷ Méthode de lecture de ces graphiques basés sur les percentiles USTER® STATISTICS basés sur une valeur mesurée : cet exemple montre la distribution d'un paramètre de fibre en fonction de la longueur de la fibre. 1) Tout d'abord, la longueur de la fibre mesurée doit être trouvée sur l'axe des x. 2) Ensuite, la valeur mesurée peut être recherchée sur l'axe des y. 3) Par exemple, la longueur de la fibre est de 30 mm, et le paramètre de la fibre est par exemple le Micronaire avec une valeur de 4,0. Dans l'exemple donné, le percentile USTER® STATISTICS (USPTM) est de 50%. Cela signifie que pour cette longueur de fibres, 50 % des fibres avaient un micronaire inférieur à 4,0 et 50 % avaient un micronaire supérieur à 4,0.

gènes qui n'ont qu'une héritabilité modérée^{18 19}. Biological fineness will also vary with cropping and seasonal (environmental) effects.

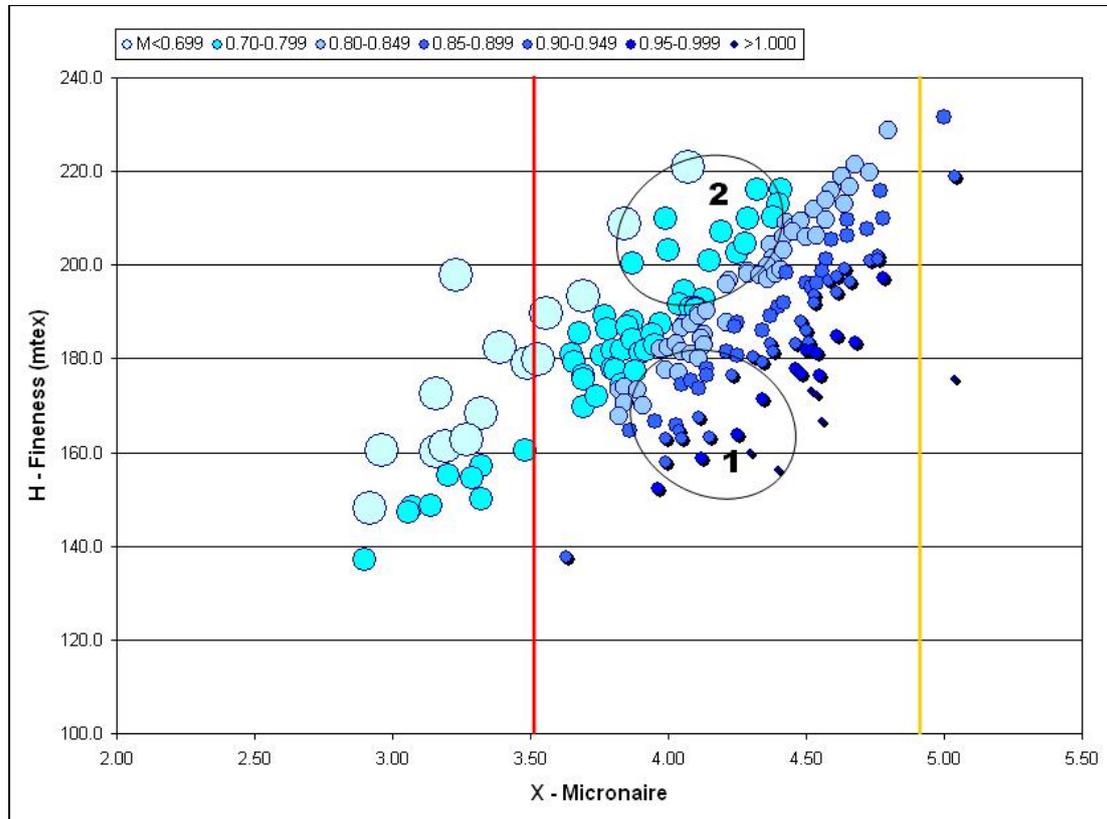


Figure 12 : Valeurs de Micronaire (X) et de finesse linéique (H) (mtex) pour des balles de coton dans un groupe de balles en filature pour des fils fins (Ne 50 ou 12 tex) en filature classique. Les valeurs de MR sont catégorisées comme indiqué dans la légende (M).

¹⁸ Meredith, W. R. Jr. 1984. Quantitative genetics In: Kohel, R. J. and Lewis, C. F. (eds) Cotton. ASA, CSSA, SSSA, Madison, pp 127-146

¹⁹ May, O. L. 1999. Genetic variation in fiber quality. In: Basra, A. S. (ed) Cotton Fibers. Food Products Press, Binghamton, pp 183-229

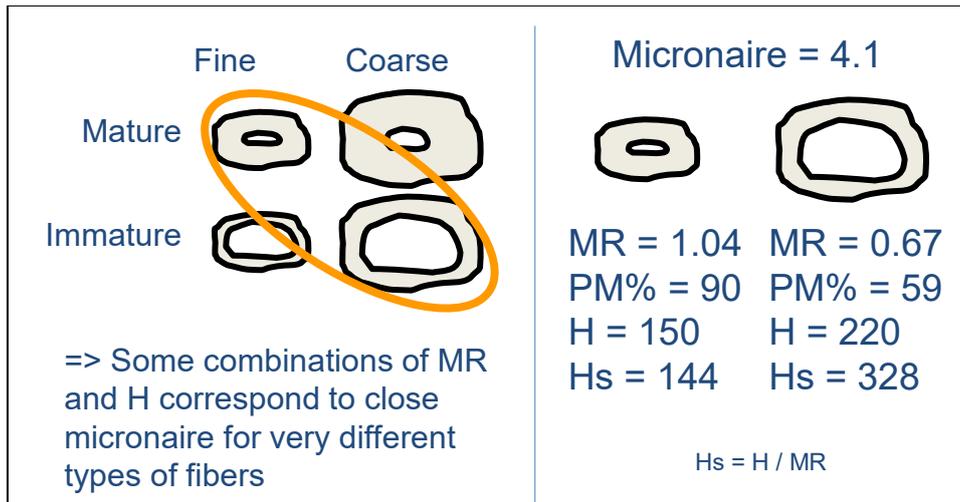


Figure 13 : Exemple de combinaison de maturité (MR, sans unité) et de finesse linéique (H, mtex) pour ne même valeur de Micronaire : pour les fibres ayant une valeur micronaire de 4,1, les fibres pourraient être fines et matures ou immatures et grossières. La finesse standard (Hs, en mtex) est le rapport entre la finesse linéaire et la maturité.

5.2 - Instruments de mesure existant pour la caractérisation du Micronaire

Les instruments de mesure de Micronaire sont fabriqués par un certain nombre d'entreprises selon le même principe de flux d'air/pression, bien que les spécifications, par exemple le volume de la chambre, la taille des échantillons, les mécanismes de contrôle de la pression et l'automatisation, varient. L'instrument de laboratoire original de la fin des années 1940, qui est toujours utilisé aujourd'hui, utilise un échantillon bien mélangé et conditionné de 50 grains (4 grammes).

L'instrument de mesure du Micronaire a été incorporé dans les gammes d'"instruments à haut volume" ("HVI") dès le début de leur développement dans les années 1960 et a été modifié pour améliorer la durée et la précision des tests. Les versions SITC de l'instrument Micronaire utilisent maintenant des échantillons plus grands (10 grammes) qui ne sont généralement pas mélangés. Le test peut désormais être réalisé en 30 secondes, par exemple en élargissant la plage de masse autorisée pour l'échantillon.

Plusieurs instruments ont également été développés pour séparer la valeur du micronaire en ses composantes de finesse (H en mtex) et de maturité (M, sans unité). Il s'agit notamment du *Fineness and Maturity Tester* (FMT), un test à double compression mis au point dans les années 1970, de l'*Advanced Fiber Information System* (AFIS), développé dans les années 1980 et du Cottonscope, qui a vu le jour dans les années 2000. Les versions antérieures de l'AFIS et du Cottonscope fournissaient une valeur calculée de micronaire (X) en utilisant l'équation de conversion de Lord ; voir l'équation 1. La Table 6 énumère les instruments actuellement disponibles pour mesurer le micronaire et ses propriétés de maturité et de densité linéaire.

$$MH = 3.86X^2 + 18.16X + 13.0 \quad (\text{Equation 1}).$$

Plusieurs instruments de test à haut volume comportant différents instruments de test à double compression permettant la détermination de la finesse et de la maturité ont été développés au cours des cinq à dix dernières années. Il s'agit notamment des systèmes Premier Evolvic ART 2 et ART 3 et, plus récemment, du Mesdan Contest-F.

Table 6 : Liste des instruments mesurant le Micronaire.

Instrument	Modèle d'instrument	Caractéristique(s) liée(s) mesurée(s) en supplément *
Instrument individuel à flux d'air	Valeur micronaire issue de la mesure directe du débit d'air (surface spécifique sur le tampon pesé des fibres)	Non
Instrument à flux d'air intégré dans les chaînes de mesure instrumentales	Valeur micronaire issue de la mesure directe du débit d'air (surface spécifique sur le tampon pesé des fibres)	Non
Instrument individuel (ou intégré) à double compression d'air	Les différences de débit d'air résultant de la double compression sont liées aux valeurs (micronaire), de maturité et de finesse	Maturité et finesse linéaire
Instruments de mesure sur fibres individuelles	Diffusion de la lumière (AFIS) sur un spécimen pesé à partir de fibres, de neps et de particules de déchets individualisés Analyse d'images (Cottonscope) sur des échantillons pesés de fibres individualisées et coupées à longueur fixe	(Micronaire), maturité, (neps), finesse linéaire, largeur de fibre <i>ribbon width</i> et leurs distributions
Analyse d'image de coupes en section droites	Méthodes d'essai liées à la recherche, principalement à des fins de référence	Maturité et finesse telles que mesurées sur les coupes

- * Dépend du modèle utilisé.

5.3 - Description de toute relation entre les résultats du « classement visuel et manuel » et du « classement instrumental »

Les classeurs expérimentés sont capables de discerner les effets négatifs d'un coton immature à faible micronaire. Dans les échantillons moins homogènes comme ceux provenant de l'égrenage au rouleau, on peut observer des paquets de fibres mortes ou immatures. Une teneur plus élevée en fibres immatures peut être associée à un coton de qualité inférieure.

Une fibre peu micronaire ou immature peut affecter de façon marquée l'apparence du coton brut. En particulier, l'absence de développement de la paroi cellulaire dans le coton immature peut donner aux fibres de coton une sensation de douceur et une longueur de fibre globalement plus courte.

Le manque de rigidité signifie également que le coton immature a davantage tendance à former des neps (petits enchevêtrements). Le coton immature traité par les mêmes systèmes de récolte et d'égrenage aura nettement plus de neps que les fibres plus mûres ²⁰.

Le coton immature a également un faible lustre (aspect terne) en raison de la nature moins circulaire des sections transversales de la fibre, ce qui entraîne une réflexion diffuse plutôt que spéculaire de la lumière. La fibre à haut micronaire est généralement plus brillante et plus propre que le coton à bas micronaire de même origine.

²⁰ Bange, M., Long, R., Constable, G. and S. Gordon. 2010. Minimizing Immature Fiber and Neps in Upland Cotton, *Agron. J.*, 102, pp 781–789.

5.4 - Résultats d'évaluation présent en « classement manuel et visuel » mais absent du « classement instrumental »

Au stade du coton-graine, avant l'égrenage et le mélange du coton-graine récolté, la quantité de fibres immatures ou mortes peut souvent être estimée visuellement. Contrairement aux tests instrumentaux, il existe des matières de référence ou standards pour le coton-graine dans de nombreux pays où le coton est récolté à la main. Le coton-graine est ensuite trié visuellement en fonction des principaux aspects évidents que sont la teneur en déchets et la couleur, mais aussi, dans de nombreux cas, en fonction de la quantité de fibres immatures ou mortes. Plus les standards sont bas, plus la quantité de fibres immatures dans le coton est élevée et plus la valeur micronaire du coton égrené a tendance à diminuer.

Pour le coton égrené au rouleau, on peut souvent voir les agglomérats de fibres immatures mentionnées ci-dessus dans les fibres. Par conséquent, un test de micronaire peut être influencé si des précautions particulières ne sont pas prises pendant l'essai et pendant répétition de l'essai du même échantillon égrené sur rouleau.

5.5 - Utilisation de résultats de Micronaire pour la production

Pour toute variété de coton donnée, une lecture de micronaire élevée, comparée à une valeur typique, indique que de bonnes conditions de production ²¹ étaient présentes pendant la maturation du fruit du coton (capsule). Dans des conditions de production optimales, c'est-à-dire avec une quantité optimale d'eau, de soleil et de nutriments, et une faible pression des parasites, une variété donnée produira des fibres mures qui peuvent donner des lectures de micronaire dans la partie supérieure de la distribution de micronaire pour cette variété. Les changements dans les conditions de production et dans les interactions, par exemple la chaleur et la disponibilité de l'eau, jouent un rôle dans la lecture finale du micronaire.

La mesure, ou la prévision, du micronaire sur le terrain fournirait aux producteurs une mesure qui leur permettrait de manipuler les conditions de croissance, par exemple la défoliation et/ou le moment de la récolte, pour "optimiser" le micronaire (maturité) d'une culture. Avec le développement de l'automatisation et de la gestion des cultures dans de nombreuses exploitations, les agriculteurs et les scientifiques examinent les valeurs prévues ou mesurées sur le terrain pour optimiser le rendement et la qualité de leur récolte. De nombreuses études ont fait état de relations significatives entre la température (moyenne quotidienne et températures minimales) et le Micronaire. Avec la progression rapide actuelle de l'agriculture de précision, c'est-à-dire l'utilisation de capteurs et d'instruments sur le terrain pour fournir une mesure rapide du développement des cultures, ces relations sont maintenant utilisées pour développer des modèles de prédiction pour la gestion du Micronaire d'une culture.

5.6 - Utilisation de résultats de Micronaire pour l'égrenage

Les mesures ou les prévisions du micronaire sur le terrain (selon paragraphe 5.5 -) pourraient être appliquées pour gérer les processus d'égrenage, bien qu'en pratique il n'y ait généralement pas d'évaluation des propriétés des fibres de coton-graine autres que les niveaux d'humidité et de déchets végétaux avant l'égrenage. Cela dit, des recherches sont actuellement en cours pour déterminer l'efficacité du mélange de coton-graine (modules) à l'égrenage, sur la base de la maturité de la culture et de la teneur en déchets (à la récolte). Les résultats de ces recherches seraient bénéfiques à la fois aux petites unités d'égrenage qui travaillent pour de nombreux petits producteurs et aux grandes unités d'égrenage automatisées qui travaillent pour les grandes exploitations.

²¹ Les « conditions de croissance » comprennent les pratiques de gestion des cultures (date de semis, fertilisation, protection des cultures, etc.), les conditions biotiques (ravageurs, maladies, mauvaises herbes, etc.) et abiotiques (sol, climat, etc.) et leurs interactions.

Il convient également de noter que toute culture immature, c'est-à-dire présentant un pourcentage élevé de capsules immatures, doit être examinée avec soin avant tout égrenage ou traitement mécanique. Il est bien connu que les fibres immatures entraînent une augmentation de la teneur en neps et en déchets ainsi qu'une rupture des fibres lors de l'égrenage, en particulier lors du nettoyage des fibres.

Les fibres de faibles micronaires ont en effet tendance à former plus facilement des neps que les fibres plus grossières, car elles sont plus facilement pliées, déformées et emmêlées lors des traitements mécaniques en raison de leur rigidité longitudinale relativement faible (et des coefficients de flambage ou de rigidité longitudinale élevés). Elles sont donc plus facilement emmêlées sous forme de neps lors des traitements mécaniques, en particulier lors du nettoyage des fibres.

5.7 - Utilisation des résultats de Micronaire pour la commercialisation

Comme nous l'avons vu, l'utilisation du Micronaire pour évaluer le coton est ambiguë. En effet, à moins que des mesures complémentaires soient effectuées pour déterminer la maturité et la finesse de la fibre, importantes dans la filature et la fabrication de tissus, les propriétés exactes de la fibre achetée restent inconnues. Ces aspects sont illustrés dans la Figure 12.

Le graphique montre que la gamme G5 contient des cotons de qualités de traitement très différentes en termes de finesse et de maturité. Deux cercles dans la gamme soulignent les lacunes de la mesure du micronaire. Les balles mises en évidence par chaque cercle représentent la même plage étroite de Micronaire : 4,0 - 4,2. Cependant, les fibres fines et mûres du cercle 1 conduisent à des propriétés de traitement, de fil et de tissu très différentes de celles de coton plus grossier et immature mis en évidence dans le cercle 2. Les fibres fines et mûres produiront un fil et un tissu plus régulier et plus solide, avec un meilleur lustre et une meilleure absorption de la teinture que les fibres grossières et immatures.

Le micronaire reste la méthode de choix du marché pour évaluer la finesse (et la maturité) des fibres, en grande partie grâce à sa facilité de mesure, sa rapidité, sa fiabilité et l'acceptation de ses valeurs par le marché. La majorité des cultures de coton (*Upland*) dans le monde sont commercialisées dans la fourchette du Micronaire de 3,5 à 4,9, des décotes financières importantes étant appliquées au coton en dehors de ces valeurs. Par exemple, de telles décotes sont appliquées au coton des États-Unis sur la base de valeurs du micronaire situées en dehors d'une fourchette « optimale », mais pas lorsque le coton n'est pas jugé trop grossier ou immature, mais « juste comme il faut ». Des valeurs similaires sont appliquées à d'autres origines. Il convient de noter que la fourchette « optimale » est large et que seules des (petites) primes sont versées pour le coton ayant une fourchette de micronaire plus étroite, par exemple, pour le coton G5B allant de 3,7 à 4,2. L'exception à cette classification est la fourchette pour le coton de type Pima (*G. barbadense*), mesurée sur une échelle de micronaire différente.

Le micronaire est l'une des deux garanties instrumentales clés du commerce international. Selon les règles commerciales internationales de l'ICA, il s'agit en principe d'une garantie minimale sans application d'une tolérance de test. Dans le commerce international basé sur les règles de l'ICA, une garantie minimale et, le plus souvent, une fourchette de valeurs du micronaire, sont convenues. Sauf accord contraire entre l'acheteur et le vendeur, aucune tolérance ou limite de contrôle n'est appliquée pour les tests. Les rabais pour les écarts par rapport à la garantie contractuelle, qu'ils soient inférieurs ou supérieurs à une fourchette convenue ou inférieurs à une valeur fixe, sont exprimés en pourcentage du prix contractuel.

L'Accord universel sur les normes du coton (*Universal Cotton Standards Agreement*) ainsi que les réglementations nationales et les recommandations de l'ICCTM/CSITC approuvées au niveau international constituent la base des pratiques et des normes d'essais instrumentaux établies dans les règles commerciales pour le règlement des différends.

5.8 - Utilisation des résultats de Micronaire pour la filature et la transformation textile

Malgré l'ambiguïté connue de la mesure du micronaire, la valeur est toujours valable dans la filature comme prédicteur i) de la limite de filature d'une fibre, c'est-à-dire du nombre de fibres dans la section transversale du fil nécessaire pour résister à la tension appliquée pendant le filage, ii) de la régularité et de la ténacité du fil et iii) de l'absorption de colorant par le fil ou le tissu résultant. Soulignons que les relations avec les propriétés des fibres du fil et du tissu produits sont meilleures si l'on utilise des résultats séparés de finesse et de maturité. Néanmoins, il est à noter que :

- Le micronaire est un bon prédicteur de l'aptitude à la teinture et de l'apparence des tissus teints. Une fibre à micronaire élevé absorbe plus de colorant (couleur) et, comme les fibres ont tendance à être plus cylindriques, le tissu teint est généralement d'aspect plus uniforme et plus brillant. La Figure 14 montre un fil filé à partir de fibres d'une même variété, et donc de même finesse « génétique », mais récoltées à des dates différentes pour donner une large gamme de valeurs de maturité (MR). Les différentes valeurs de micronaire reflètent donc les différences de maturité des échantillons. Les fils ont été tricotés en bandes dans le même tissu, qui a ensuite été teint.
- Le micronaire peut être utilisé pour estimer la limite de filature d'un coton pour un système de filature donné, par exemple, filature à anneau, à rotor (*Open-End*) ou à jet d'air. Les fibres à faible micronaire sont, dans une certaine mesure, favorisées car le nombre de fibres par section transversale du fil peut être augmenté, ce qui permet d'obtenir un fil plus stable, plus résistant et plus régulier. Le fait que le coton à bas micronaire doive également être raisonnablement mûr - sinon les neps de fil augmenteront - constitue une sécurité. C'est là que réside l'ambiguïté de la valeur du micronaire.
- Afin d'assurer la stabilité de la qualité dans une filature, il faut gérer la variation des valeurs de micronaire (maturité et finesse) entre les groupes de balles, y compris sur une grande période. Le paragraphe 4 - décrit les méthodes pour gérer les balles qui peuvent être utilisées pour éviter les variations de la qualité du fil et du tissu résultant des changements et des variations des propriétés du micronaire et d'autres fibres.

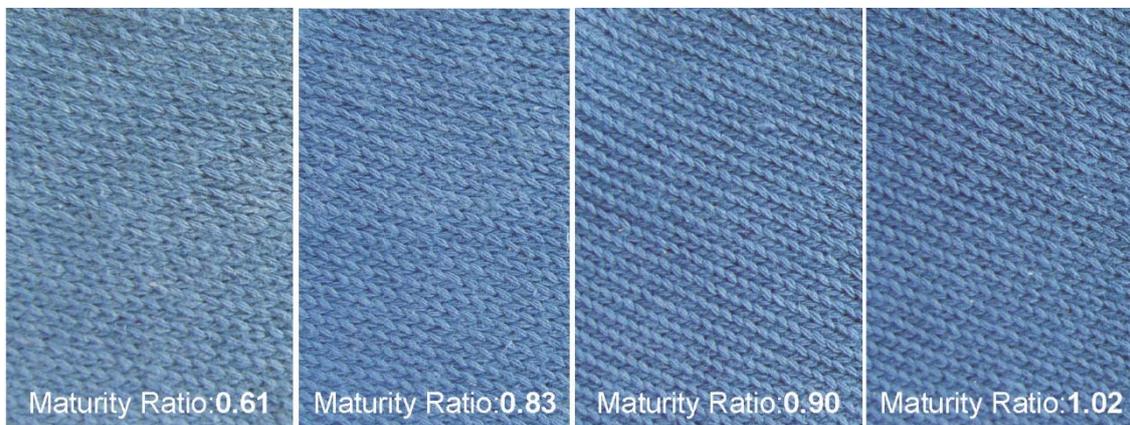


Figure 14 : Echantillons de tissus ayant un fond génétique commun, récoltés à des dates différentes et transformés en un seul tissu tricoté qui a ensuite été teint. Les photos montrent l'amélioration du tissu en termes d'intensité de couleur, d'uniformité et d'apparence à mesure que la maturité (Micronaire) augmente.

6 - Longueurs

La longueur d'une fibre est la distance entre ses deux extrémités lorsqu'elle est maintenue alignée sous une tension standard. Pour le commerce, de nombreuses fibres sont testées en même temps en utilisant une barbe de fibres parallèles et choisies au hasard dans un peigne, chaque fibre étant serrée à un endroit aléatoire de sa longueur (et non à son extrémité). La longueur des fibres sortant d'un côté de ce peigne est scannée et les résultats sont affichés dans un graphe spécifique appelé Fibrogramme (Figure 15) ; cela correspond à la ligne de serrage des rouleaux dans le processus de filature (Figure 18). Les fibres de coton présentent une grande variation de longueur et ont à la fois des fibres très courtes et des fibres longues réunies au sein d'une même touffe de fibres.

Diverses techniques existent pour mesurer la longueur représentative des fibres de coton : méthode de l'alignement des extrémités où les fibres sont réordonnées par une de leurs extrémités, mesures de fibres individuelles, diagrammes de fibres, etc. Les évaluations peuvent être faites par poids ou par nombre. Pour l'évaluation des dommages causés aux fibres, la répartition par nombre est plus sensible.

Par convention, dans le Fibrogramme (une répartition par poids), les résultats de longueur ont été définis comme les longueurs correspondant à des percentiles donnés dans cette barbe et sont calculés à partir de ce Fibrogramme. À des fins commerciales, le groupe de travail ICAC-CSITC reconnaît uniquement le type d'interprétation de la '*mean length*' du Fibrogramme ; les résultats sont alors 1) la demi-longueur moyenne supérieure (UHML), la longueur moyenne (ML) et l'indice d'uniformité (UI) ($UI = ML/UHML * 100$)²². La demi-longueur moyenne supérieure correspond à la longueur de fibre évaluée par un classeur.

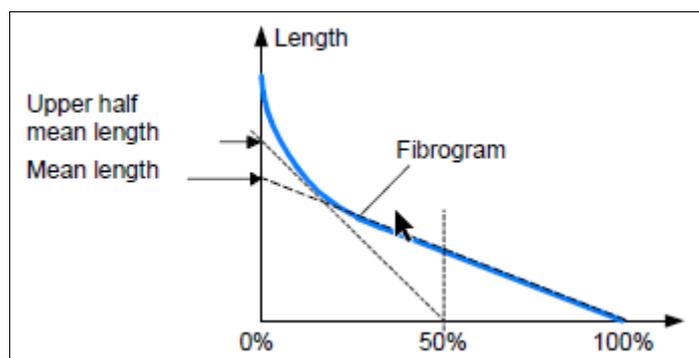


Figure 15 : Fibrogramme et informations déduites.

La longueur des fibres est une caractéristique importante qui a des répercussions sur le type de produit final et ses caractéristiques, sur les réglages de la machine (distance entre les rouleaux, torsion, etc.) et aussi sur les propriétés du fil telles que sa régularité et sa pilosité.

La longueur des fibres dans une balle dépend de nombreuses conditions de production (variété, date de semis, climat et conditions de culture) et d'égrenage (teneur en humidité, teneur en déchets par rapport au nombre de nettoyeurs, entretien des pièces d'égrenage...). En effet, chaque fois qu'une fibre entre en contact avec une pièce de la machine, elle augmente en partie la probabilité de la casser par rapport à ses propriétés "natives et intrinsèques", puis de raccourcir sa longueur. Dans l'ensemble, la distribution de la longueur totale des fibres dans un échantillon - également affichée sous forme de Fibrogramme - est affectée, et les résultats correspondants d'UHML, de ML et d'UI sont modifiés.

²² Drieling et al. 2018. Guideline for Standardized Instrument Testing of Cotton”, http://csitc.org/index.php?lien1=instrument_testing/public_documents_it. Uster Technologies. 2007. HVI Application Handbook.

6.1 - Unité, gamme, importance dans le processus d'harmonisation du CSITC

La *Upper Half Mean Length* (UHML) correspond à la longueur moyenne de la moitié supérieure de la barbe de fibre. Sa plage habituelle (la plus grande) est comprise entre 24 et 38 mm (Figure 15).

La *Mean Length* correspond à la longueur moyenne de toutes les fibres présentes dans la barbe.

L'*Uniformity Index* correspond au rapport $ML/UHML \times 100$, et est exprimé en pourcentage. Il se situe habituellement entre 75 et 90 %, en fonction de l'UHML de l'échantillon (Figure 16).

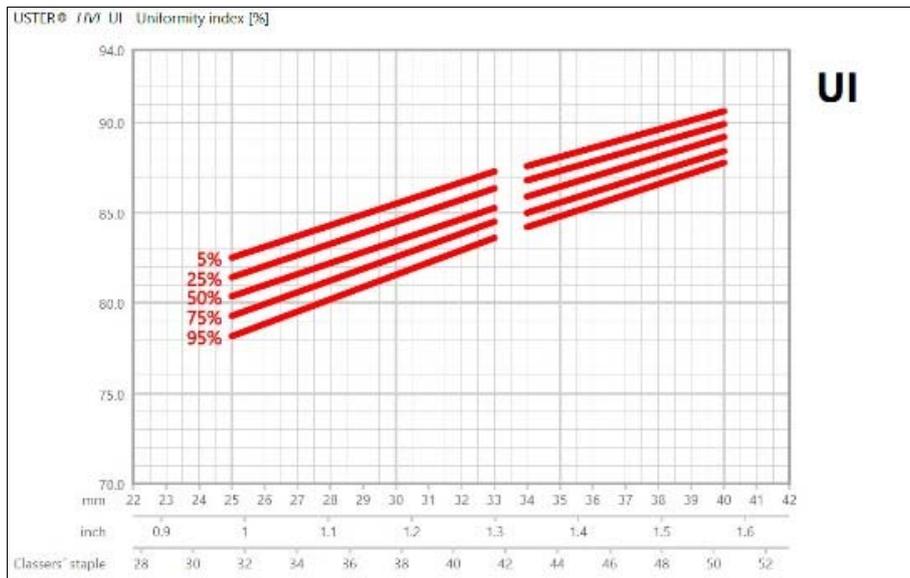


Figure 16 : *Uniformity Index* (UI) et *Upper Half Mean Length* (UHML) [Uster Technologies].

L'indice des fibres courtes (SFI) peut également être défini comme la quantité de fibres de moins de 0,5 pouce (<12,7 mm) et est soit calculé sur la base de cette distribution des fibres dans la Fibrogramme, soit basé sur des algorithmes utilisant des données de méthodes d'alignement des extrémités en relation avec la mesure donnée par le Fibrogramme. Elle est généralement comparée à la teneur en fibres courtes en poids.

L'indice des fibres courtes (SFI) se situe habituellement entre 7 et 25 %, là encore en fonction de l'UHML de l'échantillon (Figure 17).

Importance pour le CSITC : UHML et UI sont des paramètres à part entière (ML est alors indirectement inclus en raison de sa relation avec UHML et UI) tandis que SFI est, en raison de sa grande variation inter-laboratoire, un paramètre optionnel.

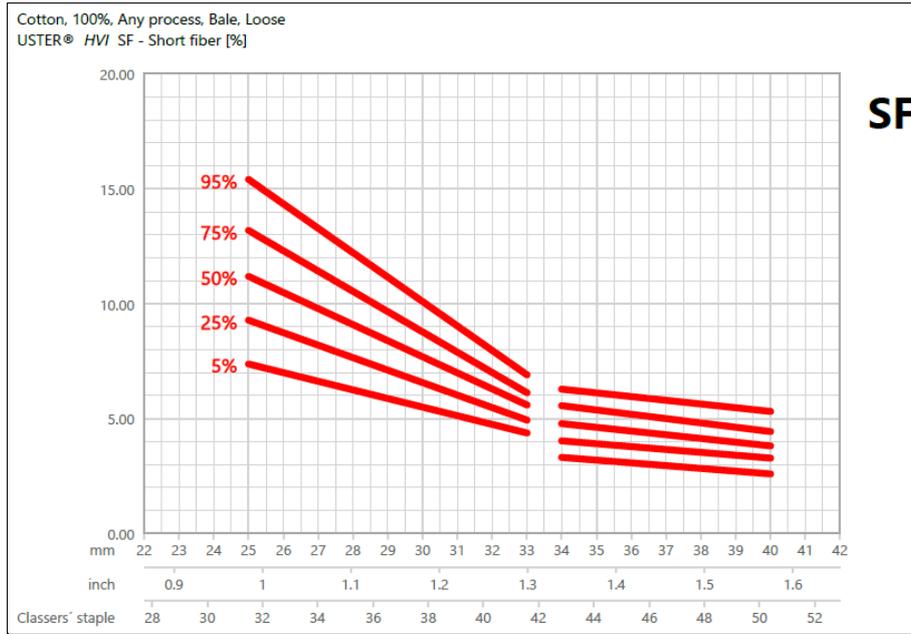


Figure 17 : Short fiber index et Upper Half Mean Length (UHML) [Uster Technologies].

6.2 - Instruments de mesure existant pour la caractérisation de la longueur

Table 7 : Liste des instruments mesurant la longueur.

Instrument	Modèle d'instrument	Caractéristique(s) liée(s) mesurée(s) en supplément *
Instrument individuel	Uster Technologies : LVI 930 Spinlab : Fibrograph 930 Textechno : FIBROTEST, MDTA4 MAG Solvics : DigilLen, FibroLen	Span length 50% et Span length 2.5%, Uniformity Ratio, UQL, SFC, SFI, SCI, Strength, Elongation, Count Strength Product
Instrument intégré dans les chaînes de mesure instrumentales	Uster Technologies : HVI 1000, HVI Spectrum Premier : HFT, ART2, ART3 MAG Solvics : HVT Mesdan : CONTEST-F	Length, Strength, Elongation, Trash, Micronaire, Stickiness, Neps

- *Dépend du modèle d'instrument utilisé.

6.3 - Description de toute relation entre les résultats du « classement visuel et manuel » et de la « classification instrumentale »

La base de l'échelle appliquée pour la longueur des fibres estimée manuellement est liée à une technique spécifique de formation d'une barbe en fibre ainsi qu'à des références de coton physique, que l'USDA a fournies au commerce international dans le passé. Les standards physiques sont toujours utilisés par l'ICA de Brême et la *Bremer Baumwollboerse* comme référence pour la mesure manuelle de la longueur.

Le classement manuel de la longueur des fibres est généralement donné par le classeur en 1/32^e de pouce, sur la base de l'expérience pratique. Outre la longueur physique de la fibre, la préparation et l'égrenage de l'échantillon de fibre ont également une incidence sur le classement. Ceci est pris en compte avec les différentes gammes de calibrage fournies par les cotons *Upland* et *Pima*, car les variétés de coton *Upland* sont généralement égrenées à la

scie, alors que les variétés de coton Pima sont plus généralement égrenées au rouleau, et "semblent" être légèrement plus courtes sur SITC qu'en classement manuel. Il existe généralement une bonne relation entre la longueur des fibres d'un classeur et l'UHML ainsi qu'avec la longueur du quartile supérieur (UQL) (par exemple, mesurée avec l'AFIS, le Fibrotest de Textechno et la MDTA 4). La raison des écarts dans les lectures peut être la préparation différente de la barbe de fibre préalable à la mesure.

La distribution de la longueur des fibres au sein d'un échantillon et la structure des fibres peuvent avoir une influence sur l'évaluation de la longueur des fibres déterminée manuellement. Souvent, les résultats de la classification manuelle de la longueur sont plus cohérents et avec moins de fluctuation de part et d'autre de la distribution par rapport aux résultats de SITC, bien que le résultat moyen soit similaire.

Le *pulling* manuel ne donne qu'une indication de base pour les autres paramètres liés à la longueur, en particulier par rapport à un échantillon différent de la même variété et de la même zone de culture. En raison de la nature du développement des fibres, le *pulling* peut donner une première impression sur un écart de ténacité ou de finesse par rapport à d'autres échantillons.

6.4 - Description de tous les résultats pris en compte par le « classement visuel et manuel » et manquant dans le « classement instrumental »

La préparation de la fibre - c'est-à-dire - n'est pas prise en compte dans la mesure instrumentale, mais aura un effet sur la transformation ultérieure pendant le filage. Les fibres méchées à l'égrenage doivent être manipulées avec plus de précautions lors des étapes de traitement ultérieures pour éviter des casses de fibres.

La classification manuelle pour la longueur ne fournit qu'une valeur fixe seulement, parfois avec une impression supplémentaire par rapport à la longueur standard supérieure suivante, comme "irrégulière" ou "pleine", qui sont ajoutées au résultat de la longueur de la fibre en fonction de l'apparence des extrémités de la barbe en fibre produite. Dans une certaine mesure, elle reflète la gamme des mesures de longueur pour une longueur de fibre fournie par SITC.

Les dispositifs de test fournissent des valeurs plus détaillées, qui doivent être fixées par des cadres et des accords définis, ainsi que d'autres caractéristiques des fibres liées à la longueur.

6.5 - Utilisation des résultats de longueur pour la production

Du côté de la production, la longueur des fibres dans une balle dépend de nombreux facteurs tels que la variété, la date de semis, le climat et les conditions de culture, et leurs interactions. Il convient d'ajouter que toute information sur la longueur des fibres n'est disponible qu'après un processus d'égrenage (à la main, au rouleau ou à la scie) qui a également une incidence sur la longueur des fibres. Sous réserve que le processus d'égrenage soit harmonisé et stable dans le temps, toute information sur la longueur apportera un aperçu général de la gestion des cultures.

6.6 - Utilisation des résultats de longueur pour l'égrenage

La longueur intrinsèque de la fibre d'un lot de coton-graine va déterminer s'il est préférable d'égrener ce lot à la scie ou au rouleau et, en même temps, les conditions d'égrenage (teneur en eau à chaque étape, teneur en déchets par rapport au nombre de nettoyeurs, entretien des pièces d'égrenage...) affectent la distribution de la longueur de fibre. L'égrenage à la scie est généralement utilisé pour des cotons de type *Upland* de longueur de fibre courte à moyenne (<1 pouce à 1 7/32^e pouce) et constitue par conséquent le type d'égrenage le plus répandu dans le monde. Tous les cotons à fibres extra-longues (≥1 3/8^e pouce) sont égrenés au rouleau, et on estime qu'actuellement 15 à 20 % des cotons à fibres longues de type *Upland* et à fibres moyennes (≥1 1/16^e pouce) sont égrenés au rouleau.

Durant l'égrenage, la longueur des fibres peut être préservée et la teneur en fibres courtes réduite en réduisant le nombre de passages du *lint-cleaner* (en fonction de la qualité du coton-graine) et en veillant à ce que l'humidité des fibres au niveau de l'égreneuse et du *lint-cleaner* soit plus proche de 7 % que de 5 % ; toutefois, l'humidité des fibres à chaque point ne doit pas dépasser 7 %.

6.7 - Utilisation des résultats de longueur pour la commercialisation

La longueur est l'une des trois principales garanties des contrats internationaux sur le coton, qui peuvent être évaluées par des tests instrumentaux ainsi que par un classement manuel. Dans le commerce international, les résultats du classement manuel sont souvent exprimés en 32^e de pouce. D'autres unités de longueur sont utilisées en fonction des différentes procédures de production du coton.

La longueur des fibres donnée par les instruments est généralement indiquée en mm ou en décimales de pouce, sur la base de 25,4 mm par pouce. Aux États-Unis seulement, la longueur donnée par l'instrument peut être en 32^e de pouce. Cela concerne spécifiquement les cotons longs dont les résultats décimaux ne sont pas identiques aux décimales de pouce définies mathématiquement. Les instruments de test donnent cependant souvent la valeur en pouces décimaux ; le *CSITC Testing Guideline* fournit les meilleures informations sur la manière de présenter les résultats de longueur. La majorité des longueurs commercialisées se situent dans la gamme des fibres de taille moyenne à moyenne supérieure, ce qui constitue donc une zone de forte concurrence entre les pays producteurs de coton.

Dans l'arbitrage de l'ICA, les résultats des tests instrumentaux peuvent être utilisés par accord. En l'absence d'accord, l'examen manuel est la position par défaut. Selon l'interprétation commune et les règles de l'ICA, la longueur est une garantie minimale sans application d'une tolérance. Les rabais pour les écarts par rapport à la garantie contractuelle sont fixés pour différentes origines par les organisations nationales du coton et par l'ICA pour le commerce international. Habituellement, les rabais sont exprimés en valeur monétaire basée sur les différences entre les marchés négociés, reflétant la valeur du coton pour les acheteurs et les vendeurs.

L'Accord universel sur les normes du coton (*Universal Cotton Standards Agreement*) ainsi que les réglementations nationales et les recommandations de l'ICCTM/CSITC approuvées au niveau international constituent la base des pratiques et des normes d'essais instrumentaux établies dans les règles commerciales pour le règlement des différends.

6.8 - Utilisation des résultats de longueur pour la filature et la transformation textile

L'influence de la longueur des fibres pour la filature de fibres courtes est évidente. Elle a un impact sur les points suivants : 1) la limite de filage (titre du fil), 2) la résistance et l'uniformité du fil, 3) la pilosité du fil, 4) les casses de fil, car les fibres courtes entraînent un nombre plus élevé de casses, et 5) le produit final, qui peut être affecté en particulier au niveau de la tenue et du lustre du tissu.

La longueur de la fibre est donc le facteur déterminant de la gamme de titres à filer. Elle détermine également si les fibres sont à traiter sur une ligne de filature cardée ou peignée, et quel système de filature utiliser. Des fibres très courtes sont utilisées en filature à rotor, et donc dans des fils plus grossiers. Les fibres longues ne sont pas seulement utilisées pour les fils plus fins, mais passent également au peignage pour améliorer la distribution de longueur ²³.

La longueur de la fibre est, avec la finesse, le paramètre le plus important pour estimer le titre de fil réalisable. En fonction de la longueur de la fibre dans le processus, les distances entre les rouleaux d'étirage du continu à filer sont dérivées et fixées (Figure 18). Si la distance entre

²³ Klein W, The Rieter Manual of Spinning, Vol 1, Technology of short staple spinning; page 14, ISBN10 3-9523173-1-4

les rouleaux est trop grande, les fibres "flottent" et provoquent des points gros ou une forte irrégularité. Si la distance entre les rouleaux est trop faible, les fibres risquent de se rompre et la teneur en fibres courtes augmente ²⁴.

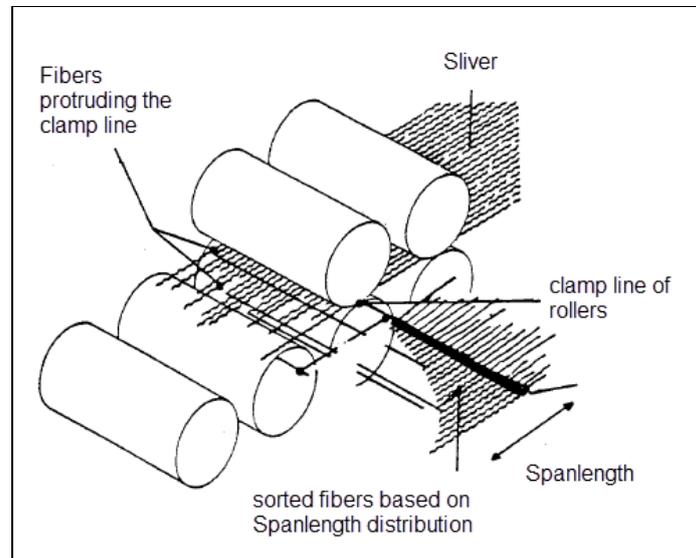


Figure 18 : Distribution de la longueur des fibres dans la zone d'étirage.

La longueur des fibres a un impact important sur les taux de casse de fil en filature à rotor et à anneau ²⁵. Outre l'influence sur la marche en filature, la qualité finale du fil est également influencée par la qualité de la fibre. Ainsi, une longueur de fibre plus faible avec une plus grande quantité de fibres courtes aura un impact négatif sur l'uniformité du fil et les imperfections (points fins, points gros et neps) et augmentera la pilosité du fil ²⁶.

Comme les fibres courtes ne sont pas bien entraînées dans la zone d'étirage, elles flottent de manière incontrôlée et vont donc créer un niveau plus élevé d'imperfections dans les processus suivants - d'abord dans le ruban, et même converties plus tard en mèche et en fil, si aucun processus de doublage ne suit.

²⁴ Schenek A. 2001. Naturfaserlexikon, Spinlab, Knoxville, page 86, Deutscher Fachverlag, ISBN 3-87150-638-9.

²⁵ Sasser P., Textile Asia, 1988, No8, Pages 80-84

²⁶ The Rieter Manual of Spinning, Vol 1, Technology of short staple spinning; Werner Klein, Page 20/21, ISBN10 3-9523173-1-4

7 - Ténacité

La résistance des fibres est considérée comme un paramètre important, car elle a un impact direct sur la résistance ultérieure du fil, puisqu'elle contribue à environ 50 % de la résistance finale du fil. En outre, le facteur de torsion contribue à la liaison des fibres dans la structure du fil et une torsion plus importante permet d'obtenir un fil plus résistant.

Selon les cotons d'étalonnage, deux niveaux sont communs. Le niveau le plus utilisé est aujourd'hui celui des étalons "*Universal Standard High Volume Instrument*" (fournis par l'USDA, USA).

Outre la mesure d'une seule fibre, dans le classement du coton, les fibres sont généralement saisies dans une pince, qui est ensuite placée dans l'unité pour l'essai de traction. Les fibres sont donc testées sous forme de faisceau.

Comme la résistance des fibres dépend de l'humidité, il est important d'effectuer ce test en particulier dans des conditions ambiantes fixes, car la résistance des fibres de coton augmente avec une humidité de l'air plus élevée (teneur en eau de la fibre).

7.1 - Unité, gamme, importance dans le processus d'harmonisation du CSITC

Strength, résistance à la traction ou ténacité, mesurée sur SITC et exprimée en g/tex, gf/tex, ou cN/tex

Nom abrégé ou abréviation : STR.

Gamme habituelle : 15 - 40 cN/tex.

Elongation in % pour allongement.

Nom abrégé ou abréviation : ELONG, E%.

Gamme habituelle : 5 - 9%.

Importance pour le CSITC : La résistance est un paramètre à part entière, et l'allongement, en raison de sa grande variabilité inter-laboratoires et des difficultés données d'étalonnage, n'est actuellement pas au CSITC.

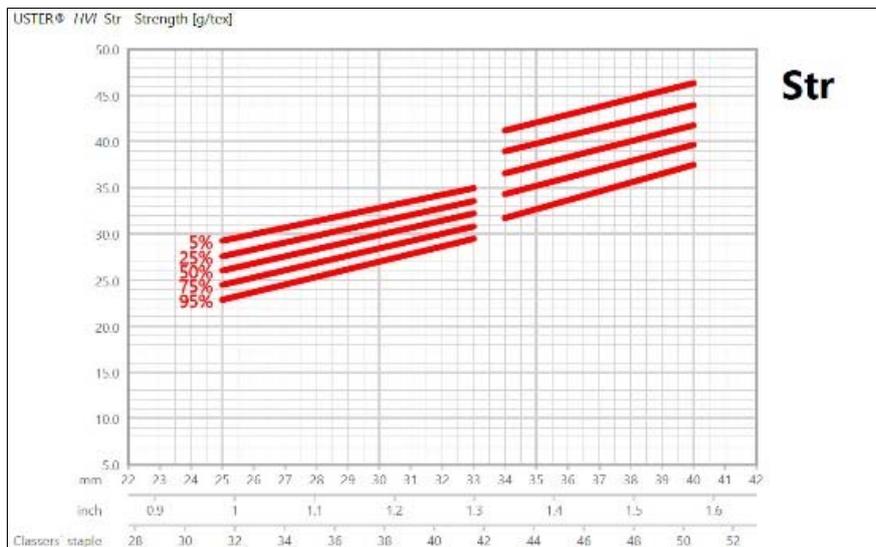


Figure 19 : Strength et Upper Half Mean Length (UHML) [Uster Technologies].

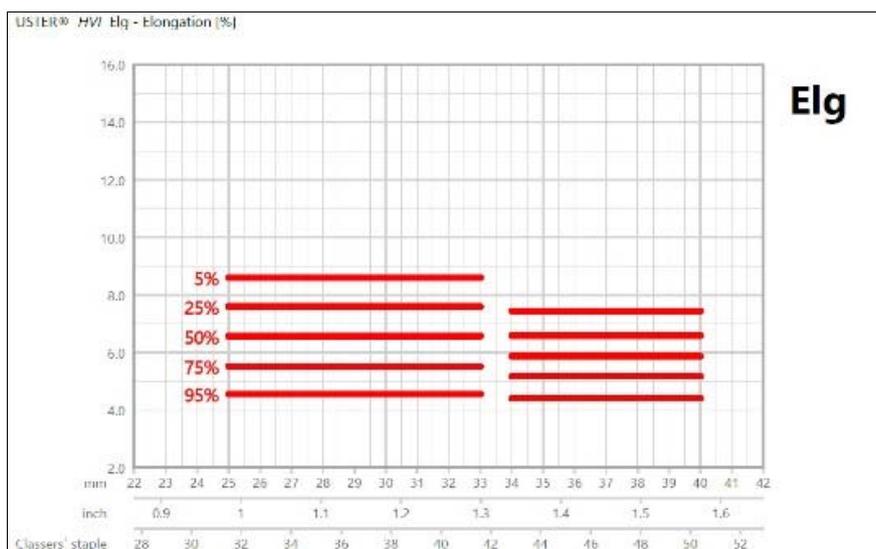


Figure 20 : Allongement et *Upper Half Mean Length (UHML)* [Uster Technologies].

7.2 - Instruments de mesure existant pour la caractérisation de la ténacité

Table 8 : Liste des instruments mesurant la ténacité.

Instrument	Modèle d'instrument	Caractéristique(s) liée(s) mesurée(s) en supplément *
Test sur fibres individuelles	Textechno (Favigraph et Favimat) Lenzing Instruments (Vibroskop et Vibrodyn)	Strength, Tenacity, Elongation, Linear density
Instrument individuel	Textechno (Fibrotest)	Strength, Tenacity, Elongation
Instrument intégré dans les chaînes de mesure instrumentales	Uster Technologies : HVI 1000 Premier : HFT, ART2, ART3 MAG Solvics : HVT Mesdan : CONTEST-F	Length, Tenacity, Elongation Trash, Micronaire

*Dépend du modèle utilisé.

Table 9 : Interprétation ou classification des résultats de ténacité.

Ténacité en cN/tex [Universal et CSITC for Upland cottons]	Description
< 25	Très faible
26 - 31	Faible
32 - 36	Moyen
37 - 40	Fort
> 40	Très fort

Table 10 : Interprétation ou classification des résultats d'allongement.

Allongement (%)	Description
< 5	Très bas
5.0 – 5.8	Bas
5.9 – 6.7	Moyen
6.8 – 7.6	Fort
> 7.7	Très fort

7.3 - Description de toute relation entre les résultats du « classement visuel et manuel » et du « classement instrumental »

Au-delà des impressions expliquées ci-après, une certaine affirmation sur la force n'est pas possible sur la base d'un classement manuel. Il n'y a pas de lien fiable avec les résultats des tests instrumentaux.

Cependant, en tirant les fibres pour former une barbe en fibres, les classeurs expérimentés peuvent donner une indication de plus ou moins grande résistance de fibre dans un échantillon par rapport à un échantillon différent d'une autre origine ou d'une origine particulière. Les fibres plus faibles peuvent causer plus de cassures pendant la formation de la barbe de fibres. Les fibres plus matures et plus fortes sont plus résistantes. En relation avec le retour d'information régulier par des tests instrumentaux et les résultats de qualité perçue des saisons précédentes d'une croissance, une impression grossière peut indiquer un écart par rapport à un résultat habituel.

7.4 - Résultats d'évaluation présent en " classement manuel et visuel " mais absent du " classement instrumental "

Contrairement aux tests instrumentaux, le classement manuel ne peut pas fournir un résultat précis et fiable pour la ténacité.

7.5 - Utilisation des résultats de ténacité pour la production

La résistance de la fibre dépend d'autres propriétés de la fibre telles que la maturité, la finesse mesurant l'impact des conditions de production sur le développement de la fibre lorsqu'elle est sur le pied de coton.

7.6 - Utilisation des résultats de ténacité pour l'égrenage

Un séchage excessif du coton-graine et une utilisation excessive de nettoyeurs de fibre peuvent entraîner des grades plus élevés, mais peuvent aussi causer une réduction de la longueur des fibres (jusqu'à 5%), une diminution de l'uniformité, de la résistance des fibres et de l'allongement avec une augmentation de la teneur en fibres courtes. En effet, les égreneurs sont souvent encouragés à sur-nettoyer le coton, afin d'obtenir une meilleure qualité et un prix plus élevé pour la fibre de coton et donc un meilleur rendement pour le producteur. Malheureusement, cette pratique est souvent au détriment de la qualité de la fibre, car elle peut avoir des effets négatifs sur la longueur et l'uniformité de la fibre, la résistance et l'allongement, les niveaux et la taille des neps et du tégument de la graine, ainsi que sur les niveaux de fibres courtes, ce qui affecte la transformation, les performances et la valeur en aval du coton. L'égrenage représente, en substance, la réalisation d'un compromis entre la teneur en déchets de la fibre et la qualité/intégrité de la fibre, chaque dispositif mécanique ou pneumatique utilisé pour nettoyer et égrener le coton entraînant une détérioration de la qualité de la fibre.

En général, l'effet de l'égrenage sur la résistance des fibres n'est pas si important. La variété et les conditions de croissance ont une plus grande influence. Les égrenages à la scie peuvent endommager les fibres plus que les égrenages au rouleau. La quantité plus élevée de fibres

endommagées dans un faisceau de fibres utilisé pour la mesure de la résistance peut faire baisser quelque peu le résultat du test de résistance.

7.7 - Utilisation des résultats de ténacité pour la commercialisation

La force est la deuxième des trois garanties instrumentales clés pour le commerce international. L'acceptation par le commerce est facilitée par des résultats de tests assez fiables et par la gamme souvent bien connue et typique de résultats de tests pour un coton d'une certaine saison, d'une certaine zone de plantation et d'une certaine norme de qualité.

Selon les règles commerciales internationales de l'ICA, une valeur de résistance dans une description de qualité contractuelle est une garantie minimale sans application d'une tolérance d'essai. Une limite de contrôle doit être convenue séparément.

Habituellement, les décotes pour les écarts par rapport à la garantie contractuelle en dessous d'une valeur convenue sont exprimées en pourcentages du prix du contrat.

L'Accord universel sur les normes du coton (*Universal Cotton Standards Agreement*) ainsi que les réglementations nationales et les recommandations de l'ICCTM/CSITC approuvées au niveau international constituent la base des pratiques et des normes d'essais instrumentaux établies dans les règles commerciales pour le règlement des différends.

7.8 - Utilisation des résultats de ténacité pour la filature et la transformation textile

Le test de traction des fibres de coton est généralement effectué sur faisceau de fibres car il est plus rapide que le test de résistance sur fibre unitaire. Les filatures utilisent la résistance ainsi que la longueur de la fibre, l'uniformité de la longueur et la finesse de la fibre (micronaire) comme paramètres de qualité car ils affectent la résistance du fil. Cela ne concerne pas seulement le fil, mais aussi, plus tard, la résistance du tissu. Par exemple, les tissus qui sont ennoblis 'sans repassage' (pour éviter le repassage) perdent de leur résistance, et donc pour cette application, les cotons à fibres extra-longues avec des valeurs de ténacité élevées sont préférées comme compensation.

La

Table 11 montre les priorités et les paramètres importants pour les différents systèmes de filature ²⁷.

Table 11 : Priorités et paramètres significatifs pour différentes techniques de filature.

Fils classiques	Fils OE ou rotor	Fil par jet d'air
Longueur	Ténacité	Ténacité
Uniformité de longueur	Finesse	Longueur
Ténacité	Propreté	Propreté
Maturité	Longueur	Finesse
Finesse	Uniformité de longueur	Uniformité de longueur
Elongation	Elongation	Elongation
Propreté	Maturité	Maturité
Couleur	Couleur	Couleur

²⁷ Furter R. 2011. Textile Measuring Technology and Quality Control, Uster Technologies.

8 - Couleur

La couleur est l'une des propriétés les plus importantes du coton. Elle peut être influencée par de nombreux facteurs : la variété, les conditions de culture telles que : sol, pluies, gel, insectes et champignons, contact avec le sol, l'herbe, etc., ainsi que par les conditions d'égrenage, de transport et de stockage : humidité et température, emballage des balles, etc.

Traditionnellement, la couleur du coton était évaluée par des évaluateurs de coton d'une manière organoleptique - visuelle. Un expert spécialement formé classe l'échantillon de coton par comparaison visuelle avec un ensemble de normes physiques sous un éclairage standard et/ou selon la description du grade de couleur. Les évaluations visuelles sont effectuées dans des pièces aux murs gris, les échantillons étant placés sur un bureau noir éclairé par une lumière d'une intensité de 1200 lx.

Dans les années 1930, l'USDA a commencé à développer la mesure instrumentale de la couleur. Deux paramètres ont été introduits dans la classification des qualités de coton : le degré de réflectance (Rd) et le jaune (+b). Le degré de réflectance (Rd) indique la luminosité ou le ternissement d'un échantillon et le jaune (+b) indique le degré de pigmentation de la couleur. Le degré de couleur du coton est déterminé de manière instrumentale avec un colorimètre à deux filtres. Cette méthode objective a été développée par Nickerson et Hunter au début des années 1940 pour vérifier les normes de qualité du coton de l'USDA.

Les échelles Hunter utilisées dans le colorimètre pour coton Nickerson Hunter indiquent le pourcentage de réflectance (Rd) sur l'échelle verticale, qui est une mesure de la brillance d'un échantillon, et le degré de jaune (+b) sur l'échelle horizontale (Figure 21). Le code couleur est déterminé par le point d'intersection des valeurs (Rd) et (+b) sur le diagramme du colorimètre Nickerson-Hunter pour les cotons *Upland*. D'autres classifications sont également possibles.

Dans les années 1970, la technologie du colorimètre a été intégrée à la SITC. Le degré de réflectance (Rd) indique la brillance de l'échantillon. Il correspond à la réflectance (Rd) représentée dans le nuancier Nickerson-Hunter. Le degré de jaune (+b) selon la SITC est déterminé en utilisant un filtre jaune. Il représente le degré de pigmentation du coton. Le jaunissement (+b) selon la SITC correspond à la valeur (+b) représentée dans le nuancier Nickerson-Hunter. Le jaunissement (+b) est utilisé en conjonction avec la valeur de réflectance (Rd) pour déterminer le degré de couleur (CG) du coton mesuré par l'instrument.

Normalement, la couleur des différents objets a trois dimensions qui peuvent être déterminées par un spectrophotomètre. Il fournit les données de couleur dans l'espace couleur $L^*a^*b^*$ de la CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). Il s'agit de l'espace couleur standardisé le plus populaire. Le spectrophotomètre permet de déterminer les coordonnées chromatiques suivantes :

- L^* – les coordonnées de luminosité et de chromaticité :
 - a^* – vert / rouge,
 - b^* – bleu / jaune,
- C^* – chromaticité ; c'est l'attribut de couleur utilisé pour indiquer le degré d'écart de la couleur par rapport à un gris de même luminosité chromatique [18],
- h –teinte ; c'est un attribut de la perception visuelle selon lequel une zone semble être similaire à l'une des couleurs, rouge, vert, jaune et bleu, ou à une combinaison de paires adjacentes de ces couleurs considérées dans un anneau fermé.

Certains instruments utilisés pour mesurer la couleur du coton fournissent les coordonnées de couleur L , a^* et b^* .

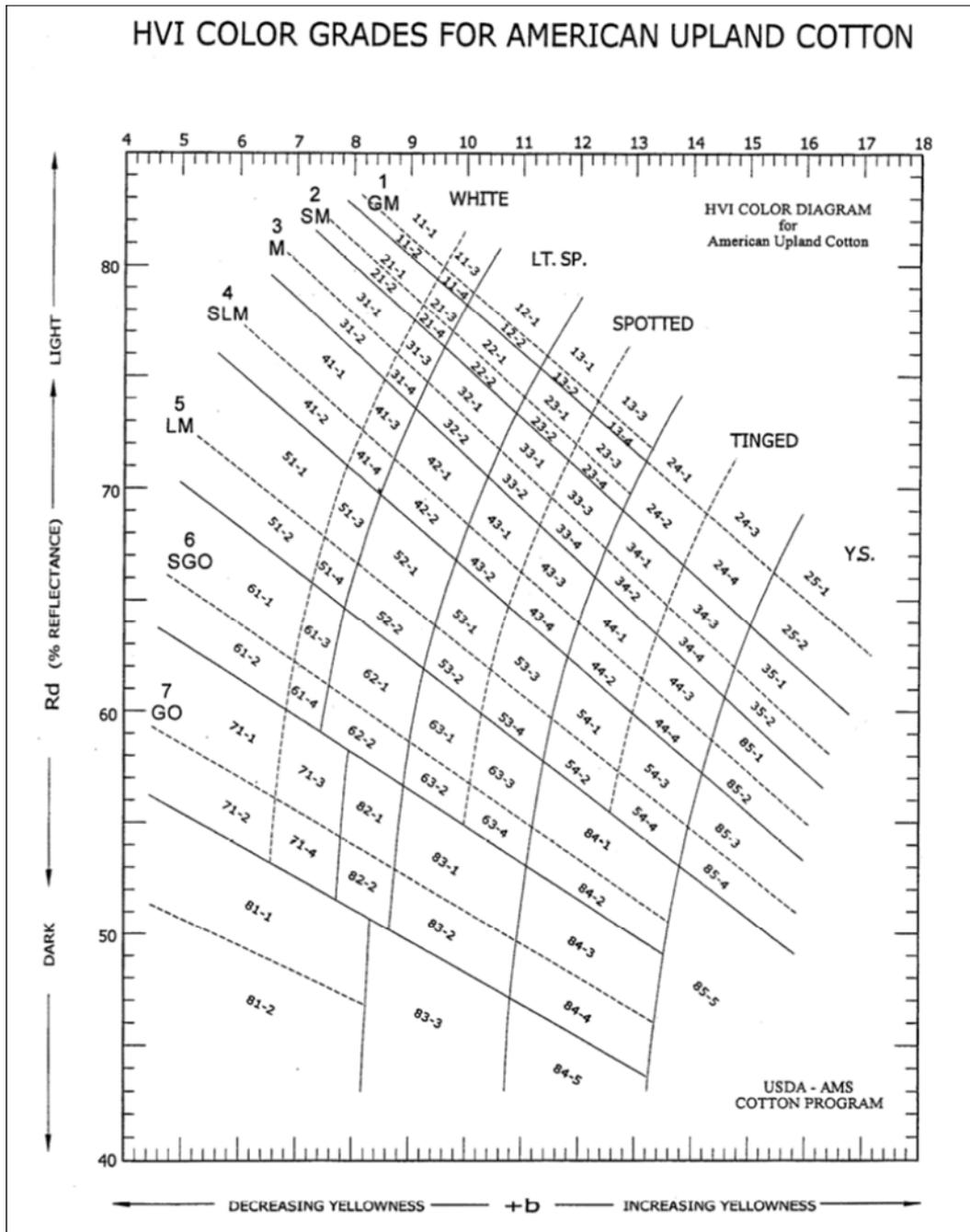


Figure 21 : Le diagramme de couleur de Nickerson-Hunter pour le coton *Upland* ; Source : <http://www.cottoninc.com/fiber/quality/us-fiber-chart/hvi-color-chart/>.

8.1 - Unité, gamme, importance dans le processus d'harmonisation du CSITC

- Grade couleur – CG ; 25 grades de couleur et 5 catégories de sous-grade (Table 13),
- Degré de jaune – (+b) ; gamme selon Figure 21, pas d'unité,
- Réflectance – (Rd) ; gamme selon Figure 21, exprimé en pourcent,
- Brillance – L^* , pas d'unité,
- Coordonnée chromatique a^* (vert / rouge) – a^* , pas d'unité,
- Coordonnée chromatique b^* (bleu / jaune) – b^* , pas d'unité.

Importance pour le CSITC : La réflectance et le jaunissement sont des paramètres à part entière.

Pour convertir Rd et +b en CG de qualité couleur, il existe un tableau qui donne le CG pour tout dixième de l'unité Rd et tout dixième de l'unité +b. Comme le calcul n'est pas linéaire, il n'est pas possible d'appliquer les calculs habituels comme la moyenne ou l'écart-type sur le CG. Les calculs doivent plutôt être effectués pour les valeurs Rd et +b.

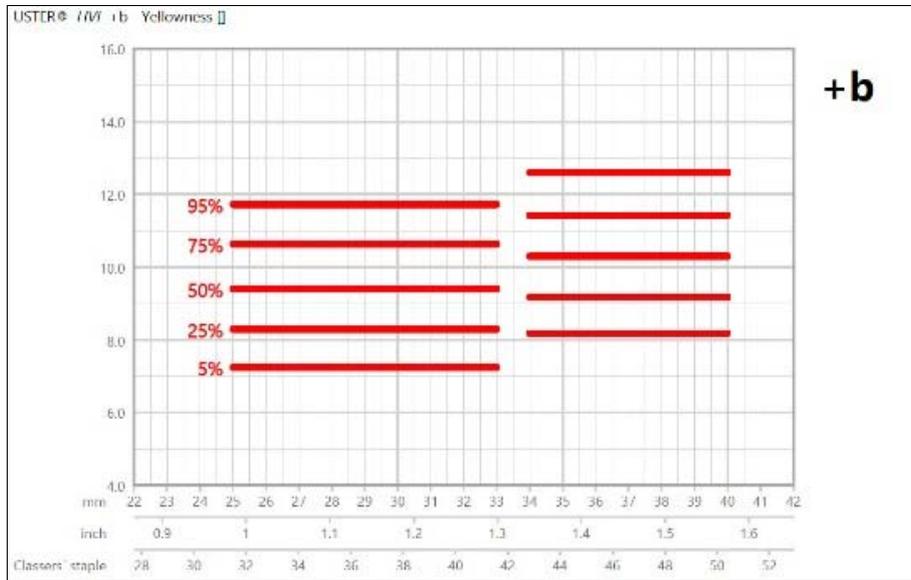


Figure 22 : Indice de jaune et *Upper Half Mean Length* (UHML) [Uster Technologies].

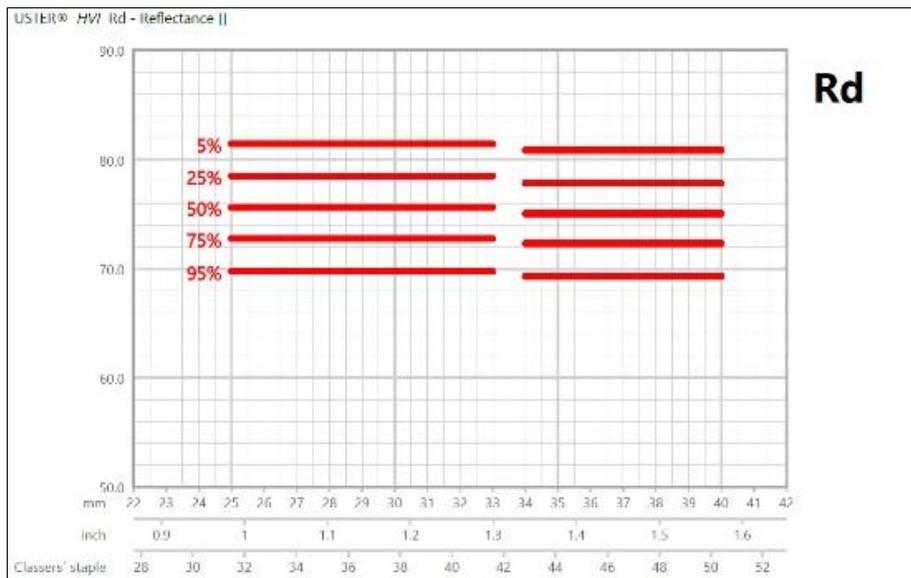


Figure 23 : Reflectance et *Upper Half Mean Length* (UHML) [Uster Technologies].

En outre, sur la base des mesures effectuées à l'ICA Brême sur environ 17 000 échantillons d'origines très diverses en 2016 (Figure 24), le quantile de 10% pour Rd est de 68,7 et le quantile de 90% est de 79,3, et le quantile de 10% pour +b est de 8,2 et le quantile de 90% est de 11,3.

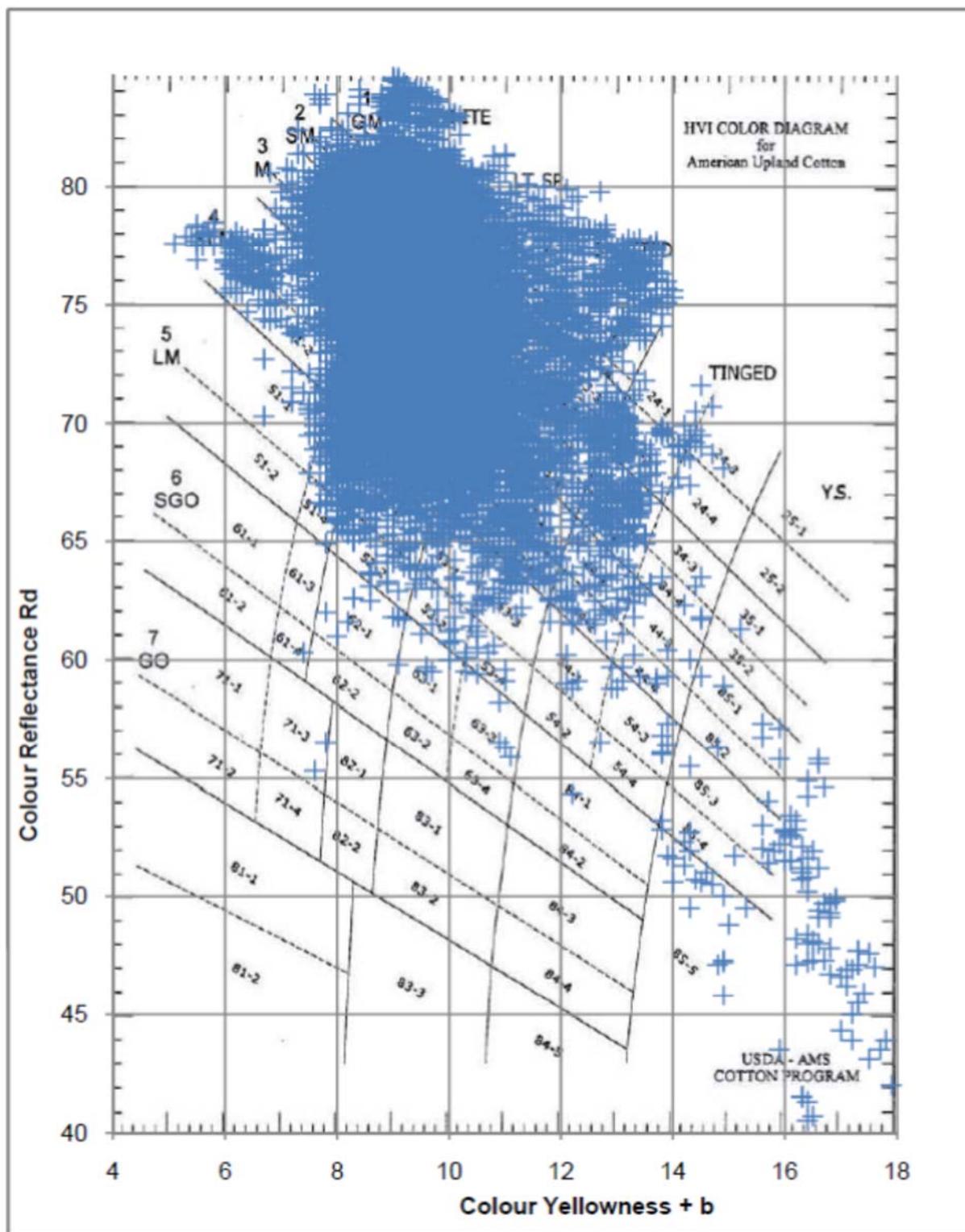


Figure 24 : Carte des résultats de couleurs avec 17 000 points de données par ICA Brême, cotons du monde.

8.2 - Instruments de mesure existant pour la caractérisation de couleur

Table 12 : Liste des instruments mesurant la couleur.

Instrument	Modèle d'instrument	Caractéristique(s) liée(s) mesurée(s) en supplément *
Organoleptique / méthode subjective	Classeurs de coton spécialement formés - comparaison visuelle avec les normes physiques	Leaf Grade, staple length, preparation
Instrument intégré dans les chaînes de mesure instrumentales	Uster Technologies, Premier, MAG Solvics Pvt. Ltd. – mesure directe de : (+b) et (Rd), ensuite calcul de CG (Color Grade)	Length, strength, trash, micronaire
	Fiber Classifying System, Textechno – mesure de (Rd) et (+b), CG, L*, a*, b*	Micronaire, length, strength, neps et trash, Leaf Grade
	Contest-F – mesure de (Rd), (+b), et CG	Trash, neps, length, stickiness, micronaire, maturity
Instrument individuel	Mesure directe avec spectrophotomètre de L*, a*, b*	C* – chroma ; h – angle de teinte
	Digi Eye, mesure de L*, a*, b* à partir d'image numérique	

- *Dépend du modèle utilisé.

8.3 - Description de toute relation entre les résultats du « classement visuel et manuel » et du « classement instrumental »

Selon la revue de la littérature, l'accord entre la notation visuelle et la notation instrumentale est d'environ 70 % ²⁸. Pour le coton non originaire des États-Unis, la compatibilité entre le classement et le classement SITC est plus faible, à environ 50 à 75 % ²⁹.

En général, il existe une relation suffisante et au moins compréhensible entre les lectures des tests instrumentaux et le classement manuel tant que l'évaluation de la qualité est liée aux normes universelles *Universal Standards for American Cotton*. Une mauvaise préparation, des taches distinctes et grandes, des défauts d'égrenage ou des échantillons sales influencent davantage la mesure par les instruments que par le classement visuel.

En raison de l'augmentation des cadres des grades en dehors des descriptions normales comme les grades de couleur 83 à 85, les classeurs manuels peuvent donner un classement plus détaillé du coton que celui fourni par la SITC.

Le classement manuel des couleurs est lié à un ensemble de normes applicables à une origine. Il existe différentes normes dans les pays producteurs de coton qui sont utilisées pour le classement de la couleur. En termes de détermination de la couleur, ces normes combinent généralement la réflectance, le jaunissement et la brillance du coton ainsi que la préparation, qui peuvent influencer la lecture de la couleur.

Pour les tests instrumentaux sur le côté des filatures, les valeurs mesurées pour la réflectance et le jaunissement sont converties en grades de couleur des *Universal Standards for American Cotton*. À cet égard, il est souvent difficile de comparer les normes applicables pour différentes origines avec les lectures de couleur instrumentales, bien qu'une corrélation soit possible sur

²⁸ Duckett K., Ghorashi H., Zapletalova T., M. D. Watson. 1999. Color Grading of Cotton. Part I: Spectral and Color Image Analysis, *Textile Research Journal* 69 (11), pp. 878-886.

²⁹ Matusiak M., A. Walawska. 2010. Some Aspects of Cotton Color Measurement, *Fibers & Textiles in Eastern Europe* 2010, Vol. 18, No. 3 (80), pp. 17-23.

la base d'une comparaison avec les boîtes de *Universal Standards for American Cotton* physiques et de l'expérience.

8.4 - Résultats d'évaluation présent en « classement manuel et visuel » mais absent du « classement instrumental »

La préparation - évaluée visuellement - exprime un aspect général des fibres et des touffes de fibres. Elle fait référence au degré de rugosité ou de douceur du coton égrené ³⁰.

Les boîtes standard physiques de certains pays couvrent une légère gamme de couleurs, alors que d'autres ne présentent qu'un seul grade de couleur. Dans tous les cas, la couleur la plus basse détermine le résultat acceptable pour ce grade spécifique. Chaque grade représente des degrés du grade inférieur suivant.

Les instruments de test utilisés commercialement ne font pas une très bonne distinction entre les taches et le jaunissement général. L'influence de la préparation de l'échantillon sur la mesure de la couleur peut difficilement être évaluée.

En raison du type de mesure instrumentale de la couleur, un coton jaune uniforme du fait des variétés plantées et des pratiques de production peut être plus dévalué qu'il n'est économiquement approprié.

Pour le coton en dehors de la gamme normale et à l'extrémité inférieure de la gamme de qualité, le classement instrumental pourrait donner une description insuffisante de la qualité du coton

8.5 - Utilisation des résultats de couleur pour la production

L'amélioration de la couleur peut être obtenue en récoltant le coton le plus tôt possible. Lorsqu'une capsule s'ouvre pour la première fois, la fibre est blanche et propre en raison de la nature hautement réfléchissante de la cellulose et de l'absence de dégradation microbienne. Si les fibres sont mouillées par la pluie, il est conseillé d'attendre que la culture sèche et se blanchisse au soleil et au vent, avant de la récolter. Cependant, lorsque la fibre est exposée à l'humidité pendant une longue période, elle peut devenir grise et terne en raison de la croissance de champignons à sa surface ³¹.

8.6 - Utilisation des résultats de couleur pour l'égrenage

Les *lint-cleaners* éliminent les particules de feuilles, l'herbe, les *motes*, les tiges, l'écorce, les graines, les déchets fins, le sable et la poussière, et peuvent améliorer le grade du coton, en éliminant les matières étrangères ainsi qu'en mélangeant les taches jaunâtres.

8.7 - Utilisation des résultats de couleur pour la commercialisation

La couleur dans le cadre de la description du grade est l'une des principales garanties des contrats internationaux sur le coton, qui peut être évaluée par des tests instrumentaux ainsi que par un classement manuel.

La couleur est un critère de base, qui décide de la classification de la qualité des matières premières du coton selon les normes universelles *Universal Standards for American Cotton* du coton acceptées dans le monde entier et utilisées couramment dans de nombreux pays comme norme pour les cotons cultivés aux États-Unis et ailleurs. Le *color grade* est déterminé selon les normes officielles *Universal Standards for American Cotton* pour les cotons *Upland*, et est une combinaison de (Rd) et (+b) selon les résultats de la SITC.

³⁰ Anthony W.S., W. D. Mayfield. 1994. Cotton Ginners Handbook, USDA.

³¹ A basic guide to cotton pricing and quality, Cotton Info, January 2017, available on: <https://www.cottoninfo.com.au/>.

Un code de couleur à trois chiffres est déterminé en localisant le point d'intersection des valeurs (Rd) et (+b) sur le graphe de couleur (Figure 21).

De grandes différences de couleur existent entre les cinq groupes (Table 13):

- *White*,
- *Light spotted - LtSp*,
- *Spotted - Sp, a*
- *Tinged - Tg*,
- *Yellow' stained - YS*

Dans chaque classe, la réflectance ou la blancheur de la fibre est évaluée à travers huit autres niveaux allant de *Good Middling (GM)* à *Below Grade (BG)* (Table 13).

Il existe actuellement 25 catégories officielles et physique de grade de couleur pour le coton *Upland* et cinq catégories pour les couleurs inférieures. Quinze de ces qualités sont représentées sous forme physique par des boîtes de coton représentant la gamme complète de chaque grade (Figure 25), tandis que les dix autres qualités et les cinq catégories de couleur inférieure sont des descriptions de standards physiques.

Table 13 : Grades de couleur des cotons *Upland* (* - Standards physiques des grades de couleur ; # - Standards physique des *leaf grade*).

	White	Light spotted	Spotted	Tinged	Yellow stained
Good Middling (GM)	11*	12	13	-	-
Strict Middling (SM)	21*#	22	23*	24	25
Middling (M)	31*#	32	33*	34*	35
Strict Low Middling (SLM)	41*#	42	43*	44*	-
Low Middling (LM)	51*#	52	53*	54*	-
Strict Good Ordinary (SGO)	61*#	62	63*	-	-
Good Ordinary (GO)	71*#	-	-	-	-
Below Grade (BG)	81	82	83	84	85

Le grade de couleur est indiqué par un nombre à trois chiffres, comme 41-1, qui est le grade de base actuel. Plus le chiffre est bas, mieux c'est ; par exemple, un 31-1 est supérieur au grade de base de 41-4. Pour plus d'information, voir le *CSITC Testing Guideline*.

Il existe d'autres systèmes de standards dans différents pays producteurs de coton qui jouent un rôle dans le commerce du coton à l'intérieur d'un pays ou dans le processus d'approvisionnement pour l'exportation. Ces standards reflètent les variétés utilisées et les pratiques de production ainsi que les influences environnementales. Pour évaluer le coton selon ces systèmes par rapport aux mesures SITC, il est nécessaire de disposer d'une expérience et d'une base de données pour créer un contrat dont le risque de qualité est faible.

Le fait que certaines parties des mesures SITC soient largement utilisées par les filatures pour comparer différentes qualités et origines a des incidences sur les pratiques commerciales et sur le contenu des garanties de qualité contractuelles. Selon les règles ICA, il n'y a pas de différences de valeurs pour les mesures de couleur. Les décotes pour la couleur sont incorporées dans les écarts de qualité exprimés en valeur monétaire sur la base des différences de marché négociées pour les différentes qualités.



Figure 25 : Exemple de standard physique de grade de couleur ³².

8.8 - Utilisation des résultats de couleur pour la filature et la transformation textile

La réduction de la couleur affecte négativement l'efficacité de la filature et diminue les propriétés de teinture des fibres. De ce fait, la détérioration de la couleur indique une efficacité de traitement moindre et, en même temps, une valeur marchande plus faible pour le coton.

La préparation de groupes de balles en filature doit tenir compte de l'homogénéité de la couleur des balles (voir également 10.1 - ³³). Dans d'autres cas, il existe un risque de nuances de couleur dans le fil. Pour garantir l'uniformité des produits finis (fils et tissus), le coton doit être mélangé à partir de plusieurs balles afin de rendre la longueur et la couleur du mélange de coton aussi uniformes que possible. La dégradation des couleurs affecte également la capacité des fibres, et en même temps des produits textiles fabriqués à partir de ces fibres, à absorber et à retenir les colorants et les produits d'ennoblissement.

³² Overview of USDA HVI Cotton Classification Standards and Qualification Materials, USDA, available on: < <http://cotton.tamu.edu>>.

³³ Majumdar M., Majumdar P.K., Sarkar B. 2004. Selecting Cotton Bales by Spinning Consistency Index and Micronaire Using Artificial Neural Networks, *Autex Research Journal*, Vol. 4, No1, 2004.

9 - Trash count et Trash area

Les trash (déchets de coton) sont définis comme étant les matériaux non fibreux trouvés dans un échantillon de coton. Les déchets sont mesurés en termes de nombre de particules et de pourcentage de surface des particules non fibreuses trouvées à la surface d'un échantillon de coton pressé. Plus précisément, le nombre de particules est défini comme le nombre de particules mesurées sur une surface de coton pressé de 58 cm². Le pourcentage de surface est mesuré en même temps que le nombre de particules et est une mesure de la surface totale de ces particules non fibreuses comptées divisée par la surface du coton contenant ces particules. Comme la partie non fibreuse d'un coton est généralement composée principalement de particules de feuilles, la mesure des déchets est généralement considérée comme une mesure de la teneur en feuilles. Des mesures par type individuel de particules non fibreuses (telles que l'écorce, l'herbe et les enveloppes de graines) sont en cours d'élaboration, mais ne sont pas couramment utilisées à l'heure actuelle.

Les éléments de détection de la mesure des déchets de coton et de la mesure de la couleur du coton sont contenus dans le même boîtier physique de l'instrument de contrôle du coton. Lorsqu'un échantillon de coton est pressé contre la fenêtre d'observation en verre du boîtier de l'instrument de détection, une caméra vidéo capture une image éclairée de l'échantillon de coton en même temps que les capteurs à photodiode évaluent la couleur globale de l'échantillon. L'image numérisée de la caméra vidéo est analysée à l'aide d'un logiciel spécialisé dans l'instrument pour quantifier à la fois le nombre de particules et le pourcentage de surface des déchets. L'information sur la couleur obtenue par les capteurs à photodiode est utilisée strictement pour déterminer la couleur globale de l'échantillon et n'a aucune influence sur les mesures des déchets.

Les instruments de classification du coton qui mesurent les déchets sont calibrés sur des carreaux de calibrage des déchets fournis par l'USDA. Les carreaux de calibrage des déchets de l'USDA sont étalonnés sur les *USDA Universal Cotton Trash Standards* qui établissent des niveaux normalisés pour le comptage des particules et la surface en pourcentage des déchets.

Le *Leaf grade* est un facteur important de commercialisation du coton, traditionnellement déterminé par le classeur manuel. Comme la classification du coton basée sur des instruments remplace le classement manuel, le comptage des déchets et les mesures de surface remplacent le classement manuel comme base pour déterminer le grade des feuilles. La technologie de numérisation et de traitement d'images numériques offre un degré élevé de précision dans la quantification du contenu des déchets de coton. En conséquence, les conversions du comptage des déchets et des mesures de surface en *Leaf grade* sont de plus en plus courantes. La plupart des instruments de classement du coton permettent de déterminer la qualité des feuilles sur la base des mesures des déchets. Depuis 2011, l'USDA utilise le classement *Leaf grade* instrumental comme seul moyen dans la classification du coton américain.

9.1 - Unité, gamme, importance dans le processus d'harmonisation du CSITC

Le comptage des particules de déchets est le nombre de particules mesurées sur une surface de 58 cm² d'échantillon de coton balayé. La surface des déchets est indiquée en pourcentage de la surface des déchets trouvée sur la même surface d'échantillon de coton balayée.

Nom abrégé ou abréviation : *Trash count / trash area*.

Gamme habituelle pour *trash count* : de 2 à 100.

Gamme habituelle pour *percent trash area* pour cotons *Upland* : de 0.05 à 1.00.

Importance pour le CSITC : *Trash count* et *trash area* sont des paramètres facultatifs pour le CSITC.

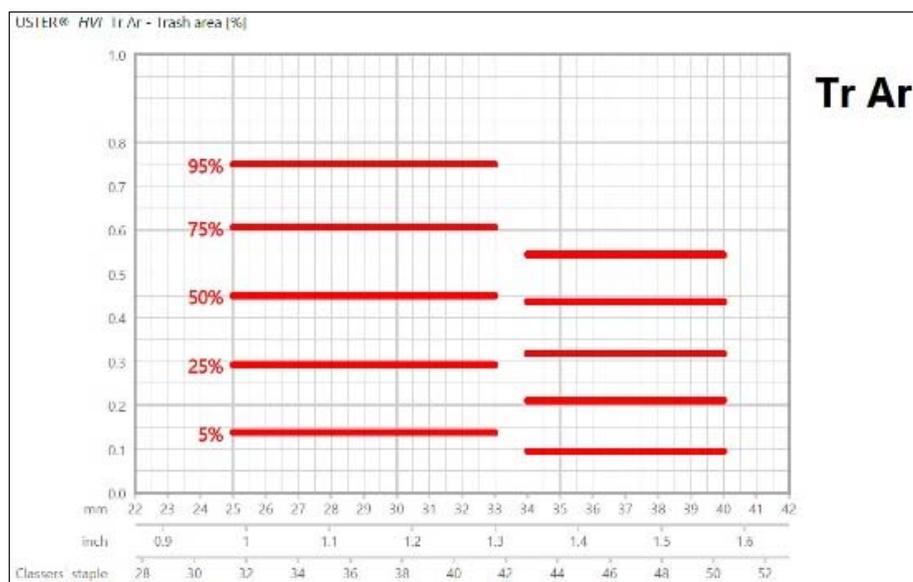


Figure 26 : Trash Area et Upper Half Mean Length (UHML) [Uster Technologies].

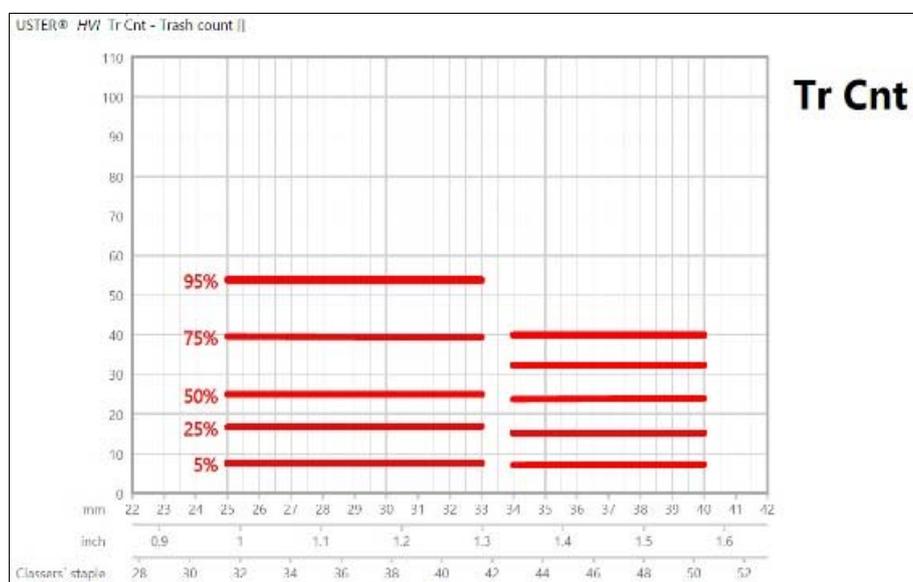


Figure 27 : Trash Count et Upper Half Mean Length (UHML) [Uster Technologies].

9.2 - Instruments de mesure existant pour la caractérisation de trash

Table 14 : Liste des instruments mesurant les trash.

Instrument	Modèle d'instrument	Caractéristique(s) liée(s) mesurée(s) en supplément *
Instrument intégré dans les chaînes de mesure instrumentales	Uster Technologies, Premier, MAG SITCs, Contest-F	Length, strength, micronaire, couleur ...
Instrument individuels	Uster 760, TexTechno Optotest Shirley Tester, Premier G-Trash, Uster Technologies, Textechno MDTA3 et MDTA 4	extechno Optotest : couleur, neps MDTA4 : Length

- *Dépend du modèle utilisé.

9.3 - Description de toute relation entre les résultats du « classement visuel et manuel » et du « classement instrumental »

Pour les cotons *Upland*, le nombre et la surface des déchets sont souvent convertis en *leaf grade* instrumental au lieu du *leaf grade* déterminé manuellement. Certains instruments calculent et fournissent en interne le *leaf grade* instrumental comme paramètre supplémentaire. En outre, certaines organisations, comme l'USDA, utilisent leurs propres instruments pour convertir leurs résultats en *leaf grade* instrumental (Table 15).

Table 15 : Conversion entre *trash area* et *leaf grade*.

<i>Leaf Grade</i> par le classeur	Instrument Trash % Area Limites
1	< 0.18
2	< 0.28
3	< 0.44
4	< 0.63
5	< 0.87
8	< 1.14
7	< 1.42
8	>= 1.42

Le contenu en déchets mesuré par SITC a une bonne relation avec les *leaf grade* déterminées par classement manuel par rapport aux boîtes des *Universal Standard*. En raison de l'augmentation du nombre de descriptions des grades inférieurs utilisés pour les tests instrumentaux, les classeurs peuvent donner un classement plus détaillé du coton que le *Leaf Grade* fourni par la SITC.

Il n'y a guère de relation entre les normes physiques établies et les valeurs mesurées par SITC pour les autres origines que les États-Unis. Une comparaison n'est possible que si elle se fonde sur l'expérience et les résultats historiques en matière de qualité.

L'évaluation du contenu en *trash* par classement manuel peut différer des résultats du *Leaf Grade* instrumental en raison du type de *trash*.

The evaluation of the trash content by manual classing can differ from the 'HVI Leaf Grade' results due to the type of the trash content.

9.4 - Résultats d'évaluation présent en « classement manuel et visuel » mais absent du « classement instrumental »

Le classement manuel permet de séparer les déchets sous leurs différents aspects, comme la quantité de feuilles, la taille des feuilles et la part de matières étrangères. En revanche, dans les tests SITC pour le coton *Upland*, la surface des déchets n'est comptée que pour la détermination du *leaf grade* en fonction de l'origine du coton.

Les matières étrangères, en particulier les parties de la plante de coton à l'exception des fibres, sont souvent incluses dans les normes physiques des pays producteurs de coton autres que les États-Unis.

La plupart des matières étrangères dans un échantillon de coton, les parties sales et les défauts d'égrenage ne peuvent être détectés que par un examen visuel des échantillons.

9.5 - Utilisation des résultats de Trash count et de Trash area pour la production

Les mesures des déchets fournissent au producteur des informations concernant les décisions de gestion, y compris la sélection des variétés et les techniques de récolte. Les différentes

variétés de coton ont des caractéristiques de feuilles différentes. Par exemple, les variétés de coton à feuilles pileuses ont tendance à avoir un contenu en déchets plus important que les variétés à feuilles lisses, car les feuilles pileuses adhèrent plus à la fibre de coton que les feuilles lisses. En ce qui concerne la récolte, la teneur en déchets du coton récolté mécaniquement est généralement plus élevée que celle du coton récolté manuellement. L'efficacité de la défoliation des feuilles pour le coton récolté mécaniquement peut également être évaluée à l'aide de mesures des déchets.

Dans de nombreux pays où la majorité du coton est encore cueilli à la main, quelques standards établis de coton-graine sont utilisés pour classer la production de l'agriculteur et décider du niveau de la prime ou de la décote à appliquer. En général, ces standards reflètent la couleur, la teneur en déchets et d'autres paramètres de qualité du coton-graine. Ces standards sont des boîtes physiques. Les lectures instrumentales ne jouent généralement aucun rôle à ce stade.

9.6 - Utilisation des résultats de Trash count et de Trash area pour l'égrenage

Les mesures des déchets fournissent à l'égrenage des informations précieuses pour prendre des décisions de contrôle du processus afin d'optimiser l'équilibre entre l'enlèvement des déchets et la qualité des fibres. Il faut trouver l'équilibre optimal entre l'amélioration de la qualité des feuilles (réduction de la quantité de déchets) et la préservation de la qualité des fibres afin de maximiser la valeur des balles.

L'introduction de la récolte mécanique, et la pratique qui en résulte d'une récolte unique à l'aide d'ouvraison forcée des capsules et de défolians chimiques, a conduit à un coton plus chargé, plus variable et parfois à un taux d'humidité plus élevé dans les égreneurs. Cela a conduit à des systèmes de séchage et de nettoyage plus étendus et, comme le grade joue toujours un rôle crucial dans la détermination du prix payé pour le coton, les égreneurs sont souvent obligés de sur-nettoyer le coton pour obtenir un grade élevé, ce qui entraîne un prix plus élevé pour la fibre de coton et donc un meilleur rendement pour le producteur. Un nettoyage de fibres mécanique agressif combiné au séchage peut être très efficace pour réduire la teneur en déchets, mais cela est souvent au détriment de la qualité des fibres, car cela peut nuire à la longueur et à l'uniformité des fibres, aux niveaux de neps et de SCF et à la taille, ainsi qu'aux niveaux de fibres courtes, ce qui affectera la performance textile et la valeur du coton.

Le poids des balles est un autre facteur qui doit être pris en compte dans le calcul de la valeur des balles, car l'efficacité du retrait des déchets influe sur le poids commercialisable de la balle. Un nettoyage mécanique agressif des fibres peut réduire le poids des balles jusqu'à 27 kg et réduire le rendement de l'égrenage jusqu'à 2 %.

L'inspection visuelle du coton graine et un classement manuel en liaison avec une séparation appropriée et un mélange soigneux des différentes livraisons de coton graine peuvent aider à homogénéiser les balles de coton produites à l'égrenage.

9.7 - Utilisation des résultats de Trash count et de Trash area pour la commercialisation

En ce qui concerne le commerce international du coton brut, le contenu des déchets est généralement considéré dans un contrat comme faisant partie de la garantie de qualité, représentée par un standard convenu ou un échantillon adapté au type. Dans ce cas, on considère généralement que les déchets et la couleur représentent chacun environ la moitié de la valeur.

Dans certains pays, le poids des déchets en pourcentage fait généralement partie de la garantie de qualité d'un contrat. La méthode de test doit être convenue dans un contrat.

Dans la mesure où la récolte d'un pays est évaluée par des tests SITC, il peut arriver qu'une garantie distincte pour le contenu des déchets soit convenue sur la base des *Universal Cotton Standards* représentant les *Leaf Grade*.

Le contenu des déchets peut représenter une part importante du poids livré et son type peut influencer la suite du traitement. En outre, une teneur élevée en déchets peut être une première indication d'autres défauts de qualité possibles.

D'une manière générale, une teneur élevée en petites particules de feuilles réduit les descriptions de grade, tout comme une teneur plus élevée en matières étrangères. Sauf pour certaines associations cotonnières pour lesquelles un pourcentage de déchets doit être convenu, il n'y a pas de décote spéciale pour la seule teneur en déchets. Les différences de valeur pour le grade doivent être prises en compte.

9.8 - Utilisation des résultats de Trash count et de Trash area pour la filature et la transformation textile

La connaissance du contenu des déchets dans la balle de coton est importante pour les filatures. Tout *trash* restant dans le coton égrené est un déchet pour l'usine et doit être enlevé pendant le traitement à la filature. L'impact du contenu des déchets est déterminé par la quantité de déchets retirés dans la salle de nettoyage et dans les processus de cardage et de peignage. En filature, les déchets influencent la qualité du fil en ce qui concerne les défauts ainsi que les rendements de filage plus faibles et le nombre de casses en filature. Une teneur plus élevée en déchets a également une incidence sur le coût de la matière première des balles de coton pour l'usine. Les usines achètent des balles de coton en fonction du poids total de la balle, qui comprend à la fois les fibres et les déchets. Une teneur élevée en déchets signifie que l'usine paie plus de déchets proportionnellement à la fibre de coton souhaitée.

10 - Autre paramètres mesurés

10.1 - Spinning Consistency Index

Le *Spinning Consistency Index* (SCI) est un paramètre intégré des résultats des instruments à haut volume (SITC), comprenant tous les résultats d'une mesure de SITC. Le SCI est basé sur des calculs de régression entre les propriétés des fibres mesurées par le SITC et les propriétés des fils filés classique à l'anneau, incluant 160 échantillons par an pendant 5 années consécutives. La gamme couvre une longueur d'au moins 24 à 35 mm, une résistance de 18 à 36 g/tex, un micronaire de 2,8 à 5,8.

Un SCI similaire pour deux échantillons signifie que les propriétés réalisables des fils de ces échantillons sont similaires. L'utilisation du SCI simplifie la gestion de l'entrepôt.

Le SCI peut idéalement être utilisé pour prendre en compte toutes les propriétés des fibres dans les systèmes de gestion des balles. En utilisant le SCI, la consistance de la matière première peut être maintenue et la variation de la matière première au sein et entre les balles et groupes de balles peut être contrôlée. En pratique, la filature utilisera certaines propriétés spécifiques (comme le Micronaire) plus le SCI pour couvrir toutes les autres propriétés pertinentes (voir paragraphe 4 -).

La formule du SCI est (en mode d'étalonnage HVICCS) :

$$\text{SCI} = -414.67 + (2.9 \times \text{Strength}) - (9.32 \times \text{Mic}) + (49.17 \times \text{UHML en pouce}) + (4.74 \times \text{Uniformity Index}) + (0.65 \times \text{Rd}) + (0.36 \times +b).$$

Si les informations de couleur ne sont pas disponibles, alors l'équation du SCI est :

$$\text{SCI} = -322.98 + (2.89 \times \text{Strength}) - (9.02 \times \text{Mic}) + (45.53 \times \text{UHML en pouce}) + (4.29 \times \text{Uniformity Index}).$$

Si l'UHML est indiquée en mm au lieu d'en pouce, la constante pour l'UHML (49.17 ou 45.53) doit être divisée par 25.4.

Actuellement, le SCI est uniquement utilisé pour la transformation du coton, bien qu'il constitue un paramètre approprié pour obtenir une première impression de la qualité des balles et de la variation de qualité entre les balles à des fins commerciales également.

La fourchette typique du SIC se situe entre 100 et 150 pour les peluches, mais peut descendre jusqu'à 50 pour les échantillons très courts/faibles, ou peut dépasser 200 pour les échantillons très longs/forts ³⁴.

Importance pour le CSITC : SCI n'est pas pris en compte au CSITC.

Cette caractéristique n'a rien à voir avec le classement manuel et, pour autant que l'on sache, elle n'a aucune pertinence pour le commerce international.

³⁴ Remarque particulière : pour les échantillons de ruban de peignage ou de déchets (qui n'entrent pas dans le cadre de ce document), les résultats peuvent même être inférieurs à zéro.

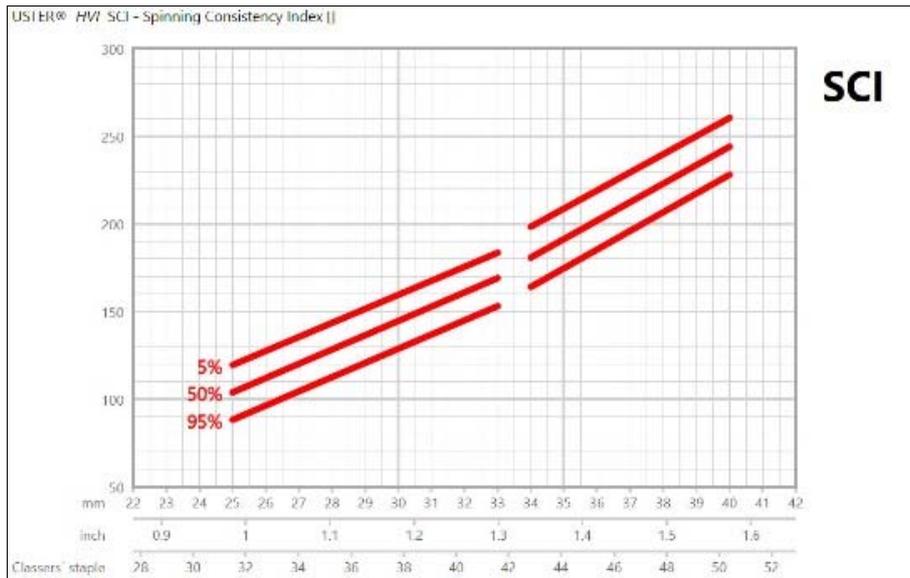


Figure 28 : *Spinning Consistency Index* et *Upper Half Mean Length* (UHML) [Uster Technologies].

10.2 - Amount

L'« *Amount* » est une indication de la quantité de fibres donnée dans l'échantillon d'essai réel ("peigne") lors de la mesure avec le module longueur/résistance des instruments SITC ³⁵.

Un faible *amount* signifie que toute la largeur du peigne n'est pas utilisée et/ou que des espaces dans la barbe peuvent être observés. Ainsi, le nombre de fibres n'est pas suffisant et la mesure de la résistance est donc moins précise. Un fort *amount* signifie que de nombreuses fibres sont superposées dans le système optique, ce qui introduit des écarts systématiques.

En règle générale, les limites autorisées pour l'*amount* sont fixées dans les instruments de 350 à 750. Les barbes sortant de cette fourchette sont automatiquement exclues de la mesure / des résultats.

Il n'y a absolument aucune utilisation de ces informations à des fins commerciales. Par conséquent, le résultat du montant ne doit faire partie d'aucun certificat de résultat ou d'un calcul à quelque fin que ce soit dans la chaîne de valeur ajoutée du coton.

Importance pour le CSITC : actuellement pas au CSITC.

Cette caractéristique n'est pas utilisée pour la commercialisation ou le classement manuel.

10.3 - Teneur en eau (*Moisture content*)

La méthode d'essai standard pour les essais à grand volume sur le coton définit que les échantillons doivent être conditionnés à leur équilibre de teneur en eau avant d'être testés (ASTM D 5867). Les conditions de température et d'humidité appropriées du laboratoire pendant le test sont fixées à 21°C +/- 1 et 65% d'humidité +/-2 (ASTM D1776).

Dans ces conditions, les échantillons de coton présentent généralement une teneur en eau d'équilibre de 7,5 % en moyenne, avec une fourchette typique de 6,75 à 8,25 % (sur la base du poids sec). Les échantillons de coton immatures ont tendance à absorber moins d'humidité que le coton mature ; et les échantillons de coton extra fin (*G. barbadense*) ont tendance à présenter une teneur en eau légèrement inférieure également. Dans les deux cas, la teneur en eau mesurée peut se situer au niveau inférieur de la fourchette, voire légèrement en dessous.

³⁵ Notez que l'"*amount*" dans le peigne FIBROTEST est en fait un poids - donc l'"*Amount*" devient la véritable masse de l'échantillon.

Grâce au résultat de teneur en eau fourni par l'instrument (donné sur la base du poids sec), il est possible de voir si la teneur en eau réelle de l'échantillon se situe dans la plage typique de la teneur en eau d'équilibre. Néanmoins, la condition requise pour l'essai est le conditionnement approprié à la teneur en humidité d'équilibre de l'échantillon spécifique à 21°C / 65%, et NON la teneur en eau de l'échantillon donné.

En supposant une bonne gestion de la qualité du laboratoire, y compris une centrale de traitement de l'air et un conditionnement des échantillons adéquats, la teneur en eau n'est pas pertinente pour l'utilisation ultérieure des résultats des tests, mais uniquement pour que le laboratoire assure un conditionnement adéquat.

En plus de la mesure de la teneur en eau SITC, la teneur en eau devrait être mesurée dans les laboratoires d'essai du coton à l'aide d'appareils manuels de mesure de l'humidité séparés (généralement basés sur la mesure de la résistance électrique) :

- avant que les échantillons soient conditionnés, afin d'assurer le conditionnement du côté sec,
- avant les tests SITC, car les informations sur l'humidité SITC ne sont données qu'avec les résultats des tests et non à l'avance.

La teneur en eau des échantillons en laboratoire ne reflète pas la teneur en eau des balles, car les échantillons adaptent leur teneur en eau assez rapidement aux conditions données.

Importance pour le CSITC : actuellement pas au CSITC.

10.3.1 - Utilisation des résultats de teneur en eau pour la production

Une humidité élevée ou la pluie pendant la récolte ou le stockage du coton peut provoquer une décoloration de la fibre de coton. La récolte à la machine du coton humide peut provoquer des torsions et des nœuds et influencer la préparation du coton égrené.

10.3.2 - Utilisation des résultats de teneur en eau pour l'égrenage

Un sujet indépendant est la teneur en eau du coton graine lors de l'égrenage. Parmi les différents paramètres d'égrenage, la teneur en eau des fibres et le nettoyage des fibres, séparément ou en combinaison, déterminent principalement la qualité des fibres et les performances de traitement ultérieures, en termes de taux de casse et de résistance du fil. La teneur en eau du coton graine est particulièrement importante dans le processus d'égrenage. Le coton-graine à forte teneur en humidité ($\geq 12\%$) sera plus résistant à la casse des fibres, mais les déchets seront plus difficiles à éliminer, le coton-graine n'étant pas non plus séparé efficacement en petites paquets qui pourraient provoquer des blocages et des dommages aux machines. Sinon, un coton-graine trop sec ($\leq 4\%$) provoque des blocages et des dommages aux machines, en raison de la production d'électricité statique. De plus, une faible teneur en humidité rend la fibre plus rigide, plus cassante et moins tenace, ce qui pourrait endommager davantage la fibre pendant le processus d'égrenage. Si l'on renonce au nettoyage et au séchage excessifs des fibres, le nombre de neps qui se forment lors de la transformation mécanique du coton en fil est réduit de moitié, les casses de filage sont réduites de 50 % et la résistance et l'uniformité du fil s'améliorent d'environ 15 %.

Il est recommandé que la teneur en eau idéale/optimale des fibres lors de l'égrenage soit de 6 à 8 % pour le coton *Upland* et de 5 à 6 % pour l'ELS. Il s'agit d'un compromis entre un nettoyage doux et efficace d'une part, et la préservation de la qualité des fibres d'autre part. En général, l'égrenage à une teneur en eau inférieure à 5 % peut donc causer de sérieux dommages aux fibres, tandis que l'égrenage de coton à une teneur en eau supérieure à 8 % peut produire une fibre plus rugueuse (mauvaise préparation), une capacité d'égrenage réduite et un nettoyage moins efficace.

10.3.3 - Utilisation des résultats de teneur en eau pour la commercialisation

En premier lieu, une teneur en humidité élevée est un problème de poids. On considère que le taux d'humidité normal d'une balle se situe entre 7 et 9 % environ au moment de l'arrivée à destination, selon les conditions climatiques. Un taux d'humidité plus élevé augmente le poids que l'acheteur doit payer, sans pour autant avoir plus de fibres de coton. La perte de poids peut être réclamée. Une exposition plus longue du coton à l'eau provenant de l'extérieur peut causer des dommages au pays, qui seront pris en compte dans le règlement du poids entre l'acheteur et le vendeur ou couverts par l'assurance.

Le pressage de coton humide peut provoquer l'agglomération du coton à différents endroits de la balle. En général, le fait de presser des balles de coton avec une teneur en eau élevée peut provoquer une décoloration du coton, si les balles sont stockées pendant une période longue. Cela affecte le grade couleur et entraîne une réduction de prix à la fin. Les différences de valeur pour le grade sont alors applicables.

La teneur en eau doit être mesurée directement sur la balle ou dans des sacs correctement emballés et scellés pour éviter que l'humidité ne pénètre ou ne sorte de l'échantillon avant de procéder à un test de teneur en eau en laboratoire. Pour mesurer la teneur en eau directement sur la balle, on utilise généralement soit un capteur à résistance électrique avec deux aiguilles, soit une mesure par micro-ondes. Pour mesurer la teneur en eau des échantillons scellés en laboratoire, on utilise généralement la méthode de l'étuve. Des systèmes à micro-ondes spécifiques sont également disponibles.

Les échantillons qui ont été prélevés pour les tests SITC ne sont pas adaptés à la détermination de la teneur en humidité de la balle.

Le poids commercial est calculé sur la base du poids réel de la balle et du taux d'humidité mesuré. Le taux de reprise légal, c'est-à-dire la teneur en eau à l'état sec, est fixée à 8,5 %.

En outre, les dommages causés par le pays ³⁶ ou les parties 'cartonnées' ³⁷ peuvent être des signes d'une teneur en eau plus élevée dans certaines parties de la balle. Le toucher d'un échantillon, des taches jaunes foncées et une odeur donnent parfois la première indication d'une teneur en eau plus élevée que d'habitude dans un échantillon de coton. La teneur en eau exacte doit être mesurée par un instrument de test. Une décoloration du coton due à un taux d'humidité plus élevé sera prise en compte dans le classement manuel.

³⁶ Les "dommages aux pays" sont les dommages ou la détérioration de la fibre causés par l'absorption excessive d'humidité, de poussière ou de sable provenant de l'extérieur parce qu'elle a été exposée aux intempéries ou stockée sur des surfaces humides ou contaminées. Ce coton est perdu.

³⁷ 'Caked cotton' ou « partie cartonnée » est la description d'un endommagement des parties agglomérées à l'intérieur d'une balle. Le pressage d'une partie du coton trop humide ou mouillé sous haute pression et l'influence des micro-organismes provoquent la formation de zones dures dans la balle pendant une période de stockage prolongée.

11 - Autres caractéristiques mesurables sur fibres avec d'autres instruments

11.1 - Neps

Les neps sont généralement définis comme de petits nœuds de fibres enchevêtrées et se présentent principalement sous la forme de neps de fibres ou de neps (coque) de téguments de graines. Un neps de fibre est constitué d'un nœud de fibres immatures ou mortes enchevêtrées, tandis qu'un neps de tégument est un enchevêtrement de fibres attachées à un fragment de tégument. On peut également distinguer les neps mécaniques et les neps biologiques. Les neps mécaniques sont classés comme ceux composés uniquement de fibres enchevêtrées tandis que les neps biologiques sont ceux contenant des fibres enchevêtrées attachées à un fragment de particule de matière étrangère comme le débris de coque, l'enveloppe, la tige ou la feuille d'une graine.

La présence de neps dans le coton brut peut être créée par plusieurs facteurs, notamment l'environnement de croissance du cotonnier, la sélection des variétés de plantes et le traitement des fibres pendant la récolte, l'égrenage et le traitement des textiles. Étant donné la nature enchevêtrée et nouée des neps, ils sont généralement considérés comme un contaminant et la réduction des neps à l'usine est donc nécessaire pour réduire les défauts de qualité du fil et du tissu.

Un autre type de neps est un neps blanc moucheté (*white speck*) qui se présente sous la forme de neps résistants aux colorants dans les tissus. Ces neps sont constitués de fibres immatures emmêlées. Les fibres immatures ne présentent pas un développement suffisant de la paroi secondaire et ont donc une faible teneur en cellulose, nécessaire à l'absorption de la teinture.

Enfin, les neps collants sont l'enchevêtrement de toutes les fibres matures ou immatures maintenues comme neps de fibres par la présence d'un dépôt de miellat qui colle les fibres concernées entre elles ³⁸.

La teneur en neps est mesurée en termes de nombre de neps par gramme et de taille moyenne des neps. Certains instruments sont capables de fournir ces mesures séparément pour les neps des fibres et les débris de coque de graine.

11.1.1 - Unité, gamme, importance dans le processus d'harmonisation du CSITC

Nombre de Neps par gramme, taille moyenne en microns

Nom abrégé ou abréviation : Neps count et neps size

Gamme habituelle pour les neps count de coton brut : entre 150 et 400 neps/gram.

Gamme habituelle pour la taille moyenne des neps : entre 600 et 700 microns.

Gamme habituelle pour le nombre de débris de coque de graine : de 10 à 40. La Gamme habituelle pour la taille des neps du tégument est de 1000 à 1300. Ces chiffres sont des résultats de tests sur le coton brut et ne sont donnés qu'à titre indicatif. La quantité de neps dans un fil ou un tissu dépend également du traitement du coton au cours des étapes de transformation.

Importance pour le CSITC : actuellement pas au CSITC.

³⁸ Héquet E. F., R. Frydrych. 1992. Sticky cotton from plant to yarn. In: 21st International Cotton Conference. Montpellier : CIRAD-IRCT, 18 p. 21st International Cotton Conference, Brême, Allemagne, 12 Mars 1992/14 Mars 1992

Table 16 : Catégorisation des neps selon leur nombre.

Neps / gram	Seed Coat Neps / Gram	Description
< 100	< 10	Très bas
101 - 200	11 – 20	Bas
201 – 300	21 – 30	Moyen
301 – 450	31 – 45	Haut
> 451	> 46	Très haut

11.1.2 - Instruments de mesure existant pour la caractérisation de Neps

Table 17 : Liste des instruments mesurant les neps.

Instrument	Modèle d'instrument	Caractéristique(s) liée(s) mesurée(s) en supplément *
Instrument individuel, fibre par fibre	Premier aQura	Short fiber, gravimetric trash
Instrument individuel, fibre par fibre	Uster Technologies AFIS	Length, trash, short fiber, fineness, maturity
Instrument individuel, fibre par fibre	Uster Technologies LVI 920 Neptester	Non
Instrument individuel	Textechno MDTA4/Optotest	Trash, color, length, stickiness

- *Dépend du modèle utilisé.

11.1.3 - Description de toute relation entre les résultats du « classement visuel et manuel » et du « classement instrumental »

Les plus gros neps, en général, font environ deux fois la taille d'une tête d'épingle. Par conséquent, les petits neps en coton brut ne sont généralement pas visibles pour les classeurs manuels. Les plus grands enchevêtrements noués sont facilement visibles pour les classeurs. Une description générale de la frisure des fibres, des neps de fibres, des neps de la coque de la graine, des torsions de fibres et des fibres attachées à d'autres particules est possible pour les classeurs. Le *pulling* donne une première impression sur le contenu en enchevêtrements de fibres, mais une mesure plus précise n'est possible que par un test instrumental.

11.1.4 - Résultats d'évaluation présent en « classement manuel et visuel » mais absent du « classement instrumental »

La préparation et le nombre de fibres tordues ou enchevêtrées peuvent donner une première indication sur la création potentielle de neps pendant le traitement, en plus des neps déjà existants et mesurables.

11.1.5 - Utilisation des résultats de neps pour la production

Le fait de cueillir le coton tôt, avant que les capsules ne puissent arriver à maturité, augmente le nombre de fibres immatures, ce qui entraîne une augmentation des neps. Le coton cueilli tardivement peut également présenter une augmentation du nombre de neps en raison de l'affaiblissement des fibres résultant d'une exposition excessive au soleil et à l'humidité. De plus, les capsules récoltées tardivement contiennent une proportion plus élevée de fibres immatures et de graines non développées, ce qui augmente la teneur en neps.

Les débris de coques sont liés à la variété et aux conditions de croissance ³⁹, et les programmes de sélection peuvent améliorer la situation ⁴⁰.

11.1.6 - Utilisation des résultats de neps pour l'égrenage

Les capsules immatures sont généralement retirées au début du processus de nettoyage de l'égrenage. Les capsules immatures qui ne sont pas extraites peuvent être brisées pendant le processus d'égrenage, libérant et mélangeant les fibres immatures avec les fibres matures. Le mélange de fibres matures et immatures qui en résulte donne une teneur en neps plus élevée.

Les débris de coque sont créés lorsque la rupture du tégument se produit à l'égrenage. Les fibres attachées aux débris de coque forment des neps de débris de coque. Le coton-graine à faible teneur en humidité est susceptible de se briser pendant la récolte et l'égrenage. De plus, certaines variétés de coton ont des téguments plus faibles qui peuvent se briser facilement.

11.1.7 - Utilisation des résultats de neps pour la commercialisation

L'utilisation d'une garantie neps dans les contrats n'est pas habituelle dans le commerce international. Les résultats des tests peuvent être fournis aux acheteurs à titre indicatif. Dans de rares cas, le nombre de neps autorisé est mentionné dans un contrat sur la base d'un résultat d'essai fourni précédemment sur la base d'un dispositif d'essai applicable convenu. Il est recommandé d'utiliser la même méthode et, de préférence, le même dispositif dans un laboratoire pour vérifier les résultats.

En termes généraux, il y a un manque de vitesse de test, de précision, d'exactitude et d'harmonisation des résultats des appareils disponibles. En outre, ces méthodes peuvent être plus coûteuses que les tests SITC et ne pas convenir pour tester de gros volumes. Le nombre de tests habituellement effectués limite également la valeur des résultats des tests.

11.1.8 - Utilisation des résultats de neps pour la filature et la transformation textile

La plupart des neps dans le processus textile sont créés dans la salle de nettoyage où le roulage du coton tend à enchevêtrer les fibres dans les neps. Le cardage permet de réduire les neps mais aussi d'en créer de nouveaux. Le peignage permet également d'éliminer les neps, comme le montre la Figure 29. Le réglage et l'utilisation corrects des machines textiles réduiront la création et augmenteront l'élimination des neps ⁴¹.

³⁹ Barger D., J & H. Garner, T. 1991. Cottonseed fragment contamination and fabric imperfections. Transactions of the ASAE. 34. 1575-1582. 10.13031/2013.31772.

⁴⁰ 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 Biologie et Agronomie 98-32-C-50. Rennes (FR), Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes (ENSAR): 271.

Bachelier, B. and J. Desplans 1999. Histological examination of seeds and seed-coat fragments in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Beltwide Cotton Conferences. Orlando, Florida (USA), National Cotton Council of America. Memphis, Tennessee (USA). 1: 724.

Bachelier, B. and S. Lassus. 2000. Breeding against seed-coat fragments in cotton fiber (*Gossypium hirsutum* L.) using image analysis on card web. Beltwide Cotton Conferences. San Antonio, Texas (USA), National Cotton Council of America. Memphis, Tennessee (USA). 2: 1542.

⁴¹ www.uster.com/statistics2018

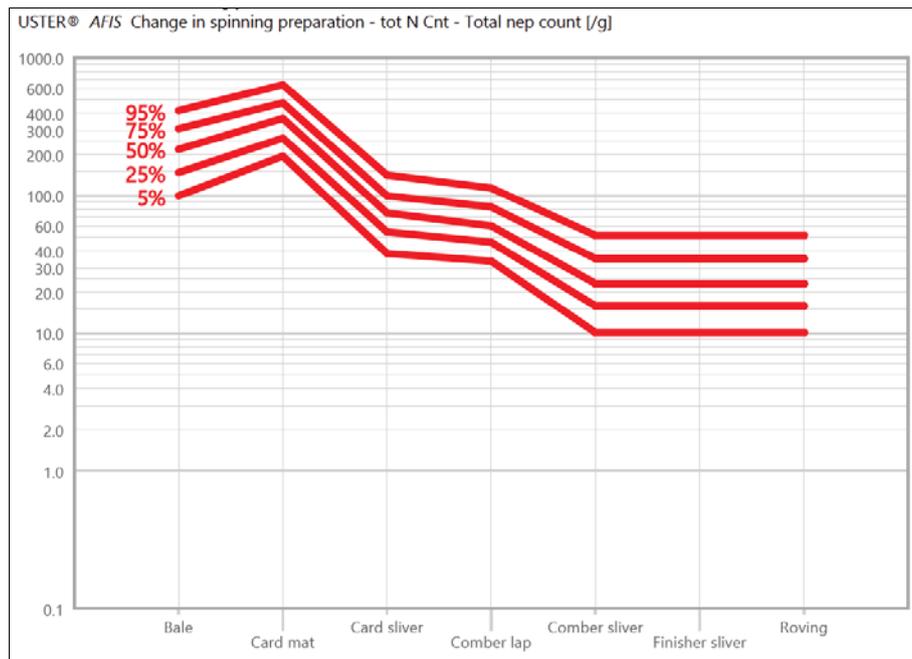


Figure 29 : Evolution des neps AFIS® selon l'étape de transformation [Uster Technologies].

11.2 - Collage

Le collage provient de diverses sources : parties végétales, traces d'huile, cires, sucres végétaux et sucres d'insectes. La cause la plus importante et la plus problématique du collage est due aux sucres entomologiques des sécrétions des insectes. L'aspect collant induit des pertes de productivité et de qualité car des points collants restent dans le matériau, des fibres depuis les champs jusqu'aux processus textiles.

Le comportement des fibres contaminées pendant la transformation dépend fortement de la quantité et du type de sucres principaux et complexes présents dans les fibres par rapport aux types et aux réglages des machines de transformation, ainsi que des conditions ambiantes de transformation.

Diverses techniques peuvent être utilisées pour estimer une éventuelle contamination des fibres par le miellat, en espérant que ces méthodes mesurent une même propriété des fibres, qui devrait être en relation avec "la propension des fibres à coller aux organes de filature pendant leur traitement". Selon les derniers résultats, cela doit encore être confirmé pour plusieurs méthodes actuellement utilisées.

11.2.1 - Unité, gamme, importance dans le processus d'harmonisation du CSITC

Il n'existe pas d'unité ou de gamme universelle pour la mesure du collage, car chaque technique a sa propre unité, sa propre gamme et son propre niveau.

Nom abrégé ou abréviation : Aucune.

Gamme habituelle : les unités reflètent le niveau de collage des fibres testées, d'absence de collage à très fort collage.

Importance pour le CSITC : actuellement pas au CSITC.

11.2.2 - Instruments de mesure existant pour la caractérisation de collage ⁴²

Table 18 : Liste des instruments mesurant stickiness.

Instrument	Modèle d'instrument	Caractéristique(s) liée(s) mesurée(s) en supplément *
Contest-S	Thermomechanical	
Contest-F	Thermomechanical	Caractéristiques de fibres comme Length and Strength (UHML, UI, Strength, SFI, Elongation), Moisture, Color (Rd, +b, Grade), Trash (Count, Area, Leaf), Micronaire, Maturity, Fineness
High Speed Stickiness Detector (H2SD)	Thermomechanical	
Mini-card**	Mechanical	
Sticky Cotton Thermodetector (SCT)***	Thermomechanical	

- *Dépend du modèle utilisé.
- **Méthode de référence pour ITMF-ICCTM (1986), celle à laquelle les résultats de toutes les autres méthodes devraient être comparés.
- ***Méthode recommandée pour ITMF-ICCTM (1994).

11.2.3 - Description de toute relation entre les résultats du « classement visuel et manuel » et du « classement instrumental »

Il semble impossible d'évaluer le collage par un classement manuel ou visuel, à moins que la fumagine ne se soit développée sur les fibres ; la fumagine se présente comme un dépôt noir sur les fibres et est le résultat du développement de champignons sur le miellat des fibres. Cela ne se produit que lorsque la teneur initiale en miellat est très élevée sur les fibres. C'est pourquoi, dans de rares cas seulement, une inspection manuelle peut révéler les premiers signes suspects d'un collage important, comme le degré de jaunissement, si les caractéristiques normales du coton d'une certaine origine sont connues. Plus tard, après le développement de la fumagine, les fibres ne sont généralement plus collantes, mais la cellulose intrinsèque des fibres peut avoir été affectée pendant la durée du stockage.

11.2.4 - Résultats d'évaluation présent en « classement manuel et visuel » mais absent du « classement instrumental »

Aucune appréciation organoleptique ne permet d'identifier clairement le caractère collant des échantillons de coton avec une reproductibilité élevée prouvée de manière scientifique. Toutefois, il se peut que certains échantillons très extrêmement contaminés et collants puissent être détectés par une perception manuelle très sensible.

11.2.5 - Utilisation des résultats de collage pour la production

Comme les mesures de collage sont généralement effectuées sur des échantillons de fibres, donc après la cueillette et l'égrenage, il est presque trop tard pour agir du côté de la production du coton en contrôlant les populations d'insectes dans les champs de coton, à moins de prévoir

⁴² Les techniques existantes ne mesurent probablement pas toutes la même propriété des fibres. C'est pourquoi, pour autant que nous sachions, les « méthodes de mesure du collage » sont énumérées à ce stade dans ce tableau. Toutes les méthodes participant à l'essai inter-laboratoires de l'ITMF-ICCTM pour les méthodes de mesure de collage sont visibles ici : <https://www.itmf.org/committees/international-committee-on-cotton-testing-methods>.

des détections d'insectes dans les champs et des actions pour limiter les infestations d'insectes pour les prochaines saisons de culture ⁴³.

11.2.6 - Utilisation des résultats de collage pour l'égrenage

De nos jours, la caractérisation du collage se fait sur des échantillons de fibres, qui ne peuvent être prélevés qu'après les opérations d'égrenage. Par conséquent, aucune mesure "prédictive" ne peut être effectuée à partir d'échantillons de coton-graine pour prédire le traitement du coton-graine à l'égrenage pour ce qui concerne le collage.

Il existe essentiellement deux types de techniques d'égrenage du coton, à savoir l'égrenage à la scie et l'égrenage au rouleau. Les égrenages à la scie sont généralement utilisés pour traiter les cotons de type *Upland* de longueur de fibres courtes à moyennes (< 25,4 mm à 31,0 mm) et constituent par conséquent le type d'égrenage le plus répandu dans le monde. Tous les cotons de type *Extra Long Staple* (ELS) ($\geq 35,0$ mm) sont égrenés au rouleau. De plus, on estime qu'actuellement, 15 à 20 % des cotons de type *Upland* (LS) et de type *Medium Staple* (≥ 27 mm) sont également égrenés au rouleau.

Le coton égrené au rouleau est affecté par des niveaux modérés de collage, tandis que le coton égrené à la scie est moins sensible à des niveaux modérés de collage et est généralement détecté en premier lieu dans l'usine textile. Les égreneuses à rouleau sont plus sensibles au collage en raison de leur conception, le processus d'égrenage reposant sur la friction, et une accumulation de points collants sur le cylindre d'égrenage et le couteau fixe entraînera une diminution de l'efficacité de l'égrenage.

L'égrenage à la scie ne repose pas sur le frottement mais sur l'arrachage mécanique des fibres par des dents de scie à travers deux nervures très rapprochées. Ainsi, des niveaux modérés de collage n'affecteront pas les taux de production. En ce qui concerne l'égrenage à la scie, les dépôts collants peuvent colmater les scies des égreneuses et perturber le processus de mise en balles en raison de l'accumulation de fibres du *lint-slide* après le condensateur. Cette perturbation peut réduire la production d'égrenage en balles/heure jusqu'à 25%, ou jusqu'à 15 livres par heure pour l'égrenage au rouleau, ce qui représente environ 50% du taux normal d'égrenage au rouleau. Ces perturbations se traduisent par des saisons d'égrenage plus longues et plus coûteuses, en raison des coûts de main-d'œuvre plus élevés et des pièces de rechange supplémentaires, car les scies et les lames doivent être remplacées plus régulièrement.

11.2.7 - Utilisation des résultats de collage pour la commercialisation

Les résultats des mesures du collage sur les échantillons de balles sont censés prédire le comportement des fibres pendant leur traitement à la filature, en particulier aux étapes les plus critiques qui sont celles où le flux de fibres devient plus fin (à partir de la carde). Il a été démontré que la connaissance du potentiel de collage des balles de fibres de coton à partir des tests sur échantillons aide à gérer les lots de balles selon au moins deux catégories basées sur un seuil donné : non collant et collant ⁴⁴. À partir de là, les lots de balles peuvent être échangés en fonction de leur qualité réelle et de leur valeur financière, et non pas seulement en fonction de leur réputation. En conséquence, la production pourrait organiser les lots de vente sur la base des résultats de la caractérisation du collage afin d'approvisionner

⁴³ Abdel-Latif A.H. et al. 2009. Effect of irrigation interval and picking time on fiber quality and the degree of stickiness in two cotton cultivar, <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=SD2010000119>

⁴⁴ Fadlalla Ahmed Salih et al. 2004. Possibility of classifying cotton on level of stickiness (separating non-sticky from sticky cotton). In: International cotton conference Bremen: Proceedings 2000, Proceedings 2002, Proceedings 2004. Schneider T. (ed.), Heap S.A. (ed.), Stevens J.C. (ed.). Faserinstitut Bremen, Bremer Baumwollboerse. Bremen: Faserinstitut, 253-261. International Cotton Conference. 26, Brême, Allemagne, March 13/March 16, 2002.

correctement ses clients et de contribuer à l'amélioration de la production de coton par des actions correctives à moyen/long terme.

Cependant, les méthodes actuelles d'analyse du collage manquent de précision et d'exactitude pour être utilisées dans les garanties de qualité. En plus des méthodes recommandées ou reconnues par l'ITMF, il existe différentes autres méthodes. Les résultats de mesure peuvent être utiles dans un contexte local, mais pas pour le commerce international en raison de résultats très différents sur différents échantillons et de dispositifs de test qui ne sont pas acceptables. Le manque de répétabilité des tests, l'interprétation divergente des résultats, les coûts des tests ainsi que l'utilisation peu courante à l'origine peuvent entraîner un risque élevé pour les parties contractantes.

11.2.8 - Utilisation des résultats de collage pour la filature et la transformation textile

Connaître le niveau de collage des balles de coton pour organiser les groupes de balles en filature permet de gérer la matière première de manière à ce que l'effet collant ne soit pas perçu ultérieurement en termes de productivité et/ou de qualité. Il a été démontré que le mélange de coton non collant avec du coton collant d'un côté, et la gestion des conditions d'air ambiant dans les salles de filature de l'autre côté réduisent considérablement l'impact du collage sur le processus de filature et la qualité du fil ⁴⁵.

⁴⁵ See CFC/ICAC 11 Improvement of the Marketability of Cotton Produced in the Zones Affected by Stickiness at https://www.icac.org/Content/CFCDocument/Pdfc7a2ceed_b571_457b_b407_8dd4489bd57e/2001_Gourlot_Soudan_FinalResearchTechnicalReport1.pdf

Hequet E. F., Henneberry TJ, Nichols RL. 2007. Sticky Cotton: Causes, Effects, and Prevention, www.ntis.gov. (accessed April 8, 2019).

12 - Interaction ou relations entre paramètres

Dans cette version du document, même si nous savons tous que les interactions entre les propriétés des fibres peuvent expliquer de nombreuses observations, il a été décidé de ne pas considérer cet ajout difficile dans un premier temps.

Il est prévu que certaines de ces relations typiques entre les caractéristiques des fibres et des fils que l'industrie textile connaît bien soient explorées dans des versions ultérieures du document.

Comme exemple d'interaction possible à explorer : un coton à faible UI a une teneur élevée en fibres courtes, ce qui induit une pilosité et une valeur de régularité CV plus élevées (qualité de fil dégradée), ce qui entraîne généralement une résistance de fil plus faible au moins, tout ceci ayant des implications sur l'efficacité de la finition et les propriétés du tissu. Les raisons d'observer une telle interaction dans cet exemple pourraient être une combinaison d'un ou de plusieurs des éléments suivants : modification des conditions de production, modification des conditions d'égrenage, modification des conditions de filage... et cela a des conséquences jusqu'aux propriétés du produit final.

Nous accueillons volontiers des idées et des données pour expliquer et démontrer ces interactions ; pour cela, veuillez prendre contact avec un ou plusieurs des contributeurs de ce document pour préparer l'insertion dans la prochaine version de ce document.

13 - Information résumée

Ce document tente de fournir des informations à la fois théoriques et pratiques sur l'utilisation des tests d'instruments normalisés pour les dispositifs de coton (SITC). Il décrit les connaissances les plus récentes sur la mesure des principales caractéristiques des fibres. Il donne également quelques idées pratiques sur la façon d'utiliser les résultats de la caractérisation CTCl par tous les utilisateurs de l'industrie du coton, à savoir les producteurs, les égreneurs, les négociants, les classeurs, les filateurs et au-delà.

Pour la filature, dans les chapitres précédents, l'influence de chaque propriété a été prise en compte. Déjà à partir de là, nous savons qu'il n'y a pas qu'une seule propriété de fibre qui influence chaque propriété du fil. Au contraire, chaque propriété de la fibre influence plusieurs propriétés du fil en même temps. Dans le sens inverse, chaque propriété du fil est influencée par plusieurs propriétés de la fibre. Un aperçu très simplifié des relations est donné dans la

Table 19.

Table 19 : Influence des propriétés de fibre sur les caractéristiques de qualité des fils [Uster Technologies].

	Evenness CVm	Thick places	Thin places	Neps	Hairiness	Strength	Elongation	Appearance	Dyeability
Micronaire/Fineness	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Maturity	XX	XX	XX	XX	-	XX	XX	XX	XX
Length	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	-
Short Fiber Content	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	-
Strength	-	-	-	-	-	XX	XX	-	-
Elongation	-	-	-	-	-	XX	XX	-	-
Nep content	X	-	-	XX	-	-	-	XX	XX
Dust & trash content	X	XX	XX	XX	-	XX	XX	XX	-
Color/color deviation within lot	-	-	-	-	-	-	-	XX	XX
"xx" relation directe, "x" relation indirecte, "-" pas de relation									

En outre, il est possible d'influencer les propriétés du fil à plusieurs étapes du processus de filature. Il peut s'agir des groupes de balles en filature (et donc des propriétés de la fibre) ou de toute autre étape du processus de filature. Une fois de plus, une vue d'ensemble simplifiée est donnée dans la Table 20.

Table 20 : Influence de l'étape de transformation en filature classique à anneau sur les caractéristiques de qualité des fils [Uster Technologies].

	Evenness CVm	Thick places	Thin places	Neps	Hairiness	Count	Strength	Elongation
Groupe de balles ouvrison	XX	XX	XX	XX	XX	-	XX	XX
Nettoyage	XX	XX	XX	XX	-	-	XX	XX
Carte	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	X
Etirages	X	XX	X	X	-	XX	X	X
Peignage	XX	XX	XX	XX	XX	-	XX	XX
Banc à broches	X	X	X	-	X	X	X	X
Continu à filer	X	X	X	X	X	X	X	X
Bobinoirs	X	X	X	XX	XX	-	X	XX
"xx" relation directe, "x" relation indirecte, "-" pas de relation								

Pour le tissu, les propriétés de la fibre ne présentent généralement plus d'intérêt. Le tisseur doit se baser sur les propriétés appropriées du fil qu'il utilise. Ce n'est que pour la teinture qu'une relation directe entre les propriétés des fibres et celles du tissu peut être facilement détectée. Sinon, il est plus important de considérer la corrélation entre les propriétés du fil et les propriétés du tissu. Ceci est montré dans la Table 21.

Table 21 : Influence des caractéristiques de fil sur les caractéristiques des tricots [Uster Technologies].

	Apparence	Stabilité dimensionnelle	Epaisseur	Main /Drapé	Boulochage	Taux de casses	Trous	Village	Teinture/couleur, intensité, solidité	Propriétés de lavage et d'usure	Résistance	Allongement
Mass variation CVm	X			X		X	X		X		X	X
Thick places	X			X		X	X		X			
Thin places	X			X		X	X		X			
Neps	X			X					X			
Hairiness	X		X	X	X	X			X	X		
Hairiness variation	X		X	X	X	X						
Diameter	X		X						X			
Diameter variation	X								X			
Shape	X		X						X			
Density	X		X	X					X	X		
Trash, Dust	X					X	X				X	
Strength		X				X	X				X	
Elongation		X				X	X				X	X
Twist	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X

14 - Lexique

CSITC-TF : Commercial Standardized Instrument for Testing Cotton, Task Force of the ICAC

CSITC Testing Guideline, Guideline for Standardized Instrument Testing of Cotton

HVI® : Protected wording for High Volume Instruments produced by Uster® Technologies Inc..

ICAC : International Cotton Advisory Committee

ITMF : International Textile Manufacturers Federation

ITMF-ICCTM : ITMF International Committee on Cotton Testing Methods

ITMF-ICCTM and CSITC Interpretation Guideline : Interpretation and use of SITC measured characteristics Guideline

SITC : Standardized Instrument for Testing Cotton for replacing the wording 'HVI' which is a protected name.

15 - Remerciements

Terry Townsend, Cotton Analytics et Secrétaire du ITMF-ICCTM Steering Committee, USA pour le soutien qu'il a apporté au fil du temps à ces travaux.

Andrew Macdonald, Président de la Task Force CSITC et du Comité de filature de l'ITMF pour avoir mis à disposition ses connaissances, de la production à l'utilisation.

Tous les Membres du groupe de travail ICAC-CSITC et des groupes de travail ICCTM-ITMF pour leurs apports dans le travail de révision.

Bruno Bachelier, Cirad, France, pour ses précieux commentaires durant les phases de révision de ce document.

Avec l'aimable autorisation de Uster Technologies pour l'utilisation de USTER® STATISTICS pour le coton (www.uster.com/statistics2018) dans la plupart des chapitres de ce document.

Cotton Incorporated pour la conception de la page de couverture de ce document.

International Cotton Advisory Committee, pour leur soutien au groupe de travail CSITC.

International Textile Manufacturers Federation, pour leur soutien aux groupes de travail ICCTM.

Toutes les organisations soutenant la présence et la participation de leurs experts à tous les groupes de travail travaillant à l'harmonisation des évaluations de la qualité des fibres.

Tous les interprètes pour la traduction de ce guide officiel en anglais vers d'autres langues, comme cela se fait habituellement pour le "*CSITC Testing Guideline*".

16 - Liste des illustrations

Figure 1 : Chaîne d'approvisionnement du coton et du textile : principaux flux de matières..	14
Figure 2 : Diverses méthodes de calcul des moyennes et des écarts-types (SD) dans le cas de la gestion des balles : Influence de la moyenne calculée et des valeurs d'écart-type (explication à l'annexe A) .	16
Figure 3 : Diverses méthodes de calcul des moyennes et des écarts-types (SD) dans le cas de résultats d'essais inter-laboratoires : Influence de la moyenne calculée et des valeurs de l'écart-type (explication dans l'annexe A) .	17
Figure 4 : Utilisation d'une éplucheuse, exemples de deux cas pour organiser les balles en groupes successifs à traiter : Cas 1 : toutes les balles d'une origine sont utilisées avant d'utiliser les balles d'une autre origine jusqu'à leur épuisement ; Cas 2 : des balles de diverses origines sont réparties au hasard (ou à la demande) entre les groupes successifs. Ces exemples doivent être étendus car les groupes peuvent contenir jusqu'à environ 15 origines et 100 balles dans la vraie vie.	21
Figure 5 : Exemples de distributions de quatre origines (Micronaire simulé), et proposition d'organisation des balles dans 50 groupes successifs (de 100 balles chacun) alimentant une filature.	22
Figure 6 : Résultats de Micronaire des groupes successifs (100 balles chacun) alimentant une filature en prenant en compte la combinaison entre la technique utilisée et l'organisation des groupes. Le tableau fournit des statistiques sur les différences entre groupes successifs dans les deux cas proposés.	23
Figure 7 : Evolution des variations intra-mélange (SD or CV) dans le temps en fonction du cas étudié.	24
Figure 8 : Optimisation des groupes de balles et résultats : optimisation sur la base de SCI et du Micronaire débutant en semaine 22, et changement correspondant de la ténacité du fil : ténacité du fil, [Uster Technologies: HVI Application Handbook].	25
Figure 9 : Optimisation des groupes de balles et résultats : optimisation sur la base de SCI et du Micronaire débutant en semaine 22, et changement correspondant de la ténacité du fil : CV% de la ténacité du fil : [Uster Technologies: HVI Application Handbook].	25
Figure 10 : Selon le théorème de la limite centrale, l'utilisation d'une distribution de valeurs moyennes au lieu d'une distribution de valeurs individuelles conduira à une distribution normale avec une variation plus faible [Uster Technologies: Uster Tester 6 Application Handbook].	26
Figure 11 : Avec l'aimable autorisation de Uster Technologies : STATISTIQUES USTER® pour le coton (www.uster.com/statistics2018): Micronaire et <i>Upper Half Mean Length</i> (UHML)....	29
Figure 12 : Valeurs de Micronaire (X) et de finesse linéique (H) (mtex) pour des balles de coton dans un groupe de balles en filature pour des fils fins (Ne 50 ou 12 tex) en filature classique. Les valeurs de MR sont catégorisées comme indiqué dans la légende (M).	30
Figure 13 : Exemple of combinaison de maturité (MR, sans unité) et de finesse linéique (H, mtex) pour ne même valeur de Micronaire : pour les fibres ayant une valeur micronaire de 4,1, les fibres pourraient être fines et matures ou immatures et grossières. La finesse standard (Hs, en mtex) est le rapport entre la finesse linéaire et la maturité.	31
Figure 14 : Echantillons de tissus ayant un fond génétique commun, récoltés à des dates différentes et transformés en un seul tissu tricoté qui a ensuite été teint. Les photos montrent l'amélioration du tissu en termes d'intensité de couleur, d'uniformité et d'apparence à mesure que la maturité (Micronaire) augmente.	35
Figure 15 : Fibrogramme et informations déduites.	36

Figure 16 : <i>Uniformity Index</i> (UI) et <i>Upper Half Mean Length</i> (UHML) [Uster Technologies].	37
Figure 17 : <i>Short fiber index</i> et <i>Upper Half Mean Length</i> (UHML) [Uster Technologies].	38
Figure 18 : Distribution de la longueur des fibres dans la zone d'étirage.....	41
Figure 19 : <i>Strength</i> et <i>Upper Half Mean Length</i> (UHML) [Uster Technologies].....	42
Figure 20 : Allongement et <i>Upper Half Mean Length</i> (UHML) [Uster Technologies].....	43
Figure 21 : Le diagramme de couleur de Nickerson-Hunter pour le coton <i>Upland</i> ; Source : http://www.cottoninc.com/fiber/quality/us-fiber-chart/hvi-color-chart/	47
Figure 22 : Indice de jaune et <i>Upper Half Mean Length</i> (UHML) [Uster Technologies].	48
Figure 23 : Reflectance et <i>Upper Half Mean Length</i> (UHML) [Uster Technologies].....	48
Figure 24 : Carte des résultats de couleurs avec 17 000 points de données par ICA Brême, cotons du monde.....	49
Figure 25 : Exemple de standard physique de grade de couleur	53
Figure 26 : <i>Trash Area</i> et <i>Upper Half Mean Length</i> (UHML) [Uster Technologies].....	55
Figure 27 : <i>Trash Count</i> et <i>Upper Half Mean Length</i> (UHML) [Uster Technologies].....	55
Figure 28 : <i>Spinning Consistency Index</i> et <i>Upper Half Mean Length</i> (UHML) [Uster Technologies].....	60
Figure 29 : Evolution des neps AFIS® selon l'étape de transformation [Uster Technologies].	66

17 - Liste des tables

Table 1 : Variation intra-instrument sur un échantillon : Écart-type (ET) médian intra-instrument, moyenne de 32 cotons <i>Upland</i> des États-Unis de RT 2017-1 à 2018-4.	18
Table 2 : Variation intra-instrument: Coefficient de Variation (CV%) médian intra-instrument, moyenne de 32 cotons <i>Upland</i> des États-Unis de RT 2017-1 à 2018-4.	18
Table 3 : Variation intra-instrument sur un échantillon : gamme d'écart-types (ET) intra-instrument pour huit balles d'échantillons provenant d'essai inter-laboratoires ICA Bremen de RT 2016-1 à 2018-2.	19
Table 4 : Table des variations entre instruments tels que mentionnées dans le <i>CSITC Testing Guideline</i> (extrait).	19
Table 5 : Conséquences prévisibles lors du changement d'organisation des balles dans les groupes.	22
Table 6 : Liste des instruments mesurant le Micronaire.	32
Table 7 : Liste des instruments mesurant la longueur.	38
Table 8 : Liste des instruments mesurant la ténacité.	43
Table 9 : Interprétation ou classification des résultats de ténacité.	43
Table 10 : Interprétation ou classification des résultats d'allongement.	44
Table 11 : Priorités et paramètres significatifs pour différentes techniques de filature.	45
Table 12 : Liste des instruments mesurant la couleur.	50
Table 13 : Grades de couleur des cotons <i>Upland</i> (* - Standards physiques des grades de couleur ; # - Standards physique des <i>leaf grade</i>).	52
Table 14 : Liste des instruments mesurant les trash.	55
Table 15 : Conversion entre <i>trash area</i> et <i>leaf grade</i>	56
Table 16 : Catégorisation des neps selon leur nombre.	64
Table 17 : Liste des instruments mesurant les neps.	64
Table 18 : Liste des instruments mesurant stickiness.	67
Table 19 : Influence des propriétés de fibre sur les caractéristiques de qualité des fils [Uster Technologies].	71
Table 20 : Influence de l'étape de transformation en filature classique à anneau sur les caractéristiques de qualité des fils [Uster Technologies].	72
Table 21 : Influence des caractéristiques de fil sur les caractéristiques des tricots [Uster Technologies].	72

ANNEXE A : Explication détaillée de la Figure 2 (et identiquement de la Figure 3)

L'exemple suivant (Figure 2, en haut pour la théorie, et dans le tableau en bas pour une application simple) est basé sur l'essai d'un groupe de deux balles. À la base, deux échantillons sont prélevés par balle, et trois résultats de test sont recueillis pour chaque échantillon.

- Pour calculer la moyenne et l'écart-type (ET) au niveau de l'échantillon, les résultats des tests sont directement utilisés (réf. 1 et 2) et chaque échantillon est potentiellement différent des autres.
- Pour calculer la moyenne et l'écart-type au niveau de la balle, au moins trois calculs sont possibles :
 - o a) sur la base des résultats des tests (moyenne avec réf. 3 et écart-type avec réf. 4),
 - o b) sur la base des moyennes de l'échantillon (moyenne avec réf. 4 et écart-type avec réf. 6).
 - o c) basé sur la moyenne ou la médiane (réf. 7) des ET⁴⁶ calculés précédemment (réf. 2)
- Pour calculer moyenne (réf. 8⁴⁷) et ET au niveau du groupe de balles, au moins cinq calculs sont possible :
 - o a) sur la base des résultats de tests (réf. 9),
 - o b) sur la base des moyennes par échantillon (réf. 10),
 - o c) sur la base des moyennes par balle (réf. 11),
 - o d) sur la base de la moyenne ou de la médiane (réf. 12) des calculs précédents de ET au niveau des échantillons (réf. 4)
 - o e) sur la base de la moyenne ou de la médiane (réf. 13) de l'écart-type calculé précédemment au niveau de la balle (réf. 6).

Nous concluons donc que tous ces ET sont très différents et que nous devons savoir comment un ET spécifique a été calculé avant de le comparer à tout autre ET.

Compte tenu de la manière dont les tests sont effectués aujourd'hui, le niveau de "résultat de tests" n'est généralement pas disponible, et seulement une moyenne et un écart-type sont fournis au niveau de "l'échantillon" ou même de la "balle" uniquement. Par conséquent, une partie de la variabilité est cachée, non supprimée, et est incluse dans le résultat de variabilité affiché qui est fourni aux utilisateurs finaux des données.

⁴⁶ La meilleure pratique possible pour mesurer les variations observées consiste à baser tous les calculs sur les variances - et non sur les écarts-types (ET) comme indiqué ici - car les variances s'additionnent aux différents niveaux de variabilité considérés. La variance est le carré de l'écart-type. Cependant, comme les variances ne sont pas faciles à imaginer, nous utilisons les ET comme valeurs connues à afficher dans ce document.

⁴⁷ La valeur moyenne du lot (réf. 7) est la même avec toutes les méthodes de calcul, tant que le nombre de points de données reste le même à tous les niveaux (résultat du test, échantillon et balle).

Même si tous ces chiffres et méthodes de calcul semblent confus, ils ont tous leur intérêt à différents niveaux de la chaîne d'approvisionnement, car ils permettent de produire un diagnostic de performance lorsque cela est nécessaire. Par exemple :

- La variation mesurée par le calcul de la réf. 2 donne une idée de la performance du laboratoire ;
- La variation mesurée par le calcul de la réf. 4 donne une idée de la variation à l'intérieur de la balle et donc de la performance d'égrenage ;
- La variation mesurée par réf. 11 donne une idée de la variation entre les balles et donc de l'uniformité du lot ou du groupe de balles pour à la fois le commerce et la filature...

Les paragraphes suivants fournissent quelques chiffres types de moyenne et d'écart-type pour illustrer les niveaux de variation mesurés en fonction du ou des objectifs assignés aux expériences ou aux essais sur échantillon.

La Figure 2 s'applique clairement à la gestion des balles, mais si elle est légèrement modifiée en Figure 3, elle s'applique à l'analyse des résultats des tests inter-laboratoires pour en savoir plus sur les performances du laboratoire. Elle permet donc de mesurer les niveaux typiques de variation des résultats avec un bon niveau de certitude, en supposant que ces niveaux typiques de variation restent à un niveau comparable dans les pratiques quotidiennes de test et de commerce.

Pour la Figure 2 et la Figure 3, les niveaux de variation suivants (écrits en brun foncé) sont inclus ou pris en compte dans les écarts (ou ET) calculés aux niveaux suivants :

- Entre résultats et intra- échantillon :
 - Variances de mesure + échantillonnage des spécimens.
- Entre entre-échantillons * et intra-balle**:
 - *: Variances de mesure + échantillonnage des spécimens + échantillonnage des échantillons ;
 - **: Variances de mesure + échantillonnage des spécimens + échantillonnage des échantillons + échantillonnage de la balle.
- Entre balles* ou intra -lot**:
 - *: Variances de mesure + échantillonnage des spécimens + échantillonnage des échantillons + échantillonnage de la balle + entre-balles ;
 - **: Variances de mesure + échantillonnage des spécimens + échantillonnage des échantillons + échantillonnage de la balle + entre-balles + au sein du lot.

Les choses peuvent être encore plus complexes, par exemple, lorsque des facteurs de variation supplémentaires sont inclus, comme pour étudier l'effet de couche dans les balles (c'est-à-dire que plusieurs échantillons de fibres sont testés dans chaque couche d'une balle), ou les conditions de test (par exemple, vérifier l'effet d'opérateur sur les résultats de mesure, ou l'effet de répétition ou de bloc), ou ...

Enfin, pour l'analyse statistique, d'autres sources de variation, telles que les niveaux d'interaction entre une partie ou la totalité des facteurs étudiés et les erreurs résiduelles, doivent également être prises en compte en plus de celles décrites ci-dessus.