

Table des matières

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES	i
LISTE DES ANNEXES.....	ii
LISTE DES CARTES.....	iv
LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES FORMULES	vi
LISTE DES PHOTOS.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES UNITES	ix
GLOSSAIRE.....	x
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I. MATERIELS ET METHODES	3
I.1. Problématique	3
I.2. Hypothèses.....	5
I.3. Présentation du milieu d'étude.....	6
I.3.1. Localisation	6
I.3.2. Milieu humain	6
I.3.3. Couverture forestière de la Région Analamanga.....	7
I.3.4. Approvisionnement en bois de la Région Analamanga	7
I.4. Etude des critères quantitatifs permettant une appréciation objective de la qualité de surface du bois usiné : les paramètres d'états de surface.....	7
I.4.1. Choix de l'essence utilisée	8
I.4.2. Usinage des éprouvettes suivant un plan d'expériences.....	9
I.4.3. Mesure des différents paramètres d'état de surface	15
I.5. Détermination des critères d'appréciation de la qualité de surface : tests de préférence des consommateurs.....	21
I.5.1. Description des évaluations sensorielles	21
I.5.2. Critères retenus pour la typologie des consommateurs	25
I.6. Traitement des résultats	27

I.6.1.	Etape 1 : Etude de la fréquence des différents niveaux des paramètres d'états de surface sur les bois usinés.....	27
I.6.2.	Etape 2 : CAH ou Classification Ascendante Hiérarchique.....	28
I.6.3.	Etape 3 : ACP ou Analyse en Composante Principale.....	28
I.6.4.	Etape 4 : Etude des corrélations entre les préférences des consommateurs et les paramètres d'états de surface.....	29
I.6.5.	Etape 5 : Regression linéaire et établissement des seuils de préférence.....	29
I.7.	Schéma récapitulatif de l'analyse statistique.....	30
I.8.	Cadre opératoire de recherche.....	31
I.9.	Résumé méthodologique.....	32
CHAPITRE II . RESULTATS ET INTERPRETATIONS.....		33
II.1.	Fréquence d'apparitions des différents niveaux des paramètres d'états de surface.....	33
II.1.1.	Valeurs moyennes, minimales et maximales des paramètres d'état de surface mesurés sur les surfaces de bois usinés.....	33
II.1.2.	Fréquence d'apparitions des différents niveaux des paramètres de rugosité et du profil primaire de la surface sPa.....	34
II.1.3.	Fréquence d'apparitions des différents niveaux de paramètres d'ondulation.....	34
II.1.4.	Fréquence d'apparitions des différents niveaux de défauts visuels.....	35
II.1.5.	Corrélation entre les paramètres d'états de surface.....	36
II.2.	Préférence des consommateurs sur les états de surface du bois d'ameublement.....	38
II.2.1.	Profil du panel de consommateurs : répartition par âge et par sexe.....	38
II.2.2.	Typologie des consommateurs enquêtés selon les critères socio-démographiques et leurs préférences.....	38
II.2.3.	Statistique descriptive des notes de préférences visuelles et viso-tactiles.....	39
II.2.4.	Préférence des consommateurs sur l'état de surface primaire, la rugosité et l'ondulation de surface du bois usiné.....	40
II.2.5.	Préférence des consommateurs sur les défauts visuels de surface du bois usiné.....	42
II.3.	Détermination des seuils de préférence.....	44
II.3.1.	Corrélation entre les préférences des consommateurs et les paramètres d'états de surface.....	44
II.3.2.	Régression linéaire entre les notes visuelles, les notes viso-tactiles et les paramètres d'état de surface corrélés avec les préférences des consommateurs.....	46

II.3.3. Détermination des seuils d'acceptabilité et de préférence indéniable des paramètres d'états de surface.....	47
CHAPITRE III . DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	50
III.1. Discussions.....	50
III.1.1. Sur l'approche méthodologique	50
III.1.2. Sur les résultats.....	51
III.2. Vérification des hypothèses de travail.....	56
III.3. Apports et intérêts de la recherche	57
III.3.1. Apports pour l'usinage et la finition en ameublement bois.....	57
III.3.2. Intérêts scientifiques.....	57
III.4. Recommandations et perspectives.....	58
III.4.1. Recommandations méthodologiques.....	58
III.4.2. Perspectives.....	59
III.4.3. Recommandations pratiques	60
CONCLUSION GENERALE.....	63
BIBLIOGRAPHIE	65
ANNEXES	I

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

AFNOR	Association Française de N ormalisation
CI	Conservation I nternationale
CNDB	Comité N ational pour le D éveloppement du B ois (France)
CTBA	Centre T echnique du B ois et de l' A meublement (France)
CTIFL	Centre T echnique I nterprofessionnel des F ruits et L égumes
DEF	D irection d es E aux et F orêts
DFS	D eutsche F orsts S ervice G mbh
DGF	D irection G énérale des F orêts
DRT	D épartement de R echerche T echnologique
DSM	D irection des S tatistiques des M énages
EDS	E tats D e S urface
EIA	E nvironmental I nvestigation A gency, Inc. (Etats-Unis)
EPM	E nquête P ériodique auprès des M énages
FNUAP	F ond des N ations U nies pour la P opulation UNFPA U nited N ations P opulation F und
FOFIFA	FOibe Fikarohana momba ny Fambolena Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural
FTM	Foiben-Taosaritanin 'I Madagasikara
INRS	I nstitut N ational de R echerche et de S écurité
LAS	L aboratoire d' A nalyse S ensorielle
LSTA	L aboratoire des S ciences et T echnologies A limentaires
MAEP	M inistère de l' A griculture, de l' E levage et de la P êche
MEF	M inistère de l' E nvironnement et des F orêts
MESA	M enuiserie E bénisterie S cie S erie A nosy (Anosy Avaratra)
MNP	M adagascar N ational P arks
ONE	O ffice N ationale pour l' E nvironnement
PRD	P lan R égional de D éveloppement
RGPH	R ecense S ement G énéral de la P opulation et de l' H abitat
SESSI	S ervice des E tudes et des S tatistiques I ndustrielles (France)
SMIC	S alaire M inimum I nterprofessionnel de C roissance
UPDR	U nité de P olitique de D éveloppement R ural
US AID	U nited S tates A gency for I nternational D evelopment

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Représentation des subdivisions de la Région Analamanga.....	I
ANNEXE 2 : Répartition par classe d'âge et sexe (en %) de la population pour trois (03) districts de la Région Analamanga.....	I
ANNEXE 3 : Evolution de la couverture forestière dans la Région Analamanga.....	II
ANNEXE 4 : Données de l'Inventaire Ecologique et Forestier National de 1996, concernant <i>Chrysophyllum boivinianum</i> (Sapotaceae) ou <i>Famelona</i> (IEFN, 1996).....	III
ANNEXE 5 : Description du bois de <i>Famelona</i>	V
ANNEXE 6 : Comparaison de la texture du <i>Famelona</i> avec d'autres essences de bois	VI
ANNEXE 7 : Définition des différents facteurs expérimentaux	VII
ANNEXE 8 : Niveaux des facteurs expérimentaux considérés par les auteurs et formulés comme générant les défauts de surface étudiés	VIII
ANNEXE 9 : Calcul des épaisseurs moyennes de copeaux pour la détermination des niveaux des facteurs expérimentaux à retenir pour le plan d'expériences	IX
ANNEXE 10 : Utilisation des bois selon leur humidité, l'humidité relative de l'air ambiant, et le type	X
ANNEXE 11 Les illustrations au niveau du MESA	X
ANNEXE 12 : Description du Pethomètre de Mahr utilisé à l'IUT de Tarbes.....	XI
ANNEXE 13 : Description des lieux de réalisation des tests sensoriels (LAS Ambatobe).....	XII
ANNEXE 14 : Numérotation d'identification des éprouvettes.....	XIII
ANNEXE 15 : Les numéros aléatoires correspondant à chaque éprouvette et les étiquettes	XIV
ANNEXE 16 : Détermination des critères de sélection des consommateurs à enquêter	XV
ANNEXE 17 : Méthode de mesure visuelle des défauts d'usinage par des panels experts.....	XVI
ANNEXE 18 : Ordre de présentation des éprouvettes suivant les postes et les plans considérés : LT ou LR.....	XVIII
ANNEXE 19 : Consignes à lire (et à afficher) à chaque personne enquêtée lors de l'analyse sensorielle pour le bon déroulement des tests	XXV
ANNEXE 20 : Fiche de notation N°1 - Analyse Visuelle	XXVII
ANNEXE 21 : Fiche de Notation N°2 - Analyse Viso-Tactile.....	XXX
ANNEXE 22 : Répartition des fréquences des différents niveaux des paramètres.....	XXXIV
ANNEXE 23 : Calcul de la répartition par âge et par sexe des consommateurs à enquêter	XXXV
ANNEXE 24 . Résultats des Classification Ascendantes Hiérarchiques (CAH) au XLSTAT 2008	XXXVI
ANNEXE 25 : Les valeurs des différents paramètres d'états de surface pour les différentes éprouvettes suivant les plans LR et LT.....	XLII
ANNEXE 26 : Coordonnées des différents paramètres d'états de surfaces suivant les axes F1 et F2	XLVI

ANNEXE 27 : Résultats des régressions linéaires pour l'établissement des seuils de préférences	XLVIII
ANNEXE 28 : Les différentes tailles des copeaux obtenus suivant les paramètres d'usinage appliquées	LVIII
ANNEXE 29 : Aperçu des défauts anatomiques.....	LIX
ANNEXE 30 : Analyse en composante principale et coefficient de corrélation.....	LX
ANNEXE 31 : Analyse de la variance des effets des différents facteurs expérimentaux sur les paramètres d'états de surface	LX
ANNEXE 32 : Corrélation entre les paramètres d'états de surface aux seuils de $\alpha = 5\%$ et $0,1\%$	LXII
ANNEXE 33 : Matrice de corrélation entre les paramètres de rugosité mesurés sur les éprouvettes de bois de pin	LXIII
ANNEXE 34 : Effets de la vision sur le toucher.....	LXIV

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Localisation de la zone d'étude	6
<u>Dans les annexes</u>	
Carte 2. Localisation des zones reboisées dans la Région Analamanga	II

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Les différentes étapes de la première transformation des bois de Famelona au MESA (Clichés : Auteur, 2013).....	12
Figure 2 : Shéma récapitulatif des différentes étapes de la première transformation des éprouvettes de Famelona au MESA	13
Figure 3 : Séchage des bois de Famelona (a) et (b) dans l'enceinte climatique (pour les éprouvettes de grandes dimensions qui sèchent difficilement) ; (c) à l'air libre (pour les éprouvettes de petites dimensions) (Clichés : Ramanakoto, 2014)	14
Figure 4 : Débitage et mise en forme des éprouvettes (Clichés : Ramanakoto, 2014).....	14
Figure 5: Uisnage des éprouvettes avec la machine à commande numérique DUBUS (Cliché: Ramanakoto, 2014)	15
Figure 6: Mouvement lors de la coupe (Source: Aiguilera, 2002 in Rajemison, 2013 ; et Ramanakoto, 2014)	15
Figure 7 : Géométrie de la fraise (Clichés : Ramanakoto, 2014)	15
Figure 8 . (a) Perthomètre avec un pointeur laser mesurant les paramètres d'état de surface ; (b) Mesure de la topographie en 3D et acquisition des profils ; (c) Représentation 3D de l'état de surface obtenue sur l'écran de l'ordinateur. (Clichés : Ramanakoto, 2014)	16
Figure 9 : Exploration des états de surface par le perthomètre (le rectangle en rouge indique la matrice de prélèvement, les flèches en rouge indiquent les directions de mesure) (Cliché : Ramanakoto, 2014).	17
Figure11: Représentation graphique des trois profils de rugosité suivant les valeurs de sRsk.....	18
Figure12: Représentation graphique des trois profils de rugosité suivant les valeurs de S*ku.....	18
Figure 13 : (a) Courbe d'Abbott-Firestone et les zones fonctionnelles ; (b) Etablissement des paramètres fonctionnels à partir de la courbe de taux de portance.....	19
Figure 13 : Défauts principaux de la surface selon la norme ASTM- D1666-87 (Source : Khazaein, 2006)	21
Figure 14 : Lampe utilisée pour l'éclairage de chaque cabine individuelle (a), avec des variantes d'éclairages en rouge (b) et en vert (c), et aperçu de la cabine avec l'éclairage blanc neutre utilisé lors des évaluations sensorielles (d). (Clichés : Auteur, 2014)	22
Figure 15 : Signification de chaque terme composant le numero d'identification.....	23
Figure 16 . Numéro d'identification (en bas des éprouvettes) et codage à 3 chiffres (sur les étiquettes en blanc) attribués à chaque éprouvette. (Clichés : Auteur, 2014).....	23

Figure 17 : Les différentes étapes de l'analyse visuelle.....	24
Figure 18 : Les différentes étapes de l'analyse viso-tactile.....	25
Figure 31 : Schéma récapitulatif des analyses statistiques.....	30
Figure 32 : Cadre opératoire de recherche	31
Figure 21 : Résumé de la méthodologie.....	32
Figure 22 : Fréquence d'apparitions des différents niveaux des paramètres de rugosité (au nombre de 12) et du profil primaire de la surface sPa pour le plan LR (22a) et pour le plan LT (22b).....	34
Figure 23 : Fréquence d'apparitions des différents niveaux des paramètres d'ondulation dans le plan LR (23a) et dans le plan LT (23b).....	35
Figure 24 . Fréquence d'apparitions des différents niveaux des défauts visuels dans le plan LR (24a) et dans le plan LT (24b)	35
Figure 25 . Statistique descriptive des notes de préférence des consommateurs dans le plan LR	40
Figure 26 : Statistique descriptive des notes de préférence des consommateurs dans le plan LT	40
Figure 27 . Représentation graphique par ACP des cercles de corrélations des préférences visuelles et viso-tactiles de chaque groupe de consommateurs sur les paramètres de rugosité, du profil primaire et d'ondulation dans le plan LR (24a) et dans le plan LT (24b)	41
Figure 28 . Représentation graphique par ACP des cercles de corrélation des préférences visuelles et viso-tactiles de chaque groupe de consommateurs sur les défauts visuels de surface dans le plan LR (28a) et dans le plan LT (28b).....	43
Figure 29 : Régression linéaire entre les préférences visuelles et viso-tactiles des consommateurs et le paramètre de profil primaire de la surface sPa dans le plan LR.....	46
Figure 30 : Régression linéaire entre les préférences visuelles et viso-tactiles des consommateurs et le paramètre de défaut visuel « trace d'usinage » dans le plan LT	46

Dans les annexes

Figure 52 : La Région Analamanga, districts, superficie et nombre de communes par district.....	I
Figure 53 : Pyramide des âges de la population pour les trois (03) Districts : Antananarivo Renivohitra, Avaradrano et Atsimondrano	I
Figure 56 : Variation de la couleur du bois de coeur du Famelona.....	V
Figure 57 : Courbe d'importance de la texture des échantillons suivant les valeurs de Str (Ramanakoto, 2012)	VI
Figure 58 : Représentation du plan de coupe (a) et de l'anisotropie de l'état de surface (b)	VII
Figure 59: Trajectoires des arêtes de coupe (tronchoïdes) en opposition et en avalant	VII
Figure 61 : Séchoir au niveau du MESA (à gauche) ; les planches de Famelona empilés dans le sechoir (à droite en haut) et mesure de l'humidité du bois avec l'humidimètre (à droite, en bas) (clichés : auteur, 2013)	X
Figure 62 : Aperçu général du Perthomètre de Mahr (Cliché : Ramanakoto, 2014).....	XI
Figure 71 : (a) Fibres soulevés des niveaux 1 à 5(de gauche à droite) ; (b) Fibres retournées arrachées des niveaux 1 à 5 (de gauche à droite) ; (c)Traces d'usinage des niveaux 1 à 5 (de gauche à droite) ; (d)	

Marques de copeaux des niveaux 2 à 5 (de gauche à droite), présentes sur les bois de Famelona usinés	XVII
Figure 74 : Fiche d'information	XXXIII
Figure 83 : Dendrogrammes pour la CAH suivant les préférences visuelles des consommateurs dans le plan LR.....	XXXVIII
Figure 85 : Dendrogrammes pour la CAH suivant les préférences viso-tactiles des consommateurs dans le plan LR.....	XXXIX
Figure 87 : Dendrogrammes pour la CAH suivant les préférences visuelles des consommateurs dans le plan LT	
Tableau 45 : Description des groupes de consommateurs suivant les préférences viso-tactiles dans le plan LT.....	XL
Figure 90 : Dendrogrammes pour la CAH suivant les préférences viso-tactiles des consommateurs dans le plan LT.....	XLI
Figure 95 . Demonstrataion de la différence entre deux éprouvettes usinées suivant les mêmes paramètres d'usinage, mais dont l'un des états de surface présente des défauts anatomiques (en bas)	LIX
Figure 101 : Comparaison des préférences visuelles et viso-tactiles des consommateurs des différents états de surface suivant les plans LR et LT	LXIV

LISTE DES FORMULES

Formule 1 : Calcul de l'épaisseur moyenne des copeaux	10
Formule 2: (a) Détermination de la différence entre deux intervalles de niveaux des paramètres d'EDS et (b) Calcul des intervalles de valeurs suivant les différents niveaux des paramètres	28

LISTE DES PHOTOS

Dans les annexes

Photo 1 : Les six postes utilisées pour les évaluations sensorielles	XII
Photo 2 :(a)Le local où sont effectuées les explications sur les évaluations sensorielles et (b) Explication avec un groupe de consommateurs à enquêter.....	XII

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Evolution de la couverture forestière et taux annuel de déforestation pour quelques régions	7
Tableau 2 : Systématique du Famelona.....	8
Tableau 3 : Les différents niveaux de facteurs expérimentaux testés dans la littérature qui ont servi de base pour choisir les paramètres d'usinage de cette étude	9
Tableau 4 : Plan d'expériences établi à partir des différents niveaux des facteurs expérimentaux choisis	11

Tableau 5 : Calcul du nombre d'éprouvettes.....	11
Tableau 6 : Les paramètres de rugosité de surface mesurés.....	17
Tableau 7 : Les paramètres d'ondulation mesurés	17
Tableau 8: Paramètres d'amplitude décrivant les saillies et les creux sur les surfaces (µm).....	17
Tableau 9 : Paramètres d'amplitude liés à la ligne moyenne	18
Tableau 10 : Paramètres fonctionnels	20
Tableau 11 : Répartition par classe d'âge des consommateurs à enquêter pour les plans LT et LR.....	26
Tableau 12 : Classification des catégories des ménages suivant les critères choisis	27
Tableau 13 : Les paramètres de rugosité, d'ondulation et de profil primaire de la surface mesurés.	33
Tableau 14 : Matrice de corrélation entre les paramètres de rugosité, d'ondulation et de profil primaire	37
Tableau 15 : Matrice de corrélation entre les préférences des consommateurs et les paramètres d'états de surface	45
Tableau 16 : Equations du modèle de la regression linéaire dans le plan LR pour le calcul des seuils de préférence des consommateurs.....	48
Tableau 17 : Equations du modèle de la regression linéaire dans le plan LT pour le calcul des seuils de préférence des consommateurs.....	48
Tableau 18 : Seuils de préférence et valeurs des paramètres d'états de surface	49
Tableau 19 : Comparaison des seuils obtenus avec la littérature pour les préférences visuelles	56
Tableau 20 : Cadre opératoire des recommandations pratiques	62

Dans les annexes

Tableau 21 : Evolution de la couverture forestière des huit districts de la région Analamanga	II
Tableau 22 : Répartition et inventaire floristique de <i>Chrysophyllum boivinianum</i> (Sapotaceae) ou <i>Famelona</i> (IEFN, 1996).....	III
Tableau 23 : Les taux d'humidité adéquats pour éviter des déformations et l'utilisation correspondantes du bois.	X
Tableau 24 : Le codage à trois chiffres pour le plan LT	XIV
Tableau 25 : Le codage à trois chiffres pour le plan LR	XIV
Tableau 26 : Répartition par classe d'âge et sexe pour les trois districts de la zone d'étude(en %)	XV
Tableau 27: Répartition de la population suivant le type de logement occupé, par milieu de résidence	XV
Tableau 28 : Définition des critères qualifiant les surfaces avec les fibres soulevés (FS)	XVI
Tableau 29 : Définition des critères qualifiant les surfaces avec des fibres arrachées (FA)	XVI
Tableau 30 : Définition des critères qualifiant les surfaces avec des traces d'usinage (TU)	XVII
Tableau 31 : Définition des critères qualifiant les surfaces avec des marques de copeaux (MC).....	XVII
Tableau 32 : Ordre de présentation des éprouvettes pour le plan LT pour l'analyse visuelle et l'analyse visuo-tactile.....	XVIII

Tableau 33 : Ordre de présentation des éprouvettes pour le plan LR pour l'analyse visuelle et l'analyse visuo-tactile	XXI
Tableau 34 : Répartition des différents niveaux des paramètres de rugosité et de profil primaire de la surface suivant les plans LR et LT	XXXIV
Tableau 35 : Répartition des différents niveaux des paramètres de d'ondulation suivant les plans LR et LT.....	XXXIV
Tableau 36 : Répartition des différents niveaux des défauts visuels dans les deux plans LR et LT	XXXIV
Tableau 37 : Détails des calculs du nombre d'individus à enquêter dans les différentes classes ..	XXXV
Tableau 38 : Statistiques descriptives des préférences visuelles des 84 juges suivant le plan LR	XXXVI
Tableau 39 : Statistiques descriptives des préférences visuo-tactiles des 84 juges suivant le plan LR	XXXVI
Tableau 40 : Statistiques simples des préférences visuelles des 90 juges suivant le plan LT.....	XXXVII
Tableau 41 : Statistiques simples des préférences visuo-tactiles des 90 juges suivant le plan LT	XXXVII
Tableau 42 : Description des groupes de consommateurs suivant les préférences visuelles dans le plan LR.....	XXXVIII
Tableau 43 : Description des groupes de consommateurs suivant les préférences visuo-tactiles dans le plan LR.....	XXXIX
Tableau 44 : Description des groupes de consommateurs suivant les préférences visuelles dans le plan LT.....	XL
Figure 87 : Dendrogrammes pour la CAH suivant les préférences visuelles des consommateurs dans le plan LT	
Tableau 45 : Description des groupes de consommateurs suivant les préférences visuo-tactiles dans le plan LT.....	XL
Tableau 46 : Valeurs moyennes des paramètres d'ondulation, de rugosité et de profil primaire de la surface suivant LR.....	XLII
Tableau 47 : Valeurs moyennes des paramètres d'ondulation, de rugosité et de profil primaire de la surface suivant LT.....	XLIII
Tableau 48 : Les différents niveaux des défauts visuels pour les éprouvettes suivant les deux plans LR et LT	XLIV
Tableau 49 : Vecteurs propres issus de l'ACP suivant les deux plans LR et LT	XLVI
Tableau 50 : Explication des différents numéros attribués aux éprouvettes	LIX
Tableau 51 : Effet des facteurs expérimentaux sur les paramètres de rugosité et sPa des bois usinés.	LX
Tableau 52 : Effets des facteurs expérimentaux sur les paramètres d'ondulation des bois usinés.....	LX
Tableau 53 : Effet des facteurs expérimentaux sur les paramètres de défauts visuels des bois usinés	LXI
Tableau 54 : Matrice de corrélation entre les paramètres d'états de surface au seuil de $\alpha=0,1\%$	LXII
Tableau 55 : Les moyennes des notes visuelles et visuo-tactiles pour les états de surfaces suivant les plans LR et LT	LXIV
Tableau 56 : Test de Normalité des notes moyennes des préférences visuelles et visuo-tactiles	LXV

Tableau 57 : Détermination de l'effet de la vision sur le toucher par comparaison des notes visuelles et
visu-tactiles LXV

LISTE DES UNITES

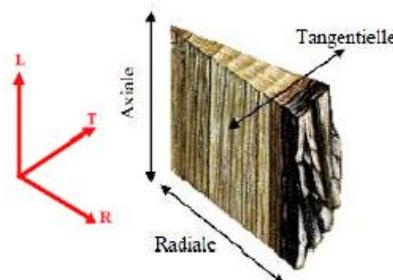
cm	centimètre
G	Surface terrière
ha	hectare
m	mètre
mm	millimètre
mn	minute
N	Nombre
s	seconde
tr	tour
V	Volume

GLOSSAIRE

Anisotropie : Un matériau est dit anisotrope, lorsqu'autour d'un point du matériau, les propriétés ne sont pas les mêmes dans toutes les directions. Le bois est anisotrope, avec des propriétés qui diffèrent suivant les trois directions : longitudinale (L : suivant l'accroissement de l'arbre), radiale (R : du cœur à l'écorce) et tangentielle (T : tangente aux cernes d'accroissement).

De ces trois directions, il est possible d'obtenir trois plans, à savoir :

- Plan LR (longitudinal – radial)
- Plan LT (longitudinal – tangential)
- Plan RT (radial – transversal)



Ameublement : travail du bois de faible équarrissage, destiné à la fabrication de meuble, ou à la décoration et à l'équipement des bâtiments (Rakotosoloniaina, 2013).

Bois d'œuvre : dénomination commerciale commune des bois précieux issus d'essences de forêts naturelles (Ramanakoto, 2012).

Bois ordinaire : dénomination commerciale commune des bois issus d'essences de forêts naturelles « autres que les essences de bois précieux » (Ramanakoto, 2012).

Cartographie interne des préférences : fondées sur les préférences des consommateurs et permettant de les analyser ainsi que d'analyser les différences entre produits. Elle met en relation les préférences des consommateurs avec les caractéristiques sensorielles et/ou physico-chimiques des produits, et permet de visualiser ces relations sur une carte « facilement » lisible (Husson, 2009 ; Saporta, 2014).

Charronnage : se dit de la profession, du bois et de l'ouvrage de charron. Un charron est un ouvrier, artisan, qui fait des trains de voitures, des chariots, des charrettes (Dictionnaire Universel).

Copeau : particule de bois enlevée avec un outil tranchant (AFNOR, 1961).

Débitage : ensemble d'opérations consistant à diviser une grume ou une bille en la sciant, en la fendant, etc. longitudinalement, ou éventuellement à rediviser de même manière les pièces de bois ainsi obtenues (AFNOR, 1961).

Défaut : anomalie qui déprécie le bois (AFNOR, 1961).

Dégauchissage : opération destinée à réaliser une surface plane à l'aide d'un outil tranchant appelé dégauchisseuse (AFNOR, 1961).

Ebenisterie : fabrication de meubles en bois précieux (Rakotosoloniaina, 2013).

Endémisme : Caractérisé par le nombre de taxons endémiques et leur niveau systémique (espèce, genre, famille). Une espèce est dite endémique quand elle est naturellement confinée dans un espace particulier et de dimensions limitées.

Epaisseur de copeau : épaisseur du morceau ou de l'éclat de bois enlevé par un instrument tranchant et mesuré avant le retrait de la pièce de bois (Franz, 1958).

Eprouvette : pièce de forme particulière soumise à un effet physique ou mécanique en vue de déterminer les caractéristiques d'un matériau (bois).

Essence autochtone : Essence d'occurrence naturelle dans une région.

Espèce exotique (allochtone, allogène) : espèce observée à l'extérieur de son aire de répartition naturelle, introduite dans une autre région (adaptée de IUCN, 2000).

Espèce introduite : espèce exotique introduite volontairement ou non par l'homme et observée à l'état sauvage en dehors de son aire de répartition naturelle.

Espèce native (autochtone, indigène) : espèce vivant à l'intérieur de son territoire naturel, y compris la zone qu'elle peut atteindre et occuper en utilisant ses propres moyens de déplacement (adaptée de IUCN, 2000).

Espèce naturalisée (établie) : espèce exotique, introduite, capable de s'adapter aux conditions biotiques et abiotiques du nouvel environnement (acclimatée) et d'y établir une population viable ; c'est-à-dire, de se reproduire naturellement et d'assurer le maintien durable de la population (adaptée de Richardson et *al.*, 2000).

Hétérogénéité : un matériau est dit hétérogène, si, lorsqu'on le découpe en plusieurs morceaux, on ne retrouve pas les mêmes constituants. Le bois est hétérogène.

Menuiserie : ensemble des techniques mises en œuvre pour construire des ouvrages de taille relativement petite, par assemblage de menues pièces de bois. Ces assemblages se font de largeur, de longueur ou en angle (Rakotosoloniaina, 2013).

Monadique : Mode de présentation des produits un par un. Elle évite la comparaison des échantillons entre eux (CTIFL, 2004).

Panel: groupe de personnes, jury, pour un test sensorial (CTIFL, 2004).

Panel naïf : il s'agit des panels de dégustateurs amateurs lorsqu'il s'agit de faire des tests de préférence, d'acceptation et hédoniques (degré d'appréciation), ces tests sont axés sur le consommateur (Watts et *al.*, 1991).

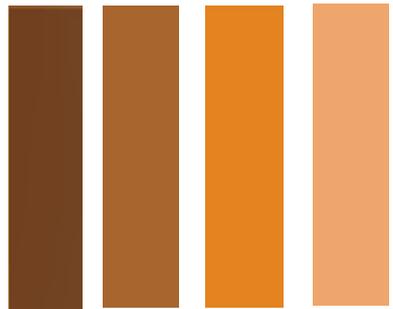
Préférence : prédisposition pour un produit particulier, indépendamment de la situation de consommation. Elle est exprimée par le niveau d'appréciation ou d'aversion, la fréquence désirée de consommation ou encore par une proportion de sujet sélectionnant ce produit parmi d'autres (Schlich et McEwan, 1992 ; Charles, 2013).

Rabotage : action d'aplanir (la surface de bois) avec un outil formé d'une lame tranchante en acier, logé dans une enveloppe de bois ou de métal (Rakotosoloniaina, 2013).

Test hédonique : test axé sur le consommateur, fait sur des panels amateurs, pour mesurer la préférence ou l'acceptation de façon indirecte, pour mesurer le degré d'appréciation d'un produit. On se sert d'échelles de catégories allant de «aime beaucoup» à «n'aime pas du tout» en passant par «neutre» avec un nombre variable de catégories intermédiaires. Les dégustateurs choisissent, pour chaque échantillon, la catégorie qui correspond à leur degré d'appréciation (Watts et *al.*, 1991).

Usinage: ensemble d'opérations consistant à donner à une pièce de bois la forme finale, les surfaces définitive et toutes les cotes de dimensions nécessaires à sa mise en oeuvre (AFNOR, 1961).

INTRODUCTION



INTRODUCTION

Les forêts naturelles malgaches regorgent de ressources encore mal connues et sous exploitées. Pour les essences de bois, plus de 4220 espèces ligneuses y sont rencontrées, dont 50 environ sont exploitées et près de 197 seulement ont été décrites (Rakotovao et *al.*, 2012). Le bois, dont l'homme se sert depuis des millénaires, reste l'un des matériaux les plus utilisés pour la construction, la menuiserie et l'ameublement (Franz, 1958). De ce fait, les bois précieux tels que le bois d'ébène (*Diospyros spp.*), le bois de rose et le palissandre (*Dalbergia spp.*) qui sont très prisés sur le marché national et mondial, sont surexploités et se raréfient continuellement (Patel, 2007, Shuurman et Lowry, 2009 ; Ballet et *al.*, 2010, Rajemison, 2013). Une des principales causes est le commerce illicite, suivi de l'exportation aux Etats-Unis, en Europe, et surtout en Chine (Laurence, 2008). Ainsi, les bénéfices rapides associés à leur commerce ont engendré une ruée vers ces bois, ce qui a décimé les quelques dernières forêts précieuses de Madagascar (Global Witness et EIA, 2010). Face à cette raréfaction des bois précieux malgaches, il s'avère nécessaire de veiller à la gestion durable de ces essences d'une part, mais surtout de commencer à rechercher des essences de substitution pour satisfaire les besoins des consommateurs en bois d'ameublement.

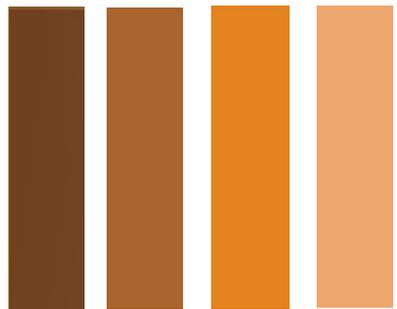
Selon Ramanakoto (2012), pour une recherche d'essence de substitution, non seulement l'essence doit avoir de bonnes caractéristiques technologiques adéquates correspondant à son utilisation, mais il faut aussi que l'essence plaise aux consommateurs. Les caractéristiques, « couleur », « texture » et « densité » du bois, appréciées par les consommateurs malgaches ont été alors identifiées. Cet auteur préconise avant tout le choix d'essences lourdes, de couleur tendant vers le jaune clair, à texture orientée bien visible et une surface lisse sans défauts. Pour ce dernier critère, Mothe (1985), a souligné qu'une des propriétés importantes du bois, notamment pour ses utilisations les plus nobles, est son état de surface, qui conditionne son aspect esthétique, mais aussi l'importance des pertes de matière lors des phases de finition du matériau.

Les conditions d'usinage ont un effet majeur sur la qualité de surface produite (Aguilera et Zamora, 2009). L'étude de la relation « conditions de coupe et caractéristiques de l'état de surface produit », est alors importante pour comprendre le mécanisme de formation de différents types de surface. Plusieurs études (Goli, 2003 ; Khazaeian, 2006 ; Kilic et *al.*, 2006 ; Hernandez et Cool, 2008, Ramananantoandro et *al.*, 2014) ont travaillé sur l'optimisation des conditions de coupe pour améliorer la qualité de surface. Cependant, il n'existe actuellement aucun critère précis pour déterminer si la qualité d'une surface est bonne ou pas, notamment pour les essences autochtones et endémiques malgaches. Des études approfondies s'avèrent alors nécessaires afin de déterminer les critères quantitatifs permettant d'appréhender ce qu'est une bonne qualité de surface. La méthode utilisée a été basée sur la détermination de la préférence des consommateurs en matière d'état de surface des bois d'ameublement.

Cette étude vise donc deux objectifs : (i) rechercher des critères quantitatifs liés à la préférence viso-tactile des consommateurs permettant d'appréhender la qualité de surface et (ii) trouver les seuils d'acceptabilité pour chaque paramètre d'état de surface. Différents paramètres d'usinage permettant de générer différents états de surface ont été alors déterminés. Ensuite, les liens entre les préférences des consommateurs en bois d'ameublement et les défauts de surface tels que la rugosité, l'ondulation, les défauts de forme, et les défauts visuels ont été établis. Cette étude contribue alors à assurer une amélioration des méthodes d'usinage du bois, et par conséquent une meilleure transformation des ressources, ainsi qu'un accroissement de la performance et des bénéfices des industriels dans la filière bois.

Le présent ouvrage est subdivisé en quatre parties. En premier lieu seront présentés le milieu étudié ainsi que l'essence de bois utilisée. En second lieu seront développés les matériels et méthodes ayant permis l'aboutissement de ce travail. En troisième lieu seront présentés les résultats à la suite des traitements des données collectées sur terrain. Enfin, des recommandations et des discussions composeront la dernière partie.

**MATERIELS
ET
METHODES**



CHAPITRE I. MATERIELS ET METHODES

I.1. Problématique

La surexploitation des bois précieux de Madagascar, comme le palissandre, entraînant leur raréfaction, suscitent actuellement beaucoup de controverse (Patel, 2007 ; Shuurman et Lowry, 2009 ; Ballet et *al.*, 2010 ; Rajemison, 2013). Il est ainsi urgent de limiter la pression sur un nombre restreint d'essences que sont ces bois précieux, et de commencer à rechercher d'autres espèces pouvant les substituer. En effet, d'innombrables autres essences ligneuses pourraient répondre aux mêmes besoins, compte tenu de leurs propriétés technologiques, notamment pour l'approvisionnement en bois des industries de l'ameublement (Rakotovao et *al.*, 2012).

Dans le processus de promotion de nouvelles espèces de bois sur le marché de l'ameublement, il est d'abord essentiel que l'essence proposée plaise aux consommateurs. Ensuite, faire accepter et promouvoir ces nouvelles essences requiert également la considération de plusieurs critères tels que la couleur, la texture, la densité, la dureté du bois, mais aussi la qualité de surface (Mothe, 1985 ; Khazaein, 2006 ; Torsten, 2009 ; Ramanakoto, 2012 ; Ramananantoandro et *al.*, 2014). En effet, l'obtention d'un état de surface acceptable est généralement l'objectif de toute opération d'usinage. Aussi bien du point de vue esthétique que fonctionnel, l'état de surface du bois influe sur l'aspect visuel des surfaces finies et sur la performance à l'adhésion des produits de finition. La rentabilité économique des processus industriels dépend ainsi des procédés d'usinage utilisés afin d'améliorer la qualité de surface pour optimiser une application donnée telle que la finition sur la surface du bois usiné (Mothe, 1985 ; Khazaein, 2006 ; Ramananantoandro et *al.*, 2014).

L'usinage est une opération de mise en forme par enlèvement de matière destinée à conférer à une pièce des dimensions et un état de surface admis avec une tolérance donnée (Khazaeian, 2006). La connaissance de la formation du copeau en est la base de l'approche scientifique (Juan, 2007). Pour les travaux d'usinage habituels, l'épaisseur moyenne du copeau doit rester inférieure à 0,5 mm en ébauche et supérieure à 0,02 mm pour les travaux de finition (Eyma, 2002 *in* Khazaeian, 2006). En faisant varier les paramètres d'usinage, différents états de surface peuvent être obtenus (Lundberg et Porankiewicz, 1995 ; Cristina, 2005 ; Khazaeian, 2006 ; Rajemison, 2013). C'est également le cas lorsque certains paramètres du matériau bois varient, comme l'espèce étudiée, l'humidité et la densité du bois (Aiguilera et Zamora, 2009). Ainsi, la surface obtenue par usinage ne sera jamais géométriquement parfaite et présentera des irrégularités ou défauts de surface. La forme géométrique d'une surface est habituellement caractérisée par sa forme, son ondulation et sa rugosité (Khazaeian, 2006). Par ailleurs, les irrégularités qui sont visibles à l'oeil sont qualifiées de défauts visuels. On peut citer les fibres arrachées, les fibres soulevées, les traces d'usines et les marques de copeaux (ASTM-D1666-87, 1987 *in* Khazaeian, 2006). Il est essentiel de veiller à rechercher la satisfaction des consommateurs en bois d'ameublement en déterminant les paramètres d'usinage qui permettraient d'éviter ces défauts.

Plusieurs paramètres influent sur la qualité de l'état de surface obtenu, tels que :

- les paramètres liés au matériau: propriétés physiques et mécaniques du bois ;
- les paramètres liés aux conditions de travail : vitesse de coupe, vitesse d'avance, profondeur de passe, épaisseur de copeau, direction et mode de coupe ;
- les paramètres liés à l'outil, notamment le diamètre de l'outil, la géométrie de l'arête, le nombre de dents ou le matériau utilisé.

Plusieurs auteurs tels que Goli (2003), Khazaeian (2006), Coelho et *al.* (2007), Forrakhpayam et *al.* (2011), et Rajemison (2013), ont ainsi testé différents niveaux de paramètres d'usinage et ont étudié les caractéristiques des états de surface obtenus tout en tenant compte de la nature de l'essence usinée et de ses propriétés physiques et mécaniques. Cependant, la qualité de surface n'est pas déterminée d'une manière objective. Les différentes études sur l'usinage du bois ne traitent que des relations entre les procédés d'usinage et les caractéristiques de l'état de surface obtenu (Fujiwara et *al.*, 2001 ; Coelho et *al.*, 2007). Les critères objectifs pour qualifier si un état de surface est bon ou pas ne sont pas encore définis à ce jour.

Enfin, les entreprises travaillant le bois s'imposent une surqualité pour améliorer la qualité de surface du bois usiné, d'où un surcoût, une perte de temps et une baisse de la productivité. Ainsi, la connaissance des seuils des paramètres d'état de surface va leur permettre de déterminer les zones de coupe acceptables afin de générer une bonne qualité de surface appréciée par les consommateurs.

L'objectif de cette étude a donc été de trouver des critères objectifs permettant de qualifier ce qu'est un bon état de surface en mettant en relation les paramètres d'état de surface et les préférences des consommateurs. Des seuils d'acceptabilité des paramètres d'états de surface ont été alors déterminés, et ont permis de définir ce qu'est un bon état de surface pour les consommateurs.

La question de recherche qui se pose est alors : « **A partir de quels seuils des paramètres d'état de surface une surface usinée peut-elle être qualifiée de bonne qualité pour les consommateurs cibles** » ?

De cette problématique découlent plusieurs autres questions qui sont les suivantes :

- Quels sont les paramètres d'usinage qui permettent de générer différents états de surface allant de l'ébauche grossière à la finition soignée ?
- Les différents niveaux des défauts visuels générés sont-ils bien répartis sur toutes les surfaces obtenues après usinage avec les conditions de coupe choisies ?
- Quels sont les seuils de paramètres d'états de surface, notamment de rugosité, d'ondulation et de forme (ou paramètres du profil primaire) correspondant aux préférences des consommateurs ?
- Quels sont les niveaux des défauts visuels tolérés par les consommateurs, en ce qui concernent les fibres soulevées, les fibres arrachées, les traces d'usinage et les marques de copeaux ?

I.2. Hypothèses

Afin de répondre à ces questions de recherche précédemment évoquées, les hypothèses suivantes ont été formulées dans le cadre de cette étude.

H 1 : Les niveaux des paramètres d'usinage considérés ont bien généré tous les niveaux de défauts de surface.

La vérification de cette hypothèse est en relation aux deux premières questions de recherche évoquées précédemment. Il s'agit de vérifier si les paramètres d'usinage utilisés ont effectivement permis d'obtenir différents types de défauts visuels et différentes gammes d'état de surface à présenter aux consommateurs.

Les sous-hypothèses y afférant sont :

H 1.1 : les différents niveaux d'états de surface, allant de l'ébauche grossière à la finition très soignée, en terme de rugosité, d'ondulation, et de profil primaire, sont bien représentés sur toutes les éprouvettes étudiées ;

H 1.2 : les différents niveaux de fibres soulevées sont bien répartis sur toutes les éprouvettes étudiées ;

H 1.3 : les différents niveaux de fibres arrachées sont bien répartis sur toutes les éprouvettes étudiées ;

H 1.4 : les différents niveaux de marques de copeaux sont bien répartis sur toutes les éprouvettes étudiées ;

H 1.5 : les différents niveaux de traces d'usinages sont bien répartis sur toutes les éprouvettes étudiées.

H 2 : Les consommateurs préfèrent une surface lisse.

Cette hypothèse est relative à la troisième question de recherche. Il s'agit de déterminer les valeurs des paramètres de rugosité, d'ondulation et du profil primaire de la surface correspondant à un état de surface qualifié de lisse par les consommateurs des bois d'ameublement.

H3 : Les défauts de surface du bois influencent la préférence des consommateurs.

Cette dernière hypothèse est relative à la quatrième question de recherche. Le but est de déterminer les niveaux des défauts visuels, permettant ainsi de déterminer le degré de tolérance des consommateurs pour chaque défaut d'usinage généré par les conditions de coupe utilisées.

Les sous-hypothèses y afférant sont :

H3. 1 : Les consommateurs préfèrent les surfaces sans fibres soulevées.

H3. 2 : Les consommateurs préfèrent les surfaces sans fibres arrachées.

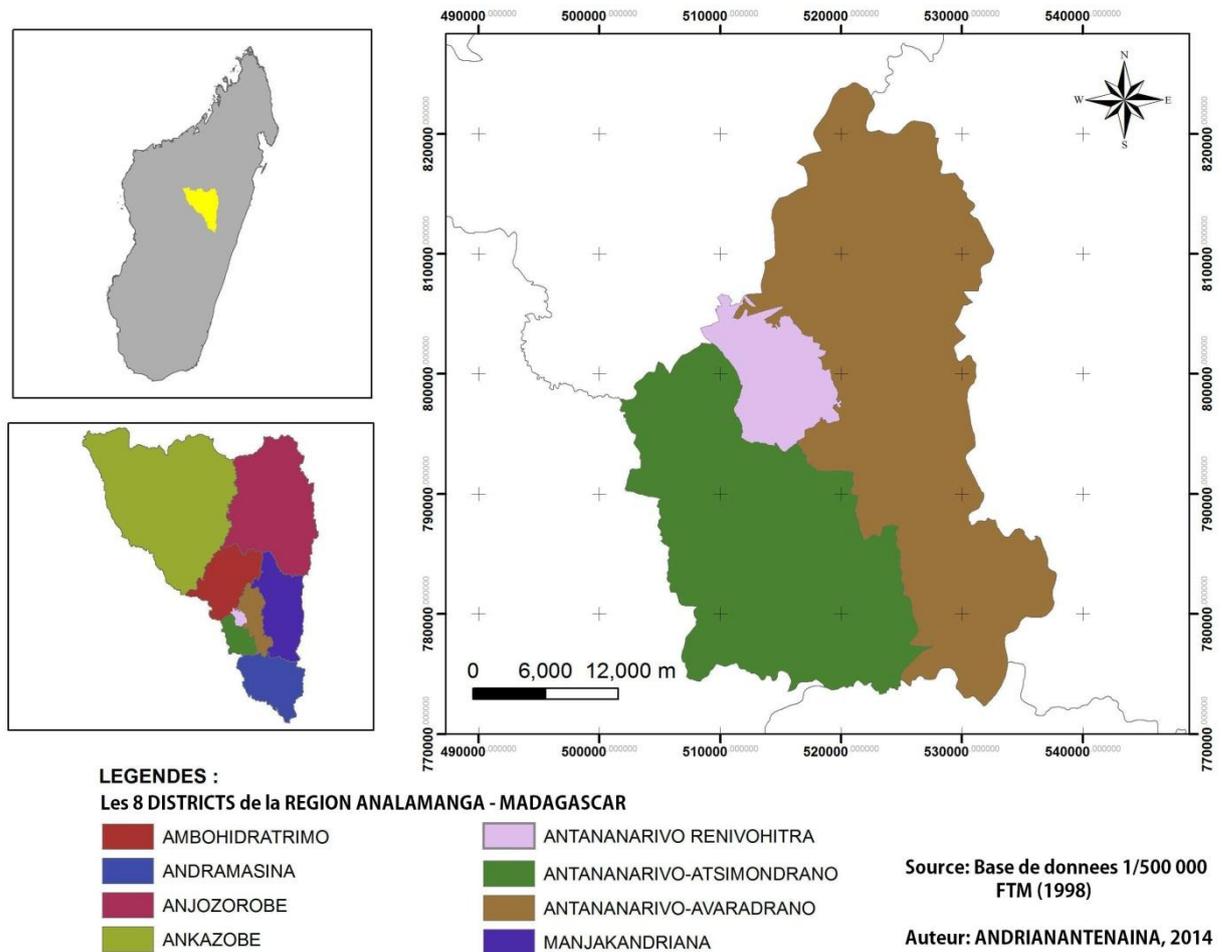
H3. 3 : Les consommateurs préfèrent les surfaces sans marques de copeaux.

H3. 4 : Les consommateurs préfèrent les surfaces sans traces d'usinages.

I.3. Présentation du milieu d'étude

I.3.1. Localisation

Madagascar comprend 22 régions qui sont à leur tour subdivisées en plusieurs districts, puis en communes et enfin en Fokontany. Le milieu d'étude de la préférence des consommateurs en bois d'ameublement s'est étendu sur 3 des 8 districts qui constituent la Région Analamanga (PRD – Région Analamanga, 2005 ; Carte 1 et Annexe 1), à savoir Antananarivo Renivohitra, Antananarivo Atsimondrano et Antananarivo Avaradrano. La ville d'Antananarivo, Capitale de Madagascar, rassemble le plus grand nombre d'habitants, près de 8% de la population malagasy (Helders, 2012 ; Rajemison, 2013). C'est également le plus important centre de consommation en bois de construction, d'œuvre et de service (Rajemison, 2013).



Carte 1 : Localisation de la zone d'étude

I.3.2. Milieu humain

Les caractéristiques de la population dans les trois districts choisis pour l'étude, Antananarivo Renivohitra, Atsimondrano et Avaradrano sont comme suit : en terme de répartition par sexe, le pourcentage des hommes est légèrement inférieur (49 %) à celui des femmes (51 %). En termes de répartition par âge, c'est une population relativement jeune, avec plus de 65% ayant moins de 25 ans (MAEP – UPDR, 2003 ; Annexe 2). En termes de catégorie socio-économique, selon INSTAT (2011), la pauvreté touche 76,5% de la population malgache, près de 82% des ménages ont un revenu

inférieur ou égal à leurs besoins fondamentaux, le SMIC étant de Ar 100 000 (Julia, 2012 ; Parienti, 2012 ; Racl, 2013) et l'indice de développement humain (IDH 2011) de 0,480 (151^e) (Helders, 2012). Moins de 20 % appartiennent à la catégorie des « plus riches ». En effet, la majorité de la population malgache est pauvre. Les ménages riches et moyens sont minoritaires.

I.3.3. Couverture forestière de la Région Analamanga

L'ensemble de la Région Analamanga est caractérisé par la faible superficie couverte en forêt primaire. La dégradation est telle qu'il ne reste plus que quelques lambeaux de forêt, juste à la limite orientale de la Province d'Antananarivo, à l'Est d'Anjozorobe passant par Ambatolaona jusqu'à Tsinjoarivo, à Ambatolampy et au Tampoketsa Ankazobe (MAEP – UPDR, 2003). La couverture forestière dans la région Analamanga a ainsi rapidement diminué de 1990 à 2010 (tableau 1). Les valeurs les plus faibles se rencontrent dans la région d'Itasy, les couvertures forestières les plus étendues se retrouvent dans la région Atsimo Andrefana. Concernant l'évolution de la couverture forestière durant la même période au niveau des huit districts composant la région Analamanga, le district d'Anjozorobe présente la plus grande superficie de couverture forestière tandis que c'est le district d'Antananarivo renivohitra qui en est le plus restreint. (Annexe 3).

Tableau 1 : Evolution de la couverture forestière et taux annuel de déforestation pour quelques régions

Régions	Couverture forestière estimée en hectares (ha)				Taux annuel de déforestation 2005 – 2010
	1990	2000	2005	2010	
Analamanga	64 368	55 197	52 633	51 836	0,3%
Atsimo Andrefana	2 063 055	1 813 253	1 724 855	1 658 943	0,8%
Itasy	496	51	36	36	0,0%

Source : ONE; DGF/MEF; CI Madagascar; FTM et MNP (2013)

I.3.4. Approvisionnement en bois de la Région Analamanga

Face à cet état de la couverture forestière, le marché du bois d'œuvre est alors contraint de se tourner progressivement vers l'exploitation des forêts de reboisement, notamment d'Eucalyptus et de Pin, et des plantations privées en substitution des sources de bois des forêts naturelles (Rasoamanana, 2007). Ainsi, le bois vendu sur le marché d'Antananarivo provient à 48% de la zone de Moramanga, à 25% de la zone de Toamasina, à 10% de Morondava, de Fianarantsoa (5%), Mahajanga (5%), d'Antsohihy (5%), et de Tuléar (2%) (Ramamonjisoa et Ratefiarivelo, 2006). La zone de Moramanga est donc l'une des principales zones d'approvisionnement d'Antananarivo en bois. En d'autres termes, 78% des bois sur le marché d'Antananarivo sont issus des forêts humides de l'est, et 22% sont exploités dans les forêts sèches (Vonimahefa, 1996 ; ONESF, 2009 ; Rajemison, 2013).

I.4. Etude des critères quantitatifs permettant une appréciation objective de la qualité de surface du bois usiné : les paramètres d'états de surface

La vérification des hypothèses a requis le passage par quatre étapes bien distinctes. En premier lieu, il a fallu choisir une essence permettant de bien apprécier l'état de surface du bois usiné. En

second lieu, il a fallu procéder à l'usinage du bois en le découpant en plusieurs éprouvettes de façon à obtenir plusieurs états de surfaces allant de l'ébauche grossière à la finition très soignée. En troisième lieu, les différents paramètres de rugosité de surface et les défauts visuels de bois ont été mesurés. Enfin, une analyse sensorielle a été effectuée pour étudier les préférences des consommateurs sur les différents états de surface ainsi générés.

I.4.1. Choix de l'essence utilisée

Selon Benoit (2005), un des facteurs qui conditionne la qualité d'une surface usinée est la nature de l'essence. Elle ajoute également que les propriétés physiques du bois, autant que sa disponibilité ou son prix orientent le choix des essences. Ainsi, des critères objectifs, en relation avec les propriétés esthétiques et physiques du bois, ont été définis, afin de choisir l'essence à utiliser dans cette étude.

Ramanakoto (2012) et Rajemison (2013) ont déjà effectué des tests sensoriels sur des bois de palissandre malgache. Les résultats qu'ils ont obtenus n'étaient pas totalement exploitables parce que la perception au toucher des consommateurs a été influencée par la texture visuelle du bois de palissandre (alternance de couleur claire et sombre du bois). De plus, la couleur sombre du bois n'a pas permis de bien observer la rugosité du bois. C'est la raison pour laquelle, dans cette étude, il a été décidé de travailler sur une essence de couleur claire, à texture uniforme permettant ainsi une bonne appréciation de la rugosité et des défauts de surface (Annexe 6). Le choix s'est porté sur *Chrysophyllum boivinianum* (Pierre) Baehni (SAPOTACEA) ou « Famelona ».

Tableau 2 : Systématique du Famelona

Règne	<i>Plantae</i>
Embranchement	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida (= Dicotylédones)
Ordre	Ericales
Famille	SAPOTACEAE
Genre	<i>Chrysophyllum</i>
Espèce	<i>Chrysophyllum boivinianum</i> (Pierre) Baehni

Source : Rakotovao et al., 2012 ; Lemmens, 2007 ; Tropicos, 2011 ; GBIF et « Catalogue of Life », 2011.

C'est un arbre de taille moyenne, doté d'une conformation générale assez bonne, avec une hauteur du fût de 3 à 8 m, un diamètre pouvant atteindre 70 cm et un aubier de 5 à 6 cm de large. Le bois de cœur est de couleur crème à brun jaune ou brun rosâtre, parfois avec des rayures foncées irrégulières et peu distinct de l'aubier (Annexe 5) (Rakotovao et al., 2012 ; Lemmens, 2007). La densité de son bois varie de 630 à 710 kg/m³ (Rakotovao et al., 2012 ; Lemmens, 2007). C'est donc une essence lourde correspondant aux préférences des consommateurs (Ramanakoto, 2012). D'autres propriétés du Famelona expliquent également le choix de l'espèce. De l'humidité du bois vert à l'état anhydre, les taux de retrait sont modérés à élevés, 3,7 à 4,7% dans le plan radial, et 12,5% dans le plan tangentiel. Le bois sèche bien à l'air avec peu de dégradation, bien que de temps en temps, il ait tendance à se déformer.

Par ailleurs, l'usinabilité du bois de Famelona est facile. Le bois présente une excellente finition après rabotage. Avec une bonne dureté, le bois tient bien les clous et les vis. Il a de bonnes propriétés pour le collage et pour la peinture. Le bois n'est que moyennement durable, il est sujet aux attaques de champignons et d'insectes. Le bois de cœur est résistant au traitement avec des conservateurs, l'aubier est moyennement résistant (Lemmens, 2007 ; Rakotovao *et al.*, 2012).

I.4.2. Usinage des éprouvettes suivant un plan d'expériences

L'usinage joue un rôle fondamental dans la plupart des processus de la conversion du bois : il modifie la forme, la taille et la qualité de surface du bois (Rajemison, 2013). Ainsi, pour générer les états de surface, les éprouvettes de famelona ont été usinées par défonceage en faisant varier les conditions de coupe. L'usinage a été effectué avec une machine à commande numérique DUBUS 3 axes (Ramanakoto, 2014). Un plan d'expériences a été élaboré afin de déterminer les paramètres d'usinage permettant d'obtenir toutes les gammes de rugosité de surface (allant de très rugueuse à lisse) ; et de représenter toutes les gammes de défauts visuels allant de mauvais à excellent.

I.4.2.1. Détermination des différents facteurs d'usinage et de leurs niveaux

Selon Cristina (2005), plusieurs paramètres peuvent influencer l'état final d'une surface. Les principaux paramètres de coupe qui caractérisent et influencent la coupe du bois sont : les angles de coupe, le mode de travail, la vitesse de coupe (et par voie de conséquence, la vitesse de rotation), la vitesse d'avance, la profondeur de passe, ou encore l'épaisseur moyenne de copeau (Juan, 2007 *in* Rajemison, 2013). Le choix des niveaux des différents paramètres a été déterminé à partir de l'analyse des résultats d'études effectuées par Goli (2003), Khazaeian (2006), Forrakhpayam *et al.* (2011) et Rajemison (2012) (tableau 3). Les définitions des différents facteurs expérimentaux sont présentées en annexe 7.

Tableau 3 : Les différents niveaux de facteurs expérimentaux testés dans la littérature qui ont servi de base pour choisir les paramètres d'usinage de cette étude

Facteurs expérimentaux	Rajemison (2013)	Khazaeian (2006)	Goli (2003)	Forrakhpayam et al. (2011)
Direction de coupe	LR et RT	LR, LT et RT	LR, LT et RT	LT
Mode de coupe	Avalant, Opposition	Avalant, Opposition	Avalant, Opposition	Avalant, Opposition
Vitesse de coupe (m/mn)	5 et 15	5 et 25	5	8 et 16
Vitesse de rotation (tr/mn)	10 000 et 24 000	10 000 et 24 000	13 867	6 000
Profondeur de passe (mm)	3 et 5	1 et 5	0,5	0,8 et 2,4
Nombre de dents Z	2	2 et 4	2	4
Diamètre de l'outil (mm)	10	10 et 40	40	120

En compilant les travaux de ces différents chercheurs (tableau 3 et annexe 8), les quatre points suivants ont pu être déduits:

- les fibres soulevées sont générées par une vitesse d'avance maximale et une vitesse de rotation minimale dans le plan LR ;

- les fibres arrachées sont générées par une vitesse d'avance maximale et une vitesse de rotation minimale, suivant une mode de coupe, en opposition dans le plan LR, et en avalant dans le plan LT ;
- les marques de copeaux sont générées dans le plan LT, avec un mode de coupe en opposition, une vitesse d'avance élevée et une grande profondeur de passe.
- les traces d'usinage sont générées par la profondeur de passe de l'outil, avec une vitesse d'avance et une vitesse de rotation maximales.

Cependant, vue que cette étude est la première qui essaiera de générer ces types de défauts sur la surface du bois, ces affirmations ne peuvent être justifiées comme telles et restent encore des hypothèses à confirmer dans les analyses effectuées dans le cadre de cette étude.

1.4.2.2. Calcul de l'épaisseur moyenne des copeaux suivant les paramètres d'usinage

Une densité élevée du bois, combinée à une faible épaisseur de copeau assurent un bon état de surface et une faible rugosité (Tanaka, 1991 ; Lavery et al., 1995 ; Hecker et Becker, 1995 in Aiguilera et Zamora, 2009 ; Juan, 2007). De plus, selon Khazaeian (2006), Cristina (2005) et Eyma (2002), l'épaisseur moyenne de copeau e_m doit rester inférieure à 0,5 mm en ébauche ($0,1 < e_m < 0,5$ mm) et supérieure à 0,02 mm pour les travaux de finition ($0,02 < e_m < 0,1$ mm). En dessous de 0,05 mm et au-dessus de 0,4 mm (0,4 mm pour les bois durs et 0,7 mm pour les tendres), l'usure des outils est plus rapide. Ainsi, les niveaux des facteurs expérimentaux du plan d'expériences ont été choisis de manière à ce que e_m varie de 0,05 mm à 0,55 mm, permettant ainsi, en théorie, de générer des gammes de surface allant d'ébauche à finition soignée.

Pour le calcul de l'épaisseur moyenne des copeaux, la formule utilisée par Aiguilera et Zamora (2009) suivante a été utilisée :

$$e_m = \frac{V_f}{Z N} \sqrt{\frac{ap}{D}}$$

Formule 1 : Calcul de l'épaisseur moyenne des copeaux

Avec e_m : Epaisseur moyenne de copeau (mm/tr/dent) ; V_f : Vitesse d'avance du bois par rapport à l'outil (mm/min) ; Z : Nombre de dents ; N : Vitesse de rotation de l'outil (tr/mn) ; $ap = H$: Profondeur de passe (mm) ; D : Diamètre de l'outil (mm).

Les paramètres d'usinage ayant généré ces valeurs d'épaisseurs moyennes de copeaux sont résumées dans l'annexe 9.

1.4.2.3. Facteurs d'usinage et leurs niveaux considérés dans le plan d'expérience

Suivant les types de défauts de surface qu'il était prévu d'obtenir et le calcul de l'épaisseur moyenne des copeaux dans le paragraphe précédent, les facteurs expérimentaux et les niveaux considérés ont été :

- **le mode de coupe** : en avalant et en opposition ;
- **la vitesse d'avance** en mètre par minute (m/mn) : 7 et 25 ;
- **la vitesse de rotation** en nombre de tours par minute (tr/mn) : 10 000 et 4 000 ;

- **la profondeur de passe** en millimètre (mm) : 3 et 5 ;
- **le plan de coupe** : LR et LT, sachant que ce sont ces deux plans de coupe qui sont les plus utilisés par les industriels du bois lors de la construction des meubles.

Ainsi, la combinaison de ces différents niveaux de facteurs expérimentaux a abouti à la génération de 32 états de surface différents dont 16 suivant le plan LT et 16 suivant le plan LR (tableau 4).

Tableau 4 : Plan d'expériences établi à partir des différents niveaux des facteurs expérimentaux choisis

Echantillons	Plan	Mode	Vf	N	H
LT1	LT	Avalant	7	10 000	3
LT2	LT	Opposition	7	10 000	3
LT3	LT	Avalant	25	10 000	3
LT4	LT	Opposition	25	10 000	3
LT5	LT	Avalant	7	4 000	3
LT6	LT	Opposition	7	4 000	3
LT7	LT	Avalant	25	4 000	3
LT8	LT	Opposition	25	4 000	3
LT9	LT	Avalant	7	10 000	5
LT10	LT	Opposition	7	10 000	5
LT11	LT	Avalant	25	10 000	5
LT12	LT	Opposition	25	10 000	5
LT13	LT	Avalant	7	4 000	5
LT14	LT	Opposition	7	4 000	5
LT15	LT	Avalant	25	4 000	5
LT16	LT	Opposition	25	4 000	5

Echantillons	Plan	Mode	Vf	N	H
LR1	LR	Avalant	7	10 000	3
LR2	LR	Opposition	7	10 000	3
LR3	LR	Avalant	25	10 000	3
LR4	LR	Opposition	25	10 000	3
LR5	LR	Avalant	7	4 000	3
LR6	LR	Opposition	7	4 000	3
LR7	LR	Avalant	25	4 000	3
LR8	LR	Opposition	25	4 000	3
LR9	LR	Avalant	7	10 000	5
LR10	LR	Opposition	7	10 000	5
LR11	LR	Avalant	25	10 000	5
LR12	LR	Opposition	25	10 000	5
LR13	LR	Avalant	7	4 000	5
LR14	LR	Opposition	7	4 000	5
LR15	LR	Avalant	25	4 000	5
LR16	LR	Opposition	25	4 000	5

I.4.2.4. Préparation des éprouvettes

a. Elaboration d'un protocole d'analyse sensorielle

L'étude des préférences des consommateurs des états de surface a été réalisée en effectuant des évaluations sensorielles par des épreuves hédoniques. Un protocole d'analyse sensorielle a été ainsi préalablement établi pour déterminer le nombre d'éprouvettes nécessaires pour l'appréciation des états de surface, ainsi que le nombre de personnes constituant le panel à enquêter. En effet, Lefebvre et Bassereau (2003) ont défini qu'il faut au moins 60 sujets naïfs pour effectuer un test hédonique, sachant que ces sujets doivent être représentatifs de la population ciblée. Ainsi, il a fallu enquêter au moins 120 personnes, respectivement 60 pour le plan LT et 60 pour le plan LR.

Concernant la détermination du nombre d'éprouvettes nécessaires, plusieurs paramètres ont dû être pris en compte. En effet, l'évaluation sensorielle comprend une appréciation visuelle et tactile. Ainsi, un toucher répété de la même éprouvette pouvant engendrer une modification de l'état de surface, il a fallu faire en sorte que chaque éprouvette ne soit touchée que par 15 personnes au maximum. Le nombre total d'éprouvettes a donc été calculé comme suit (tableau 5).

Tableau 5 : Calcul du nombre d'éprouvettes

Nombre d'états de surface	Répétitions	Nombre d'éprouvettes
Plan LR	16	96
Plan LT	16	96
TOTAL		192

b. Dimensionnement et débitage des éprouvettes

Les planches de bois ont été acheminées vers l'entreprise MESA où ont été effectuées les différentes transformations (Figures 1 et 2). Les bonnes orientations des éprouvettes ont été choisies puis les différentes étapes de la première transformation des bois de Famelona ont été suivies (séchage, rabotage, dégauchissage, débitage, et sciage pour les dimensions provisoires sous forme de planche).



Figure 1 : Les différentes étapes de la première transformation des bois de Famelona au MESA (Clichés : Auteur, 2013)

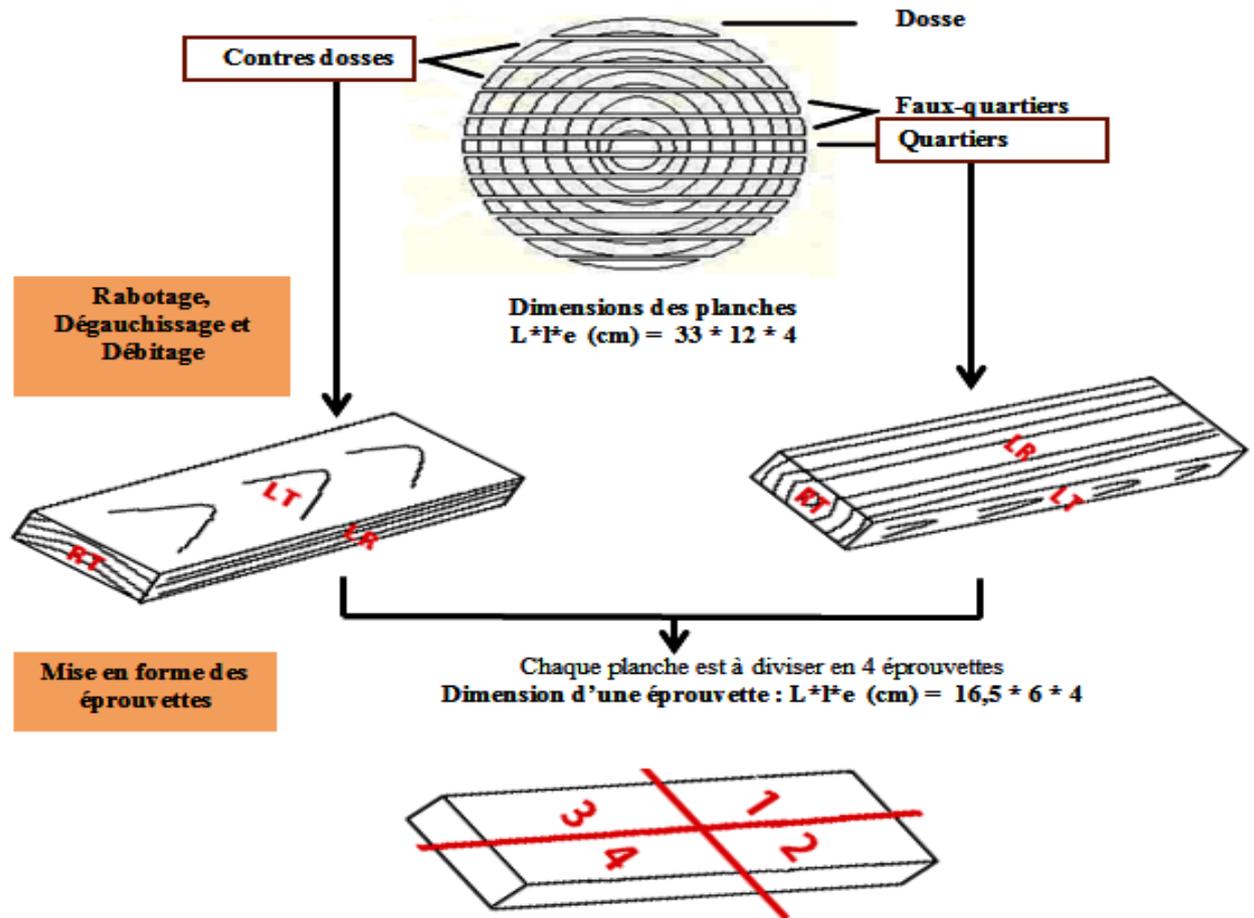


Figure 2 : Shéma récapitulatif des différentes étapes de la première transformation des éprouvettes de Famelona au MESA

c. Séchage du bois

Le séchage est une étape essentielle de la transformation du bois. Il lui confère les caractéristiques indispensables à une utilisation rationnelle et performante répondant aux exigences du marché : stabilité dimensionnelle, amélioration des caractéristiques mécaniques et technologiques, notamment l'aptitude au collage et à recevoir des finitions, protection contre certains agents d'altération biologique, et la diminution de l'effort de coupe lors de l'usinage (Kivimaa, 1950 ; Benoit, 2008). Suivant les différentes humidités du bois, il y a des utilisations adaptées, avec une humidité relative de l'air ambiant déterminée à des températures variant de 15 à 20°C (Annexe 10).

Ainsi, pour le bois d'ameublement, il a été nécessaire de procéder à un séchage artificiel pour atteindre le taux d'humidité de 12%. Cette étape a été effectuée en collaboration avec l'entreprise MESA, par séchage artificiel pour une durée de deux mois (Août-Septembre 2013). L'humidité du bois, au bout de ces deux mois de séchage a été de 15%, mesuré avec un humidimètre (Annexe 11).

1.4.2.5. Usinage des états de surface allant de l'ébauche grossière à la finition très soignée

Pour avoir les différents états de surface, les bois de Famelona ont été exportés en France, au Laboratoire ICA pour être usinés suivant le plan d'expériences. Comme les bois de Famelona avaient une humidité de 15 % à leur arrivée en France, un second séchage s'est avéré nécessaire pour que leur

humidité se stabilise à 12% (Figure 3). Les éprouvettes ont été ainsi séchées dans une enceinte climatique réglée à une température de 20°C et à une humidité relative de l'air égale à 65%. L'humidité de 12% a été considérée comme atteinte à partir du moment où les poids des éprouvettes demeurent constants dans un intervalle de 24 heures (Ramanakoto, 2014).



Figure 3 : Séchage des bois de Famelona (a) et (b) dans l'enceinte climatique (pour les éprouvettes de grandes dimensions qui séchent difficilement) ; (c) à l'air libre (pour les éprouvettes de petites dimensions) (Clichés : Ramanakoto, 2014)

a. Débitage et mise en forme

Une fois les masses des éprouvettes stabilisées, les éprouvettes ont été débitées et mises en forme par dégauchissage et rabotage. Enfin, pour permettre une bonne appréciation de l'état de surface par les consommateurs lors des tests sensoriels, les éprouvettes finales ont été dimensionnées en 155 mm x 35 mm x 50 mm (Figure 4).

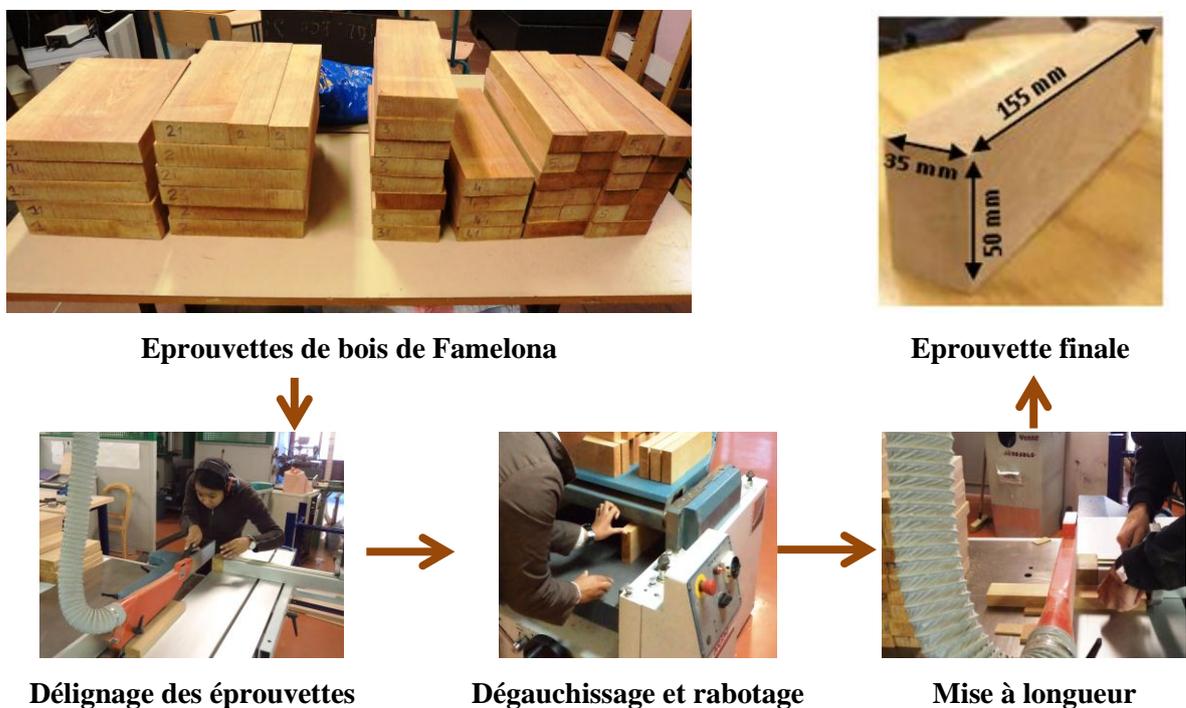


Figure 4 : Débitage et mise en forme des éprouvettes (Clichés : Ramanakoto, 2014)

b. Usinage du bois pour avoir différents états de surface

Enfin, en vue d'obtenir les différents états de surface nécessaires à l'étude, les bois ont été usinés par défonceage en faisant varier les conditions de coupe, au Laboratoire ICA de l'IUT de Tarbes, en suivant le plan d'expérience précédemment établi. Le fraisage du bois (ou défonceage) a été utilisé car il fait partie, avec les opérations de type corroyage (comme le rabotage), des procédés d'usinage les plus couramment employés dans les industries du bois (Rajemison, 2013). L'opération de coupe a été réalisée avec un outil droit de révolution appelé fraise (Figures 5, 6 et 7). Les fraises sont des outils dont les dents, disposées à distances angulaires égales sur la périphérie d'un solide de révolution tournant autour de son axe, attaquent successivement la pièce animée d'un mouvement d'avance perpendiculaire à cet axe. Ainsi, l'enlèvement de matière par l'arête de coupe résulte de la combinaison des mouvements de rotation de l'outil et des mouvements d'avance de ce dernier par rapport au bois (Ramanakoto, 2014). Ces mouvements sont caractérisés par deux paramètres :

- V_f = vitesse d'avance générée par le mouvement d'avance de l'outil par rapport à la pièce ;
- V_c = vitesse de coupe en pointe d'outil, générée par la vitesse de rotation (N) et proportionnelle au diamètre de l'outil.



Figure 5: Usinage des éprouvettes avec la machine à commande numérique DUBUS (Cliché: Ramanakoto, 2014)

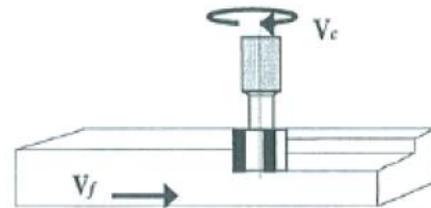


Figure 6: Mouvement lors de la coupe (Source: Aiguilera, 2002 in Rajemison, 2013 ; et Ramanakoto, 2014)



Géométrie de l'outil
Denture : droite
Nombre de dents : 4
Diamètre de l'outil : 40mm
Longueur de l'outil : 120 mm
Angle de coupe : 30°
Angle de dépouille : 13°



Figure 7 : Géométrie de la fraise (Clichés : Ramanakoto, 2014)

I.4.3. Mesure des différents paramètres d'état de surface

Les défauts d'une surface peuvent être décomposés en quatre catégories de quatre ordres (écarts géométriques) en allant du plus grand au plus petit (Jodin, 1994 ; Rajemison, 2013):

- Les écarts de forme (défauts du 1^{er} ordre) : ils correspondent aux défauts géométriques des surfaces (planéité, rectitude, circularité, etc.) ;

- Les écarts d'ondulation (défauts du 2^{ème} ordre) : ils sont relatifs aux ondulations, irrégularités de grande longueur d'onde, sortes de collines et de vallées successives, inscrites dans le profil et engendrées par les déformations des machines, les vibrations à basse fréquence de la pièce à usiner ;
- Les écarts de rugosité (3^{ème} et 4^{ème} ordre) : ce sont les stries de rugosité (3^{ème} ordre) tracées avec régularité dans le relief des ondulations par les outils de coupe. Le profil de rugosité contient les variations topographiques à faible longueur d'onde. Ce type de défauts peut aussi être d'ordre 4 correspondant à des arrachements, des fentes parfois accidentelles, etc.

Ainsi, dans cette étude, l'intérêt s'est porté sur les défauts d'ordre 3 et 4 car la rugosité de surface et les défauts visuels sont les types de défauts qui sont immédiatement perceptibles par l'oeil ou le doigt, et peuvent influencer la préférence des consommateurs. En plus de ces défauts, les défauts d'ordre 1 et 2 incluant les paramètres de surface primaire P et les écarts d'ondulation W ne doivent pas être négligés car selon Jodin (1994), les écarts macrogéométriques peuvent avoir des effets plus importants que les effets microgéométriques sur la perception des surfaces usinées. Compte-tenu du grand nombre de paramètres de rugosité mesurable à partir d'un profil topographique, dans une image (représentation 3D de la rugosité de surface du bois mesurée), il a été décidé d'être sélectif sur les paramètres à caractériser et tenir simplement compte de ceux qui sont pertinents dans la détermination de la qualité de surface du bois brut usiné et de ceux qui sont les plus utilisés et cités dans les études bibliographiques.

1.4.3.1. Appareil de mesure des paramètres d'état de surface

La mesure des paramètres de rugosité de surface a été effectuée par Florent EYMA et Miora RAMANAKOTO. Ces paramètres ont été mesurés à l'aide d'un rugosimètre laser (Annexe 12). Ce dernier permet d'obtenir une représentation 3D de la rugosité du bois par exploration des états de surface sur chaque éprouvette. Il est constitué d'une unité d'avance, d'un capteur laser piloté par un logiciel d'acquisition et d'analyse des données, ainsi que d'un écran relié à une unité centrale (Figure 8).

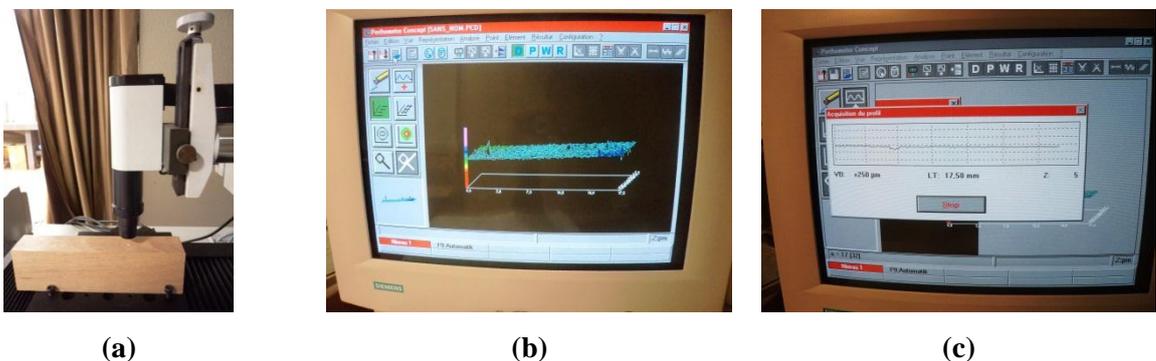


Figure 8 . (a) Perthomètre avec un pointeur laser mesurant les paramètres d'état de surface ; (b) Mesure de la topographie en 3D et acquisition des profils ; (c) Représentation 3D de l'état de surface obtenue sur l'écran de l'ordinateur. (Clichés : Ramanakoto, 2014)

L'exploration des états de surface sur chaque éprouvette a été faite par échantillonnage aléatoire de la surface à mesurer appelée matrice de prélèvement (Figure 9). Une matrice de

prélèvement a été considérée sur chaque éprouvette, ce qui permet d'obtenir 6 répétitions de mesures puisque comme présenté précédemment, 6 échantillons ont été usinés pour chaque condition de coupe utilisée (Ramanakoto, 2014).

- Etendue de mesure : $\pm 250 \mu\text{m}$
- Longueur de la matrice L_x : 17,5 mm
- Largeur de la matrice L_y : 3,5 mm
- Nombre de profils : 32
- Pas de mesure suivant y : $112,9 \mu\text{m}$
- Vitesse de mesure : 2 mm/s

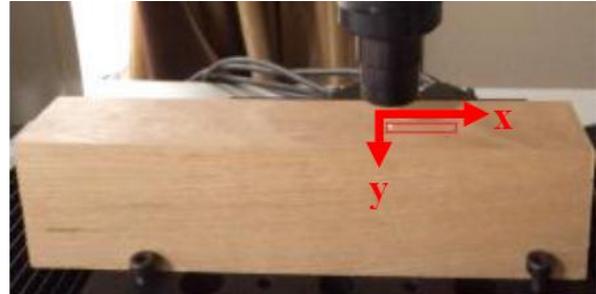


Figure 9 : Exploration des états de surface par le perthomètre (le rectangle en rouge indique la matrice de prélèvement, les flèches en rouge indiquent les directions de mesure) (Cliché : Ramanakoto, 2014).

1.4.3.2. Paramètres d'état de surface mesurés

Les paramètres d'état de surface mesurés dans cette étude ont été les paramètres de rugosité et d'ondulation, le paramètre de profil primaire de la surface sPa , et les défauts visuels de surface. Le choix des paramètres d'ondulation à mesurer a tenu compte des paramètres de rugosité choisis, afin de pouvoir effectuer une analyse comparative.

a. Paramètres de rugosité de surface et d'ondulation

12 paramètres de rugosité ainsi que 7 paramètres d'ondulation ont été mesurés (Tableau 6-10).

Tableau 6 : Les paramètres de rugosité de surface mesurés

Les paramètres de rugosité de surface étudiés											
sRp	sRv	sRt	sRa	sRq	$sRsk$	$sRku$	sRk	$sRpk$	$sRvk$	SMR1	SMR2

Source : (Khazaeian, 2006 et ISO 25178).

Tableau 7 : Les paramètres d'ondulation mesurés

Les paramètres d'ondulation étudiés						
sWp	sWv	sWt	sWa	sWq	$sWsk$	$sWku$

Source : (Khazaeian, 2006 et ISO 25178).

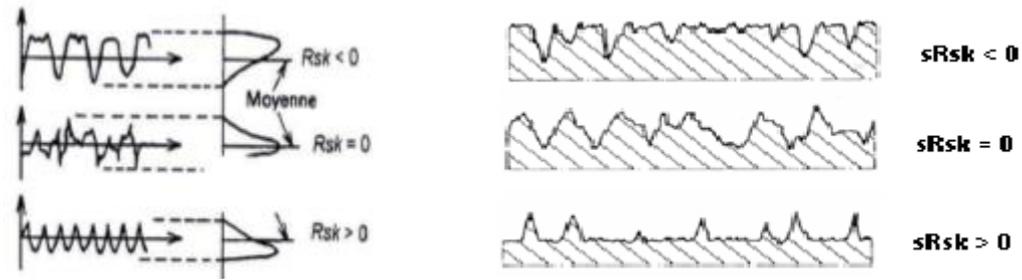
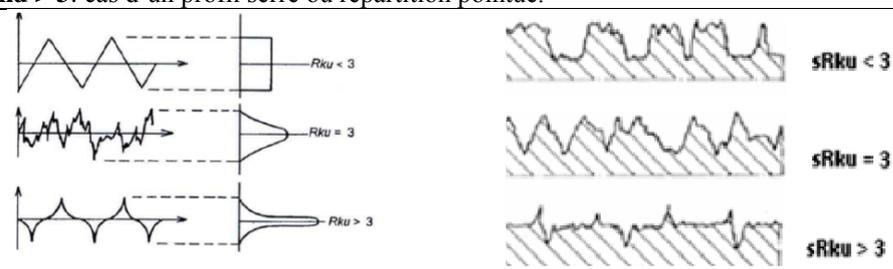
Ces paramètres sont répartis dans différents groupes selon les valeurs qu'ils caractérisent. Ainsi, il existe trois types de paramètres :

- les paramètres d'amplitude qui décrivent les saillies et les creux sur les surfaces (Tableau 8);
- les paramètres d'amplitude liés à la ligne moyenne (Tableau 9);
- les paramètres fonctionnels (Tableau 10).

Tableau 8: Paramètres d'amplitude décrivant les saillies et les creux sur les surfaces (μm)

Paramètres d'ondulation	Paramètres de rugosité	Caractéristiques	Critères
sWp (μm)	sRp (μm)	Définit l'importance des pics saillants	Hauteur maximale du pic ou de saillie du profil
sWv (μm)	sRv (μm)	Définit l'importance des creux de surface	Profondeur du creux maximale du profil
$sWt = sWp + sWv$	$sRt = sRp + sRv$		Profondeur ou hauteur totale

Tableau 9 : Paramètres d'amplitude liés à la ligne moyenne

Paramètres d'ondulation	Paramètres de rugosité	Caractéristiques	Critères
sWa (μm)	sRa (μm)	Permet d'apprécier l'importance des écarts au-dessus et au-dessous du plan moyen	Ecart moyen arithmétique par rapport à la ligne moyenne
<p>Avec - $S^*a > 6, 3$: fini grossier. Plus sRa est important, plus les écarts de surface au-dessus et au-dessous du plan moyen sont importants - $1, 6 \leq S^*a \leq 6, 3$: correspondent à ce qu'il est possible d'obtenir usuellement avec les procédés d'usinages classiques. - $S^*a < 1, 6$: fini fin; $S^*a \leq 0, 4$: fini très fin; $S^*a \leq 0, 0125$: extra-fin.</p>			
sWq (μm)	sRq (μm)	Ayant une signification dans les statistiques, c'est l'écart type d'échantillon, employé pour indiquer les surfaces optiques	Ecart moyen quadratique de la surface
$sWsk$ (-)	$sRsk$ (-)	Permet de savoir si le profil de la surface obtenue est plein ou creux	Asymétrie de la distribution d'amplitude de la topographie de surface par rapport à la ligne moyenne
<p>Avec - $S^*sk < 0$: prédominance des plateaux, cas d'un profil plein (surface composée principalement de plateaux et de vallées profondes), concentration de matière dans la partie supérieure du profil; - $S^*sk = 0$: cas d'un profil normal (le nombre de points du profil est maximum autour de la ligne moyenne) le profil et donc la courbe de densité de probabilité sont symétriques. - $S^*sk > 0$: prépondérance de pics sur la surface, cas d'un profil creux.</p> 			
<p>Figure10: Représentation graphique des trois profils de rugosité suivant les valeurs de $sRsk$ (Source: Cristina, 2005; Khazaeina, 2006 et Jodin, 1994)</p>			
$sWku$ (-)	$sRku$ (-)	Permet d'estimer la répartition des pics et/ou des vallées	Elargissement de la courbe de distribution d'amplitude de la topographie de surface
<p>Avec - $S^*ku < 3$: cas d'un profil large ou répartition aplatie. - $S^*ku = 3$: cas d'un profil normal (le nombre de points du profil est maximum autour de la ligne moyenne). - $S^*ku > 3$: cas d'un profil serré ou répartition pointue.</p> 			
<p>Figure11: Représentation graphique des trois profils de rugosité suivant les valeurs de S^*ku (Source: Joudin, 1994; Cristina, 2005; Khazaeian, 2006)</p>			

Avec S^* : inclut aussi bien le paramètre d'ondulation sW que celui de la rugosité sR

Source : Khazaeian, 2006 ; Rajemison, 2013 ; NF EN ISO 1302 ; Norme générale des profils 3D : ISO 25178

Les paramètres fonctionnels concernent uniquement les paramètres de rugosité. Ils sont constitués par les paramètres de la famille de sRk . Ils ont été retenus car Rajemison (2013) a trouvé

que ces paramètres étaient bien corrélés avec les résultats de ses analyses viso-tactiles. Ces paramètres sont dérivés de trois sections de la courbe de taux de portance (Figure 13): les sommets au-dessus des plateaux principaux (sRpk), les plateaux (sRk) et les vallées profondes entre les plateaux (sRvk).

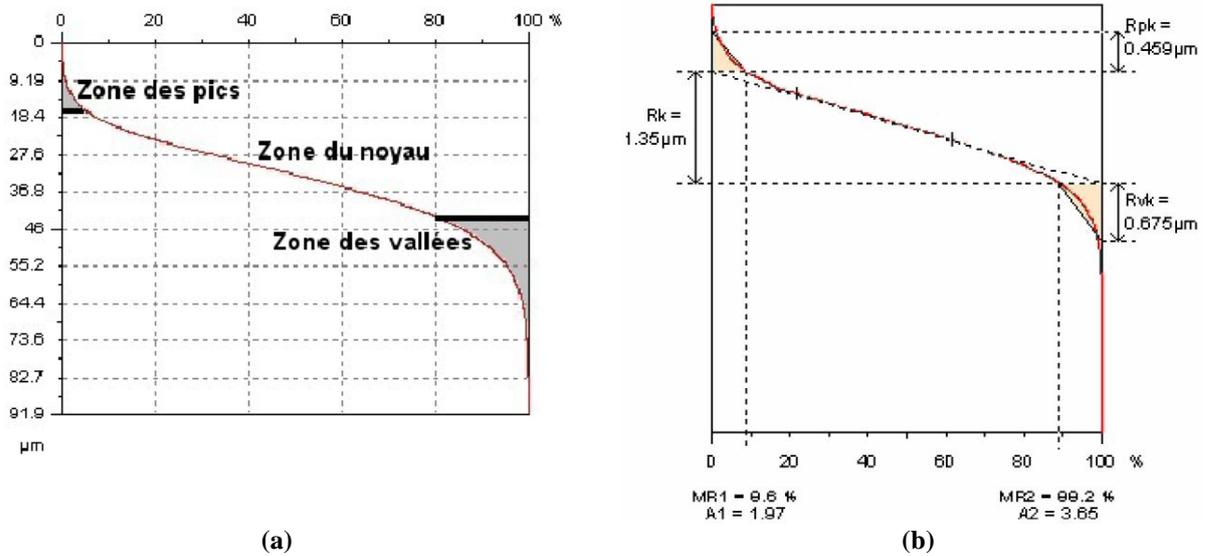


Figure 12 : (a) Courbe d'Abbott-Firestone et les zones fonctionnelles ; (b) Etablissement des paramètres fonctionnels à partir de la courbe de taux de portance (Source : Ramanantoandro, 2005)

Les paramètres fonctionnels (tableau 10) sont calculés à partir de la courbe d'Abbott-Firestone (1933, *in* Ramanantoandro, 2005) qui est classifiée en différentes zones fonctionnelles (zone des pics $\leq 5\%$; zone du noyau 5 - 80% et zone des vallées $\geq 80\%$).

Tableau 10 : Paramètres fonctionnels

Paramètres de rugosité	Caractéristiques	Critères
sRk (μm)	Permet d'apprécier l'importance de la rugosité de surface engendrée par différentes conditions d'usinage	Profondeur de rugosité écartée de surface due au processus d'usinage
Plus la valeur de sRk est grande, plus la courbe de taux de portance chute rapidement, en d'autres termes, plus l'état de surface a un profil creux.		
sRvk (μm)	Définit l'importance des cavités (vallées) ou creux disponibles pour retenir les lubrifiants (zone de lubrification) Peut aussi caractériser la rugosité due à l'anatomie du bois	Profondeur moyenne des creux
Plus la valeur de sRvk est grande, plus la surface contient des cavités profondes.		
sRpk (μm)	Définit l'importance des pics de rugosité de surface.	Hauteur moyenne de saillie à partir de la ligne moyenne
Plus la valeur de sRpk est grande, plus les pics saillants sont importants sur la surface. Fujiwara (2005, in Rajemison, 2013) a émis l'existence de corrélation entre sRpk et la sensation tactile de la rugosité.		
SMR1 (%)	Zone superficielle pouvant éventuellement être perceptible par l'oeil Fraction de la surface consistant en des pics au dessus des plateaux principaux Pourcentage de la matière au début de la zone des 40% de la courbe du taux de portance	Surface portante supérieure Taux de longueur portante
Plus la valeur de SMR1 est importante, plus les pics sur la surface sont importants.		
SMR2 (%)	Pourcentage de la matière à la fin de la zone des 40% de la courbe du taux de portance Caractérise également les vallées	Surface portante inférieure Taux de longueur portante
Plus la valeur de SMR2 est importante, plus la surface présente des vallées profondes		

Source : Cristina, 2005 ; Ramanantoandro, 2005 ; Khazaeian, 2006 et Ramanakoto, 2014

b. Paramètre du profil primaire de la surface sPa

sPa caractérise la profondeur moyenne arithmétique de la surface non filtrée (surface primaire). En effet, selon Khazaeian (2006), différentes conditions de coupe peuvent avoir des influences sur ce paramètre. Qui plus est, d'après l'auteur, plus sPa est faible, plus la qualité de surface est bonne.

c. Paramètres de défauts visuels de surface

Il s'agit des défauts d'usinage déterminés à partir de l'appréciation visuelle des fibres et des fils du bois. Les défauts visuels de surface à étudier sont ceux générés par les niveaux des différents facteurs expérimentaux choisis (cf. Tableau 5 : Plan d'expériences). La norme ASTM-D1666-87 (ASTM, 1987) définit la méthode standard pour l'évaluation visuelle de la qualité des surfaces usinées. Selon cette norme, ces défauts sont : les fibres soulevées (FS), les fibres arrachées (FA), les surfaces pelucheuses, les marques de copeaux (MC). A ces critères normalisés, ont été rajoutés d'autres défauts proposés par Khazaeian (2006) qui sont les traces d'usinage (TU).

*Fibres soulevées**Fibres pelucheuses**Fibres arrachées**Marques de copeaux***Figure 13 : Défauts principaux de la surface selon la norme ASTM- D1666-87 (Source : Khazaein, 2006)**

Pour chaque défaut de surface, deux jurys experts ont effectué une série de notations à cinq niveaux qui a été attribuée à chaque surface. Les niveaux 1 et 2 ont été affectés à l'état de surface acceptable et le niveau 3, 4 et 5 ont été affectés aux surfaces les plus mauvaises (Goli et *al.*, 1997 ; Goli, Marchal et Negri, 2001).

I.5. Détermination des critères d'appréciation de la qualité de surface : tests de préférence des consommateurs

I.5.1. Description des évaluations sensorielles

Le recueil général de l'AFNOR (2002) définit l'évaluation sensorielle comme une « *méthode scientifique utilisée pour évoquer, mesurer, analyser et interpréter les réponses à des produits tels qu'ils sont perçus par les sens de la vue, de l'odorat, du toucher, du goût et de l'audition* » (Giboreau, 2009). L'analyse sensorielle se subdivise en deux épreuves principales : les tests hédoniques qui mesurent les préférences des consommateurs d'une part, et l'analyse descriptive des différences de perception sensorielle entre les produits d'autre part. Il est important de bien dissocier ces deux approches car les buts et les méthodes sont différents (Mammasse, 2012). Dans le cadre de cette recherche, le type de test approprié a été l'analyse hédonique, puisque l'objectif a été d'obtenir l'opinion des consommateurs, sujets naïfs, concernant l'appréciation globale des produits testés, l'acceptabilité ou la préférence d'un produit à travers le plaisir qu'engendre sa dégustation ou sa consommation (Boutrolle, 2007 ; ACTIA, 1999 ; Mammasse, 2012), et dont les produits à tester concernent dans le cas présent, l'état de surface du bois. Les personnes enquêtées ont exprimés leur préférence sur des fiches de notation (Annexe 20 et 21) pour une échelle de notation variant de 1 à 10.

I.5.1.1. Nombre de personnes constituant le panel d'évaluation sensorielle.

En raison du temps imparti et des moyens mis à disposition pour cette étude, puisque deux groupes d'échantillons de bois ont été analysés (états de surface des bois suivant les deux plans LT et LR), 174 personnes ont été enquêtées, respectivement, 90 pour le plan LT et 84 pour le plan LR.

I.5.1.2. Lieu de déroulement des tests : Laboratoire d'Analyse Sensorielle

L'appréciation d'un produit par un consommateur est définie dans un contexte donné (ACTIA, 1999). L'appréciation peut alors être influencée par des facteurs externes. Il est donc primordial d'uniformiser le lieu de déroulement des tests en contrôlant autant que possible le milieu environnant. Par ailleurs, Watts et *al.* (1991) ont établi qu'un panel d'analyse sensorielle doit être considéré comme un instrument scientifique si l'objectif est d'obtenir des résultats fiables et valides. Les tests faits avec

ces panels doivent être réalisés dans des conditions contrôlées, identiques, assurant ainsi la répétabilité des expériences. Ainsi, dans cette étude, il a été primordial d'effectuer les tests pour l'ensemble des personnes à enquêter dans un même lieu, afin d'avoir les préférences viso-tactiles des consommateurs pris dans les mêmes conditions.

Le lieu choisi a alors été le laboratoire d'Analyse Sensorielle ou LAS sise à Ambatobe. L'analyse a été effectuée en intérieur, avec un éclairage constant à l'aide d'une lumière artificielle (Lampe Néon 18 Watts), et durant lequel la personne enquêtée a été invitée à prendre son aise pour la notation successive des états de surface (en position assise) et dans des cabines individuelles (Figure 14 et annexe 13). L'éclairage des cabines présentait trois choix (blanc, rouge et vert), mais c'est la lumière blanche qui a été utilisée afin de reproduire les conditions d'achats en point de vente de meubles (lumière blanche). Six cabines ont été utilisées en tout (annexe 13), avec les six répétitions pour un plan donné, LT ou LR.

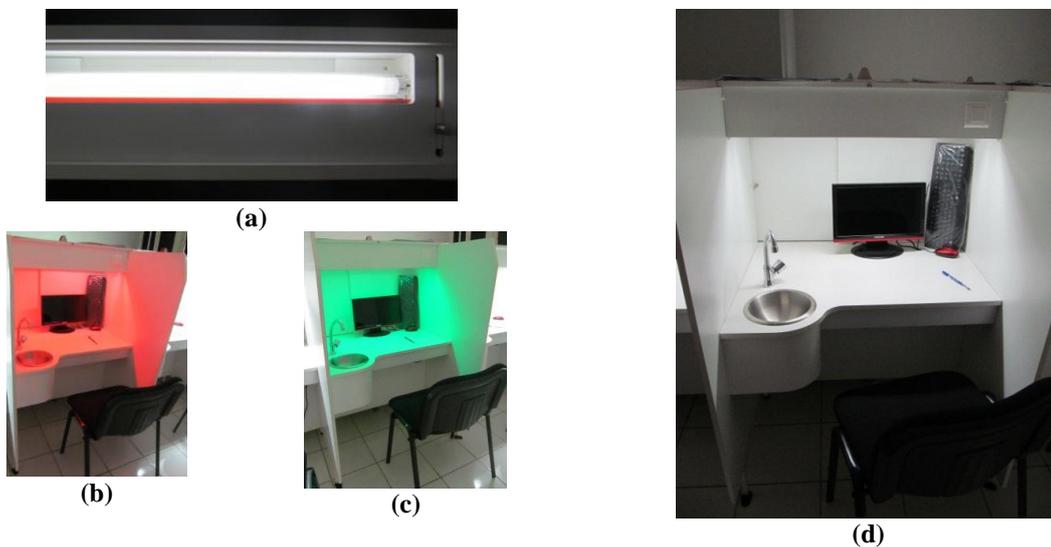


Figure 14 : Lampe utilisée pour l'éclairage de chaque cabine individuelle (a), avec des variantes d'éclairages en rouge (b) et en vert (c), et aperçu de la cabine avec l'éclairage blanc neutre utilisé lors des évaluations sensorielles (d). (Clichés : Auteur, 2014)

1.5.1.3. Mode de présentation des éprouvettes lors de l'évaluation sensorielle

Au cours des tests sensoriels, les réponses des dégustateurs peuvent être influencées par des facteurs psychologiques, qui peuvent provoquer différents types d'erreurs. D'autres facteurs d'erreurs peuvent également être les anticipations des dégustateurs, la disposition des échantillons et les effets de stimulus et de contraste (Watts et *al.*, 1991). Pour réduire le taux d'erreurs dans les réponses du panel, il a été nécessaire d'organiser, notamment la présentation des éprouvettes en termes de numérotation et d'ordre de présentation des éprouvettes.

a. Numérotation des éprouvettes

Lors de l'usage, un numéro d'identification (Figure 15), placé sous chaque éprouvette, a été affecté à chaque échantillon, ce qui permet de l'identifier, suivant les paramètres d'usages qui lui ont

été appliqués d'après le plan d'expériences. Ce numéro d'identification est de la forme $nLRx$ ou $nLTx$, selon le plan considéré (LR ou LT) (Annexe 14).

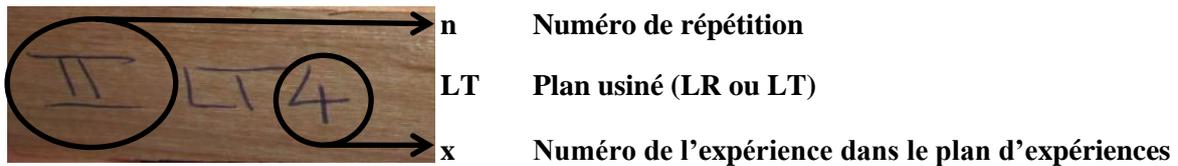


Figure 15 : Signification de chaque terme composant le numéro d'identification

Lors des évaluations sensorielles, des codages à trois chiffres ont été également attribués à chaque éprouvette, à l'aide du logiciel FIZZ de BIOSYSTEM, afin d'éviter tout effet psychologique sur les personnes enquêtées en présentant les états de surface lors des évaluations sensorielles. En effet, Watts et *al.* (1991) ont trouvé que les dégustateurs peuvent s'attendre à ce que l'échantillon codé A soit « meilleur » que celui codé F, ou que l'échantillon codé 1 ait une caractéristique plus marquée que l'échantillon codé 5. Ces codages à 3 chiffres ont été placés sur le devant de chaque éprouvette et un même codage a été attribué aux 6 éprouvettes correspondant aux 6 répétitions de chaque état de surface (Figure 16 ; Annexe 14 et Annexe 15).



Figure 16 . Numéro d'identification (en bas des éprouvettes) et codage à 3 chiffres (sur les étiquettes en blanc) attribués à chaque éprouvette. (Clichés : Auteur, 2014)

b. Ordre de présentation des éprouvettes

Les échantillons ont été présentés d'une manière monadique aux consommateurs. En effet, ceci est important afin que les personnes enquêtées ne puissent pas comparer les surfaces entre elles et pour que les appréciations des surfaces soient indépendantes.

En outre, l'ordre de présentation des 16 éprouvettes a été permuté de façon à ce que chaque éprouvette ait autant de chance d'être présentée à un rang déterminé pour chaque individu faisant les évaluations sensorielles. Le Logiciel FIZZ de BIOSYSTEM a été également utilisé pour la détermination de cet ordre aléatoire de présentation des éprouvettes qui diffère à chaque personne enquêtée. Pour une même personne, les 16 éprouvettes ont été toutefois présentées dans le même ordre pour l'analyse visuelle et l'analyse viso-tactile (Annexe 18).

c. Les différentes étapes de l'analyse sensorielle

Les deux étapes de l'évaluation sensorielle suivantes ont été adoptées:

- l'analyse visuelle ;
- l'analyse viso- tactile.

Ce sont les mêmes éprouvettes qui ont été notées par chaque personne pour l'analyse visuelle et pour l'analyse viso-tactile. Des consignes ont été préalablement présentées à chaque groupe de six personnes maximum avant d'entrer dans le laboratoire d'analyse sensorielle, dans une salle réservée à cet usage (Annexe 13 et 19). De même, des fiches de notation ont été élaborées séparément pour ces deux étapes de l'analyse, et il a également été donné au panel des fiches d'information pouvant permettre de collecter des données d'ordre sociodémographiques les concernant, permettant ainsi d'analyser ultérieurement ces informations selon les notes de préférence qu'ils ont attribué (Annexe 20 et 21). A chaque jury a été attribué un numero d'identification variant de 1 à 174, avec un même numero pour les deux fiches d'analyses visuelle et viso-tactile, et pour la fiche d'information, permettant ainsi de différencier les répétitions (I à VI) et les plans étudiés (LR ou LT) (Annexe 18).

- Première étape : analyse visuelle exclusivement sur les 16 états de surface (Figure 17)

Le jury a observé visuellement et noté successivement, une par une, toutes les surfaces sans pouvoir les comparer (présentation monadique des éprouvettes). Afin d'éviter que le jury ne touche l'éprouvette, et pour bien différencier avec le visio-tactile, les éprouvettes ont été présentées sur un plateau.

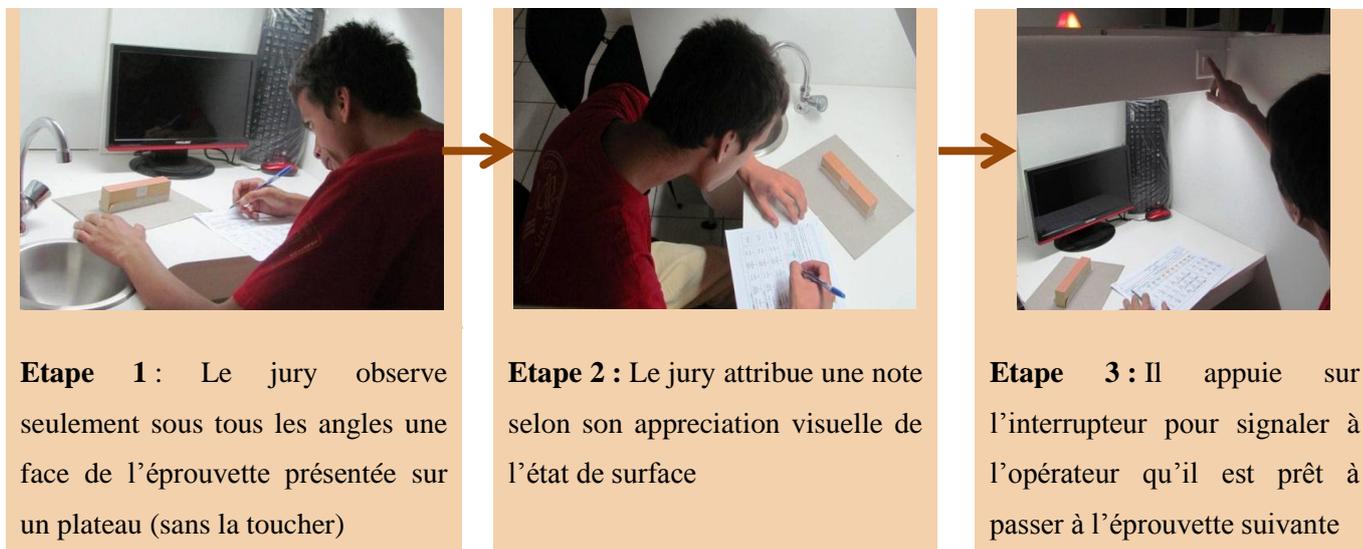


Figure 17 : Les différentes étapes de l'analyse visuelle

- Deuxième étape : analyse viso-tactile exclusivement sur les mêmes 16 états de surface

Le jury touche, observe en même temps et note successivement une par une toutes les surfaces (la face supérieure de l'éprouvette) sans pouvoir les comparer (Figure 18).

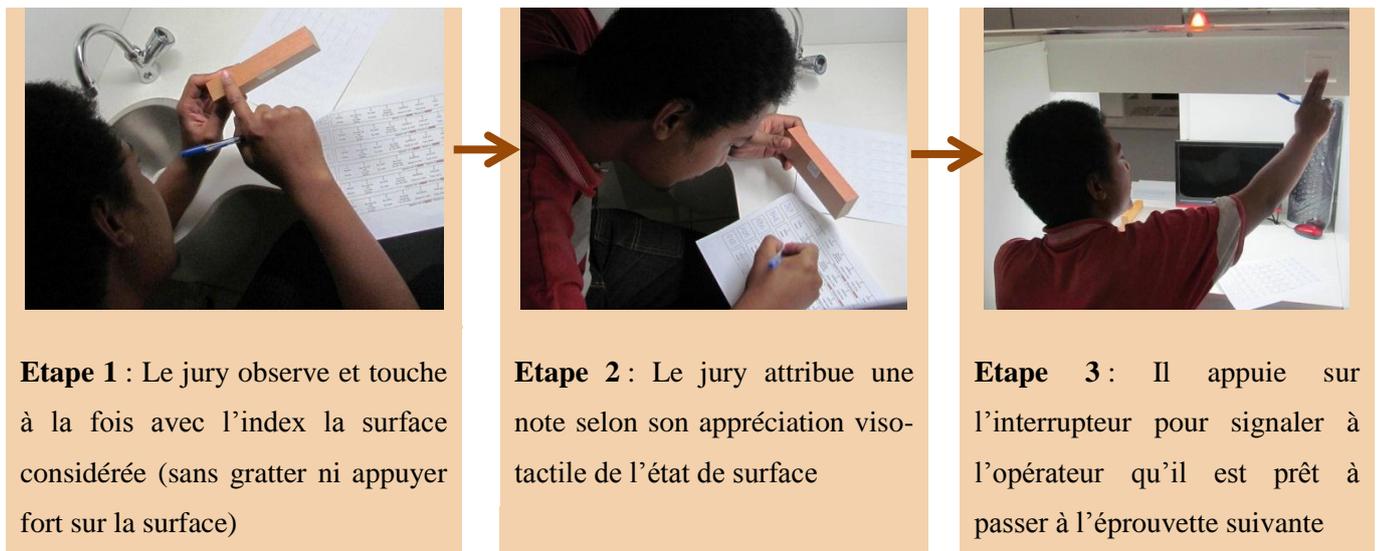


Figure 18 : Les différentes étapes de l'analyse viso-tactile

La réalisation de ces deux étapes se justifie par le fait que les consommateurs achètent les meubles en observant le produit, mais aussi en touchant tout en observant. L'analyse viso-tactile est donc le plus important car il reproduit le plus la réalité du comportement des consommateurs lors des achats de meubles. En effet, quatre des cinq sens peuvent être mis en éveil dans ce type de magasinage : la vue grâce aux vitrines, aux produits ou aux autres clients ; l'ouïe, par les bruits du marché ou les musiques d'ambiance ; l'odorat, souvent éveillé par des parfums et d'autres odeurs stimulantes ; le toucher, lorsque le consommateur palpe les meubles, etc. (Adil et *al.*, 2006).

Ainsi, les modalités sensorielles sollicitées pour analyser les propriétés tactiles des matériaux sont : le toucher, la vision et dans certains cas l'audition (Guest et *al.*, 2002). Dans ce travail, l'intérêt s'est focalisé sur le toucher et la vision, dont la combinaison reproduit le comportement réel des consommateurs lors de l'achat des meubles. De plus, d'après Ramananantoandro (2005), dans une situation bimodale (vision et toucher), les modalités sensorielles ont un rôle complémentaire plutôt que concurrent, et la vision fonctionne avec le toucher dans la perception de la rugosité.

I.5.2. Critères retenus pour la typologie des consommateurs

Selon Sessi (2007), la consommation de meubles est fortement influencée par les modes de vie et les conceptions de l'habitat. Elle est également tributaire de nombreux critères sociodémographiques et économiques. Les éléments suivants ont été alors retenus pour décrire les consommateurs cibles : le sexe, l'âge et la classe sociale.

- le sexe :

Etant donné que le pourcentage des hommes est toujours inférieur (49 %) à celui des femmes (51 %) à Antananarivo, d'après MAEP - UPDR (2003), les effectifs considérés dans cette étude et correspondant à ces pourcentages sont les suivants pour au moins 156 individus enquêtés dont 78 pour chaque plan: 74 individus sur 156 sont des hommes et 82 sont des femmes (cf. Annexe 16, pour les détails du calcul).

- l'âge : la tranche d'âge est une caractéristique essentielle dans l'achat d'un meuble (Sessi, 2007). Les classes d'âge considérées théoriquement se répartissent en 5 intervalles (adapté de Boutin, 2008), avec des effectifs théoriques des jurys à recruter pour chacune des classes (Tableau 11). Toutefois, l'effectif pratique qui a été réalisé au niveau du LAS a présenté des variations de ± 2 pour le nombre de jury réellement recrutés dans chacune des classes.

Tableau 11 : Répartition par classe d'âge des consommateurs à enquêter pour les plans LT et LR

Classe d'âge (ans)	Effectifs théoriques pour chaque plan			Effectifs réels LT			Effectifs réels LR		
	Effectif total	Homme	Femme	Effectif total	Homme	Femme	Effectif total	Homme	Femme
[18 ; 28]	39	19	20	41	21	20	43	18	24
]28 ; 38]	17	8	9	17	8	9	17	8	9
]38 ; 48]	9	4	5	8	4	4	13	6	7
]48 ; 58]	7	3	4	12	6	6	6	3	3
]58 ; + ∞]	6	3	3	12	6	6	6	3	3
TOTAL	78	37	41	90	45	45	84	38	46

Source : Adapté de INSTAT/EPM, 2010.

En effet, la population Malagasy est relativement jeune, plus de 50 % des malgaches ont moins de 15 ans, (INSTAT/EPM 2010), alors que les personnes âgées de 65 ans et plus ne constituent que 2,83% (PRD Analamanga, 2005). D'où une prépondérance des personnes enquêtées ayant appartenu aux tranches d'âge de 18 à 38 ans. De plus, la cible privilégiée des distributeurs est celle des « juniors », composée de consommateurs dont l'âge se situe entre 15 et 34 ans, comprenant notamment les jeunes couples (Sessi, 2007).

- la classe sociale définie selon trois critères : le salaire mensuel du chef de famille, le type de logement et la possession de voiture.

En effet, ce travail de recherche a été focalisé plus particulièrement sur la préférence des consommateurs les plus ciblés par l'industrie de l'ameublement, qui comprennent particulièrement les ménages riches et les ménages moyens (Ramanakoto, 2012).

Ravokatra (2009) a défini les catégories socio-économiques des ménages à partir des salaires mensuels du chef de famille. Le SMIC étant de Ar 100 000 (Julia, 2012 ; Parienti, 2012 ; Racl, 2013), quatre fourchettes de salaires ont été considérées (Ramanakoto, 2012). Le type de logement reflète également les caractéristiques socio-économiques des ménages (Sessi, 2003 ; Ravokatra, 2009). Ainsi, cinq types de logement (Annexe 7) ont été définis avec les proportions des ménages concernés tant en milieu urbain qu'en milieu rural, puisque le milieu d'étude comprend Antananarivo Renivohitra, Atsimondrano et Avaradrano essentiellement. Enfin, le critère « possession de voiture » a également permis de distinguer deux catégories de ménages (Kortchagina et al., 2005).

Tableau 12 : Classification des catégories des ménages suivant les critères choisis

Catégories de ménages	Fourchettes de salaire mensuel (Ariary)	Type de logement	Possession de voiture
Pauvres	$S < 100\ 000$	Studio, chambre	Non
Moyennes	$100\ 000 \leq S < 600\ 000$	Studio, chambre, maison individuelle avec cohabitation	Non / Oui
Riches	$S \geq 600\ 000$	Maison individuelle sans cohabitation, appartement, villa	Oui

Source : Kortchagina et al., 2005 ; INSTAT/DSM/EPM 2010; Ramanakoto, 2012 ; Auteur, 2014

Selon INSTAT (2011), la pauvreté touche 76,5% de la population malgache, près de 82% des ménages ont un revenu inférieur ou, au mieux, égal à leurs besoins fondamentaux, et moins de 20 % appartiennent à la catégorie des « plus riches ». Il semble donc que les ménages riches et moyens soient minoritaires. Ainsi, en tenant compte de cette répartition de la population dans les différentes classes sociales, et afin d’avoir une bonne représentativité des préférences de ces clientèles cibles en matière d’ameublement, les 175 personnes à enquêter ont été réparties en proportions égales avec 50% appartenant à la catégorie des riches et 50% à la catégorie des moyens.

En outre, selon Robert (2010), le statut social (célibataire, marié, veuf, etc.) et la situation professionnelle, ont également permis de décrire les consommateurs enquêtés selon qu’il s’agisse d’étudiants, de retraités, ou d’individus en activité professionnelle. Ces informations ont été collectées en supplément.

Par ailleurs, il faut également déterminer ce qui motive les consommateurs à acheter, afin d’expliquer leur préférence en matière d’états de surface en bois d’ameublement. Enfin, le lieu de résidence a également été demandé à chaque individu, car le test étant effectué à un seul endroit où sont supposés être rencontrés une diversité de gens, il est important de connaître la répartition des personnes ainsi enquêtées dans la ville d’Antananarivo pour discuter de la bonne représentativité de la population.

I.6. Traitement des résultats

Les résultats sensoriels et les paramètres d’états de surfaces mesurés ont été analysés statistiquement afin de tirer des conclusions sur les préférences des consommateurs en bois d’ameublement d’Antananarivo. Les outils statistiques utilisés ont été ceux d’EXCEL 2010 et XLSTAT 2008. L’objectif étant de déterminer les seuils de préférence des consommateurs en termes de rugosité, d’ondulation et de défauts de surface des bois d’ameublement, plusieurs étapes ont été suivies lors des traitements statistiques.

I.6.1. Etape 1 : Etude de la fréquence des différents niveaux des paramètres d’états de surface sur les bois usinés

Ce traitement a permis de vérifier si les différents niveaux de défauts étudiés et mesurés ont été bien répartis et bien représentés sur toutes les surfaces usinées. De plus, l’étude de la corrélation entre la qualité de surface du bois usinée et les préférences des consommateurs a d’abord requis de

savoir si les différents niveaux de rugosité, d'ondulation, et de défauts visuels ont été bien répartis sur toutes les éprouvettes usinées. Ceci a été possible par l'analyse de la fréquence d'apparition des valeurs des paramètres de rugosité, d'ondulation, et de défauts visuels suivant une échelle de niveau de 1 à 5 (Khazaeian, 2006). Pour les paramètres de rugosité et d'ondulation, l'échelle utilisée a été calculée en créant 5 niveaux d'intervalles à partir des valeurs maximales et minimales des paramètres d'états de surface mesurés. Le détail des calculs est présenté ci-dessous (Formule 2). Cette méthode a été utilisée afin de vérifier si les valeurs de ces paramètres ont bien été réparties dans les différents intervalles.

$$X = \frac{Max - Min}{5}$$

(a)

Création des intervalles
(b)

Intervalle 1 : N1 = Min + X
Intervalle 2 : N2 = N1 + X
Intervalle 3 : N3 = N2 + X
Intervalle 4 : N4 = N3 + X
Intervalle 5 : N5 = N4 + X = Max

Formule 2: (a) Détermination de la différence entre deux intervalles de niveaux des paramètres d'EDS et (b) Calcul des intervalles de valeurs suivant les différents niveaux des paramètres

Avec X = Différence entre deux intervalles ; Max : Valeurs maximales des paramètres de rugosité et d'ondulation mesurés ; Min : Valeurs minimales des paramètres de rugosité et d'ondulation mesurés.

Pour les défauts visuels, l'échelle utilisée a été celle d'ASTM D-1666-87 (ASTM, 1987) dans laquelle les surfaces ont été réparties en cinq niveaux, du niveau 1 (surface acceptable avec peu de défauts visuels) au niveau 5 (surface mauvaise avec beaucoup de défauts visuels) (Annexe 17).

I.6.2. Etape 2 : CAH ou Classification Ascendante Hiérarchique

Cette analyse descriptive multifactorielle consiste à classer les consommateurs en différents groupes selon les notes qu'ils ont attribuées aux différents états de surface. Cela a permis d'établir la typologie des consommateurs suivant leur préférence et les critères socio-économiques qui les caractérisent, notamment l'âge, le sexe (Masculin ou Féminin) et la classe sociale à laquelle ils appartiennent (Moyen ou riche). La méthode d'agrégation utilisée a été celle de WARD avec un type de proximité par dissimilarités (distance euclidienne).

I.6.3. Etape 3 : ACP ou Analyse en Composante Principale

Cette analyse descriptive multifactorielle a permis de déterminer les relations possibles entre les préférences des consommateurs et les paramètres d'états de surface (au seuil de signification $\alpha = 5\%$ et $\alpha = 0,1\%$). Cela a permis de représenter graphiquement la distribution de ces différents paramètres dans des cercles de corrélation. De plus, l'ACP a conduit à la détermination des axes principaux qui expliquent le mieux les corrélations entre les paramètres d'états de surface et les préférences visuelles et viso-tactiles des différents groupes de consommateurs, préalablement déterminés. Le premier test a été effectué avec un coefficient de corrélation simple (coefficient de Pearson pour: paramètres de rugosité, d'ondulation et de profil primaire de la surface, et notes de préférence). Pour les défauts visuels, il a été nécessaire de transformer les variables originelles en effectuant un codage en rang (Rakotomalala, 2012 ; Ramanakoto, 2012 ; Annexe 30).

I.6.4. Etape 4 : Etude des corrélations entre les préférences des consommateurs et les paramètres d'états de surface

Les corrélations entre les préférences des consommateurs et les paramètres d'états de surface ont été déterminées à partir des matrices de corrélations obtenues lors des ACP. L'étude des corrélations a permis de déterminer les paramètres d'états de surface corrélés avec les préférences des consommateurs. C'est seulement pour les paramètres présentant une corrélation que des seuils de préférence ont été déterminés. Ces corrélations ont été de trois types, avec leur interprétation respective (significative au seuil de signification $\alpha = 0,05$ et $\alpha = 0,1\%$) :

- **Corrélation positive**: les préférences des consommateurs correspondent à des valeurs élevées des paramètres d'états de surface.

- **Corrélation négative**: la préférence des consommateurs des états de surface augmente au fur et à mesure que les valeurs des paramètres d'états de surface diminuent.

- **Aucune corrélation**: les paramètres considérés n'influencent pas les préférences des consommateurs des états de surface.

I.6.5. Etape 5 : Regression linéaire et établissement des seuils de préférence

Aux notes de préférence des consommateurs 5/10 et 7,5/10 correspondent des seuils d'appréciation des états de surface, tels que :

- 5/10 : Seuil d'acceptabilité moyen correspondant à la mention « Indifférent » ;
- 7,5/10 : Seuil d'appréciation indéniable, entre la mention « Aimer » et « Aimer modérément ».

Les seuils ont été déterminés par calcul à partir de l'équation du modèle obtenu par regression linéaire, puis vérifié par projection sur le graphique obtenu (modèle de la regression linéaire).

I.7. Schéma récapitulatif de l'analyse statistique

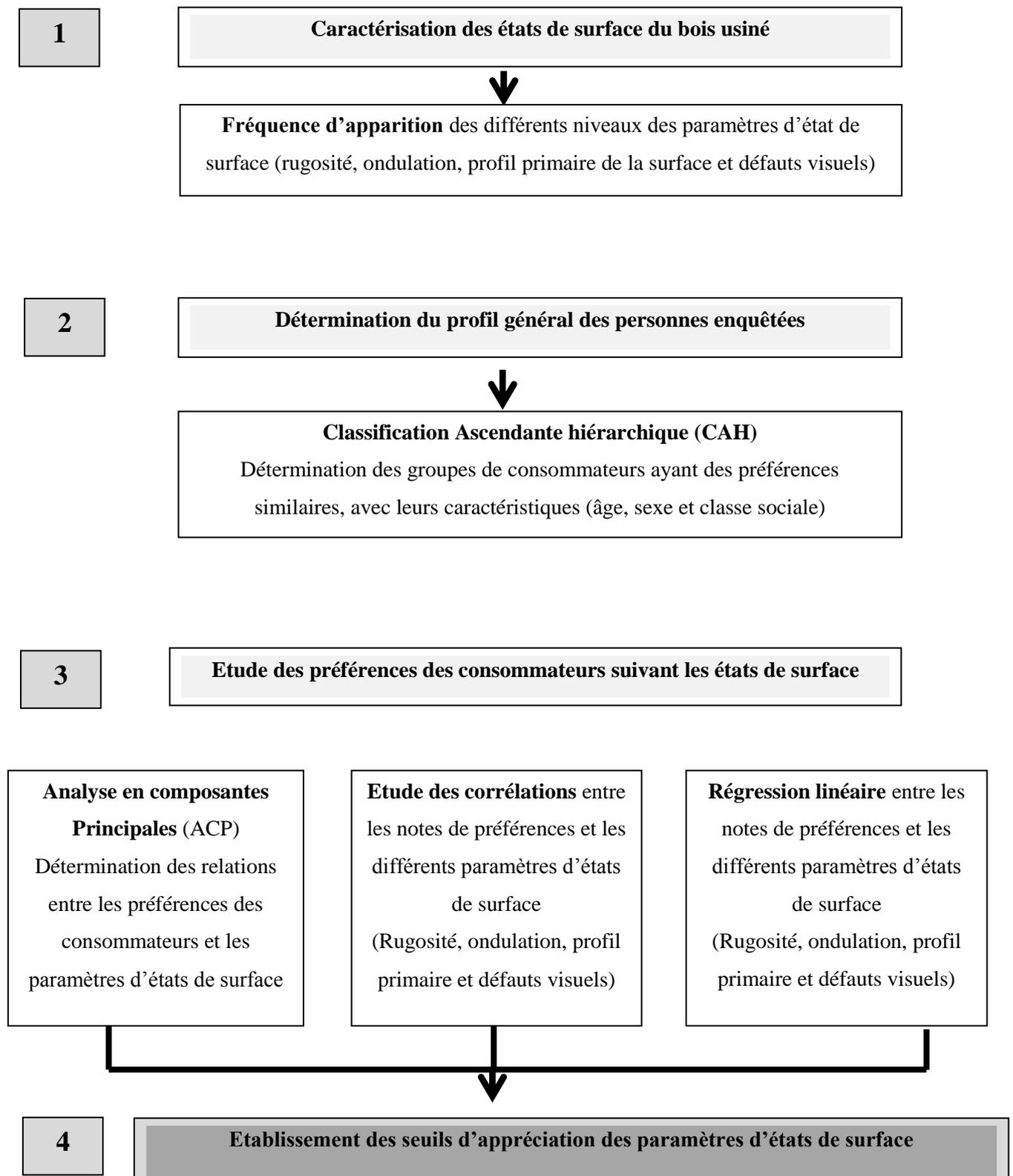


Figure19 : Schéma récapitulatif des analyses statistiques

I.8. Cadre opératoire de recherche

Figure 20 : Cadre opératoire de recherche

Problématique	Questions de recherche	Hypothèses	Indicateurs et variables	Méthodologie	
A partir de quels seuils des paramètres d'état de surface une surface usinée peut-elle être qualifiée de bonne qualité pour les consommateurs cible?	Les différents niveaux des défauts générés à partir des paramètres d'usinage du plan d'expériences sont ils bien répartis sur tous les états de surface?	Hypothèse 1 Les niveaux des différents facteurs d'usinage considérés ont généré exactement les défauts de surface étudiés	Différentes valeurs des paramètres d'usinage : Profondeur de passe ; Vitesse d'avance ; Vitesse de rotation et Plan de coupe	<ul style="list-style-type: none"> - Détermination des différents paramètres d'usinage générant des états de surface allant de l'ébauche grossière à la finition très soignée ; - Calcul de l'épaisseur moyenne de copeaux pour vérifier si la gamme d'état de surface allant de l'ébauche grossière à la finition très soignée a été obtenue ; - Usinage des éprouvettes selon les différents paramètres définis dans le plan d'expériences ; - Détermination des fréquences d'apparition des différents niveaux des paramètres d'états de surface 	
			Fréquence d'apparition des niveaux des paramètres d'états de surface : rugosité ; profil primaire ; ondulation et défauts visuels (fibres soulevées, fibres arrachées, traces d'usinage et marques de copeaux)		
	Quelles sont les valeurs de paramètres d'états de surface pour les surfaces de bois correspondant aux préférences des consommateurs?	Hypothèse 2 Les consommateurs malgaches préfèrent les surfaces lisses	Notes de préférences visuelles et visuo-tactiles données par les consommateurs enquêtées pour les différents états de surface		<ul style="list-style-type: none"> -Recrutement des consommateurs cibles pour l'analyse sensorielle ; - Tests visuels et visuo-tactiles au laboratoire d'analyse sensorielle effectués par le panel de consommateurs pour analyser leurs préférences sur les différents états de surface ; - Recherche de corrélation entre les notes de préférences des consommateurs et les paramètres de rugosité, d'ondulation, du profil primaire sPa et des défauts visuels (ACP, Etude de corrélation et Régression linéaire).
			Seuils de préférence pour les paramètres de rugosité, d'ondulation et du profil primaire sPa		
	Quels sont les niveaux des défauts visuels tolérés par les consommateurs?	Hypothèse 3 Les défauts de surface du bois influencent la préférence des consommateurs	Notes de préférences visuelles et visuo-tactiles données par les consommateurs enquêtées pour les différents états de surface		
			Seuils de préférence pour les paramètres de défauts visuels (fibres soulevées, fibres arrachées, traces d'usinage et marques de copeaux)		

I.9. Résumé méthodologique

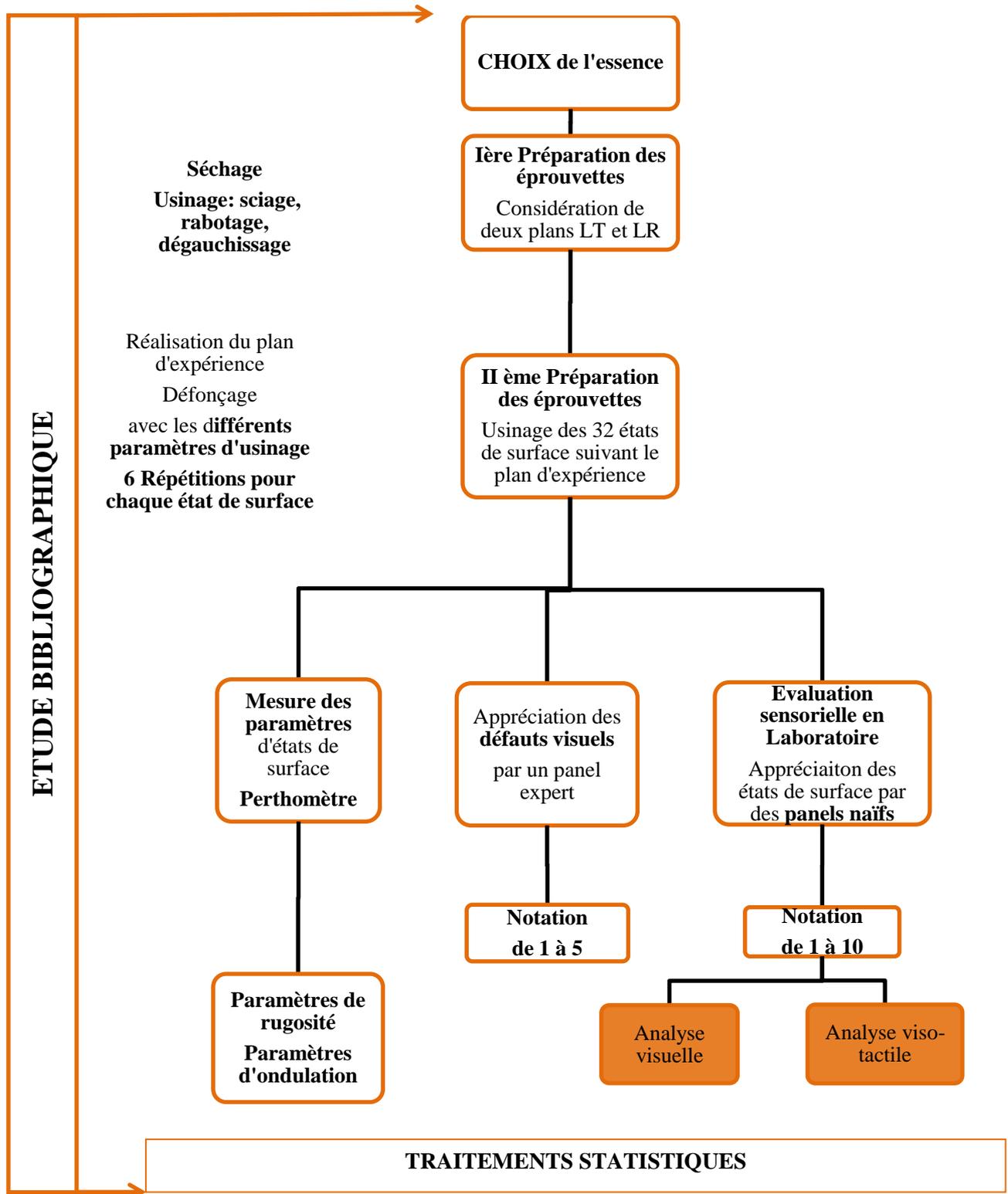


Figure 21 : Résumé de la méthodologie

**RESULTATS
ET
INTERPRETATIONS**



CHAPITRE II . RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Les résultats ont été présentés en trois points. D’abord, il a été nécessaire de vérifier si les conditions de coupe choisies ont bien généré d’une part les gammes de surface allant de l’ébauche grossière à la finition très soignée, et d’autre part les différents niveaux de défauts visuels. Ensuite, les relations entre les préférences des consommateurs et les paramètres d’états de surface mesurés ont été établies, à partir desquelles ont été déterminés les seuils des paramètres d’état de surface.

II.1. Fréquence d’apparitions des différents niveaux des paramètres d’états de surface

Cette partie a eu pour objet de décrire si les gammes d’état de surface attendues ont bien été générées et bien réparties sur tous les échantillons de bois usinés.

II.1.1. Valeurs moyennes, minimales et maximales des paramètres d’état de surface mesurés sur les surfaces de bois usinés

Les valeurs moyennes, minimales et maximales des paramètres de rugosité, d’ondulation et les défauts visuels mesurés sur les bois étudiés sont présentées ci-après (Tableau 13).

Tableau 13 : Les paramètres de rugosité, d’ondulation et de profil primaire de la surface mesurés

Plan considéré		LR				LT			
Paramètres d’états de surface		Moy	Min	Max	Std	Moy	Min	Max	Std
RUGOSITE	sRa (µm)	10,31	4,99	17,9	2,26	10,08	3,04	17,5	2,94
	sRv (µm)	107,80	71,89	179,45	22,93	109,79	45,28	178,36	23,24
	sRp (µm)	107,03	74,02	178,3	21,79	108,52	42,7	190,69	23,61
	sRt (µm)	214,83	149,3	354,37	42,68	218,31	87,98	369,05	45,81
	sRq (µm)	18,13	9,79	27,8	3,29	17,76	4,22	31,29	4,98
	sRsk (-)	2,91	2,22	4,05	0,43	2,98	2,23	5,99	0,52
	sRku (-)	10,75	5,85	22,02	3,60	11,68	6,13	48,39	5,43
	sRk (µm)	16,49	8,45	28,94	4,79	15,79	7,79	25,66	4,61
	sRpk (µm)	1,83	0,88	3,24	0,54	1,81	0,39	5,31	0,91
	sRvk (µm)	37,02	18,67	56,6	7,74	35,44	5,18	74,97	11,92
	SMR1 (%)	10,85	7,08	14,67	1,44	10,29	6,01	13,26	1,42
SMR2 (%)	82,86	77,75	88,6	2,20	82,99	75,29	90,16	2,97	
PPP	sPa	16,18	4,09	41,7	10,55	15,50	2,49	38,77	10,55
ONDULATION	sWa (µm)	21,67	6,61	55,7	9,59	21,23	8,28	53,52	9,60
	sWv (µm)	110,99	70,41	164,17	20,70	110,81	61,91	175,86	22,91
	sWp (µm)	87,69	31,85	182,39	30,73	94,95	29,85	172,62	30,92
	sWt (µm)	198,68	102,3	315,34	42,59	205,76	92,83	324,72	45,84
	sWq (µm)	27,02	9,24	69,06	10,66	26,36	10,95	64,24	10,60
	sWsk (-)	1,78	1,28	3,05	0,35	1,77	1,2	3,21	0,38
	sWku (-)	4,33	1,92	13,02	2,19	4,35	1,55	14,61	2,36

Avec PPP : Paramètre de Profil Primaire de la surface ; et suivant le plan considéré LR ou LT, on a :Moy = moyenne; Min = minimum ; Max = maximum et Std = écart –type pour les valeurs de chacun des paramètres d’états de surface mesurés sur les 96 éprouvettes suivant le plan LR et les 96 éprouvettes suivant le plan LT.

Il apparaît que tous les paramètres de rugosité mesurés sur les plans LR et LT ont présenté des valeurs assez proches, ce qui est assez étonnant vu que l’anatomie du bois dans le sens radial et

tangentiel est différente. L'hypothèse avancée est que les éprouvettes de bois n'ont pas toujours été usinées exactement suivant ces deux plans (mais en diagonale par rapport aux cernes d'accroissement du bois) en raison du manque d'échantillons. Il faut alors s'attendre à ce que les résultats des analyses sensorielles soient proches sur ces deux surfaces.

II.1.2. Fréquence d'apparitions des différents niveaux des paramètres de rugosité et du profil primaire de la surface sPa

Les différents niveaux des paramètres de rugosité et de sPa ont été bien représentés sur les surfaces de bois usinées, autant pour le plan LR que pour le plan LT (figures 22a et 22b, annexe 22), malgré une certaine différence de proportion. En effet, les fréquences d'apparition des paramètres de rugosité diminuent à mesure que les niveaux augmentent dans le plan LR. Or, en règle générale, puisqu'il existe cinq niveaux, la répartition doit être équivalente à 20% pour chaque niveau. Les résultats obtenus ne s'en éloignent pas, sauf pour le plan LR, pour lequel la fréquence du niveau 5 (N5) équivaut à 15%. Dans le plan LT, les deux niveaux N1 et N5 sont les moins représentés (respectivement 11% et 12%). Néanmoins, une meilleure répartition de la fréquence est constatée pour les autres niveaux (N2, N3 et N4). Ainsi, les bois usinés présentent des rugosités de surface variées, et plus ou moins bien réparties.

Concernant le paramètre du profil primaire de la surface sPa, il est essentiel de rappeler que plus sPa est faible, plus la qualité de surface est bonne (Khazaeian, 2006). Ainsi, 75 % des surfaces usinées appartiennent à N1 et N2, et 25 % appartiennent à N3, N4 et N5, autant dans le plan LR que dans le plan LT.

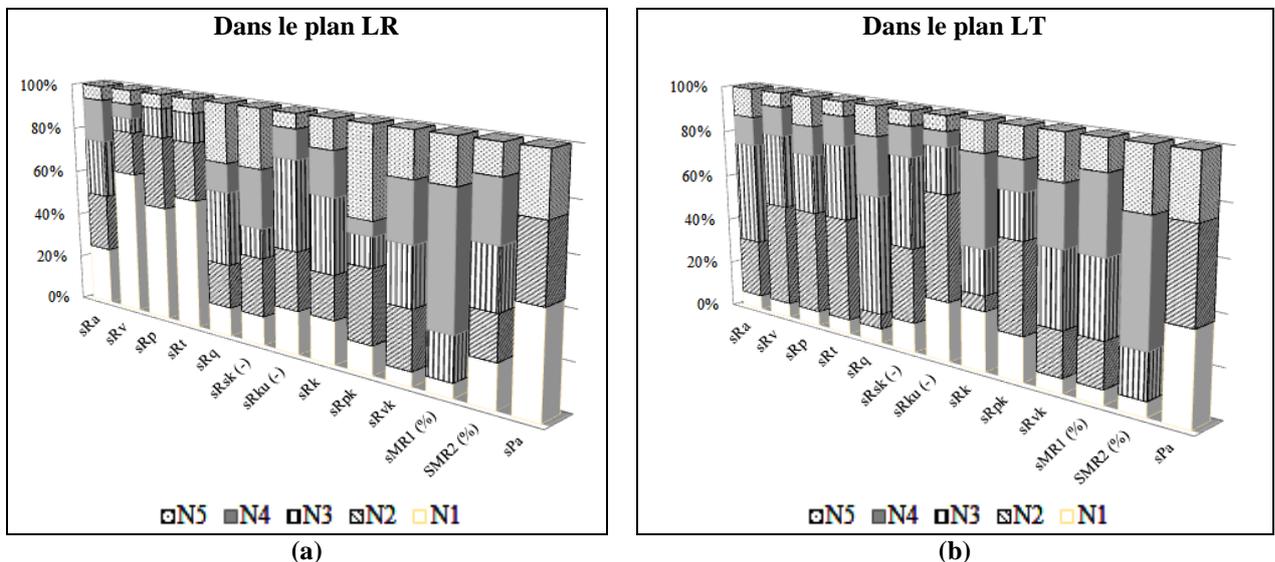


Figure 22 : Fréquence d'apparitions des différents niveaux des paramètres de rugosité (au nombre de 12) et du profil primaire de la surface sPa pour le plan LR (22a) et pour le plan LT (22b)

II.1.3. Fréquence d'apparitions des différents niveaux de paramètres d'ondulation

Les niveaux N1 et N2 des paramètres d'ondulation sont plus représentés que les autres niveaux N3, N4 et N5 (Figure 23). Néanmoins, les proportions de ces trois derniers niveaux sont de

48% dans le plan LR et 43% dans le plan LT. Ainsi, les défauts d'ondulation sont quand même présents, et répartis sur presque la moitié des surfaces de bois de Famelona usinés (Annexe 22).

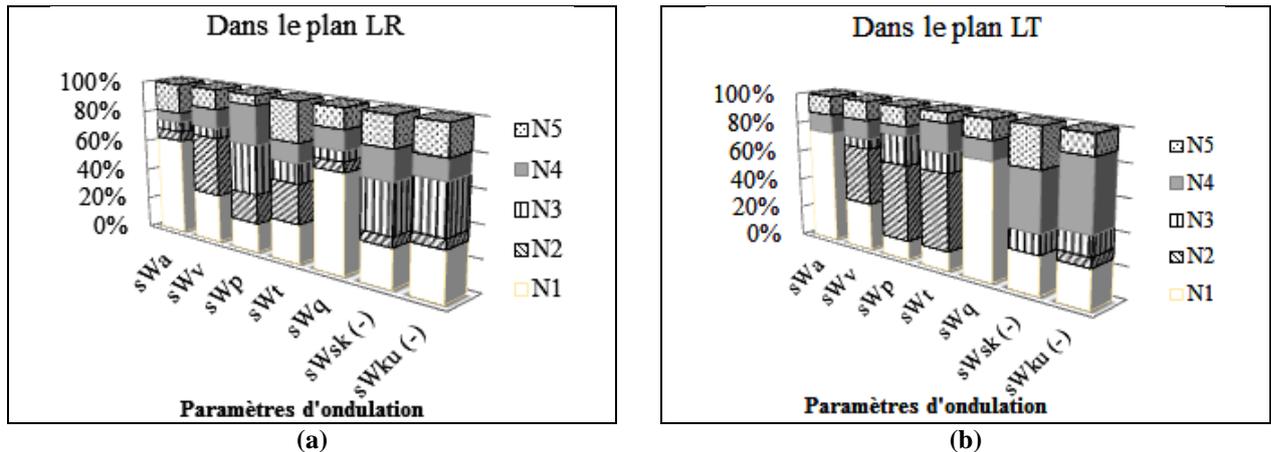


Figure 23 : Fréquence d'apparitions des différents niveaux des paramètres d'ondulation dans le plan LR (23a) et dans le plan LT (23b)

II.1.4. Fréquence d'apparitions des différents niveaux de défauts visuels

Les différents niveaux des défauts visuels ne sont pas équitablement répartis sur les surfaces usinées (Figure 24). En effet, dans les deux plans LR et LT, pour les fibres soulevées et arrachées (FS et FA), les niveaux N1 et N2 sont en plus grande proportion que les niveaux N3, N4 et N5. Pour les marques de copeaux (MC), les fréquences d'apparition diffèrent également pour les différents niveaux, avec une quasi-inexistence des niveaux N3 et N5 dans le plan LR. Seuls les différents niveaux du défaut « traces d'usinage » sont bien répartis sur les surfaces de bois usinés suivant les conditions de coupe appliquées dans le plan expérimental. En somme, les défauts visuels sont en général peu marqués puisqu'il y a prédominance des niveaux N1 et N2, sauf pour les traces d'usinage pour lesquelles les 5 niveaux sont bien répartis sur les surfaces de bois usinés.

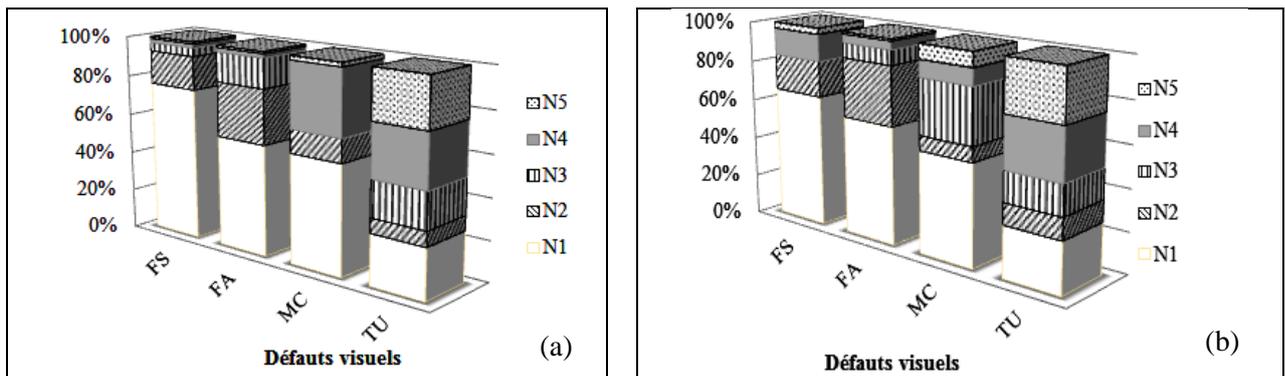


Figure 24 . Fréquence d'apparitions des différents niveaux des défauts visuels dans le plan LR (24a) et dans le plan LT (24b)

Avec N_i : niveaux des défauts visuels, varient de 1 à 5 tel que N1 : surface acceptable à N5 : surface mauvaise (d'après ASTM-D1666-87) ; FS : Fibres soulevées ; FA : Fibres retournées arrachées ; MC : Marques de copeaux ; TU : Traces d'usinage

L'étude des fréquences d'apparition des différents niveaux de paramètres d'états de surface montrent que les conditions de coupe établies dans le plan d'expériences ont bien généré différents états de surface, allant de l'ébauche grossière à la finition très soignée. En effet, les niveaux des

paramètres de rugosité, de sPa et d'ondulation sont bien représentés. Par contre, contrairement à ce que prévoyait l'étude bibliographique, les défauts visuels comme les fibres soulevées et les fibres arrachées ont été un peu moins représentées, contrairement aux marques de copeaux et aux traces d'usinage. Il a donc été possible par la suite, de mettre en relation les paramètres d'état de surface bien représentés sur les surfaces de bois usinés avec les notes sensorielles données par le panel de consommateurs.

II.1.5. Corrélation entre les paramètres d'états de surface

En analysant globalement les corrélations entre les paramètres de rugosité, sPa et d'ondulation pour les surfaces usinées, (Tableau 14) sans tenir compte des plans de coupe, les paramètres qui sont corrélés entre eux sont les suivants.

sRa est corrélé avec la majorité des paramètres de rugosité et d'ondulation. Ce qui veut dire que ce paramètre est un très bon critère pour apprécier la qualité d'une surface usinée, car il permet de cerner globalement la caractéristique de l'état de surface obtenue. Il est ainsi justifié que ce soit le paramètre le plus utilisé dans les études sur la rugosité de surface du bois (Rajemison, 2013). Les autres paramètres complètent les informations sur les caractéristiques topographiques des surfaces (sRk : importance de la rugosité due au processus d'usinage ; sRvk : caractérisation des pics ; sRvk : caractérisation des vallées ; sRsk et sRku : forme des profils).

Par ailleurs, il est possible de noter l'existence de corrélations entre les paramètres d'amplitude sRv, sRp et sRt et les paramètres de la famille de sRk (sRk ; sRvk ; sRpk). Les premiers sont des paramètres descriptifs qui décrivent les saillies et les creux sur les surfaces, tandis que les deuxièmes sont des paramètres fonctionnels, décrivant les mêmes caractéristiques mais davantage utilisés pour expliquer les relations entre l'état de surface et ses propriétés fonctionnelles.

Il faut également noter que les paramètres d'ondulation sont tous corrélés entre eux, mais c'est le paramètre de rugosité sRa qui reste le plus corrélé avec les paramètres sWa, sWt et sWq. Les profils à rugosité importante sont également caractérisés par d'importants creux et pics saillants, ainsi qu'une ondulation importante de la surface, d'autant qu'il s'agit de paramètres décrivant le même paramètre, à savoir, l'amplitude liée à l'écart par rapport à la moyenne pour les écarts de surface.

Enfin, le paramètre sPa qui décrit le profil primaire de la surface et pour lequel des valeurs faibles correspondent à des surfaces de bonne qualité, les corrélations au seuil de 0,1% montrent que ce paramètre est corrélé avec les paramètres de rugosité sRa, sRq, sRk, et avec tous les paramètres d'ondulation (sauf sWp). Il est donc sans conteste que la caractérisation d'une surface selon qu'elle est bonne ou pas, passe par la considération de la rugosité et de l'ondulation. Le paramètre de profil primaire de la surface est l'un des paramètres les plus essentiels à la caractérisation des surfaces considérées comme lisse et « de bonne qualité ».

Tableau 14 : Matrice de corrélation entre les paramètres de rugosité, d'ondulation et de profil primaire

		sRa	sRv	sRp	sRt	sRq	sRsk	sRku	sRk	sRpk	sRvk	SMR1	SMR2	sPa	sWa	sWv	sWp	sWt	sWq	sWsk	sWku	
LR	sRa	1																				
	sRv	0,42	1																			
	sRp	0,43	0,92	1																		
	sRt	0,43	0,98	0,98	1																	
	sRq	0,95	0,60	0,58	0,61	1																
	sRsk	-0,78	0,21	0,16	0,19	-0,58	1															
	sRku	-0,66	0,36	0,33	0,35	-0,49	0,97	1														
	sRk	0,93	0,38	0,43	0,41	0,83	-0,71	-0,58	1													
	sRpk	0,86	0,63	0,63	0,64	0,89	-0,50	-0,38	0,82	1												
	sRvk	0,68	0,81	0,77	0,81	0,86	-0,18	-0,10	0,56	0,84	1											
	SMR1	0,47	0,25	0,14	0,20	0,43	-0,42	-0,33	0,28	0,36	0,28	1										
	SMR2	-0,51	0,34	0,28	0,32	-0,32	0,83	0,82	-0,36	-0,36	-0,02	-0,50	1									
	sPa	0,77	0,43	0,41	0,43	0,78	-0,46	-0,39	0,77	0,77	0,66	0,41	-0,26	1								
	sWa	0,74	0,37	0,34	0,36	0,73	-0,47	-0,40	0,74	0,73	0,56	0,48	-0,33	0,97	1							
	sWv	0,65	0,28	0,23	0,26	0,67	-0,43	-0,42	0,64	0,61	0,52	0,32	-0,27	0,93	0,94	1						
	sWp	0,71	0,67	0,66	0,68	0,71	-0,34	-0,16	0,71	0,88	0,70	0,47	-0,27	0,60	0,62	0,39	1					
	sWt	0,82	0,60	0,57	0,60	0,83	-0,45	-0,32	0,81	0,91	0,75	0,48	-0,32	0,88	0,90	0,77	0,89	1				
sWq	0,76	0,37	0,34	0,36	0,74	-0,49	-0,41	0,75	0,74	0,57	0,49	-0,35	0,97	1,00	0,93	0,64	0,91	1				
sWsk	-0,67	-0,30	-0,22	-0,27	-0,62	0,48	0,41	-0,70	-0,71	-0,44	-0,46	0,42	-0,87	-0,93	-0,86	-0,63	-0,87	-0,93	1			
sWku	-0,68	-0,24	-0,16	-0,20	-0,61	0,53	0,47	-0,69	-0,71	-0,41	-0,45	0,49	-0,83	-0,90	-0,83	-0,64	-0,85	-0,90	0,99	1		
LT	sRa	1																				
	sRv	0,65	1																			
	sRp	0,65	0,99	1																		
	sRt	0,65	1,00	1,00	1																	
	sRq	0,96	0,75	0,74	0,75	1																
	sRsk	-0,72	-0,05	-0,01	-0,03	-0,59	1															
	sRku	-0,59	0,07	0,11	0,09	-0,49	0,97	1														
	sRk	0,85	0,55	0,55	0,55	0,73	-0,55	-0,37	1													
	sRpk	0,88	0,65	0,68	0,67	0,81	-0,53	-0,34	0,86	1												
	sRvk	0,90	0,81	0,81	0,81	0,97	-0,49	-0,40	0,68	0,82	1											
	SMR1	0,10	-0,14	-0,13	-0,14	0,02	-0,26	-0,20	0,13	0,33	0,06	1										
	SMR2	-0,57	-0,35	-0,31	-0,33	-0,52	0,56	0,48	-0,25	-0,45	-0,43	-0,06	1									
	sPa	0,56	0,37	0,38	0,38	0,46	-0,22	-0,04	0,70	0,55	0,33	0,14	-0,32	1								
	sWa	0,49	0,26	0,26	0,26	0,40	-0,24	-0,08	0,60	0,45	0,25	0,18	-0,34	0,98	1							
	sWv	0,61	0,39	0,37	0,38	0,56	-0,39	-0,27	0,61	0,45	0,41	0,08	-0,45	0,91	0,93	1						
	sWp	0,80	0,73	0,75	0,74	0,78	-0,39	-0,25	0,80	0,87	0,81	0,22	-0,33	0,57	0,49	0,53	1					
	sWt	0,82	0,66	0,67	0,67	0,78	-0,44	-0,29	0,82	0,78	0,72	0,18	-0,43	0,82	0,78	0,84	0,91	1				
sWq	0,52	0,27	0,28	0,28	0,43	-0,27	-0,12	0,63	0,48	0,29	0,19	-0,35	0,98	1,00	0,94	0,52	0,80	1				
sWsk	-0,37	-0,16	-0,17	-0,17	-0,24	0,16	-0,01	-0,55	-0,40	-0,08	-0,11	0,35	-0,92	-0,93	-0,79	-0,38	-0,64	-0,92	1			
sWku	-0,40	-0,16	-0,16	-0,16	-0,25	0,21	0,03	-0,58	-0,43	-0,09	-0,11	0,36	-0,90	-0,90	-0,77	-0,39	-0,63	-0,89	0,99	1		

Valeurs en gras : significativement différentes de zero à un niveau de signification alpha $\alpha = 0,05$

II.2. Préférence des consommateurs sur les états de surface du bois d'ameublement

II.2.1. Profil du panel de consommateurs : répartition par âge et par sexe

174 personnes ont été enquêtées au total lors des évaluations sensorielles, avec respectivement 84 pour le plan LR, et 90 pour le plan LT. La répartition par sexe et par âge des personnes enquêtées lors des évaluations sensorielles (Tableau 11) a essayé de reproduire le plus fidèlement possible la base des données (23).

La totalité des personnes enquêtées ont affirmé utiliser du bois pour l'ameublement, 50 % des personnes enquêtées appartenant à la classe sociale « riche », 50% à la classe sociale « moyenne » (Annexe 24). Ce qui rassemble tous les critères requis faisant des personnes enquêtées les consommateurs cibles de l'industrie d'ameublement en bois.

II.2.2. Typologie des consommateurs enquêtés selon les critères socio-démographiques et leurs préférences

Les résultats de la CAH ont montré que les 174 consommateurs enquêtés peuvent être répartis dans plusieurs groupes suivant leurs préférences visuelles et visio-tactiles. En d'autres termes, les consommateurs appartenant à un même groupe ont des préférences proches car ils ont noté de la même manière les échantillons de bois. La classification dans les différents groupes est présentée ci-après :

II.2.2.1. Suivant le plan LR

a. Pour l'analyse visuelle

Groupe 1 : 52 % des personnes enquêtées se trouvent dans ce groupe, dont 22 hommes appartenant majoritairement à la classe sociale moyenne et 22 femmes majoritairement riches. Le groupe est composé d'individus ayant moins de 40 ans.

Groupe 2 : 43% des personnes enquêtées s'y trouvent. Le groupe rassemble la majorité des personnes ayant plus de 58 ans, composé d'hommes sans distinction de la classe sociale et de femmes majoritairement riches.

Groupe 3 : 5% des personnes enquêtées se trouvent dans ce groupe. Il concerne des femmes uniquement, ayant 20 à 50 ans, et autant de la classe sociale moyenne que riche.

b. Pour l'analyse visio-tactile

Groupe 1 : 46% des personnes enquêtées se trouvent dans ce groupe. Il rassemble les individus ayant plus de 58 ans, hommes et femmes, majoritairement riches

Groupe 2 : 36% des personnes enquêtées s'y trouvent. Le groupe est composé d'individus ayant moins de 50 ans, autant du sexe masculin majoritairement moyen, que du sexe féminin, majoritairement riche.

Groupe 3 : 6% des personnes enquêtées s'y trouvent. Il rassemble les femmes ayant entre 30 et 50 ans, de la classe sociale moyenne.

Groupe 4 : 12% des personnes enquêtées appartiennent à ce groupe. Il rassemble les hommes, ayant entre 19 et 52 ans, sans distinction de la classe sociale.

II.2.2.2. Suivant le plan LT

a. Pour l'analyse visuelle

Groupe 1: 38 % des personnes enquêtées se trouvent dans ce groupe. Il rassemble des hommes de moins de 40 ans, sans distinction de la classe sociale, et des femmes de moins de 35 ans et riches.

Groupe 2: 38% également des personnes enquêtées s'y trouvent. Le groupe est composé d'hommes ayant 40 à 58 ans et majoritairement de la classe sociale moyenne.

Groupe 3: 24% des personnes enquêtées se trouvent dans ce groupe. Il concerne des femmes âgées de plus de 40 ans, appartenant autant à la classe sociale riche que moyenne.

b. Pour l'analyse visio-tactile

Groupe 1: 37 % des personnes enquêtées s'y trouvent. Le groupe est composé essentiellement d'hommes de moins de 34 ans, majoritairement de la classe sociale moyenne, et de femmes ayant moins de 36 ans, majoritairement riches.

Groupe 2: 47% des personnes enquêtées appartiennent à ce groupe. Il est surtout caractérisé par des femmes de plus de 48 ans, majoritairement riches.

Groupe 3: 16% des personnes enquêtées se trouvent dans ce groupe. Il rassemble des hommes ayant plus de 50 ans et majoritairement de la classe sociale moyenne.

II.2.3. Statistique descriptive des notes de préférences visuelles et visio-tactiles

La statistique descriptive des notes de préférence des consommateurs pour les différents états de surface montrent que les consommateurs ont attribué des notes variées, allant pour la majorité des surfaces étudiées de la note minimale 1 à la note maximale 10, excepté pour les éprouvettes LT9 et LR9 (Figures 25 et 26, Annexe 24). En effet, ces deux éprouvettes ont la particularité de présenter des valeurs de sPa parmi les plus faibles, ce qui démontre une bonne qualité de surface. De plus, les replications des états de surfaces correspondant montrent des niveaux 1 pour les quatre défauts visuels mesurés (niveau 1 = excellent, c'est-à-dire sans défauts visuels) (Annexe 25). Les notations par les consommateurs des états de surface sont relativement variées, rarement en dessous de 5/10. Ceci est confirmé par les valeurs de l'écart type (autour de 2 pour les éprouvettes). Ce qui démontre que les consommateurs notent différemment les éprouvettes. Ces différences de perception justifient la nécessité de considérer un nombre élevé de consommateurs (Norme AFNOR XP V09-501). Les notes moyennes attribuées aux éprouvettes varient globalement de 3 à 8, ce qui démontre que les éprouvettes sont différentes. Le fait que les notes soient bien réparties justifie la possibilité d'étudier la corrélation entre les notes sensorielles et les paramètres d'états de surface.

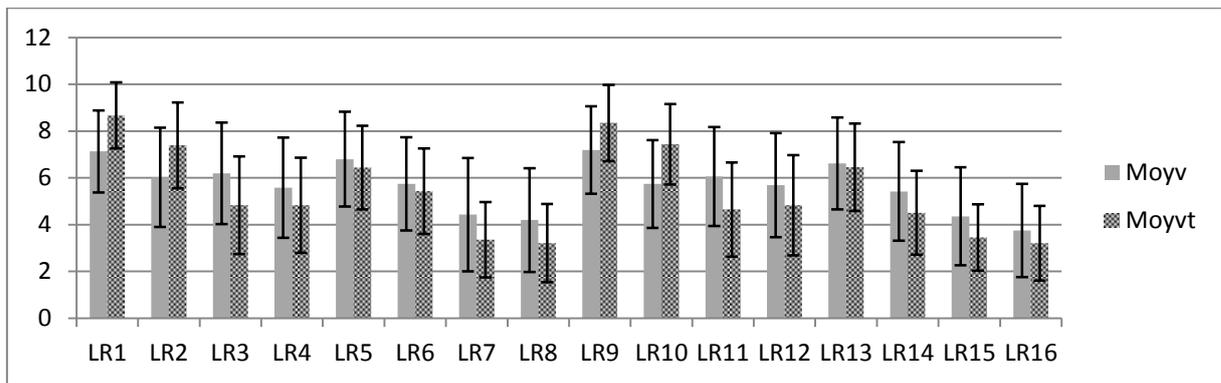


Figure 25 . Statistique descriptive des notes de préférence des consommateurs dans le plan LR
 Avec **Moy_v** : Moyenne des notes visuelles ; **Moy_{vt}** : Moyenne des notes viso-tactiles sur les 84 notes attribuées aux éprouvettes LR1 à LR16 ; **Barres d'erreurs** avec un écart-type **Std**.

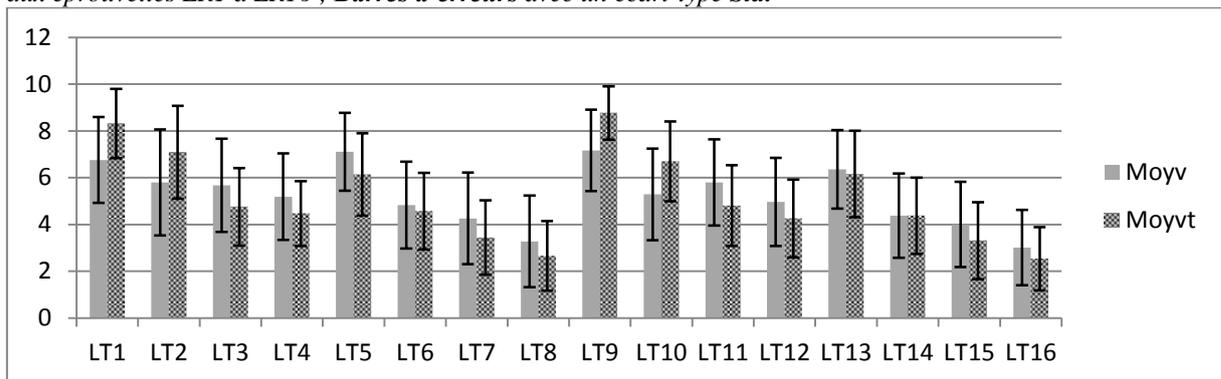


Figure 26 : Statistique descriptive des notes de préférence des consommateurs dans le plan LT
 Avec **Moy_v** : Moyenne des notes visuelles ; **Moy_{vt}** : Moyenne des notes viso-tactiles sur les 90 notes attribuées aux éprouvettes LR1 à LR16 ; **Barres d'erreurs** avec un écart-type **Std**.

II.2.4. Préférence des consommateurs sur l'état de surface primaire, la rugosité et l'ondulation de surface du bois usiné

Les axes factoriels de l'ACP ont restitué 79,9 % de pourcentage d'inertie pour les paramètres de rugosité, de profil primaire et d'ondulation suivant le plan LR, et 75,36% suivant le plan LT. Ce qui veut dire que la représentation est de bonne qualité (Figure 27 et Annexe 25).

Suivant le plan LR, dans le plan négatif, l'axe F1 représente les notes de préférence visuelles et viso-tactiles, ainsi que les paramètres de rugosité sRsk, sRku, SMR2 et d'ondulation sWku et sWsk. Dans le plan positif, l'axe F1 représente le reste des paramètres de rugosité étudiés, à savoir, sRvk, sRpk, sRq, sRa, sRk et SMR1 ; le paramètre de profil primaire de la surface sPa, et les paramètres d'ondulation sWv, sWp, sWt, sWa, sWq. Par contre, l'axe F2 représente dans le plan négatif les paramètres de rugosité sRk et sRa SMR1, et d'ondulation sWv, sWq, sWa, et dans le plan positif les paramètres sRt, sRp, sRv, sRvk, sRpk, sRq (Figure 27a).

De même, suivant le plan LT, l'axe F1 dans le plan négatif représente les notes de préférence visuelles et viso-tactiles, ainsi que les paramètres de rugosité sRsk et SMR2 et les paramètres d'ondulation sWku et sWsk. L'axe F1 dans le plan positif représente les paramètres de rugosité sRt, sRp, sRv, sRvk, sRpk, sRq, sRk, sRa et SMR1. Par contre, l'axe F2 dans le plan positif représente les paramètres de rugosité sRt, sRp, sRv, sRvk, sRpk, sRq, sRk, et sRa et les paramètres d'ondulation

sWt et sWp. Et dans le plan négatif, l'axe F2 représente surtout les paramètres sPa, et SMR1 et les paramètres d'ondulation sWq, sWa et sWv (Figure 27b).

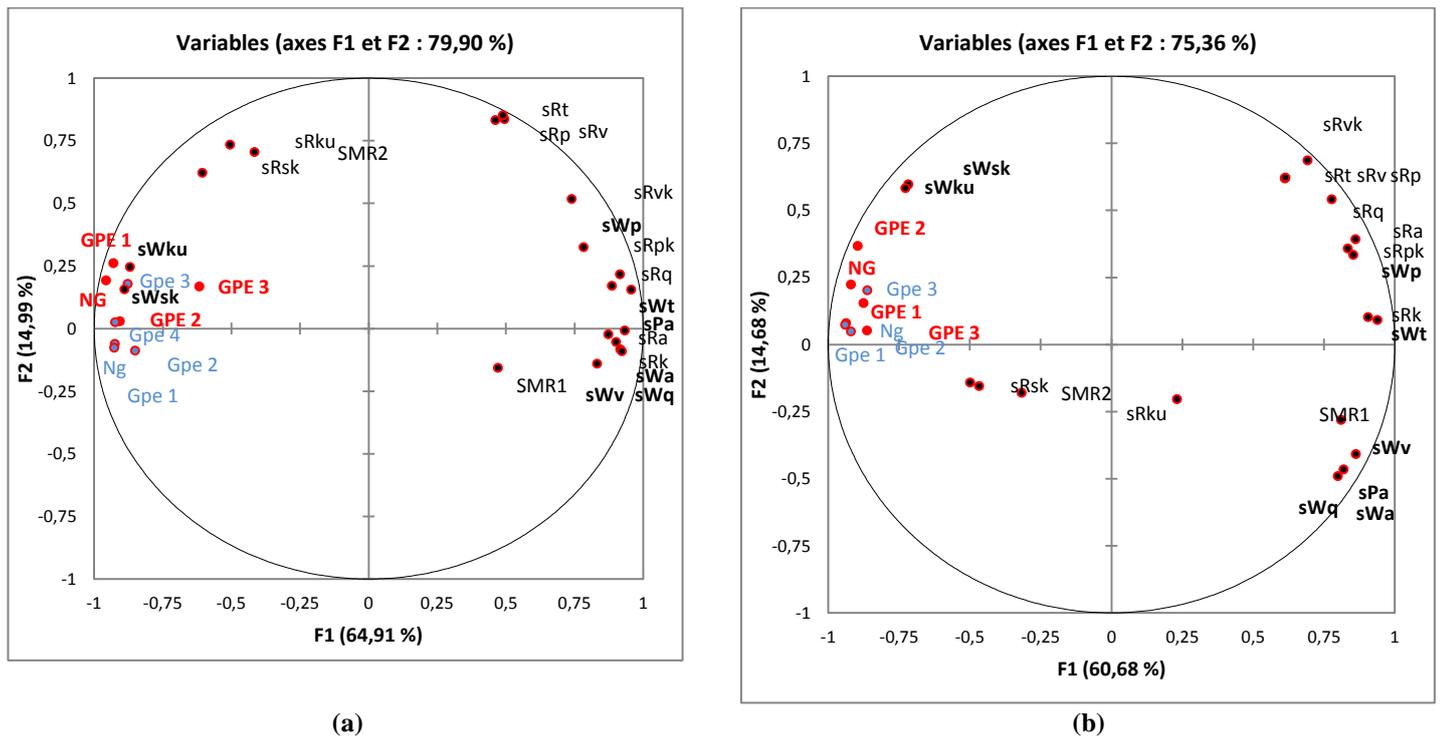


Figure 27. Représentation graphique par ACP des cercles de corrélations des préférences visuelles et visuo-tactiles de chaque groupe de consommateurs sur les paramètres de rugosité, du profil primaire et d'ondulation dans le plan LR (24a) et dans le plan LT (24b)

sR*, SMR1 et SMR2 : paramètres de rugosité

sPa : Paramètre du Profil Primaire de la surface

sW* : paramètres d'ondulation

Notes visuelles (en rouge) NG : notes visuelles générales ; GPE 1- GPE 2- GPE 3 : notes visuelles données par les consommateurs du Groupe 1, du Groupe 2 et du Groupe 3.

Notes visuo-tactiles (en bleu) Ng : notes visuo-tactiles générales ; Gpe 1- Gpe 2- Gpe 3 – Gpe 4 (pour LR): notes visuo-tactiles données par les consommateurs du Groupe 1 , du Groupe 2, du Groupe 3 et du groupe 4 (pour LR).

Dans le plan LR, les consommateurs n'aiment pas les surfaces présentant d'importantes rugosité et ondulation (notes visuelles et visuo-tactiles à l'opposé des paramètres de rugosité sRpk, sRq, sPa, sRk, sRa et SMR1 et des paramètres d'ondulation sWp, sWt, sWq, sWa et sWv). Alors qu'ils tolèrent plus les profils creux et serrés d'ondulation que de la rugosité (notes dans le même plan que sWku, sWsk mais plus éloigné pour sRsk et sRku). Il faut remarquer aussi que la majorité des paramètres, qui sont corrélés entre eux (Tableau 14) se répartissent ensemble dans le même plan du cercle de corrélation. Ainsi, les préférences visuelles et visuo-tactiles des consommateurs vont aux surfaces lisses mais avec une tolérance des creux et du profil serré d'ondulation et de rugosité de surface. Les notes de préférences visuelles et visuo-tactiles des consommateurs sont à l'opposé du paramètre sPa. Les consommateurs aiment alors les valeurs faibles de ce paramètre correspondant à une bonne qualité de surface. Il a également été constaté que pour quelques groupes, dont le groupe visuel 1 et le groupe visuo-tactiles 3, les consommateurs appartenant à ces groupes n'aiment pas les surfaces à profil large et plein, avec une prédominance des plateaux (valeurs faibles des paramètres sWku et sWsk).

Les préférences des consommateurs des états de surface dans le plan LT sont à peu près similaires que celles dans le plan LR. C'est-à-dire, qu'ils aiment aussi les surfaces lisses et de bonne qualité (notes de préférence à l'opposé des paramètres d'état de surface). Cependant, la différence pour les deux plans c'est que les consommateurs tolèrent moins les creux et le profil serré d'ondulation et de rugosité de surface (notes proches mais un peu plus éloignées que dans le plan LR de sWsk, sWku ; notes éloignées de sRsk et sRku).

Ainsi, les consommateurs n'aiment pas les surfaces rugueuses et ondulées. En effet, plus la surface est lisse, plus elle est appréciée par les consommateurs. Néanmoins, les consommateurs tolèrent plus les creux et le profil serré d'ondulation et de rugosité dans le plan LR que LT. Par ailleurs, pour les deux plans LR et LT, les préférences visuelles (en rouge) se distinguent des préférences viso-tactiles (en bleu). En effet, les notations effectuées par les consommateurs sont moins élevées en viso-tactiles qu'en visuelles. Cela peut être dû au fait que par rapport à l'évaluation visuelle, l'évaluation viso-tactile permettrait de mieux apprécier la surface lisse (notation élevée) et de mieux distinguer les défauts, rugosité et ondulation (notation faible).

II.2.5. Préférence des consommateurs sur les défauts visuels de surface du bois usiné

Le pourcentage d'inertie expliqué par les deux premiers axes factoriels est de 84,28% dans le plan LR, et 91,28% dans le plan LT. Ces pourcentages élevés permettent alors de dire que les informations sur la répartition des notes de préférences des consommateurs en fonction des niveaux de défauts visuels sont bien représentées par les axes factoriels.

Dans le plan LR, autant que dans le plan LT, les fibres soulevées sont aussi bien représentées par l'axe F1, que F2 ; les fibres arrachées sont plus représentées par F1 dans le plan négatif. Les marques de copeaux sont plus représentées par l'axe F2, et les traces d'usinage sont plus représentées par l'axe F1 (Figure 28a et 28b, et annexe 26).

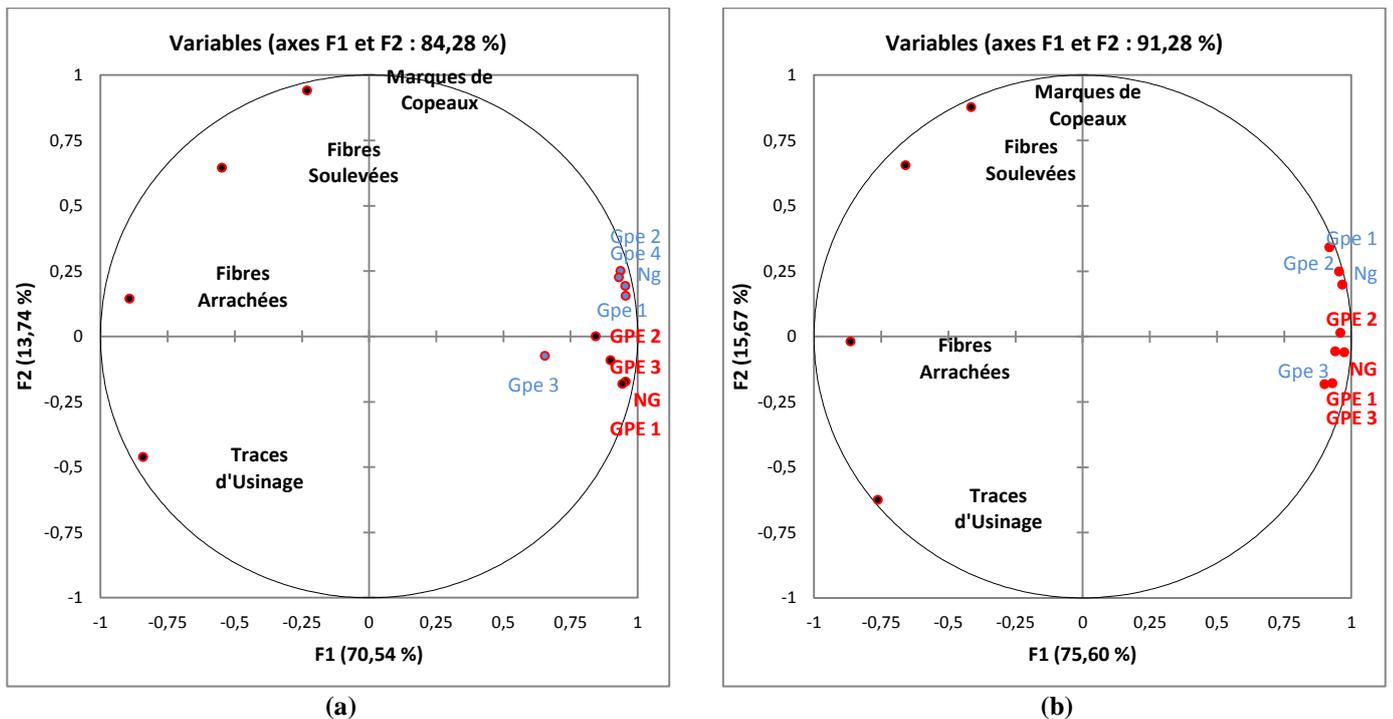


Figure 28 . Représentation graphique par ACP des cercles de corrélation des préférences visuelles et visuo-tactiles de chaque groupe de consommateurs sur les défauts visuels de surface dans le plan LR (28a) et dans le plan LT (28b)

Défauts visuels : FS : Fibres soulevées ; FA : Fibres retournées arrachées ; MC : marques de copeaux et TU : traces d'usinages

Notes visuelles (en rouge) NG : notes visuelles générales ; GPE 1- GPE 2- GPE 3 : notes visuelles données par les consommateurs du Groupe 1, du Groupe 2 et du Groupe 3.

Notes visuo-tactiles (en bleu) Ng : notes visuo-tactiles générales ; Gpe 1- Gpe 2- Gpe 3- Gpe 4 : notes visuo-tactiles données par les consommateurs du Groupe 1, du Groupe 2, du Groupe 3 et du Groupe 4 (Groupe 4 : pour le plan LR uniquement)

L'analyse en composantes principales montre des résultats plus ou moins similaires pour les deux plans étudiés LT et LR, concernant les relations entre les préférences des consommateurs et les défauts visuels. Les différences se situent au niveau des préférences de chaque groupe.

Bien qu'il ait été remarqué dans l'étude des fréquences d'apparition des niveaux des défauts visuels, que les fibres soulevées et les fibres arrachées ne sont représentées que par les niveaux acceptables N1 et N2, les niveaux des marques de copeaux et surtout ceux des traces d'usinage sont par contre bien représentés. Ces défauts visuels se trouvent tous à l'opposé des notes de préférence des consommateurs. Ainsi, moins il y a de défauts visuels sur les surfaces ayant été présentées aux consommateurs, plus les surfaces sont appréciées, ce qui est assez logique.

En comparant les préférences visuelles et visuo-tactiles, les consommateurs tolèrent plus au toucher que visuellement les marques de copeaux (note générale visuo-tactile plus proche de MC, note générale visuelle plus éloignée de MC), contrairement aux traces d'usinage auxquelles les consommateurs tolèrent plus ce défaut visuellement qu'au toucher (note générale visuelle plus proche de TU ; note générale visuo-tactile plus éloignée de TU).

Toutefois, les préférences visuo-tactiles des consommateurs du groupe 3 pour les deux plans LR et LT diffèrent des préférences visuo-tactiles générales et de celles des autres groupes, car ils

tolèrent moins au toucher les marques de copeaux. Qui plus est, à la différence du plan LT, suivant le plan LR il existe un quatrième groupe qui tolère plus au toucher les marques de copeaux.

Par ailleurs, suivant le plan LR, visuellement, ce sont les préférences générales et celles du groupe 1 qui tolèrent plus les traces d'usinage. Tandis qu'au toucher, ce sont les groupes 2 et 4 qui tolèrent plus les marques de copeaux. Suivant le plan LT, il en est tout autre, ce sont les groupes 1 et 3 qui montrent une grande tolérance visuelle des traces d'usinages, tandis que c'est le groupe 1 qui montre la plus grande tolérance viso-tactile aux marques de copeaux.

II.3. Détermination des seuils de préférence

II.3.1. Corrélation entre les préférences des consommateurs et les paramètres d'états de surface

II.3.1.1. Corrélations suivant le plan LR

Les préférences visuelles et viso-tactiles des consommateurs sont corrélées positivement avec les paramètres : sRsk ; sRku ; SMR2 ; sWsk et sWku. D'autre part, les préférences visuelles des consommateurs sont corrélées négativement avec les paramètres sRa ; sRq ; sRk ; sRpk ; sRvk ; SMR1 ; sPa ; sWa ; sWp ; sWt, sWq ; Fibres soulevées ; Fibres arrachées et Traces d'usinages (Tableau 15).

II.3.1.2. Corrélation suivant le plan LT

Les préférences visuelles et viso-tactiles des consommateurs sont corrélées positivement avec les paramètres sWsk et sWku. Par contre, les préférences visuelles des consommateurs sont corrélées négativement avec les paramètres: sRa ; sRv ; sRp ; sRt ; sRq ; sRk ; sRpk ; sRvk ; SMR1 ; sPa ; sWa ; sWv ; sWp ; sWt ; sWq ; Fibres soulevées ; Fibres arrachées; Marques de copeaux et traces d'usinage (Tableau 15).

Tous les paramètres d'états de surface présentant des corrélations significatives avec les préférences des consommateurs ont été ensuite étudiés particulièrement par régression linéaire afin de déterminer les seuils de préférence des consommateurs (au seuil de signification $\alpha = 5\%$ et $\alpha = 0,1\%$, Annexe 32).

Tableau 15 : Matrice de corrélation entre les préférences des consommateurs et les paramètres d'états de surface

		sRa	sRv	sRp	sRt	sRq	sRsk	sRku	sRk	sRpk	sRvk	SMR1	SMR2	sPa	sWa	sWv	sWp	sWt	sWq	sWsk	sWku	FS	FA	MC	TU	
LR	V	NG	-0,81	-0,32	-0,26	-0,29	-0,76	0,63	0,56	-0,78	-0,82	-0,60	-0,51	0,51	-0,91	-0,90	-0,81	-0,69	-0,88	-0,90	0,90	0,90	-0,52	-0,74	-0,42	-0,75
		GPE1	-0,80	-0,25	-0,17	-0,22	-0,75	0,67	0,63	-0,75	-0,79	-0,58	-0,49	0,54	-0,88	-0,86	-0,79	-0,63	-0,83	-0,86	0,88	0,90	-0,53	-0,75	-0,42	-0,73
		GPE2	-0,75	-0,42	-0,40	-0,42	-0,69	0,50	0,38	-0,77	-0,80	-0,57	-0,50	0,40	-0,88	-0,87	-0,76	-0,73	-0,88	-0,88	0,82	0,80	-0,40	-0,61	-0,13	-0,69
		GPE3	-0,35	-0,21	-0,12	-0,18	-0,37	0,24	0,22	-0,27	-0,49	-0,38	-0,35	0,41	-0,62	-0,65	-0,66	-0,37	-0,58	-0,64	0,75	0,75	-0,05	-0,27	-0,30	-0,47
	VT	Ng	-0,87	-0,47	-0,45	-0,47	-0,86	0,58	0,51	-0,90	-0,88	-0,74	-0,21	0,28	-0,83	-0,76	-0,71	-0,71	-0,85	-0,76	0,73	0,73	-0,44	-0,87	-0,07	-0,93
		Gpe1	-0,88	-0,49	-0,47	-0,49	-0,87	0,58	0,50	-0,90	-0,89	-0,75	-0,23	0,27	-0,83	-0,76	-0,71	-0,71	-0,85	-0,77	0,72	0,72	-0,47	-0,89	-0,09	-0,92
		Gpe2	-0,83	-0,45	-0,44	-0,46	-0,82	0,57	0,49	-0,87	-0,85	-0,71	-0,14	0,27	-0,71	-0,63	-0,58	-0,71	-0,78	-0,64	0,63	0,64	-0,41	-0,87	-0,01	-0,95
		Gpe3	-0,72	-0,31	-0,20	-0,26	-0,71	0,56	0,52	-0,69	-0,73	-0,62	-0,49	0,36	-0,89	-0,86	-0,82	-0,60	-0,82	-0,86	0,80	0,79	-0,52	-0,77	-0,23	-0,72
	Gpe4	-0,77	-0,38	-0,36	-0,38	-0,76	0,51	0,45	-0,81	-0,82	-0,65	-0,18	0,28	-0,92	-0,88	-0,86	-0,62	-0,86	-0,88	0,82	0,81	-0,32	-0,76	-0,03	-0,89	
LT	V	NG	-0,69	-0,40	-0,38	-0,39	-0,57	0,45	0,27	-0,79	-0,75	-0,47	-0,45	0,42	-0,83	-0,78	-0,72	-0,68	-0,80	-0,79	0,72	0,74	-0,64	-0,79	-0,45	-0,68
		GPE1	-0,68	-0,40	-0,39	-0,39	-0,58	0,45	0,29	-0,72	-0,72	-0,49	-0,48	0,44	-0,73	-0,69	-0,65	-0,67	-0,75	-0,70	0,64	0,66	-0,65	-0,72	-0,53	-0,57
		GPE2	-0,62	-0,33	-0,32	-0,32	-0,47	0,40	0,21	-0,80	-0,68	-0,34	-0,30	0,39	-0,91	-0,86	-0,77	-0,59	-0,76	-0,86	0,84	0,85	-0,60	-0,80	-0,37	-0,72
		GPE3	-0,69	-0,45	-0,43	-0,44	-0,60	0,44	0,28	-0,75	-0,78	-0,57	-0,57	0,35	-0,70	-0,66	-0,63	-0,73	-0,78	-0,68	0,53	0,54	-0,64	-0,75	-0,54	-0,57
	VT	Ng	-0,76	-0,51	-0,52	-0,52	-0,65	0,39	0,22	-0,94	-0,79	-0,57	-0,16	0,20	-0,82	-0,73	-0,69	-0,76	-0,83	-0,74	0,68	0,70	-0,53	-0,83	-0,24	-0,87
		Gpe1	-0,76	-0,53	-0,55	-0,54	-0,67	0,38	0,21	-0,92	-0,77	-0,59	-0,10	0,19	-0,80	-0,71	-0,69	-0,74	-0,82	-0,73	0,67	0,69	-0,41	-0,81	-0,11	-0,93
		Gpe2	-0,76	-0,51	-0,52	-0,52	-0,66	0,39	0,21	-0,95	-0,81	-0,58	-0,19	0,20	-0,82	-0,73	-0,69	-0,78	-0,84	-0,75	0,67	0,69	-0,47	-0,84	-0,19	-0,89
		Gpe3	-0,65	-0,38	-0,37	-0,38	-0,51	0,41	0,24	-0,87	-0,68	-0,41	-0,23	0,24	-0,76	-0,67	-0,63	-0,62	-0,71	-0,69	0,66	0,69	-0,71	-0,77	-0,42	-0,69

V : préférences visuelles ; VT : préférences viso-tactiles

Pour chacun des deux plans LR et LT :

Notes visuelles : NG : notes visuelles générales ; GPE 1- GPE 2- GPE 3 : notes visuelles données par les consommateurs du Groupe 1, du Groupe 2 et du Groupe 3.

Notes viso-tactiles : Ng : notes viso-tactiles générales ; Gpe 1- Gpe 2- Gpe 3- Gpe 4: notes viso-tactiles données par les consommateurs du Groupe 1, du Groupe 2, du Groupe 3 et du Groupe 4 (Groupe 4 : pour le plan LR uniquement)

*Les valeurs en gras et en rouge sont significativement différentes de 0 à un niveau de signification alpha $\alpha = 0,05$

II.3.2. Régression linéaire entre les notes visuelles, les notes viso-tactiles et les paramètres d'état de surface corrélés avec les préférences des consommateurs

Pour illustrer la démarche de la détermination des seuils, seules les études de corrélation entre les notes de préférences des consommateurs et les paramètres sPa dans le plan LR (Figure 29), les notes de préférence et le défaut visuel « traces d'usinages » dans le plan LT (Figure 30) sont présentées dans ce paragraphe. Les études de corrélation entre les notes de préférences visuelles et viso-tactiles avec les autres paramètres d'état de surface se trouvent en Annexe 27.

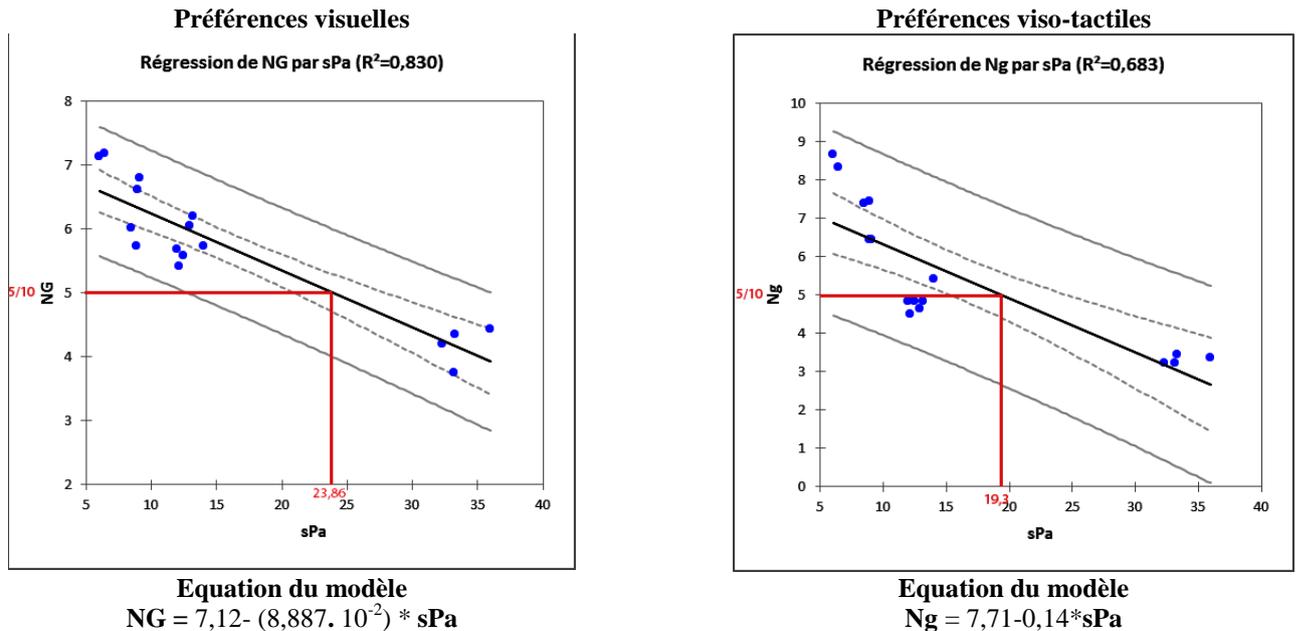


Figure 29 : Régression linéaire entre les préférences visuelles et viso-tactiles des consommateurs et le paramètre de profil primaire de la surface sPa dans le plan LR
 Avec NG : Note visuelle générale et Ng : Note viso-tactile générale

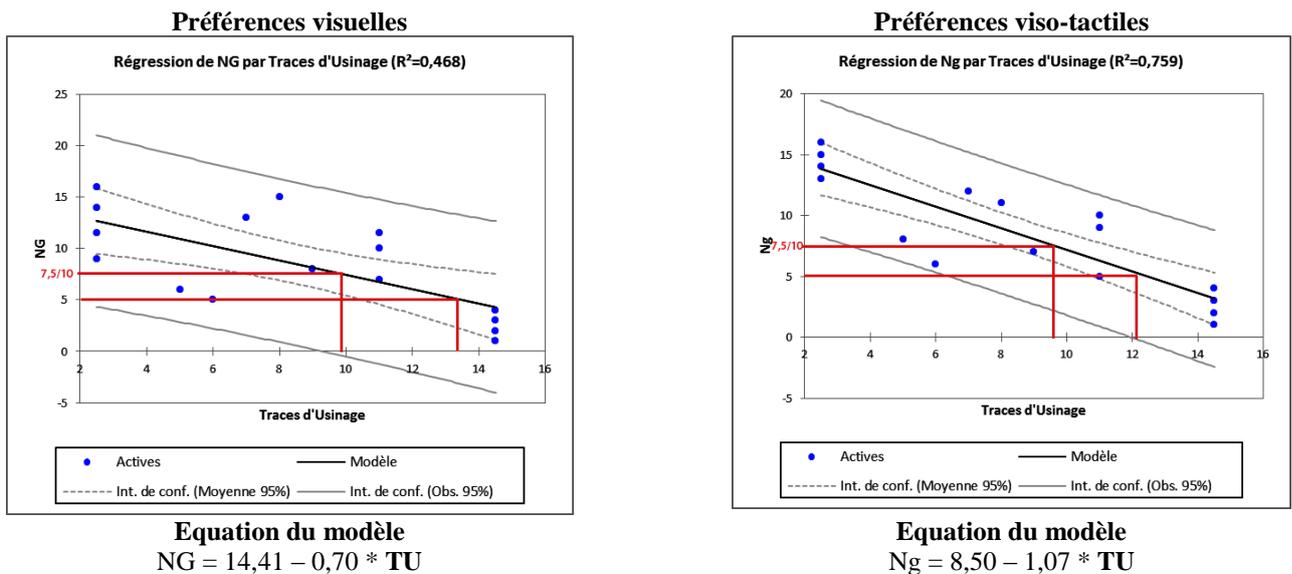


Figure 30 : Régression linéaire entre les préférences visuelles et viso-tactiles des consommateurs et le paramètre de défaut visuel « trace d'usinage » dans le plan LT
 Avec NG : Note visuelle générale ; Ng : Note viso-tactile générale et TU : traces d'usinage

II.3.3. Détermination des seuils d'acceptabilité et de préférence indéniable des paramètres d'états de surface

Les seuils d'acceptabilité des paramètres d'états de surface ont été calculés à partir des équations des regressions linéaires (Tableaux 16 et 17). Les seuils ont été établis suivant les notes de préférence des consommateurs : 5/10 correspondant au seuil d'acceptation moyen et 7,5/10, correspondant au seuil de préférence indéniable (Tableau 18).

Les seuils de préférences visuelles diffèrent des seuils de préférences viso-tactiles. Les seuils visuels tolèrent plus la rugosité, l'ondulation et les défauts visuels que les seuils viso-tactiles (niveaux plus élevés des défauts et valeurs des paramètres correspondant à des surfaces plus rugueuses et plus ondulées pour les seuils visuels). Les valeurs des seuils sont néanmoins assez proches en visuel et viso-tactile, autant dans le plan LR que dans le plan LT, sauf pour le paramètre sPa qui caractérise la qualité de surface (Khazaeina, 2006). La qualité de surface est donc plus appréciée en viso-tactile qu'en visuelle (seuil en visio-tactile de sPa plus faible qu'en visuel). Du point de vue de la rugosité, d'après de Moura (2006), Khazaeian (2006), Kilic et al. (2006), Malkoçoglu (2007), Aslan et al. (2008), et Cool (2011) (*in* Rajemison, 2013), pour le bois brut, plus les valeurs des paramètres de rugosité tels que SRa, SRk, SRvk ou SRpk sont faibles, plus une surface est qualifiée de lisse. Des seuils de préférence visuelle générale de 8,69 (correspondant à la note de 5/10) et de 1,53 (note de 7,5/10) ont été trouvés par Rajemison (2013) pour le paramètre sRa (μm) en préférence visuelle. Les résultats trouvés présentent donc une grande tolérance des consommateurs enquêtés, ou un effet de l'essence utilisée, car les seuils déterminés dans ce travail pour sRa, de l'ordre de 10,56 à 11,58 μm , sont plus élevés (note de 5/10 en visuel). Les valeurs de sRk, sRsk et sRku pour les seuils déterminés précédemment (en visuel pour des notes de 5/10 et 7,5/10) présentent néanmoins des seuils moins élevés que les résultats trouvés par Rajemison (2013) (sRk de l'ordre de 22,29 μm à 5/10 et 20,98 μm à 7,5/10 ; sRsk de l'ordre de 33,62 à 5/10, à 215,53 à 7,5/10). Les résultats obtenus respectent donc une certaine logique car ils présentent des similitudes avec les résultats trouvés dans la littérature. Il est toutefois important de prendre en compte que les études ont été effectuées sur des essences de bois différentes, d'où il est plus probable qu'il y ait eu un effet de l'essence utilisée.

Tableau 16 : Equations du modèle de la regression linéaire dans le plan LR pour le calcul des seuils de préférence des consommateurs

Suivant le plan LR					
Paramètres corrélés	Préférences visuelles		Préférences viso-tactiles		
	Equation du modèle	R ²	Equation du modèle	R ²	
RUGOSITE	sRa	NG = 11,22 - 0,54 * sRa	0,654	Ng = 15,76 - 1,00 * sRa	0,752
	sRq	NG = 13,03 - 0,41 * sRq	0,574	Ng = 19,93 - 0,80 * sRq	0,737
	sRsk	NG = -2,13 + 2,69 * sRsk	0,401	Ng = - 7,08 + 4,31 * sRsk	0,340
	sRku	NG = 2,47 + 0,30 * sRku	0,315	Ng = 0,40 + 0,47 * sRku	0,256
	sRk	NG = 8,90 - 0,20 * sRk	0,601	Ng = 11,93 - 0,39 * sRk	0,809
	sRpk	NG = 10,32 - 2,53 * sRpk	0,677	Ng = 14,10 - 4,73 * sRpk	0,782
	sRvk	NG = 11,03 - 0,14 * sRvk	0,361	Ng = 16,90 - 0,31 * sRvk	0,548
	SMR1	NG = 13,06 - 0,68 * SMR1	0,260		
	SMR2	NG = - 29,00 + 0,42 * SMR2	0,262		
sPa	NG = 7,12 - 8,89 * 10 ⁻² * sPa	0,830	Ng = 7,71 - 0,14 * sPa	0,683	
ONDULATIO N	sWa	NG = 7,95 - 0,10 * sWa	0,808	Ng = 8,75 - 0,15 * sWa	0,571
	sWv	NG = 11,44 - 5,19* 10 ⁻² * sWv	0,660	Ng = 14,19 - 7,88* 10 ⁻² * sWv	0,504
	sWp	NG = 8,43 - 3,14* 10 ⁻² * sWp	0,470	Ng = 10,42 - 5,68* 10 ⁻² * sWp	0,509
	sWt	NG = 11,23 - 2,79* 10 ⁻² * sWt	0,774	Ng = 14,74 -4,68* 10 ⁻² * sWt	0,719
	sWq	NG = 8,28 - 9,61* 10 ⁻² * sWq	0,814	Ng = 9,26 - 0,14 * sWq	0,583
	sWsk	NG = -0,67 + 3,57 * sWsk	0,809	Ng = -3,46 + 5,00 * sWsk	0,526
	sWku	NG = 3,05 + 0,61 * sWku	0,817	Ng = 1,75 + 0,85 * sWku	0,532
DV	FS	NG = 13,85 - 0,63 * FS	0,266	Gpe 3 = 13,91 - 0,64 * FS	0,272
	FA	NG = 15,57 - 0,83 * FA	0,550	Ng = 16,76 - 0,97* FA	0,756
	TU	NG = 15,03 - 0,77 * TU	0,557	Ng = 16,58 - 0,95 * TU	0,856

Tableau 17 : Equations du modèle de la regression linéaire dans le plan LT pour le calcul des seuils de préférence des consommateurs

Suivant le plan LT					
Paramètres corrélés	Préférences visuelles		Préférences viso-tactiles		
	Equation du modèle	R ²	Equation du modèle	R ²	
RUGOSITE	sRa	NG = 10,31 - 0,50 * sRa	0,478	Ng = 13,44 - 0,82 * sRa	0,573
	sRv			Ng = 13,51 - 7,62* 10 ⁻² * sRv	0,258
	sRp			Ng = 12,90 - 7,14* 10 ⁻² * sRp	0,274
	sRt			Ng = 13,26 - 3,72* 10 ⁻² * sRt	0,269
	sRq	NG = 10,76 - 0,31 * sRq	0,322	Ng = 14,66 - 0,54 * sRq	0,429
	sRk	NG = 8,95 - 0,24 * sRk	0,623	Ng = 11,77 - 0,42 * sRk	0,890
	sRpk	NG = 8,14 - 1,60 * sRpk	0,559	Ng = 9,72 - 2,53 * sRpk	0,623
	sRvk	GPE 3 = 10,35 - 0,11 * sRvk	0,328	Ng = 12,54 - 0,21 * sRvk	0,327
	SMR1	GPE 3 = 12,15 - 0,55 * SMR1	0,324		
sPa	NG = 6,76 - 9,81* 10 ⁻² * sPa	0,681	Ng = 7,40 -0,15 * sPa	0,671	
ONDULATIO N	sWa	NG = 7,64 - 0,11 * sWa	0,602	Ng = 8,50 - 0,16 * sWa	0,527
	sWv	NG = 11,75 - 5,87* 10 ⁻² * sWv	0,516	Ng = 14,50 - 8,44* 10 ⁻² * sWv	0,479
	sWp	NG = 9,32 - 4,29* 10 ⁻² * sWp	0,468	Ng = 11,89 - 7,10* 10 ⁻² * sWp	0,574
	sWt	NG = 11,86 - 0,03 * sWt	0,634	Ng = 15,46 - 5,01* 10 ⁻² * sWt	0,690
	sWq	NG = 8,06 - 0,11 * sWq	0,625	Ng = 9,11 - 0,15 * sWq	0,555
	sWsk	NG = -1,41 + 3,75 * sWsk	0,522	Ng = -4,15 + 5,24 * sWsk	0,457
	sWku	NG = 2,37 + 0,66 * sWku	0,545	Ng = 1,08 + 0,93 * sWku	0,490
DV	FS	NG = 14,45 - 0,70 * FS	0,404	Ng = 13,48 - 0,59 * FS	0,283
	FA	NG = 15,30 - 0,80 * FA	0,617	Ng = 15,67 - 0,84 * FA	0,685
	MC	GPE 3 = 13,37 - 0,57 * MC	0,289		
	TU	NG = 14,42 - 0,70 * TU	0,468	Ng = 16,04 - 0,89 * TU	0,759

NG : Notes visuelles générales ; Ng : Notes Viso-tactilesgénérales ; Gpe3 : Groupe 3 de l'analyse viso-tactile (LR) ; GPE3 : Groupe 3 de l'analyse visuelle (LT)); DV : Défauts visuels

- Pas de corrélation

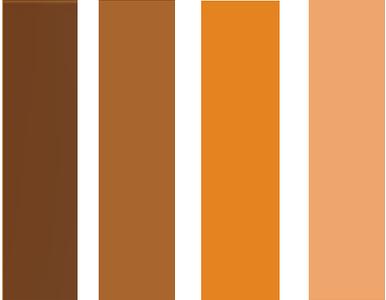
Tableau 18 : Seuils de préférence et valeurs des paramètres d'états de surface

	Notes	Paramètres de rugosité												
		sRa	sRv	sRp	sRt	sRq	sRsk	sRku	sRk	sRpk	sRvk	SMR1	SMR2	
LR	Préférence visuelle générale	5/10	11,58	-	-	-	19,82	2,65	8,47	19,99	2,10	41,74	11,86	81,23
		7,5/10	6,92	-	-	-	13,65	3,58	16,82	7,18	1,11	24,44	8,18	87,21
	Préférence viso-tactile générale	5/10	10,75	-	-	-	18,69	2,80	9,81	17,62	1,92	38,44	-	-
		7,5/10	8,25	-	-	-	15,56	3,38	15,14	11,26	1,40	30,37	-	-
		Notes	Paramètres d'ondulation							Défauts visuels				sPa
			sWa	sWv	sWp	sWt	sWq	sWsk	sWku	FS	FA	MC	TU	
	Préférence visuelle générale	5/10	28,20	124,16	109,46	223,15	34,13	1,59	3,20	3	3	-	5	23,86
		7,5/10	4,28	75,97	29,78	133,61	8,11	2,29	7,31	1	2	-	4	-4,27*
Préférence viso-tactile générale	5/10	24,56	116,60	95,47	208,13	30,15	1,69	3,81	2	2	-	3	19,33	
	7,5/10	8,20	84,87	51,46	154,71	12,46	2,19	6,73	1	1	-	2	1,50	
LT	Préférence visuelle générale	5/10	10,56	-	-	-	18,53	-	-	16,82	1,96	49,21	13,02	-
		7,5/10	5,59	-	-	-	10,49	-	-	6,18	0,40	26,22	8,47	-
	Préférence viso-tactile générale	5/10	10,26	111,7 2	110,5 7	222, 25	18,03	-	-	16,13	1,86	36,15	-	-
		7,5/10	7,22	78,91	75,58	154, 96	13,36	-	-	10,18	0,88	24,16	-	-
		Notes	Paramètres d'ondulation							Défauts visuels				sPa
			sWa	sWv	sWp	sWt	sWq	sWsk	sWku	F S	FA	MC	TU	
	Préférence visuelle générale	5/10	23,37	114,9 4	100,6 0	213,29	28,62	1,71	3,99	3	2	3	5	17,96
		7,5/10	1,27	72,36	42,32	135,61	5,24	2,38	7,78	1	1	2	4	-7,51*
	Préférence viso-tactile générale	5/10	22,16	112,5 5	97,01	208,68	27,33	1,75	4,20	3	2	-	3	16,50
		7,5/10	6,35	82,94	61,79	158,82	10,72	2,22	6,88	1	1	-	2	-0,67*

- : Pas de corrélation

* : valeurs aberrantes, à rejeter.

**DISCUSSIONS
ET
RECOMMANDATIONS**



CHAPITRE III . DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

Ce dernier chapitre est consacré à (i) la discussion sur les matériels et méthodes utilisées tout au long de ce travail de recherche, à (ii) la comparaison des résultats obtenus par rapport à ceux déjà présentés dans la littérature, à (iii) la vérification des hypothèses formulées, au (iv) développement des apports et intérêts de la recherche, et enfin aux (v) recommandations pratiques.

III.1. Discussions

III.1.1. Sur l'approche méthodologique

III.1.1.1. Sur le choix de l'essence de bois utilisée

Le choix s'est porté sur une essence peu texturée (Ramanakoto, 2012 ; Ramanantoandro et al., 2013) pour se focaliser sur le toucher lors de l'évaluation des états de surface. Les résultats obtenus ont été satisfaisants puisqu'ils ont permis d'obtenir des seuils de préférence des consommateurs, d'où un choix pertinent de l'essence. En effet, la vision a peu influencé sur les résultats des tests de préférence des consommateurs par rapport aux paramètres d'ondulation, de rugosité et de profil primaire de la surface. Toutefois, un effet minime est constaté pour l'influence de la vision par rapport à l'appréciation des défauts visuels.

III.1.1.2. Sur la vérification de l'obtention des différents états de surface par le calcul de l'épaisseur moyenne des copeaux

La création d'états de surface allant de l'ébauche grossière à la finition très soignée a été en partie vérifiée par le calcul des épaisseurs de copeaux obtenues allant de 0,05 à 0,55 mm suivant les paramètres d'usinages appliqués aux échantillons de bois de Famelona. L'obtention de différentes épaisseurs de copeaux reste néanmoins théorique, car faute de moyens à disposition, l'épaisseur moyenne de ces copeaux n'a pas pu être mesurée. L'épaisseur moyenne des copeaux est pourtant considérée comme le critère le plus important pour déterminer la qualité de surface, d'autant plus qu'il prend en compte différents paramètres (Rajemison, 2013). Des clichés à l'appui ont toutefois permis d'apprécier de visu et de manière subjective les différences entre les tailles des copeaux obtenus suivant les différents paramètres d'usinage (Annexe 28). Malgré que cette dernière méthode ne puisse servir de référence, la répartition des paramètres de rugosité (Tableau 13) a permis de confirmer, que les paramètres d'usinages appliqués dans le plan d'expériences permettent bien d'obtenir des états de surface allant de l'ébauche grossière à la finition très soignée.

III.1.1.3. Sur le choix des paramètres d'états de surface

De nombreux paramètres de rugosité ont déjà été utilisés pour caractériser l'état de surface du bois pour différents procédés, mais aussi pour différentes applications. Il s'agit notamment de Ra, Rz, Rq, Rp, Rmax, Rk, Rvk, Rpk, Rsk, Rku (du type R* : paramètres en 2 dimensions) (Rajemison, 2013). Toutefois, Ramanantoandro (2005), Khazaeian (2006) et Cool (2011) ont énoncé que compte tenu

de l'hétérogénéité et de l'anisotropie du bois, il est préférable d'utiliser les paramètres en trois dimensions de type sR* ou sW* car ils conviennent mieux pour caractériser la rugosité de surface du matériau bois. Surtout s'il s'agit d'évaluer l'état de surface par le toucher du doigt. Cela a été confirmé par cette étude qui s'est justement focalisée sur l'exploration des relations entre les préférences visuelles et viso-tactiles des consommateurs et des paramètres d'états de surface en trois dimensions. En effet, les résultats des ACP et de l'étude de corrélation effectuées montrent que près de 80% des paramètres utilisés ont été corrélés aux préférences visuelles et viso-tactiles des consommateurs, autant dans le plan LR que dans le plan LT.

III.1.2. Sur les résultats

III.1.2.1. Inégalité des états de surface obtenus

Six répétitions de chaque état de surface ont été établies, en les usinant suivant les mêmes conditions, afin de réduire autant que possible le biais que peut engendrer l'appréciation au toucher d'un état de surface par plusieurs personnes à la fois. Une inégalité des résultats a été observée, pour des éprouvettes de bois usinées dans les mêmes conditions. Cette inégalité des états de surface peut être due à des facteurs liés à des propriétés propres aux bois. En effet, des efforts ont été fournis dès l'approvisionnement en bois à Madagascar, afin de prélever autant que possible les éprouvettes sur des planches provenant du même arbre et exempts de tout défaut. Toutefois, il peut arriver que les éprouvettes usinées suivant les mêmes conditions d'usinage aient été prélevées sur des planches différentes, d'où la création d'états de surfaces inégaux. C'est ainsi que des défauts anatomiques, non visibles lors de l'usinage des éprouvettes de plus grandes dimensions à Madagascar, sont apparus lorsque les éprouvettes ont été débitées en de petites dimensions pour la création des états de surface. Des mesures ont été prises lors des évaluations sensorielles afin que les consommateurs ne prennent pas en compte ces défauts. Des étiquettes ont permis de différencier ces états de surface présentant des défauts anatomiques, et des instructions ont été fournies aux consommateurs enquêtés lors des évaluations sensorielles, afin qu'ils ne prennent pas en compte ces défauts.

III.1.2.2. Corrélation entre les différents paramètres d'états de surface et avec les préférences des consommateurs

Les défauts visuels « fibres arrachées » et « traces d'usinages » présentent des liens plus forts avec les préférences viso-tactiles des consommateurs, qu'avec les préférences visuelles. Les liens sont moins marqués pour le défaut « fibres soulevées », et quasi-inexistants pour les « marques de copeaux ». Les analyses viso-tactiles ont ainsi apporté un complément d'informations par rapport aux travaux déjà effectués par Ramanakoto (2012) et Rajemison (2013). Ainsi, il est essentiel de privilégier les critères « absence de fibres arrachées et de traces d'usinages », pour la vente de meubles à Madagascar. Toutefois, la faible influence des défauts fibres soulevées et marques de copeaux

nécessitent des études plus approfondies, notamment par la détermination des paramètres d'usinage générant ou non ces défauts, avec une bonne répartition sur toute la surface usinée.

Pour les défauts de forme, les défauts d'ondulation influencent plus les préférences des consommateurs, par rapport aux défauts de rugosité. C'est ainsi que les paramètres de rugosité ont présenté des corrélations moins élevées que les paramètres d'ondulation (suivant les valeurs du coefficient de détermination R^2 , Tableaux 16 et 17). Les travaux de Ramananantoandro (2005) y apportent un complément d'information. En effet, les défauts de rugosité mesuré de l'ordre de micron (μm), sont difficile, voire impossible d'être perceptible au doigt. Tandis que l'échelle des défauts d'ondulation, de l'ordre du millimètre, est davantage perceptible au doigt. Cette étude présente ainsi un grand intérêt dans la mesure où, en plus de la rugosité et du profil primaire de la surface, elle a tenu compte de l'ondulation, qui en toute logique, est le plus perceptible par les consommateurs, et plus probable d'influencer leurs préférences lors de l'achat des meubles en bois. Ainsi, les paramètres les mieux corrélés, avec les préférences des consommateurs sont les suivants, en visuel (suivant les plans LR et LT): sPa , sWq , sWt ; et en viso-tactile suivant le plan LR : sRk , FA , sRp_k ; suivant le plan LT : sRk , sWt , sPa . L'hypothèse avancée, pouvant expliquer que les préférences visuelles soient les plus influencées par ces paramètres, est que les pics saillants et creux de surface ont été directement perceptibles à la simple vue des états de surface et n'ont pas été appréciés lors des analyses. Concernant les préférences viso-tactiles, l'appréciation des surfaces avec le toucher suivant les plans considérés a été différente. Dans le plan LR autant que dans le plan LT, l'importance de la rugosité influence fortement les préférences des consommateurs, qui tendent vers des valeurs de sRk peu élevées, c'est-à-dire des profils non creux. Mais les défauts « fibres arrachées » ont été les plus dépréciées dans le plan LR, probablement en relation avec l'aspect ligneux du plan considéré (fibres et vaisseaux apparents contrairement au plan LT avec les cernes annuels). Cette étude a surtout porté l'accent sur les résultats en analyse viso-tactiles, car c'est la combinaison du toucher et de la vision qui correspond le plus à la situation réelle, et reproduit le comportement des consommateurs au moment de l'achat de meubles.

Pour les corrélations entre les différents paramètres étudiés, des similitudes sont constatés entre les résultats trouvés au cours de cette étude et ceux dans Ramananantoandro (2005). En effet, Ramananantoandro (2005) a notamment étudié les corrélations pour quelques paramètres de rugosité, dont ceux similaires avec la présente étude sont, les paramètres d'amplitude : Sa ; St ; Sp ; Sv et les paramètres fonctionnels : Sk ; Sp_k ; Sv_k ; Sr_1 ; Sr_2 (Annexe 34). Cette étude a démontré que c'est le paramètre de rugosité sRa qui montre de fortes corrélations avec un grand nombre d'autres paramètres de rugosité et d'ondulation. Contrairement aux résultats de Ramananantoandro (2005) pour lesquels, c'est le paramètre de rugosité St qui montre le plus grand nombre de corrélation significative (au seuil de signification $\alpha = 0,05$), avec les autres paramètres, suivi de près par le paramètre Sa . En effet,

l'auteur a démontré que St est corrélé avec Sz, Sp, Sv, Smrv, Spk, Sq, Svk et Sk. Il est suivi de près par le paramètre Sa qui montre des corrélations avec Sq, Sz, Sk, Spk, Svk, St, Sp et Smvr. Ainsi, des paramètres différents, mais qui sont pourtant corrélés entre eux peuvent apporter des informations complémentaires ou redondantes. Quelques un seulement peuvent donc suffire à caractériser un état de surface donné. C'est ainsi que le paramètre sRa est le plus utilisé par l'industrie des meubles. Et au vu des résultats des corrélations avec les préférences des consommateurs, le paramètre de profil primaire de la surface sPa, et le paramètre d'ondulation sWt présentent également un grand intérêt dans la caractérisation et la détermination des surfaces de bois appréciées par les consommateurs cibles de l'ameublement en bois.

III.1.2.3. Préférence des consommateurs des états de surface

Les résultats obtenus montrent que les consommateurs aiment les surfaces lisses, une appréciation effectuée par la vue et le toucher, avec une corrélation des préférences des consommateurs pour près de 80 % des paramètres d'états de surface étudiés. Les paramètres utilisés SRa, SRk, SRvk ou SRpk sont les plus pertinents, notamment pour l'appréciation des états de surface suivant la rugosité. En effet, d'après de Moura (2006), Khazaeian (2006), Kilic et al. (2006), Malkoçoglu (2007), Aslan et al. (2008), et Cool (2011) (*in* Rajemison, 2013), pour le bois brut, plus les valeurs de ces paramètres sont faibles, plus une surface est qualifiée de lisse. Fujiwara et al. (2005) n'ont pas trouvé de corrélation entre Rvk et la rugosité tactile pour deux espèces de bois « buna » et « mizunara ». Ils ont néanmoins trouvé des corrélations entre les paramètres Rpk et Rk et les perceptions tactiles de la rugosité, avec une croissance exponentielle de la valeur de Rpk suivant la rugosité tactile des deux espèces étudiées. Ils ont ainsi montré l'importance du toucher, quantifié par des paramètres de rugosité pour apprécier les états de surfaces du bois. Par ailleurs, sur du pin maritime poncé, une corrélation significative entre les classements tactiles et les paramètres Sa et St a été observée par Ramananantoandro (2005). Les consommateurs classent bien les bois quand Sa est faible. Il semble donc que les consommateurs aiment les surfaces lisses, ce qui est en accord avec les résultats de ce travail. Mais cette étude s'est contentée de vérifier l'existence ou pas de corrélation entre classement sensoriel et paramètre de rugosité. Ramananantoandro (2005) n'a pas déterminé de seuil, ce qui constitue l'innovation de ce travail. Par ailleurs, elle a trouvé que le paramètre Str est corrélé au classement tactile. Les éprouvettes sont appréciées quand Str est faible, ce qui veut dire que les consommateurs aiment le bois avec une texture non visible (avec un état de surface homogène, sans direction privilégiée de la texture). La directionnalité de la texture n'a pas été prise en compte dans ce travail parce que le rugosimètre utilisé n'a pas permis de calculer ce paramètre Str. Il n'est donc pas possible de comparer ces résultats avec la présente étude. Sinn, Sandak et Ramananantoandro (2009) ont également affirmé que les consommateurs aiment les surfaces lisses. Cette publication rapporte les mêmes informations que Ramananantoandro (2005). Enfin, Ramanakoto (2012) a trouvé

des corrélations entre les préférences visuelles des consommateurs et les paramètres de rugosité sRsk et sRku, ainsi que le défaut visuel « fibres arrachées ». Par contre, elle n'a pas trouvé de corrélation entre les paramètres sRa, sRk, sRpk et sRvk et les préférences visuelles, ce qui est en contradiction avec ce travail. Fujiwara et al. (2004) viennent appuyer l'hypothèse selon laquelle la préférence visuo-tactile a permis une meilleure appréciation des états de surface. Les préférences tactiles ont ainsi complété les informations apportées par l'appréciation visuelle, ce qui a permis à ce travail de démontrer des corrélations pour près de 80% des paramètres d'états de surface mesurés, et d'établir par la suite un plus grand nombre de seuils pour des valeurs de ces paramètres. Cela confirme donc l'avantage d'utiliser des paramètres en trois dimensions (du type sR* ou sW*). De plus, ces travaux montrent qu'un seul critère ne permet pas de caractériser l'état de surface du bois. Les préférences des consommateurs sont autant fortement corrélés avec les paramètres de rugosité dont sRa, que des paramètres d'ondulation, dont sWt ou avec le paramètre de profil primaire de la surface sPa. C'est la combinaison des différents critères (rugosité, ondulation, profil primaire et défauts visuels) qui permet ainsi d'évaluer l'aspect général de l'état de surface et de déterminer celui qui correspond aux préférences des consommateurs pour le bois d'ameublement.

Par ailleurs, en considérant les critères socio-démographiques (âge, sexe et classe sociale) qui ont permis de caractériser chacun des individus ayant participé aux évaluations sensorielles, il est apparu que pour l'appréciation visuelle des états de surface suivant le plan LR, les préférences des individus ayant moins de 40 ans diffèrent assez des individus ayant plus de 58 ans. Les plus jeunes, hommes de la classe sociale moyenne et femmes riches, sont plus exigeants et apprécient plus des surfaces ne présentant pas d'importantes rugosités et ondulations. Tandis que ceux ayant dépassé la cinquantaine, hommes et femmes sans distinction de classe sociale, moyenne ou riche, ont montré une très grande tolérance lors de l'appréciation visuelle des états de surface, envers tous les défauts de forme (rugosité et ondulation). Pour l'appréciation visuo-tactile suivant le plan LR, l'appréciation d'un groupe s'est démarqué des autres, moins exigeants lors de l'observation des surfaces de bois. Ainsi, les femmes adultes, ayant 30 à 50 ans, de la classe moyenne sont les plus exigeantes, et n'apprécient pas les surfaces à profils creux, présentant d'importantes pics ou vallées.

Pour le plan LT, autant pour l'appréciation visuelle que visuo-tactile, les hommes âgés, plus de 50 ans, appartenant à la classe moyenne sont les plus sensibles aux profils creux et apprécient le moins les importantes rugosités et ondulations de surface. Les femmes sans distinction d'âge, ainsi que les individus plus jeunes, ayant moins de 40 ans, présentent des préférences plus ou moins similaires et sont plus tolérants à tous les défauts de forme.

L'appréciation des défauts visuels montrent des résultats plus ou moins similaires pour les plans LR et LT, les individus ayant plus de 58 ans, hommes sans distinction de classe et femmes riches, (dans le plan LR), et les hommes âgés (40 à 58 ans) de la classe moyenne (dans le plan LT) sont ceux qui sont les plus sensibles aux « fibres arrachées » et qui l'apprécient le moins en visuel.

Aucune des préférences des autres groupes d'individus plus jeunes ne se démarque, ils sont unanimes, et n'apprécient pas dans l'ensemble les défauts visuels.

III.1.2.4. Effets de la vision sur le toucher lors des évaluations sensorielles

Les modalités sensorielles sollicitées pour analyser les propriétés tactiles des matériaux sont : le toucher, la vision et dans certains cas l'audition (Guest et *al.*, 2002). Ce travail s'est surtout focalisé sur le toucher et la vision. Ainsi, en comparant les notes moyennes des préférences visuelles et visotactiles des consommateurs (annexe 34) sur les 32 états de surface (16 suivant le plan LR et 16 suivant le plan LT), allant de l'ébauche grossière à la finition soignée, il apparaît que le toucher et la vision ont donné des résultats plus ou moins similaires. C'est en adéquation avec les études de Hanbury et Gardieu (2001), et Guest et Spence (2003), qui énoncent que dans une situation bimodale (vision et toucher), les modalités sensorielles ont un rôle complémentaire plutôt que concurrent. A première vue, le toucher et la vision ont permis aux consommateurs de bien apprécier les états de surface, distinguant ainsi les ébauche (les plus mal notées : LR8, LT8, LR16 et LT16) des finitions soignées (les mieux notées LR1, LT1, LR9 et LT9). Il apparaît également que pour les états de surfaces jugées « bonnes » par les consommateurs, l'appréciation viso-tactile est meilleure (note plus élevée) que le visuel. Tandis que pour les états de surfaces jugées « mauvaises », la notation des consommateurs est plus strict en viso-tactile qu'en visuel. Ainsi, le toucher a permis aux consommateurs enquêtés de mieux apprécier l'absence ou de déprécier la présence des défauts de forme (rugosité, ondulation) et des défauts visuels. Cela correspond aux études de Ramananantoandro (2005), qui énonce qu'en situation unimodale (vision uniquement), la vision d'une texture couleur influe sur l'impression de rugosité tactile. En effet, sur des matériaux de couleur unie comme le MDF ou « Panneaux de fibres à moyenne densité », les sujets sont capables de différencier la rugosité même sans toucher la surface. Par contre, pour des matériaux avec des textures couleur comme le bois de pin ou les divers matériaux à base de bois, ils ne sont plus capables de prédire la rugosité tactile à la seule vue des éprouvettes. Ainsi, en situation bimodale (toucher et vision), la vision a effectivement une influence sur la perception tactile de rugosité, d'où une différence des appréciations des états de surfaces lors des analyses visuelles et viso-tactiles. Cette différence n'a pas été observée de manière significative dans les résultats des évaluations sensorielles (annexe 34).

III.1.2.5. Seuils de préférence et les paramètres d'états de surface

Le seuil de préférence indéniable a été fixé à 7,5/10 car les consommateurs ont rarement attribué une note allant jusqu'à 9/10 aux états de surface qui leur ont été présentés lors des évaluations sensorielles. Dans la littérature, seul le travail de Ramanakoto (2012) a tenté d'établir des seuils de préférence des consommateurs, et qui plus est, sur des consommateurs malgaches. La comparaison avec la littérature se limite donc à cette seule référence. Aucune corrélation n'a été trouvée entre les paramètres sRsk et les préférences des consommateurs pour le plan LT dans la présente recherche. Des

similitudes ont été constatées entre les valeurs des seuils pour les paramètres sRsk et « fibres arrachées » pour les préférences visuelles et viso-tactiles des états de surface. En comparaison avec les résultats présentés dans Ramanakoto (2012) et Rajemison (2013), les seuils trouvés dans ce travail montrent une plus grande tolérance des consommateurs avec des niveaux plus élevés pour les répartitions des défauts « fibres arrachées (FA)» (niveau 3 suivant LR et niveau 2 suivant LT, pour des notes 5/10 contre niveau 1 pour FA dans Ramanakoto, 2012). Les consommateurs sont donc moins exigeants vis-à-vis des défauts, pourtant appréciés autant en visuel qu'en visio-tactile. Les paramètres d'usinage appliqués n'ont pas permis de générer des surfaces avec une bonne répartition de tous les niveaux des défauts visuels. Ce qui pourrait expliquer cette grande tolérance, du au fait que les consommateurs n'ont pas vraiment été en mesure de juger des surfaces où ces défauts y ont été répartis à plus de 75%. Il est également important de mentionner que les différences entre les résultats des deux études sont surtout expliquées par l'utilisation d'essences de bois différentes.

Tableau 19 : Comparaison des seuils obtenus avec la littérature pour les préférences visuelles

Variables	Seuils	Ramanakoto (2012)		Résultats obtenus	
		Tolérance générale	Tolérance du groupe II	Tolérance générale	
				Plan LR	Plan LT
sRsk (-)	5/10	-	4,59	2,65	-
	7,5/10	-	12,41	3,58	-
sRku (-)	5/10	-	26	8,47	-
	7,5/10	-	273	16,82	-
FA	5/10	4	-	3	2
	7,5/10	1	-	2	1

III.2. Vérification des hypothèses de travail

La première hypothèse qui stipule que les niveaux des paramètres de coupe considérés ont généré tous les niveaux de défauts de surface est partiellement vérifiée. Le plan d'expériences a permis d'obtenir des surfaces allant de l'ébauche grossière à la finition très soignée (épaisseur moyenne de copeaux allant de 0,05 à 0,55mm). Les paramètres de rugosité, d'ondulation et de forme sont bien représentés malgré quelques différences de proportion. Cependant, tous les défauts visuels attendus n'ont pas été créés. En effet, seules les traces d'usinage ont présenté les 5 niveaux, les marques de copeaux ne sont bien représentées que par les niveaux 1, 2 et 4. Pour les autres défauts (fibres soulevées et fibres arrachées), seuls les niveaux 1 et 2 sont bien représentés (plus de 50%, annexe 19).

La deuxième hypothèse selon laquelle « les consommateurs malgaches préfèrent les surfaces lisses » est vérifiée. Les consommateurs n'aiment pas les surfaces présentant d'importantes rugosité et ondulation (notes visuelles et viso-tactiles corrélés avec des valeurs des paramètres d'états de surface correspondant à des surfaces ne présentant de pics saillants, et une tolérance au profil serré et creux). Les préférences visuelles et viso-tactiles des consommateurs sont corrélées avec des valeurs des paramètres d'états de surface correspondant à des surfaces lisses, sans rugosité et ondulation importante, et de bonne qualité (valeur faible de sPa). A titre illustratif, pour le paramètre sRa, le plus utilisé en industrie du bois, pour les préférences visuelles: pour une note de 5/10, suivant LR, sRa =

11,58 μm ; et suivant LT sRa = 10,56 μm ; et pour une note de 7,5/10, suivant LR, sRa = 6,92 μm ; et suivant LT sRa = 5,59 μm . Pour les préférences viso-tactiles, pour une note de 5/10 : suivant LR, sRa = 10,75 μm , et suivant LT, sRa = 10,26 μm ; pour une note de 7,5/10 : suivant LR, sRa = 8,25 μm , et suivant LT, sRa = 7,22 μm .

Enfin, la dernière hypothèse énonçant que les défauts visuels du bois influencent la préférence des consommateurs a été partiellement vérifiée. En effet, l'étude a révélé que les préférences des consommateurs sont à l'opposé de ces défauts, donc ils n'aiment pas les surfaces avec les défauts visuels. Par ailleurs, puisque les fibres soulevées et les fibres arrachées n'ont été présentées que par les niveaux acceptables, il n'a pas été possible de déduire le degré de tolérance réelle de ces défauts. Par contre, les résultats ont bien évoqué que seuls les consommateurs du sexe féminin et âgées de plus de 40 ans sont influencées par les marques de copeaux visuellement (seuils dans LT uniquement, pour 5/10, niveau de MC de 3, et pour 7,5/10, niveau de MC de 2/10). Ils tolèrent plus les traces d'usinage visuellement (pour LR et LT, à la note de 5/10, niveau de TU de 5, et à la note de 7,5/10, niveau de TU de 4) que viso-tactilement (pour LR et LT, à la note de 5/10, niveau de TU de 3, à la note de 7,5/10, niveau de TU de 2).

III.3. Apports et intérêts de la recherche

III.3.1. Apports pour l'usinage et la finition en ameublement bois

Ayant déterminé les paramètres d'états de surface correspondant aux préférences des consommateurs, cette étude propose des directives afin de déterminer par la suite comment générer ces états de surface qualifiés de bonne qualité et aimés par les consommateurs en tenant compte des paramètres d'usinage présentés dans le plan d'expérience. Il s'agit de considérer les facteurs expérimentaux ayant des effets significatifs sur les paramètres d'états de surface (Annexe 31).

III.3.2. Intérêts scientifiques

Cette étude présente plusieurs intérêts. Il permet d'abord une amélioration de la méthodologie d'analyse sensorielle pour les produits bois. D'après Giboreau (2009), l'évaluation sensorielle est maintenant reconnue dans les entreprises autant comme un outil au service de la Production et de la Recherche et Développement, que comme un outil au service du Marketing. L'évaluation sensorielle est utilisée par exemple lorsqu'il s'agit de décrire le marché ou d'étudier les préférences sensorielles des consommateurs.

Par ailleurs, ce travail présente un grand intérêt, dans la mesure où il a permis de vérifier le plan d'expériences établi. Ainsi, à partir de l'analyse de la variance (ANOVA) des influences des différents niveaux des paramètres d'usinages appliqués surface (Annexe 31), cette étude a permis de déterminer les facteurs expérimentaux ayant un effet significatif sur les paramètres d'états de surface. Ainsi, ce sont un mode de coupe en opposition, une vitesse d'avance élevée (25 m/mn) et une vitesse

de rotation faible (4000 tr/mn) qui ont généré d'importantes rugosité et ondulation de la surface, avec des valeurs élevées de la rugosité moyenne sRa et de l'écart moyen quadratique sRq, mais également des pics et creux d'ondulation peu marqués, et un profil serré. Pour le paramètre du profil primaire de la surface sPa, la vitesse d'avance et la vitesse de rotation sont les principaux paramètres ayant des effets significatifs sur l'état de surface du bois usiné. Les fibres soulevées ont été générées dans le plan LT, avec un mode de coupe en opposition et une vitesse de rotation faible. Les fibres arrachées ont été générées avec un mode de coupe en opposition, une vitesse d'avance élevée et une vitesse de rotation faible. Les traces d'usinage ont été surtout générées en avalant, avec une vitesse d'avance élevée et une vitesse de rotation faible. Et enfin, les marques de copeaux ont été générées dans le plan LT, avec un mode de coupe en opposition, une vitesse d'avance élevée et une grande profondeur de passe.

Outre l'appréciation esthétique de la qualité des surfaces de bois par les consommateurs, déterminer les valeurs des paramètres d'états de surface correspondant à des surfaces lisses, non rugueuses, non ondulées et exemptes de défauts a été aussi essentiel pour d'autres objectifs. Les états de surface présentant de tels caractéristiques peuvent être nécessaires du point de vue fonctionnel, comme pour les collages, ou l'application de la finition (vernis, peinture, etc.). Ce dernier est fortement relié aux préférences des consommateurs. De plus, la majorité des personnes enquêtées lors de l'évaluation sensorielle ont suggéré d'effectuer également les évaluations sensorielles sur des surfaces de bois où ont été appliqués des produits de finition comme le vernis. Cette étude ouvre ainsi sur de nombreuses perspectives de poursuite de la recherche.

III.4. Recommandations et perspectives

III.4.1. Recommandations méthodologiques

Des améliorations par rapport à la détermination de la provenance des bois utilisées sont à préconiser. En effet, il est important de préciser l'origine géographique et les conditions du milieu de prélèvement des arbres utilisés dans ce type d'étude (climat, sol, topographie). Ces paramètres peuvent influencer notamment les propriétés esthétiques des bois (couleur, présence de défauts anatomiques et de noeuds, bois de réaction, etc.) ce qui défavoriserait l'appréciation des états de surface. Par ailleurs, malgré le respect des normes relatives à l'analyse sensorielle, notamment la norme AFNOR XP V09-501, qui impose un nombre minimum de 60 individus pour une étude hédonique, certaines améliorations dans la réalisation des analyses sensorielles sont également à suggérer. Notamment pour le recrutement des panels, il aurait été intéressant de disposer d'un plus grand nombre d'éprouvettes de manière à ce que peu de personnes touchent une seule éprouvette et limiter les possibles biais. En effet, dans cette étude, le passage répétitif de doigts par 10 à 15 personnes par surface aurait pu l'endommager. Ainsi, pour vérifier l'effet du toucher sur les états de surface, il est suggéré d'effectuer une nouvelle série de mesure des paramètres d'états de surface pour les éprouvettes qui ont servi aux

évaluations sensorielles. Pouvoir disposer d'éprouvettes témoins, usinées suivant les mêmes conditions, mais n'ayant pas été utilisées auraient été également intéressant pour faire des comparaisons des états de surface.

III.4.2. Perspectives

Les études menées au cours de cette recherche ont permis d'améliorer la connaissance de l'appréciation des états de surface par la vue et le toucher pour une essence malgache. De plus, elles reflètent également l'importance du choix approprié des paramètres d'usinage. Une application industrielle de ce travail est possible en fournissant aux entreprises d'ameublement les paramètres d'usinages correspondant aux préférences des consommateurs. C'est primordial dans un objectif de diminuer les efforts d'usinage et de finition, mais également pour satisfaire une plus large clientèle, et augmenter ainsi les performances de l'entreprise. Un certain nombre de perspectives sont envisageables, aux vues de la méthodologie de recherche appliquée tout au long de cette recherche, ou des résultats qui en ont découlé.

III.4.2.1. Perspectives sur l'expérimentation

Dû à la nécessité d'exporter les échantillons de bois à l'étranger pour les étapes finales d'usinage, afin d'obtenir les différents états de surface, la quantité de bois utilisée pour cette étude a été limitée. Il serait intéressant de diversifier les bois à usiner, en allant des plus durs, et plus lourds (dureté supérieure à celle du palissandre) aux plus légers et moins durs (dureté et densité inférieures au Famelona). L'objectif étant de déterminer les effets des paramètres d'usinage sur la création d'états de surface acceptables, suivant les propriétés physiques et mécaniques des différentes essences de bois.

III.4.2.2. Perspectives sur les corrélations entre les paramètres d'états de surface et les préférences visuelles et viso-tactiles

Certains paramètres d'états de surface, comme les défauts visuels « marques de copeaux », ou le paramètre de rugosité s_{Rt} , n'ont pas montré de corrélation significative avec les préférences des consommateurs. Cela peut être dû à une faible répartition des défauts concernés sur les états de surface observés par les consommateurs. Il serait intéressant de pousser les recherches afin de déterminer les paramètres d'usinage générant ces défauts en masse sur les surfaces usinées, puis de déterminer leur influence sur les préférences des consommateurs. Toutefois, il est également possible que l'inexistence de corrélation provienne du fait que ces paramètres n'influent pas le toucher. Dans ce cas, même si ces défauts sont bien répartis sur les surfaces évaluées, il n'y a pas nécessairement obtention d'une corrélation significative entre les notes sensorielles et ces défauts visuels.

III.4.3. Recommandations pratiques

Les seuils de préférences des consommateurs peuvent être utilisés pour déterminer les conditions de coupe optimales permettant d'avoir une bonne qualité de surface appréciée par les consommateurs. Ces paramètres d'usinage seront alors donnés aux industriels du bois d'ameublement pour optimiser leurs conditions de coupe. Par ailleurs, dans le cadre d'une recherche d'essences pouvant substituer les bois précieux de Madagascar, des recherches plus poussées restent encore à faire, sur les propriétés d'autres essences malgaches, innombrables et encore peu connues. Pour cela, deux grands axes stratégiques sont avancés pour contribuer à l'avancée des recherches en « Sciences du bois », tout en participant à la conservation de la biodiversité de Madagascar.

Axe d'orientation 1 : Réaliser des recherches plus approfondies sur l'optimisation des paramètres d'usinage des bois malgaches

Il est judicieux d'établir une méthodologie précise dans la recherche d'essences de substitution aux bois précieux et rares de Madagascar. D'où il est nécessaire d'élargir les choix possibles d'essences en tenant compte des espèces ligneuses les plus abondantes à Madagascar, de celles qui sont les plus utilisées en ameublement, et de celles qui présentent les meilleures propriétés technologiques appropriées pour une utilisation en ameublement, notamment en termes de densité, de dureté, de module d'élasticité, de durabilité naturelle, etc. Il faut surtout étendre les recherches sur des essences qui sont encore peu ou pas du tout étudiées, très nombreuses à Madagascar (près de 4000 espèces ligneuses), et qui peuvent présenter beaucoup de potentiels pour l'ameublement en bois.

Axe d'orientation 2 : Encadrer les industriels de l'ameublement en bois, dans l'amélioration des process de production dans les scieries, les menuiseries et les ébénisteries à Madagascar.

L'objectif est de promouvoir la valorisation des acquis de cette étude. Les industriels de l'ameublement en bois devraient être informés des paramètres d'usinage optimaux générant une bonne qualité de surface. Cela requiert toutefois de passer par deux étapes essentielles : les industriels du bois doivent se doter de matériels adéquats et accepter d'utiliser les paramètres d'usinage optimaux qui leur sont suggérés. Cela ne sera possible que pour les entreprises pouvant faire de grands investissements dans l'amélioration de la qualité de leurs produits. Toutefois, pour d'autres sociétés n'ayant pas les moyens, tant financier que technique, utiliser d'autres essences dont ils ne maîtrisent pas la transformation peut s'avérer difficile. Les responsables de la conservation de la biodiversité à Madagascar devraient considérer l'importance des « Sciences du bois » dans la contribution à la gestion durable des ressources forestières. L'aide aux industriels est très importante, notamment par la promotion d'autres essences, dont la technique de transformation est maîtrisée, et diminuer ainsi la pression sur les essences précieuses et rares.

Axe d'orientation 3 : Promouvoir le reboisement des meilleures essences pouvant substituer les bois précieux et rares de Madagascar.

C'est un objectif sur le long terme dont les activités ne pourront débuter qu'une fois les essences de substitution des bois précieux et rares de Madagascar déterminées. En effet, il ne suffit pas de connaître les autres essences ayant des propriétés pouvant satisfaire les besoins des consommateurs pour l'ameublement en bois, il faut surtout veiller à l'abondance et à la disponibilité à long terme de ces essences.

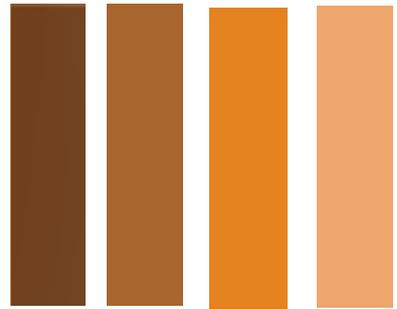
Le cadre opératoire qui développe ces propositions d'axes d'orientation est présenté ci-après (Tableau 20).

Tableau 20 : Cadre opératoire des recommandations pratiques

Axe d'orientation 1 : Réaliser des recherches plus approfondies sur l'optimisation des paramètres d'usinage des bois malgaches					
Résultats attendus (RA)	Activités	Responsables	Indicateurs	Echéance	Source de vérification
RA1 Les propriétés technologiques de toutes les essences ligneuses de Madagascar ont été étudiées	Etudier les propriétés physiques et mécaniques du bois des espèces ligneuses de Madagascar	Chercheurs de l'UFR « Sciences du bois » et étudiants de l'ESSA – Eaux et Forêts Partenaires institutionnels (ESSA-Forêts, CIRAD, laboratoire international et national, etc.)	Base de données sur les propriétés physiques et mécaniques des essences ligneuses de Madagascar	CT	Rapport d'activités Publications scientifiques (Mémoire, Thèses, Journal scientifiques)
RA2 Les meilleures essences pouvant substituer les bois précieux et rares de Madagascar pour l'ameublement en bois sont déterminées	Faire une analyse comparative des propriétés technologiques des essences de bois étudiées tout en tenant compte de leur abondance à Madagascar	Chercheurs de l'UFR « Sciences du bois » et étudiants de l'ESSA – Eaux et Forêts	Données comparatives des propriétés des essences ligneuses de Madagascar	CT	Rapport d'activités Publications scientifiques (Mémoire, Thèses, Journal scientifiques)
Axe d'orientation 2 : Encadrer les industriels de l'ameublement en bois, dans l'amélioration des process de production dans les scieries, les menuiseries et les ébénisteries à Madagascar.					
Résultats attendus (RA)	Activités	Responsables	Indicateurs	Echéance	Source de vérification
RA1 50% des Opérateurs de l'ameublement en bois utilisent des matériels adaptés et appliquent les paramètres d'usinage préconisés par cette étude d'ici 2040	Promouvoir l'application des paramètres d'usinage optimaux générant une bonne qualité de surface, appréciée par les consommateurs de l'ameublement en bois	- Chercheurs de l'UFR « Sciences du bois » - Partenaires institutionnels (ESSA-Forêts, CIRAD, laboratoire international et national, etc.) - Industriels de l'ameublement en bois à Madagascar	Taux d'application des paramètres d'usinage Taux d'utilisation des matériels et essences de substitution Productivité des scieries de Madagascar	MT	Rapport d'activités
Axe d'orientation 3 : Promouvoir le reboisement des meilleures essences pouvant substituer les bois précieux et rares de Madagascar					
Résultats attendus (RA)	Activités	Responsables	Indicateurs	Echéance	Source de vérification
RA1 Les essences de substitution proposées sont abondantes et disponibles pour les industriels de l'ameublement en bois	Effectuer le reboisement à l'échelle nationale des essences de substitution aux bois précieux et rares de Madagascar	- Fonctionnaires de l'Etat - Etudiants de tous niveaux (des écoles primaires aux universités) - Tout citoyen Malgache	Surfaces reboisées Taux de survie des jeunes plants Abondance des essences de substitution	LT	Rapport d'activités
RA2 La pression sur les essences précieuses et rares de Madagascar est diminuée	Promouvoir l'utilisation des essences de substitution aux bois précieux et rares de Madagascar	- Chercheurs de l'UFR « Sciences du bois » - Partenaires institutionnels (ESSA-Forêts, CIRAD, laboratoire international et national, etc.) - Industriels de l'ameublement en bois à Madagascar	Taux d'utilisation des essences de substitution Taux d'extinction des espèces de bois précieux et rares de Madagascar	LT	Rapports d'activités

CT (Court Terme) : inférieur à 5 ans ; MT (Moyen Terme) : de 5 à 25 ans ; LT (Long Terme) : supérieur à 25 ans

CONCLUSION



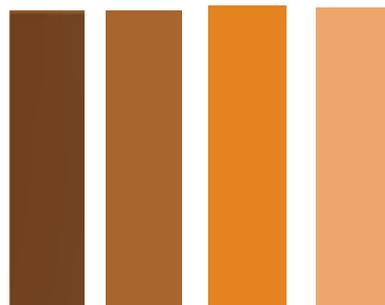
CONCLUSION GENERALE

L'importance et l'originalité de ce travail résident dans la résolution d'une problématique aussi bien nationale qu'internationale. Ce travail se propose de lever un verrou scientifique précis qui est d'identifier les critères quantitatifs permettant de qualifier ce qu'est un bon état de surface pour les consommateurs malgaches, et permettant ainsi de déterminer les conditions de coupe optimales pour assurer une productivité élevée et un rendement soutenu aux industriels de l'ameublement. Le bois de Famelona (*Chrysophilum boivinianum*, Sapotaceae) a été choisi comme référence en raison de sa couleur claire et de sa texture uniforme. Les bois ont été usinés suivant un plan d'expériences qui a permis d'obtenir 32 états de surface différents allant de l'ébauche grossière à la finition soignée, avec 6 répétitions, soient 192 éprouvettes au total. Des tests de préférence visuels et viso-tactiles sur plusieurs états de surface, allant de l'ébauche grossière à la finition très soignée, ont été réalisés auprès des consommateurs malgaches.

Les résultats ont permis de valider le plan d'expériences établi, c'est-à-dire que la combinaison des facteurs expérimentaux choisis (plan de coupe, mode de coupe, vitesse d'avance, vitesse de rotation et profondeur de passe) a permis effectivement de générer les gammes de qualité de surface attendues. Les résultats ont fait ressortir les corrélations entre les notes de préférence des consommateurs et les paramètres d'états de surface objectivement mesurés. Les consommateurs ont été classifiés en différents groupes selon leurs préférences. En général, les consommateurs aiment les surfaces lisses, ne présentant pas d'importantes rugosités et ondulations, mais aussi exempts de défauts visuels dont les fibres arrachées, les fibres soulevées, les traces d'usinage et les marques de copeaux. Les préférences visuelles ont été caractérisées par des notations moins sévères que les préférences viso-tactiles lors de l'appréciation des différents états de surface. De plus, l'appréciation visuelle suivant les deux plans LR et LT ont montré une plus grande tolérance au défaut « traces d'usinage ». Contrairement à l'appréciation du toucher qui a plus toléré les « marques de copeaux ». Les seuils correspondant à une note d'acceptation de 5/10 et de préférence indéniable de 7,5/10 ont été définis. En ce qui concerne le paramètre sRa qui est le critère le plus considéré en industrie, d'un point de vue visuel, les consommateurs aiment indéniablement les surfaces dont le sRa est inférieur à 5,59 μm (LT) et 6,92 μm (LR). D'un point de vue viso-tactile, les consommateurs aiment les surfaces dont le sRa est inférieur à 7,22 μm (LT) et 8,25 μm (LR). Pour l'ondulation, le paramètre sWt présente un seuil de préférence indéniable de l'ordre de 133,61 μm (en visuel) et 154,71 μm (en viso-tactile) suivant LR ; de 135,61 μm (en visuel) et de 158,82 μm (en viso-tactil) suivant LT. Pour les défauts, les traces d'usinage sont les plus tolérés en visuel avec un seuil de préférence indéniable de 4 suivant LR et LT. Les seuils obtenus seront mis à disposition des chercheurs pour déterminer les conditions de coupes optimales pour générer une qualité de surface acceptable par les consommateurs finaux. Ensuite, ces paramètres d'usinage optimaux seront fournis aux industriels afin de les aider à optimiser la transformation des bois pour l'ameublement. Les industriels travaillant le bois pourraient également diversifier le produit à transformer, et ne pas être limité à des essences précieuses, ayant de très bonnes

propriétés physiques et mécaniques et faciles à usiner. Il s'agit d'étendre le champ sur de nouvelles essences de bois, abondantes à Madagascar. Néanmoins, une des principales limites dans l'application pratique des résultats par les industriels de l'ameublement en bois à Madagascar réside dans l'inexistence de machines perfectionnées permettant d'optimiser les paramètres d'usinage et d'obtenir des finitions soignées correspondant à la préférence des consommateurs. De plus, c'est une grande révolution que de faire accepter de nouvelles essences de bois jusqu'alors totalement inconnues et peu utilisées sur le marché de l'ameublement. Ce sont des innovations qui sont pourtant fortement recommandées face aux pressions que subissent les essences de bois précieux et rares de Madagascar. Faire accepter avec succès ces essences de substitution requiert d'appliquer une bonne méthodologie dans leur recherche parmi les innombrables espèces ligneuses à Madagascar. Ainsi, la mise en place de cette méthodologie offre encore de nombreuses perspectives de recherches.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES



BIBLIOGRAPHIE

1. ABBOTT, E. J. & FIRESTONE, F. A. . (1933). Specifying surface quality. *Mechanical Engineering*, 55: 569-572.
2. ACTIA (Association de Coordination Technique pour l'Industrie Agro-Alimentaire. (1999). *Evaluation sensorielle - Guide des bonnes pratiques*, 128.
3. ADIL, Elkhoutabi; GHIZLANE, Fethi; KENZA, Gati ; et JIHAD, Houbane. (2006). *Le comportement du consommateur en lieux de ventes*, Université Mohamed V - Agdal - Rabat - Ecole Doctorale de Gestion. Pages:15-30.
4. AFNOR. (2002). *Analyse Sensorielle, Recueil Général*. La Plaine Saint Denis: AFNOR Editions.
5. AFNOR XP V09-501. (1999). *Sensory analysis. General guidance for sensory evaluation. Description, differentiation and hedonic measurement*.
6. AGUILERA, Alfredo & ZAMORA, René. (2009). Surface roughness in sapwood and heartwood of Blackwood (*Acacia melanoxylon* R. Br.) machined in 90-0 direction. *Europa Journal Wood Prod.*, 67: 297–301.
7. ASLAN, Salih; COSKUN, Hakan; et KILIC, Murat. (2008). The effect of cutting direction number of blades and grain size of the abrasive on surface roughness of Taurus cedar (*Cedrus Libani* A. Rich.) woods. *Building and Environment*, 43: 696 - 701.
8. ASTM INTERNATIONAL. (1987). *Standard test methods for conducting machining tests of wood and wood-based materials*.
9. AYDIN, Ismail et COLAKOGLU, Gürsel . (2003). Roughness on wood surfaces and roughness measurement methods. *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, Kafkas Üniversitesi. Pages : 92 - 102.
10. BALLETT, Jérôme; LOPEZ, Pascal; et RAHAGA, Ndriana. (2010, Décembre). L'exportation de bois précieux (*Dalbergia* et *Diospiros*) "illégaux" de Madagascar: 2009 et après? *Madagascar Conservation & Development*, VOLUME 5, ISSUE 2: 110-116.
11. BENOIT, Charlotte. (2008). *Procédure pour la construction d'une analyse de la variance avec le Logiciel XLSTAT - Démarche qualité dans le laboratoire*, Laboratoire d'Analyse Sensorielle Ambatobe (LAS). 12 pages.
12. BENOIT, Yves. (2008). *Le Guide des essences de bois*, 145 pages.
13. BESAMUSCA, Janna; TIJDENS, Kea; TINGUM, Ernest Ngeh; et RAVELOSOA, Rachel. (2013). Salaires à Madagascar - Enquête WageIndicator. *Rapport d'enquête WageIndicator*, 25 pages.
14. BOUTIN, L. (2008). Tests hédoniques (XP V 09-500) sur deux références de viandes d'agneau et de chevreau (épaule). *Rapport d'essai - GALYS LABORATOIRE*, 25.
15. BOUTROLLE, Isabelle. (2007). *Mesure de l'appréciation des aliments par les consommateurs: Etat des pratiques et propositions méthodologiques*, 311 pages.

16. CHARLES, Mathilde. (2013). *Impact de l'espace-produits et des interactions sensorielles sur les préférences des consommateurs de pommes*, Rencontres du végétal - Angers, FRANCE. 24 pages.
17. CLD (Centre Local de Développement) - ROUYN NORANDA. (s.d.). Etude de marché - Données primaires. 8.
18. COELHO, Cristina. L.; CARVALHO, Luisa. M. H. ; MARTINS, Jorge M.; COSTA, Carlos A. V.; MASSON, Daniel et MEAUSSONE, Jean-Pierre. (2008). Method for avaluating the influence of wood machining conditions on the subjective characterization and subjective perception of a finished surface. *Wood Science Technology*, 42: 181-195.
19. Concervation Internationale (CI). (2014). *Conservation Internationale Madagascar*. Consulté le Mars 01, 2014, sur CAZ: Un joyau, une vie: <http://www.conservation.org/global/madagascar/nos-activites/exemples-sur-terrain/pages/caz.aspx>
20. COOL, Julie. (2011). *Optimisation de l'usinage de finition du bois d'épinette noire pour fins d'adhésion*, Thèse de Doctorat, Université LAVAL, Canada. 259 pages.
21. CRISTINA, Maria. (2005). *Influence de l'Usinage du Bois sur les Caractéristiques Objectives et sur la perception Subjective de l'Aspect d'une Finition*, Thèse de Doctorat en co-tutelle : Université Henri Poincaré - Nancy 1, FRANCE et Université de Porto, PORTUGAL. 384 pages.
22. DEF, DFS, Entreprise d'Etudes de Développement Rural "Mamokatra" et FTM. (1996). *Inventaire Ecologique Forestier National (IEFN): Situation de départ, problématique, objectifs, méthodes, résultats, analyses et recommandations - ANNEXES*, 169 pages.
23. EOL. (2011). *EOL*. Consulté le Mai 18, 2014, sur Encyclopedia of life: <http://eol.org/pages/1148156/names?all=1>
24. EYMA, Florent. (2002). *Caractérisation des efforts de coupe de différents essences de bois à l'aide de leurs paramètres mécaniques*, Thèse de Doctorat, Université Henri Poincaré, Nancy 1, FRANCE. 185 pages.
25. FARROKHPAYAM, Saeid Reza; RATNASINGAM, Jegatheswaran; NAZERIAN, Morteza; BAKAR Edi Suhaimi & HONG, Tang Sai. (2011). Effect of Machine Parameters on the Surface Quality in Planing of Rubberwood. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 1(11): 2329 - 2335.
26. FEARNSIDE, P. M. (1997). Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 90: 59-87.
27. FRANZ, Norman C. (1958). *An Analysis of the Wood-Cutting Process*, The University of Michigan Press, published for the Engineering Research Insitutte Ann ARBOR, 168 pages.
28. FUJIWARA, Yoko; FUJI, Yoshihisa; OKUMURA, Shogo. (2005). Relationship between roughness parameters based on material ratio curve and tactile roughness for sanded surfaces of two hardwoods. *The Japan Wood Research Society*, 51: 274 - 277.

29. FUJIWARA, Yoko; FUJII, Yoshihisa; SAWADA, Yutaka; OKUMURA, Shogo. (2001). Development of a parameter to reflect the roughness of a wood surface that corresponds to tactile roughness: A novel filter to exclude local valley effects. *Holz als Roh - und Werkstoff*, 59: 351 - 355.
30. FUJIWARA, Yoko; FUJII, Yoshihisa; SAWADA, Yutaka; OKUMURA, Shogo. (2004). Assessment of wood surface roughness: comparison of tactile roughness and three-dimensional parameters derived using a robust Gaussian regression filter. *Wood Sciences*, 50: 35 - 40.
31. GBIF. (2011). *GBIF Backbone Taxonomy*. Consulté le Mai 18, 2014, sur The Global Biodiversity Information Facility: <http://www.gbif.org/dataset/d7dddbf4-2cf0-4f39-9b2a-bb099caae36c>
32. GIBOREAU, Agnès. (2009). *De l'analyse sensorielle au jugement perceptif: l'exemple du toucher*(Habilitation à Diriger des Recherches), Food & Hospitality Research, Université Claude Bernard Lyon 1, Institut Paul Bocuse et Ecole de Management Hotellerie Restauration & Arts culinaires. 138 pages.
33. Global Witness et Environmental Investigation Agency, Inc. (Etats-Unis). (2010). *Rapport d'Enquête sur le commerce mondial des bois précieux malgaches: bois de rose, ébène et palissandre*, 32.
34. GOLI, Giacomo. (2003). *Surfaces de bois obtenues par défonçage: étude de la mécanique de formation et des défauts induits*, Thèse de Doctorat. Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM) - CLUNY. 195 pages.
35. GUEST, S. C. (2002). Audiotactile interactions in roughness perception. *Experimental Brain Research*, 161-171.
36. GUEST, S. et SPENCE, C. (2003). What role does multisensory integration play in visuotactile. *International Journal of Psychophysiology*, 50 :63 - 80.
37. HATWELL, Yvette. (2000). *Neurophysiologie et psychologie cognitive du toucher*, 4ème Rencontre Internationale Science-Industrie, Bio-sensoriel aujourd'hui et demain, Lyon. Pages: 1 - 31.
38. HELDERS, Stefan. (2012). *Populations du monde*. Consulté le Avril 10, 2014, sur La population de chaque pays : Madagascar: <http://populationsdumonde.com/fiches-pays/madagascar>
39. HERNANDEZ, Roger E.; LLAVE, Angela M.; et KOUBAA, Ahmed. (2014). Effect of cutting parameters on cutting forces and surface quality of black spruce cants. *Europa Journal Wood Prod.*, 72: 107 - 116.
40. INSTAT - Direction des Statistiques des Ménages (DSM). (2011). *Enquête Périodique auprès des ménages (EPM) 2010 - Rapport Principal*, 378 pages.
41. JUAN, Jacques. (2007). *Travail mécanique du bois : Lois générales de l'usinage*, Technique d'ingénieur. BM 7405: 1-23.

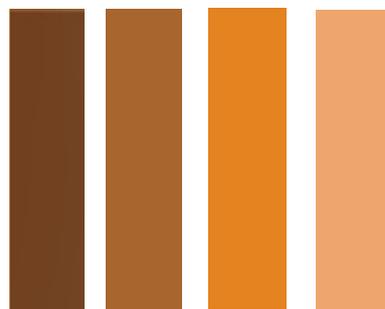
42. JULIA. (2012, Janvier 18). *Actualité: "Pour un SMIC à 100 000 Ariary par mois"*. Consulté le Décembre 23, 2013, sur MADAHOAX: <http://madahoax.com/pour-un-smic-a-100-000-ariary-par-mois/>
43. KHAZAEIAN, Abolghasem. (2006). *Caractérisation 3D de l'état de surface du bois : stratégie de mesure - Influence des paramètres liés à l'essence et à l'usinage*, Thèse de Doctorat. ENGREF/ IUT de Tarbes, Université Paul Sabatier, Toulouse III, 241 pages.
44. KILIC, Murat; HIZIROGLU, Salim; et BURDURLU, Erol. (2006). Effect of machining on surface roughness of wood. *Building and Environment (ELSEVIER)*, 41: 1074 - 1078.
45. KIVIMAA, Eero. (1950). Cutting Force in woodworking. *Valtion Teknillinen Tutkimuslaitoksen Julkaisuja*, N° 18: 102.
46. KORTCHAGINA, Irina; OVTCHAVORA, Lilia; PROKOFIEVA, Lidia; FESTY, Patrick & VERGER, Daniel. (2005). Conditions de vie et pauvreté en Russie. *ÉCONOMIE ET STATISTIQUE* N° 383-384-385, page : 1 - 26.
47. LAROCHE, L. (2009 - 2014). *FLEURS TROPICALES DES JARDINS D'AFRIQUE*. Consulté le Mars 10, 2014, sur Classification classique de Cronquist de 1981: <http://www.gardicam.com/botanique/cronquist.php>
48. LAURANCE, William F. (2008). The need to cut China's illegal timber Imports. *Science*, 319: 1184-1185. (doi:10.1126/science.319.5867.1184b).
49. LEFEBVRE, Anne et BASSEREAU, Jean-François. (s.d.). 2003. *L'analyse sensorielle, une méthode de mesure au service des acteurs de la conception: ses avantages, ses limites, ses voies d'amélioration. Application aux emballages*, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSA). 9 pages.
50. LEMMENS, R. H. (2007). *Chrysophyllum boivinianum (Pierre) Baehni. [Internet] Record from PROTA4U. Louppe, D., Oteng-Amoako, A.A. & Brink, M. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands.* . Consulté le February 11, 2014, sur Protabase Record Display [www.prota4u.org](http://www.prota4u.org/search.asp) : <http://www.prota4u.org/search.asp>
51. LUNDBERG, I. A. S. et PORANKIEWICZ, Boleslaw. (1995). Studies of non-contact methods for roughness measurements on wood surfaces. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 53: 309-324.
52. MAMMASSE, Nadra. (2012). *Le nombre de sujets dans les panels d'analyse sensorielle: une approche base de données*, 137 pages.
53. Ministère de l'Agriculture, de l'élevage et de la pêche (MAEP) - UPDR. (2003). *Monographie de la région d'Antananarivo*, 275.
54. MOTHE, Frederic. (1985). Essai et comparaison de trois méthodes de classement de surface de bois massif pour leur rugosité : méthodes pneumatiques et sensorielles. *Annals of Forest Science*, 435 - 452.

55. MULLER- LANDAU, Helene C. (2004). Interspecific and inter-site variation in wood specific gravity of tropical trees. *Biotropica*, 36: 20-32.
56. ONE; DGF/ MEF; CI Madagascar; FTM et MNP. (2013). *Evolution de la couverture de forêts naturelles à Madagascar 2005 - 2010*, 48p.
57. ONESF. (2009). *Rapport d'étude sur l'approvisionnement en bois des grandes villes de Madagascar - Résultats*.
58. PAN, Yude; BIRDSEY, Richard; FANG, Jingyun; HOUGHTON, Richard; KAUPPI, Pekka; KURZ, W.A., PHILIPS, O.L., SHVIDENKO, A., LEWIS, S.L., CANADELLI, J.G., CIAIS, P., JACKSON, R.B., PACALA, S.W., McGUIRE, A.D., PIAO, S., RAUTIAINEN, A., SITCH, S. and HAYES, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, page 333: 988-993.
59. PARIENTI, Franck. (2012, Août 08). *Madagascar salaire minimum, SMIC*. Consulté le Décembre 23, 2013, sur franckparienti.com: <http://www.franckparienti.com/madagascar-salaire-minimum-smic/>
60. PATEL, Erik R. (2007). Logging of rare rosewood and palissandre (*Dalbergia* spp.) within Marojejy National Park. *Madagascar Conservation & Development*, VOLUME 2, Issue 1 : 11-16.
61. PNUE. (1996). *Monographie Nationale sur la biodiversité*, MEF/MINENV/ONE/ANGAP - Madagascar.
62. PRD. (2005). *Plan Régional de Développement - Région Analamanga*, 91.
63. RACL.R. (2013, Février 15). *Archive Economie: "Relancer les investissements pour augmenter le Smic"*. Consulté le Décembre 23, 2013, sur La Nation: <http://www.lanation.mg/archive.php?id=2284>
64. RAJEMISON, Andraina Hajamanalina. (2013). *Proposition d'essences de substitution aux bois précieux en épuisement par la connaissance des propriétés du matériau bois : Cas du Palissandre de Madagascar - Application en ameublement*, Thèse de Doctorat. ESSA / Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, MADAGASCAR et Université de Toulouse III, FRANCE. 157 pages.
65. RAKOTOMALALA, Ricco. (2012). *Analyse de corrélation: Etude des dépendances - Variables quantitatives*, Université Lumière Lyon 2. 89 pages.
66. RAKOTOSOLONIAINA, Andry Nantenaina Thierry. (2013). *Caractérisation des propriétés technologiques des bambous malgaches en vue de leur valorisation*, Mémoire d'Ingénieur, ESSA / Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, MADAGASCAR. 81 pages.
67. RAKOTOVAO, G., RABEVOHITRA, A. R., P. Collas de Chatelperron, GUIBAL, D., GERARD, J. (2012). *Atlas des bois de Madagascar*, Editions Quae. Pages: 113-114.
68. RAMAMONJISOA, Bruno Salomon & RATEFIARIVELO, O. (2006). *Rapport d'étude sur l'estimation de la valeur totale du lot et la détermination des redevances forestières dans le cadre de l'octroi de permis d'exploiter par voie d'adjudication*, 29 pages.

69. RAMANAKOTO, Miora Falimiarana. (2012). *Etude des préférences des consommateurs tananariviens en bois d'ameublement*, Mémoire d'Ingénieur, ESSA/ Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, MADAGASCAR. 148 pages.
70. RAMANAKOTO, Miora Falimiarana. (2013). *Etude de la variabilité radiale du bois des essences autochtones dans la station forsière de Mandraka*, Mémoire de DEA en Sciences Agronomiques, Option : Foresterie , Développement et Environnement, ESSA / Eaux et Forêts, 116 pages.
71. RAMANAKOTO, Miora Falimiarana. (2014). *Rapport de stage de Spécialisation au Laboratoire ICA - IUT de Tarbes en vue de l'explorer les relations entre les préférences des consommateurs et la qualité de surface des bois usinés pour l'ameublement à Madagascar*, 43 pages. (Non publié).
72. RAMANANANTOANDRO, T., LARRICQ, P. & ETERRADOSSI, O. (2014). Relationships between 3D roughness parameters and visuotactile perception of surfaces of maritime pinewood and MDF. *Holzforschung*, 68 (1): 93 - 101.
73. RAMANANANTOANDRO, Tahiana. (2005). *Implications tactiles et visuelles de la rugosité du bois et des matériaux dérivés du pin maritime*, Thèse de Doctorat. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne et Université Jean Monnet de Saint - Etienne, Ecole Doctorale : Génie des Procédés. 207 pages.
74. RAPANOELA, Rija Herman. (2004). *Contribution à l'amélioration du séchage des bois - Cas d'Antananarivo*, Mémoire d'Ingénieur, ESSA / Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, MADAGASCAR. 91 pages.
75. RASOAMANANA, Mbola Samy Nirina. (2007). *Etude de l'Approvisionnement d'Antananarivo en bois d'oeuvre de pin*, Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du Diplôme d'Etude Approfondie en Agro Management, 101 pages.
76. RAVOKATRA, M. H. (2009). *Analyse de la consommation en oeufs de table des ménages de la commune urbaine d'Antananarivo*.
77. RAZAFIMANJATO, Jocelyn Yves; RANDRIAMANJAKASOA, Jean Harvel; RAZANADRASARA, Jean; RABEZA RAFARALAHY, Victor. (1997). *Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH), Volume 2 - Rapport d'Analyse - Tome I : Etat de la population*, US AID , INSTAT et FNUAP. 72 pages.
78. ROBERT, Christophe. (2010). Enquête de satisfaction. *Rapport - RnBi (Rouen nouvelles bibliothèques)*, 35 pages.
79. SAPORTA, Gilbert. (2014). *Le Multidimensional Scaling et la cartographie interne des préférences*, Conservatoire National des Arts et Métiers. 38 pages.
80. SCHLICH, P. & McEWAN, J.A., . (1992). Cartographie des Préférences: un outil statistique pour l'industrie agro-alimentaire. *Sciences des aliments*, 12: 339-355.
81. SCHUURMAN, Derek et LOWRY, Porter P. (2009, Décembre). The Madagascar rosewood massacre. *Madagascar Conservation & Development*, VOLUME 4, ISSUE 2 : 98 - 102.

82. SESSI (Service des Etudes et des Statistiques Industrielles). (2007). Une profonde mutation des modes de vie et d'habitation. *Le meuble en kit*, 1-43.
83. SINN, Gerhard; SANDAK, Jakub et RAMANANANTOANDRO, Tahiana. (2009). Properties of wood surfaces – characterisation and measurement. A review. *Holzforschung*, 63: 196 - 203.
84. TORSTEN, Lihra. (2009). *La personnalisation de masse pour l'industrie du meuble en bois*, Thèse de Doctorat en sciences du bois. Faculté de Foresterie et de Géomatique, Université LAVAL, Quebec CANADA. 206 pages.
85. TROPICOS. (2011). *Home> Name search*. Consulté le Mai 18, 2014, sur Tropicos: <http://tropicos.org/NameSearch.aspx?name=chrysophylum+boivinianum&commonname=>
86. TWADDLE, Alastair. (1997). The influence of species, chip length, and ring orientation on chip thickness. (N. G.-U.-2. TAPPI, Éd.) *Tappi journal*, Vol. 80, n° 6: 123-131.
87. VONIMAHEFA, R. R. (1996). *Etude du rendement de transformation du bois brut en bois sciés dans quelques scieries d'Antananarivo*, Mémoire de fin d'études. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques - Madagascar. 64 pages.
88. WATTS B. M., YLIMAKI G. L. , JEFFERY L. E. , ELIAS L. G. (1991). Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments. *Centre de recherches pour le développement international*, 159 pages.
89. WOODCOCK, D.W. & SHIER, A.D. (2003). Does canopy position affect wood specific gravity in temperate forest trees? *Annals of Botany*, 91: 529-537.

ANNEXES



ANNEXES

ANNEXE 1 : Représentation des subdivisions de la Région Analamanga

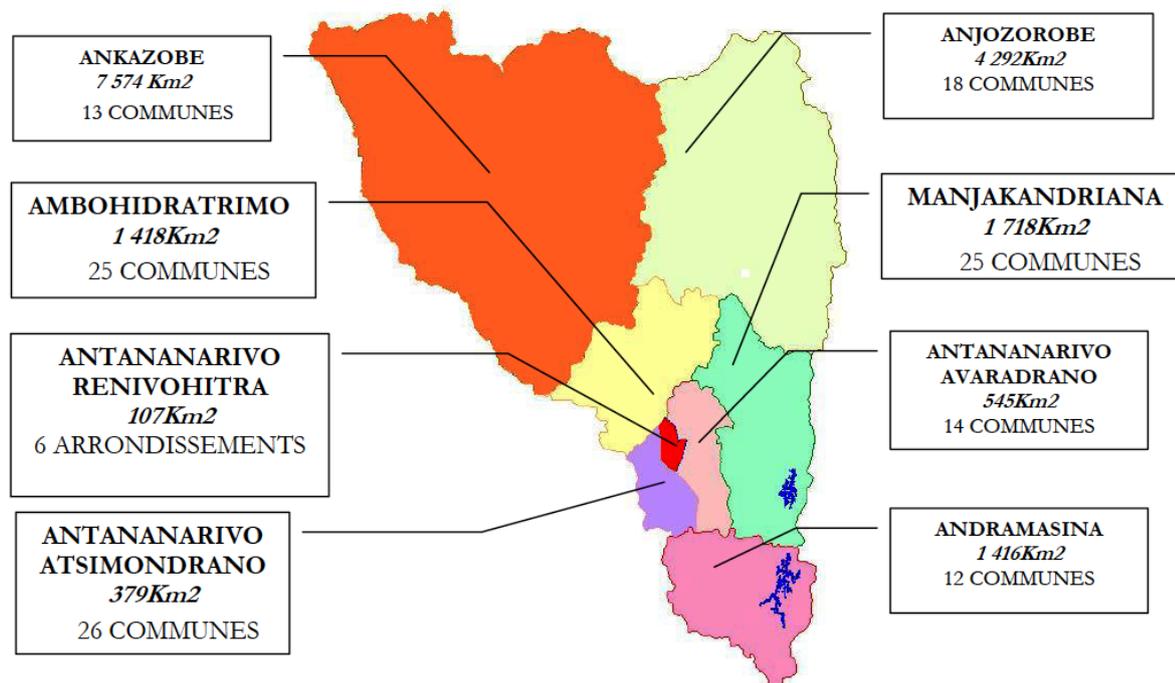


Figure 31 : La Région Analamanga, districts, superficie et nombre de communes par district

Source : PRD – Région Analamanga, 2005

ANNEXE 2 : Répartition par classe d'âge et sexe (en %) de la population pour trois (03) districts de la Région Analamanga

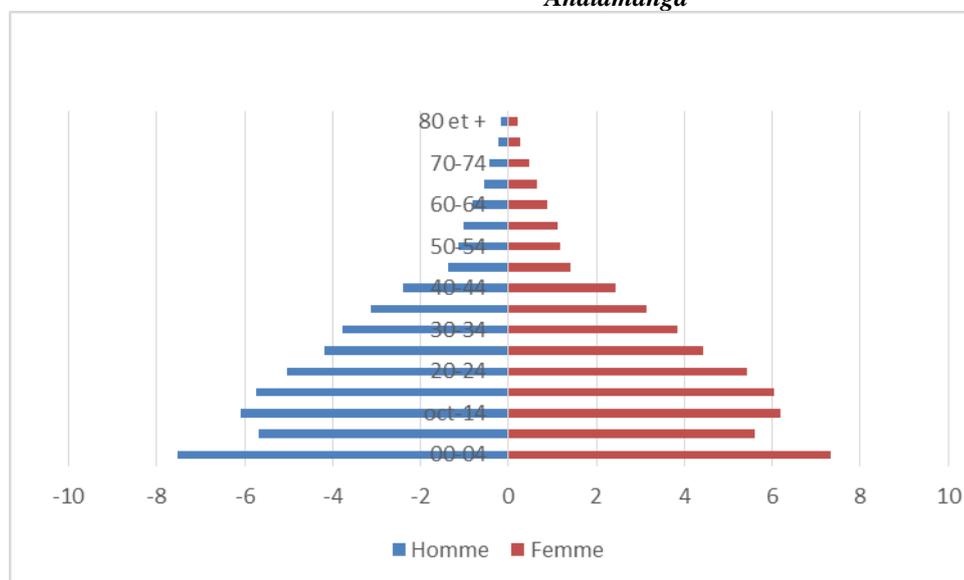


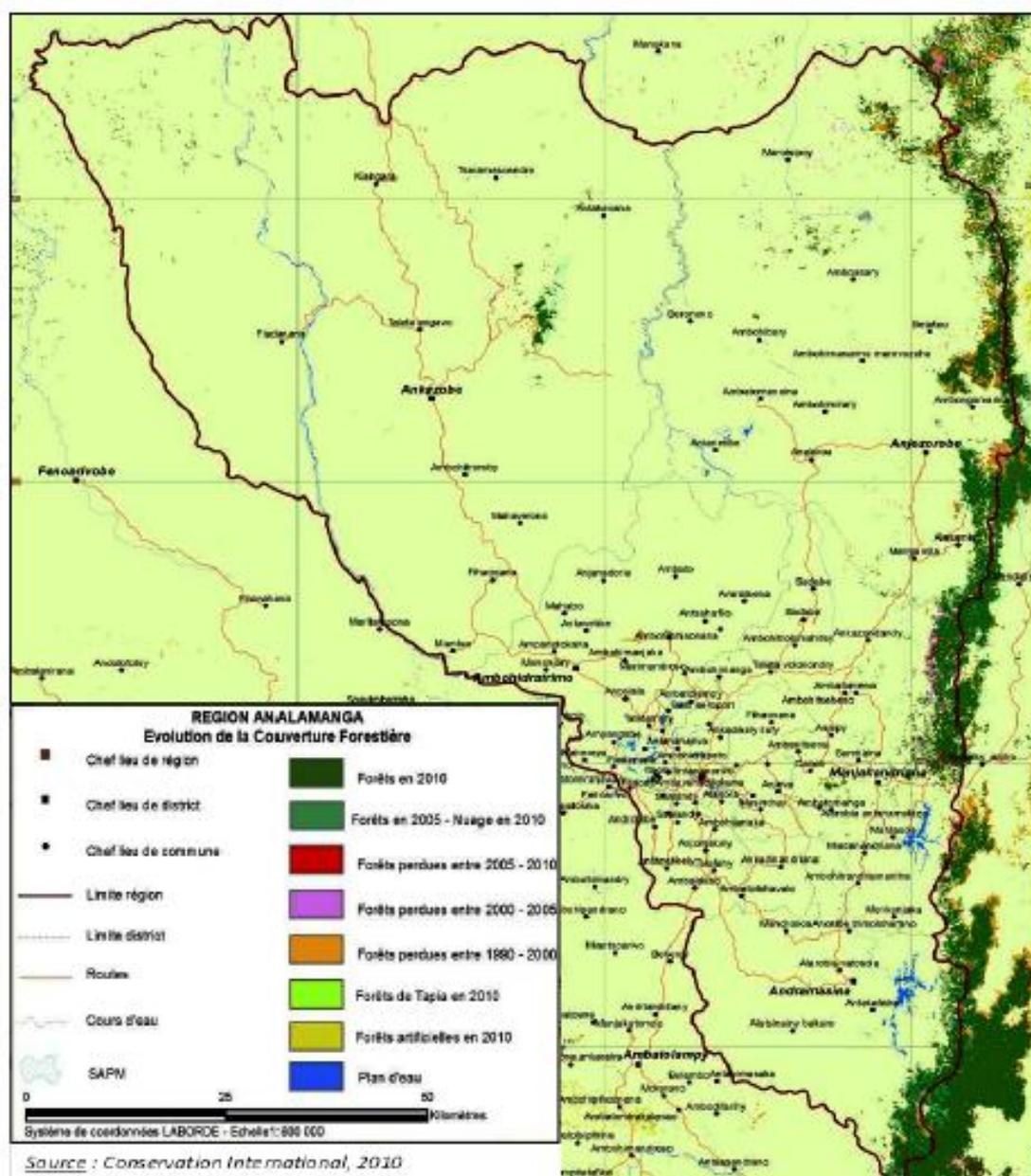
Figure 32 : Pyramide des âges de la population pour les trois (03) Districts : Antananarivo Renivohitra, Avaradrano et Atsimondrano

Source : d'après MAERP – UPDR (2003) ; modifié Auteur.

ANNEXE 3 : Evolution de la couverture forestière dans la Région Analamanga
Tableau 21 : Evolution de la couverture forestière des huit districts de la région Analamanga

District	Couverture des forêts naturelles		Taux de déforestation (% par an)		
	2005	2010	1990 - 2000	2000 - 2005	2005 - 2010
Ambohidratrimo	53	53	8,2	0,0	0,0
Andramasina	12 129	12 107	0,6	0,2	0,0
Anjozorobe	24 225	24 053	2,2	0,5	0,1
Ankazobe	2 493	2 485	1,2	0,6	0,1
Antananarivo atsimondrano	18	18	0,0	0,0	0,1
Antananarivo avaradrano	40	39	4,4	4,8	0,5
Antananarivo renivohitra	3	3	0,0	0,0	0,0
Manjakandriana	13 672	13 078	1,3	0,7	0,9
Total	52 633	51 836	1,7	0,5	0,3

Source : ONE; DGF/ MEF; CI Madagascar; FTM et MNP. (2013)



Carte 2. Localisation des zones reboisées dans la Région Analamanga
(Source : CI Madagascar, 2012 in Rakotondranivo, 2014)

ANNEXE 4 : Données de l'Inventaire Ecologique et Forestier National de 1996, concernant *Chrysophyllum boivinianum* (Sapotaceae) ou *Famelona* (IEFN, 1996)Tableau 22 : Répartition et inventaire floristique de *Chrysophyllum boivinianum* (Sapotaceae) ou *Famelona* (IEFN, 1996)

Principales caractéristiques écologiques des plantes ligneuses vivantes de 10 cm de diamètre de référence et au-delà												
Localisation	F _r [%]	Densité relative [%]	Dominance relative [%]	Importance [+]	Dg [cm]	Dmax [cm]	Hg [m]	Hmax [m]	N/ha [/ha]	G/ha [m ² /ha]	V/ ha [m ³ /ha]	
Forêts denses humides sempervirentes de basse altitude (<800 m) de l'Est et du Sambirano	20,1	1,1	0,9	22,1	18,7	76,0	13,3	25,0	14,7	0,40	2,5	
Forêt denses humides sempervirentes de moyenne altitude et de montagne (>800 m) du Centre	40,1	2,3	3,1	45,5	23,4	90,0	14,6	30,0	31,9	1,38	10,8	
Forêts denses sèches décidues de l'Ouest	2,0	0,2	0,2	2,4	16,8	40,0	11,6	19,0	1,8	0,04	0,2	
Forêts denses sèches décidues et fourrés xerophiles du Sud	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Principales caractéristiques dendrométriques des plantes ligneuses et des souches de 10 cm de diamètre de référence et au-delà												
Localisation	F _r [%]	Plantes vivantes				Plantes mortes				Souches		
		Dg [cm]	N/ha [/ha]	G/ha [m ² /ha]	V/ ha [m ³ /ha]	Dg [cm]	N/ha [/ha]	G/ha [m ² /ha]	V/ ha [m ³ /ha]	Dg [cm]	N/ha [/ha]	G/ha [m ² /ha]
Forêts denses humides sempervirentes de basse altitude (<800 m) de l'Est et du Sambirano	20,1	18,7	14,7	0,40	2,5	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
Forêt denses humides sempervirentes de moyenne altitude et de montagne (>800 m) du Centre	40,7	23,4	31,9	1,38	10,8	30,9	0,3	0,02	0,1	28,5	0,2	0,01
Forêts denses sèches décidues de l'Ouest	2,0	16,8	1,8	0,04	0,2	0,0	0,0	0,00	0,0	0,	0,0	0,00
Forêts denses sèches décidues et fourrés xerophiles du Sud	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00
Distribution des diamètres des plantes ligneuses vivantes de 10 cm de diamètre de référence et au-delà												
Localisation	F _r [%]	Nombre de tiges par hectare selon les classes de diamètre (en cm)										
		10-19 [/ha]	20-29 [/ha]	30-39 [/ha]	40-49 [/ha]	50-59 [/ha]	60-69 [/ha]	70-79 [/ha]	80-89 [/ha]	90-99 [/ha]	≥ 100 [/ha]	TOTAL [/ha]
Forêts denses humides sempervirentes de basse altitude (<800 m) de l'Est et du Sambirano	20,1	11,5	1,8	0,7	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,7

Forêt denses humides sempervirentes de moyenne altitude et de montagne (>800 m) du Centre	40,1	21,1	4,6	3,3	1,8	0,7	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	31,9	
Forêts denses sèches décidues de l'Ouest	2,0	1,4	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	
Forêts denses sèches décidues et fourrés xerophiles du Sud	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Caractéristiques dendrométriques des arbres vivants de dimensions exploitables selon la qualité													
Localisation	F _r [%]	Bonne qualité			Qualité satisfaisante			Qualité acceptable			Qualité défectueuse		
		Dg [cm]	N/ha [ha]	V/ ha [m ³ /ha]	Dg [cm]	N/ha [ha]	V/ ha [m ³ /ha]	Dg [cm]	N/ha [ha]	V/ ha [m ³ /ha]	Dg [cm]	N/ha [ha]	V/ ha [m ³ /ha]
Forêts denses humides sempervirentes de basse altitude (<800 m) de l'Est et du Sambirano	4,9	41,5	0,2	0,3	40,7	0,3	0,4	62,,3	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0
Forêt denses humides sempervirentes de moyenne altitude et de montagne (>800 m) du Centre	22,5	48,8	0,9	1,9	51,1	1,7	3,6	55,1	0,3	0,8	59,0	0,0	0,1
Forêts denses sèches décidues de l'Ouest	1,5	28,3	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Forêts denses sèches décidues et fourrés xerophiles du Sud	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Source : Adapté de IEFN, 1996

ANNEXE 5 : Description du bois de Famelona

L'espèce utilisée dans cette étude est *Chrysophyllum boivinianum* (Pierre) Baehni, de la famille des SAPOTACEAE, plus connue sous les noms vernaculaires de « Famelona (au centre), Rehiaka et Voantsikidy (à l'Est) » (ou Famelona à grandes feuilles). Des synonymes sont également utilisés pour dénommer la même espèce, dont *Gambeya boiviniana* Pierre (1891), et *Gambeya madagascariensis* Lecomte (1920).

* Origine et répartition géographiques

Chrysophyllum boivinianum se rencontre à l'Est de Madagascar, plus précisément dans les forêts denses humides et subhumides sempervirentes de la région orientale et de Sambirano (à une altitude inférieure à 800 m), et sur les hauts plateaux (IEFN, 1996 ; Lemmens, 2007 ; Rakotovao et al., 2012). Il se rencontre également dans les forêts denses humides sempervirentes de moyenne altitude et de montagne du Centre (altitudes supérieures à 800 m), et dans les forêts denses sèches décidues de l'Ouest (IEFN, 1996 ; Annexe 4).

* Description de l'arbre et du bois

Le bois de cœur est de couleur crème à brun jaune ou brun rosâtre, parfois avec des rayures foncées irrégulières et peu distinct de l'aubier (Rakotovao et al., 2012 ; Lemmens, 2007).

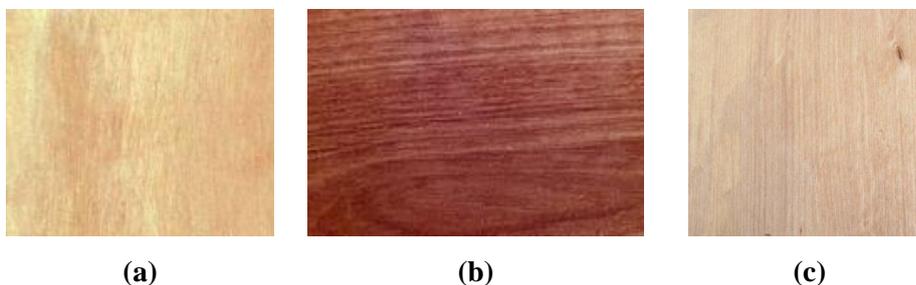


Figure 33 : Variation de la couleur du bois de cœur du Famelona
(Sources : (a) Rakotovao et al. (2012), (b) Lemmens (2007) et (c) cliché : Auteur, 2014.

* Utilisations du bois de Famelona

A Madagascar, le bois du Famelona est couramment utilisé pour la menuiserie et pour l'ameublement. Il est également utilisé dans la construction navale en raison de son élasticité (Lemmens, 2007). Dans la classification des principales espèces ligneuses selon des catégories d'utilisation de l'IEFN (1996), le Famelona appartient à la classe « Bois de charpente, embarcation, menuiserie ordinaire, charronnage et parquet », au même titre que plusieurs autres espèces, telles que *Eucalyptus spp.* (Myrtaceae) ou Kininina, *Calophyllum spp.* (Guttiferae) ou Vintanona, *Commiphora spp.* (Burseraceae) ou Arofy, *Uapaca spp.* (Euphorbiaceae) ou Voapaka.

ANNEXE 6 : Comparaison de la texture du Famelona avec d'autres essences de bois

Ramanakoto (2012) a mesuré la texture couleur de 12 essences de bois (Figure 31). Les photos de chaque essence ont été prises dans les mêmes conditions, à l'aide d'un appareil photo numérique PENTAX K7. Ensuite les images ont été converties en niveau de gris. A parit de ces images en niveaux de gris, il a été possible de calculer le paramètre « rapport d'aspect de la texture » ou Str qui mesure la directionnalité de la texture.

$$Str = \frac{\text{distance de la plus rapide longueur de décroissance à } 0,2 \text{ de l'autocorrélation}}{\text{distance de la plus lente longueur de décroissance à } 0,2 \text{ de l'autocorrélation}}$$

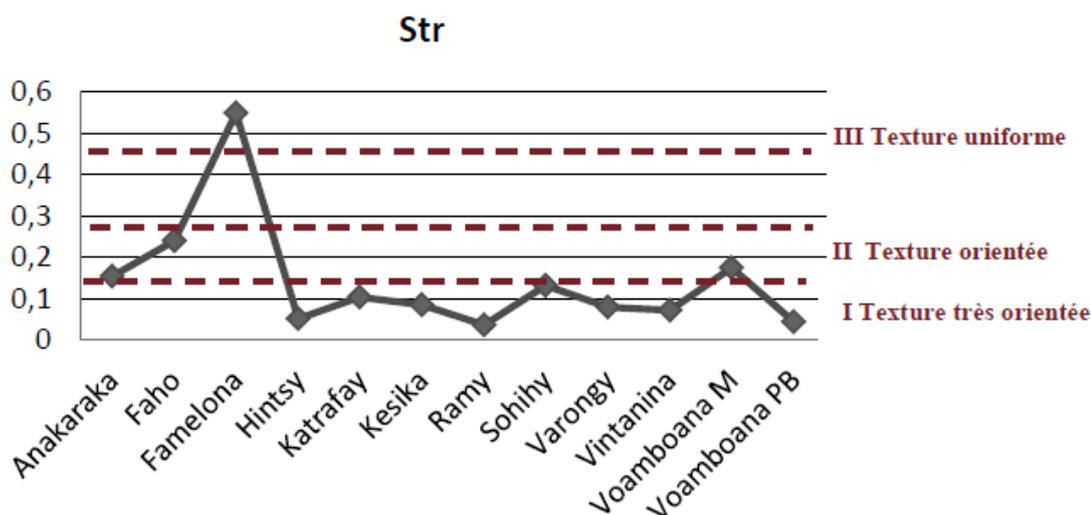


Figure 34 : Courbe d'importance de la texture des échantillons suivant les valeurs de Str (Ramanakoto, 2012) (Voamboana M = Mahajanga et PB = Port-Berger)

L'essence de bois de Famelona a été la seule surface présentant une texture uniforme (Str > 0,5). Le reste des autres essences ont eu une texture anisotrope (orientée) puisque Str est inférieur à 0,. Elles présentent ainsi une texture orientée. Ces textures sont dues à la présence des cernes annuels, c'est-à-dire l'alternance de bois initial/bois final orientés dans la direction longitudinale (Ramanakoto, 2012).

ANNEXE 7 : Définition des différents facteurs expérimentaux

- **Direction de coupe ou plan de coupe**

Le bois est un matériau anisotrope, c'est à dire que ses constituants comme les fibres et rayons médullaires sont orientées dans trois directions principales (Cristina, 2005) :

- une direction axiale ou longitudinale, suivant l'orientation des fibres ;
- une direction radiale, perpendiculaire à la direction axiale ;
- une direction tangentielle, perpendiculaire aux deux précédentes.

La conséquence de l'anisotropie est une différence de comportement du matériau suivant le sens de sollicitation.

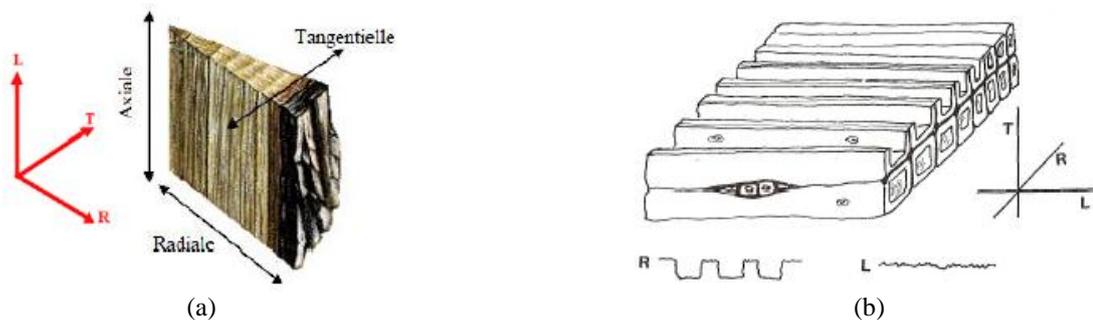


Figure 35 : Représentation du plan de coupe (a) et de l'anisotropie de l'état de surface (b)
Source : (a) Kivimaa, 1950, in Cristina, 2005 ; (b) Khazaeina, 2006

- **Mode de coupe**

Suivant la trajectoire des arêtes de coupe sur la pièce de bois à usiner, le mode de coupe peut être en avalant ou en opposition.

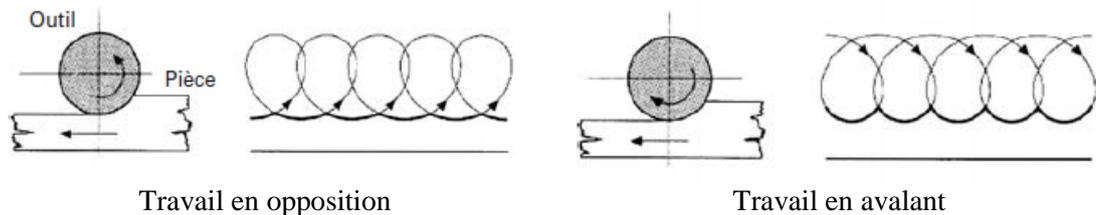


Figure 36: Trajectoires des arêtes de coupe (tronchoïdes) en opposition et en avalant
(Source : Juan, 1992 in Khazaeian, 2006 ; Juan, 2007)

- **Vitesse de coupe**

La vitesse de coupe correspond à la vitesse linéaire de l'arête de coupe de l'outil par rapport à la pièce. Chaque matériau travaillé (bois, métal, plastique, etc.) doit être usiné avec une vitesse adaptée à ses propres caractéristiques, les matières usinées tendres demandant l'utilisation de vitesses de coupe plus élevées que les matières dures (Juan, 2007).

- **Profondeur de passe**

C'est la distance de la surface de travail initiale à la surface générée par l'arête de coupe. Elle est nécessaire afin de déterminer la quantité de matière qui va être séparée de la pièce sous forme de copeau (Franz, 1958, Khazaeian, 2006).

- **Nombre de dents**

Le nombre de dents a été fixé à 4 suivant l'outil à disposition au Laboratoire de IUT –Tarbes où a été effectué l'usinage des éprouvettes dans cette étude.

- **Diamètre de l'outil**

Le diamètre de l'outil utilisé a été de 40 mm.

ANNEXE 8 : Niveaux des facteurs expérimentaux considérés par les auteurs et formulés comme générant les défauts de surface étudiés

Défauts	Vitesse d'avance (m/mn)					Vitesse de rotation (tr/mn)				Profondeur de passe (mm)					Mode de coupe	Plan de coupe	
	5	8	15	16	25	6000	10000	13867	24000	0,5	0,8	1	2,4	3			5
Fibres soulevées	X		X				X		X					X	X	opposition opposition avalant avalant	LR RT RT RT
					X		X							X			
					X				X		X						
	X						X								X		
Fibres arrachées	X		X				X		X					X	X	opposition Opposition avalant Avalant	LR RT RT LT
					X		X				X						
					X		X				X						
	X				X				X					X	X		
Traces d'usinage			X				X							X			LR, RT
			X				X							X			
Eclats	X						X							X			RT RT RT RT
	X						X							X			
			X				X							X			
			X				X							X			
Surfaces pelucheuses	X						X							X		Avalant Avalant	LT LT
					X				X					X			

Les différentes couleurs correspondent aux résultats d'études respectifs des différents auteurs avec :

A : Andraina, 2012 ; K : Khazaeian, 2006 ; G : Goli, 2003 ; F: Forrakhpayam, 2011

Source: Ramanakoto, 2014

Par comparaison de ces résultats, un essai a été effectué dont l'objectif est d'extraire ce qui explique la création des différents types de défauts de surface. Ainsi, c'est le paramètre possédant le plus de croix qui donne la probabilité la plus élevée d'être celui qui génère le plus le défaut considéré. La comparaison a permis d'obtenir les 4 points suivants : les fibres soulevées sont générés par une vitesse d'avance maximale et une vitesse de rotation minimale dans le plan LR ; les fibres arrachées

sont générées par une vitesse d'avance maximale et une vitesse de rotation minimale, suivant une mode de coupe, en opposition dans le plan LR, et en avalant dans le plan LT ; la profondeur de passe de l'outil génère des traces d'usinage avec une vitesse d'avance et une vitesse de rotation maximales ; les surfaces pelucheuses sont générées par une mode de coupe en avalant dans le plan LT.

En conclusion, pour avoir un état de surface correspondant à l'ébauche, on doit prendre une vitesse d'avance et une vitesse de rotation élevées ; et à la finition, on prend une vitesse d'avance faible, mais une vitesse de rotation élevée et une profondeur de passe faible.

ANNEXE 9 : Calcul des épaisseurs moyennes de copeaux pour la détermination des niveaux des facteurs expérimentaux à retenir pour le plan d'expériences

Vitesse d'avance Vf	Vitesse de rotation N	Profondeur de passe H	Nombre de dents de l'outil Z	Diamètre de l'outil D	Avance par dent (Vf/N*Z)	e _m (en mm)	LT/LR*
25	4000	3	4	40	0,00125	0,28	7 ; 8
25	4000	5	4	40	0,00125	0,44	15 ; 16
25	4000	5	4	40	0,00125	0,44	15 ; 16
7	10000	3	4	40	0,000175	0,05	1 ; 2
7	10000	5	4	40	0,000175	0,06	9 ; 10
25	4000	3	4	40	0,00125	0,34	7 ; 8
25	4000	5	4	40	0,00125	0,44	15 ; 16
7	4000	3	4	40	0,00035	0,1	5 ; 6
7	4000	5	4	40	0,00035	0,12	13 ; 14
25	10000	3	4	40	0,000625	0,17	3 ; 4
25	10000	5	4	40	0,000625	0,22	11 ; 12
25	4000	3	4	40	0,0015625	0,43	7 ; 8
25	4000	5	4	40	0,0015625	0,55	15 ; 16
7	4000	3	4	40	0,0004375	0,12	5 ; 6
7	4000	5	4	40	0,0004375	0,16	13 ; 14

Les valeurs en jaune donnent la valeur la plus faible et la plus élevée de l'épaisseur moyenne de copeau. Ainsi, e_m est compris entre 0,05 et 0,55 dans notre étude. Ce qui donne logiquement des états de surface allant de l'ébauche grossière à la finition très soignée.

* : La dernière colonne indique les numéros d'identification des éprouvettes suivant les plans considérés, conformément au plan d'expériences, et permet ainsi d'identifier les états de surfaces correspondants aux épaisseurs de copeaux calculés

Dans les travaux habituels, l'épaisseur moyenne du copeau « e_m » doit rester inférieure à 0.5 mm en ébauche et supérieure à 0.02 mm pour les travaux de finition (Khazaeian, 2006). Ainsi, on a choisi les différents niveaux des facteurs d'usinage (vitesse d'avance, vitesse de rotation, profondeur de passe) donnant les valeurs de « em » correspondant à ces valeurs (tableau ci-dessus). Et les paramètres retenus sont alors résumés comme suit :

- la vitesse d'avance en mètre par minute (m/mm) : 7 et 25 ;
- la vitesse de rotation en nombre de tours par minute (tr/mn) : 10 000 et 4 000 ;
- la profondeur de passe en millimètre (mm) : 3 et 5.

ANNEXE 10 : Utilisation des bois selon leur humidité, l'humidité relative de l'air ambiant, et le type

Tableau 23 : Les taux d'humidité adéquats pour éviter des déformations et l'utilisation correspondantes du bois.

Humidité relative de l'air ambiant	Humidité des bois	Type de séchage	Utilisations du bois
Inférieur à 50 %	08 à 10 %	Bois séché artificiellement	Utilisation en local à chauffage continu (meubles)
50 à 65%	10 à 13%		Utilisation en local clos et chauffé (menuiserie de bâtiment)
65 à 75%	13 à 15%	Bois « sec à l'air »	Constructions en local clos et couvert (Combles, fermes de bâtiments industriels, lamellé-collé)
75 à 80%	15 à 17%		Construction en local largement ouvert
80 à 90%	17 à 22% 22% : limite supérieur d'emploi (pourritures)	Bois « commerciale mant sec »	Constructions à l'humidité, non couvertes, non abritées (pylônes, échafaudage,...)
90 à 100%	22 à 30 % 30 % : PSF ou point de saturation de la fibre		Constructions à l'eau (pilots, écluses,...)

Source : Rakotovao ,2002 in Rapanoela, 2004.

ANNEXE 11 Les illustrations au niveau du MESA



Figure 37 : Séchoir au niveau du MESA (à gauche) ; les planches de Famelona empilés dans le sechoir (à droite en haut) et mesure de l'humidité du bois avec l'humidimètre (à droite, en bas) (clichés : auteur, 2013)

ANNEXE 12 : Description du Perthomètre de Mahr utilisé à l'IUT de Tarbes

Figure 38 : Aperçu général du Perthomètre de Mahr (Cliché : Ramanakoto, 2014)

● Description du Perthomètre de l'IUT de Tarbes

La station de mesure est constituée d'un capteur laser qui fonctionne selon le principe de focalisation dynamique d'un rayonnement infrarouge. Le rayonnement infrarouge d'une diode laser est réuni en un faisceau lumineux et guidé vers l'objectif. Cet objectif focalise le faisceau de manière à former un foyer de 2 μm de diamètre à une distance de 10 mm de l'orifice de sortie. Le faisceau réfléchi par la surface est dirigé vers un détecteur qui reçoit un signal maximal quand la surface de la pièce à mesurer est positionnée au point de focalisation. Un système de réglage en hauteur et de nivelage permet de positionner l'objectif de façon à ce que le rayon laser soit toujours focalisé correctement sur la surface.

ANNEXE 13 : Description des lieux de réalisation des tests sensoriels (LAS Ambatobe)



Photo 1 : Les six postes utilisées pour les évaluations sensorielles



(a)



(b)

Photo 2 : (a) Le local où sont effectuées les explications sur les évaluations sensorielles et (b) Explication avec un groupe de consommateurs à enquêter

ANNEXE 14 : Numérotation d'identification des éprouvettes

Dimensions finales de chacune des éprouvettes : 15,5 x 5 x 3,5 (cm)

Répétitions	16 éprouvettes de 1 à 16 suivant le plan d'expérience															
I	I LR1	I LR2	I LR3	I LR4	I LR5	I LR6	I LR7	I LR8	I LR9	I LR10	I LR11	I LR12	I LR13	I LR14	I LR15	I LR16
II	II LR1	II LR2	II LR3	II LR4	II LR5	II LR6	II LR7	II LR8	II LR9	II LR10	II LR11	II LR12	II LR13	II LR14	II LR15	II LR16
III	III LR1	III LR2	III LR3	III LR4	III LR5	III LR6	III LR7	III LR8	III LR9	III LR10	III LR11	III LR12	III LR13	III LR14	III LR15	III LR16
IV	IV LR1	IV LR2	IV LR3	IV LR4	IV LR5	IV LR6	IV LR7	IV LR8	IV LR9	IV LR10	IV LR11	IV LR12	IV LR13	IV LR14	IV LR15	IV LR16
V	V LR1	V LR2	V LR3	V LR4	V LR5	V LR6	V LR7	V LR8	V LR9	V LR10	V LR11	V LR12	V LR13	V LR14	V LR15	V LR16
VI	VI LR1	VI LR2	VI LR3	VI LR4	VI LR5	VI LR6	VI LR7	VI LR8	VI LR9	VI LR10	VI LR11	VI LR12	VI LR13	VI LR14	VI LR15	VI LR16

Répétitions	16 éprouvettes de 1 à 16 suivant le plan d'expérience															
I	I LT1	I LT2	I LT3	I LT4	I LT5	I LT6	I LT7	I LT8	I LT9	I LT10	I LT11	I LT12	I LT13	I LT14	I LT15	I LT16
II	II LT1	II LT2	II LT3	II LT4	II LT5	II LT6	II LT7	II LT8	II LT9	II LT10	II LT11	II LT12	II LT13	II LT14	II LT15	II LT16
III	III LT1	III LT2	III LT3	III LT4	III LT5	III LT6	III LT7	III LT8	III LT9	III LT10	III LT11	III LT12	III LT13	III LT14	III LT15	III LT16
IV	IV LT1	IV LT2	IV LT3	IV LT4	IV LT5	IV LT6	IV LT7	IV LT8	IV LT9	IV LT10	IV LT11	IV LT12	IV LT13	IV LT14	IV LT15	IV LT16
V	V LT1	V LT2	V LT3	V LT4	V LT5	V LT6	V LT7	V LT8	V LT9	V LT10	V LT11	V LT12	V LT13	V LT14	V LT15	V LT16
VI	VI LT1	VI LT2	VI LT3	VI LT4	VI LT5	VI LT6	VI LT7	VI LT8	VI LT9	VI LT10	VI LT11	VI LT12	VI LT13	VI LT14	VI LT15	VI LT16

ANNEXE 15 : Les numéros aléatoires correspondant à chaque éprouvette et les étiquettes

Tableau 24 : Le codage à trois chiffres pour le plan LT

N° d'Identification des éprouvettes						N° aléatoire à 3 chiffres
I LT1	II LT1	III LT1	IV LT1	V LT1	VI LT1	273
I LT2	II LT2	III LT2	IV LT2	V LT2	VI LT2	741
I LT3	II LT3	III LT3	IV LT3	V LT3	VI LT3	092
I LT4	II LT4	III LT4	IV LT4	V LT4	VI LT4	624
I LT5	II LT5	III LT5	IV LT5	V LT5	VI LT5	156
I LT6	II LT6	III LT6	IV LT6	V LT6	VI LT6	858
I LT7	II LT7	III LT7	IV LT7	V LT7	VI LT7	390
I LT8	II LT8	III LT8	IV LT8	V LT8	VI LT8	454
I LT9	II LT9	III LT9	IV LT9	V LT9	VI LT9	571
I LT10	II LT10	III LT10	IV LT10	V LT10	VI LT10	220
I LT11	II LT11	III LT11	IV LT11	V LT11	VI LT11	039
I LT12	II LT12	III LT12	IV LT12	V LT12	VI LT12	103
I LT13	II LT13	III LT13	IV LT13	V LT13	VI LT13	986
I LT14	II LT14	III LT14	IV LT14	V LT14	VI LT14	507
I LT15	II LT15	III LT15	IV LT15	V LT15	VI LT15	209
I LT16	II LT16	III LT16	IV LT16	V LT16	VI LT16	975

Tableau 25 : Le codage à trois chiffres pour le plan LR

N° d'Identification des éprouvettes						N° aléatoire à 3 chiffres
I LR1	II LR1	III LR1	IV LR1	V LR1	VI LR1	848
I LR2	II LR2	III LR2	IV LR2	V LR2	VI LR2	982
I LR3	II LR3	III LR3	IV LR3	V LR3	VI LR3	334
I LR4	II LR4	III LR4	IV LR4	V LR4	VI LR4	144
I LR5	II LR5	III LR5	IV LR5	V LR5	VI LR5	468
I LR6	II LR6	III LR6	IV LR6	V LR6	VI LR6	211
I LR7	II LR7	III LR7	IV LR7	V LR7	VI LR7	887
I LR8	II LR8	III LR8	IV LR8	V LR8	VI LR8	658
I LR9	II LR9	III LR9	IV LR9	V LR9	VI LR9	496
I LR10	II LR10	III LR10	IV LR10	V LR10	VI LR10	524
I LR11	II LR11	III LR11	IV LR11	V LR11	VI LR11	105
I LR12	II LR12	III LR12	IV LR12	V LR12	VI LR12	429
I LR13	II LR13	III LR13	IV LR13	V LR13	VI LR13	753
I LR14	II LR14	III LR14	IV LR14	V LR14	VI LR14	686
I LR15	II LR15	III LR15	IV LR15	V LR15	VI LR15	010
I LR16	II LR16	III LR16	IV LR16	V LR16	VI LR16	267

ANNEXE 16 : Détermination des critères de sélection des consommateurs à enquêter

Tableau 26 : Répartition par classe d'âge et sexe pour les trois districts de la zone d'étude(en %)

Classe d'âge/ Sexe	Antananarivo Renivohitra		Antananarivo Atsimondrano		Antananarivo Avaradrano		Somme des % Hommes et Femmes
	Homme	Femme	Homme	Femme	Homme	Femme	
00-04	6,57	6,46	7,99	7,89	7,99	7,69	44,59
05-09	5,34	5,29	5,63	5,56	6,06	5,92	33,8
10-14	5,55	5,78	6,21	6,29	6,56	6,46	36,85
15-19	5,66	6,39	5,77	6,00	5,75	5,75	35,32
20-24	5,35	5,97	5,07	5,30	4,69	4,99	31,37
25-29	4,63	4,96	4,10	4,31	3,85	4,04	25,89
30-34	4,11	4,18	3,68	3,74	3,58	3,63	22,92
35-39	3,42	3,46	3,07	2,99	2,89	2,94	18,77
40-44	2,60	2,66	2,30	2,31	2,34	2,35	14,56
45-49	1,55	1,56	1,30	1,32	1,31	1,36	8,4
50-54	1,20	1,21	1,10	1,14	1,16	1,20	7,01
55-59	0,97	1,06	1,01	1,14	1,05	1,18	6,41
60-64	0,69	0,83	0,85	0,92	0,89	0,93	5,11
65-69	0,46	0,60	0,57	0,67	0,63	0,72	3,65
70-74	0,32	0,42	0,44	0,48	0,52	0,55	2,73
75-79	0,17	0,26	0,23	0,27	0,28	0,31	1,52
80 et +	0,13	0,21	0,15	0,19	0,22	0,25	1,15
Ensemble	48,73	51,27	49,47	50,53	49,76	50,24	

Source : MAEP - UPDR, 2003

Tableau 27: Répartition de la population suivant le type de logement occupé, par milieu de résidence

Milieu	Appartement	Studio	Chambre	MITT	VTM	Autres	TOTAL
Urbain	5,9	1,2	13,4	74,2	3,8	1,5	100
Rural	3,2	0,3	5,7	89,7	0,9	0,2	100
Ensemble	3,7	0,5	7,3	86,5	1,5	0,5	100

MITT : Maison Individuelle de Type Traditionnel ; VTM : Villa de type moderne

Source : INSTAT/DSM/EPM 2010

ANNEXE 17 : Méthode de mesure visuelle des défauts d'usinage par des panels experts

Après les mesures des paramètres de rugosité et d'ondulation, les 192 éprouvettes de bois de Famelona usinées ont été soumises à une évaluation visuelle des défauts. L'analyse a été faite sur la base de quatre défauts qui sont : les fibres soulevées, les fibres arrachées, les surfaces pelucheuses, critères considérés par la norme ASTM D-1666-87 (ASTM, 1987). A ces trois critères normalisés a été rajouté un autre défaut proposé par Khazaeian (2006) caractérisant la qualité de l'état de surface usiné : les traces d'usinage. En effet, ce sont ces quatre défauts qui sont supposés apparaître éventuellement sur les surfaces usinées selon le plan d'expériences élaboré. Cependant, après l'évaluation, les surfaces pelucheuses ont été absentes sur toutes les surfaces et les marques de copeaux sont apparues à la place. En outre, on a remarqué que les fibres du bois ont été retournées avant d'être arrachées, aussi, dans la suite de ce document, nous considérerons sous le terme fibres arrachées, des fibres soulevées arrachées.

Pour chaque défaut étudié, une note sur cinq niveaux a été attribuée à chaque échantillon (tableaux 29 à 32 et photo 6 (a) à (d)) de telle sorte que les niveaux 1 et 2 qualifient des états de surface acceptables, et le niveau 5 l'état de surface le plus mauvais (ASTM, 1987, *in* Ramanakoto, 2014).

Tableau 28 : Définition des critères qualifiant les surfaces avec les fibres soulevés (FS)

Critères	Intervalle des critères	Signification des critères	Niveaux				
			1	2	3	4	5
Proportion sur la surface (R en %)	$R > 75$	Présence de FS sur plus de 75 % de la surface					X
	$50 < R \leq 75$	Présence de FS sur 50 à 75 % de la surface				X	
	$25 < R \leq 50$	Présence de FS sur 25 à 50 % de la surface			X		
	$10 < R \leq 25$	Présence de FS sur 10 à 25 % de la surface		X			
	$R \leq 10$	Présence de FS sur moins de 10% de la surface	X				
Grosseur des fibres	Grosses	-					X
	Moyennes	-			X	X	X
	Fines	-	X	X	X	X	X

Tableau 29 : Définition des critères qualifiant les surfaces avec des fibres arrachées (FA)

Critères	Intervalle des critères	Signification des critères	Niveaux				
			1	2	3	4	5
Proportion sur la surface (R en %)	$R > 75$	Présence de FA sur plus de 75 % de la surface					X
	$50 < R \leq 75$	Présence de FA sur 50 à 75 % de la surface				X	
	$25 < R \leq 50$	Présence de FA sur 25 à 50 % de la surface			X		
	$10 < R \leq 25$	Présence de FA sur 10 à 25 % de la surface		X			
	$R \leq 10$	Présence de FA sur moins de 10% de la surface	X				

Profondeur des arrachements	Très profond	-					X
	Moyennement profond	-			X	X	
	Peu profond	-		X	X		
	Arrachement peu visible à l'oeil nu	-	X				

Tableau 30 : Définition des critères qualifiant les surfaces avec des traces d'usinage (TU)

Critères	Intervalle des critères	Signification des critères	Niveaux				
			1	2	3	4	5
Espacement des traces E (en mm)	E = 4	TU très larges					X
	E = 2	TU moins larges				X	
	E = 1	TU fines bien marquées			X		
	E = 1	TU fines légèrement marquées (Presque non visibles à l'oeil nu)		X			
	E = 0	Pas de traces	X				

Tableau 31 : Définition des critères qualifiant les surfaces avec des marques de copeaux (MC)

Critères	Intervalle des critères	Signification des critères	Niveaux				
			1	2	3	4	5
Nombre de marques (n)	$n > 25$	Présence de plus de 25 marques sur la surface				X	X
	$10 < n \leq 25$	Présence de 10 à 25 marques sur la surface			X		
	$3 < n \leq 10$	Présence de 3 à 10 marques sur la surface		X			
	$n \leq 3$	Présence de moins de 3 marques sur la surface	X				
Profondeur des marques	Très profond	-					X
	Moyennement Profond	-				X	
	Peu profond	-		X	X		
	Juste des traces	-	X	X	X		



(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 39 : (a) Fibres soulevés des niveaux 1 à 5 (de gauche à droite) ; (b) Fibres retournées arrachées des niveaux 1 à 5 (de gauche à droite) ; (c) Traces d'usinage des niveaux 1 à 5 (de gauche à droite) ; (d) Marques de copeaux des niveaux 2 à 5 (de gauche à droite), présentes sur les bois de Famelona usinés

(Clichés : Ramanakoto, 2014)

ANNEXE 18 : Ordre de présentation des éprouvettes suivant les postes et les plans considérés : LT ou LR

Tableau 32 : Ordre de présentation des éprouvettes pour le plan LT pour l'analyse visuelle et l'analyse viso-tactile

La deuxième colonne intitulée N° correspond à la fois au numéro du questionnaire et permet de dénombrer les personnes à enquêter qui devront être 120 au total.

N° Poste	Fiche N°	Ordre de présentation des éprouvettes															
1	1	ILT2	ILT3	ILT1	ILT4	ILT16	ILT5	ILT14	ILT6	ILT15	ILT7	ILT13	ILT8	ILT12	ILT9	ILT10	ILT11
	2	ILT12	ILT16	ILT13	ILT14	ILT10	ILT15	ILT9	ILT11	ILT8	ILT1	ILT7	ILT2	ILT6	ILT3	ILT5	ILT4
	3	ILT6	ILT7	ILT5	ILT8	ILT4	ILT9	ILT3	ILT10	ILT2	ILT13	ILT1	ILT12	ILT11	ILT16	ILT15	ILT14
	4	ILT10	ILT15	ILT9	ILT14	ILT8	ILT11	ILT7	ILT12	ILT6	ILT13	ILT5	ILT16	ILT4	ILT1	ILT3	ILT2
	5	ILT2	ILT3	ILT1	ILT4	ILT16	ILT5	ILT13	ILT6	ILT12	ILT7	ILT11	ILT8	ILT14	ILT9	ILT15	ILT10
	6	ILT9	ILT11	ILT8	ILT10	ILT7	ILT14	ILT6	ILT13	ILT5	ILT15	ILT4	ILT16	ILT3	ILT12	ILT2	ILT1
	7	ILT10	ILT12	ILT11	ILT13	ILT9	ILT15	ILT8	ILT14	ILT7	ILT16	ILT6	ILT1	ILT5	ILT2	ILT4	ILT3
	8	ILT9	ILT10	ILT8	ILT13	ILT7	ILT12	ILT6	ILT16	ILT5	ILT14	ILT4	ILT15	ILT3	ILT11	ILT2	ILT1
	9	ILT8	ILT9	ILT7	ILT11	ILT6	ILT10	ILT5	ILT12	ILT4	ILT13	ILT3	ILT15	ILT2	ILT14	ILT1	ILT16
	10	ILT6	ILT7	ILT5	ILT8	ILT4	ILT9	ILT3	ILT10	ILT2	ILT15	ILT1	ILT14	ILT16	ILT11	ILT13	ILT12
	11	ILT5	ILT6	ILT4	ILT7	ILT3	ILT8	ILT2	ILT9	ILT1	ILT10	ILT16	ILT15	ILT13	ILT14	ILT12	ILT11
	12	ILT13	ILT15	ILT14	ILT16	ILT10	ILT12	ILT11	ILT1	ILT9	ILT2	ILT8	ILT3	ILT7	ILT4	ILT6	ILT5
	13	ILT4	ILT5	ILT3	ILT6	ILT2	ILT7	ILT1	ILT8	ILT16	ILT9	ILT13	ILT10	ILT12	ILT15	ILT11	ILT14
	161	ILT2	ILT3	ILT1	ILT4	ILT16	ILT5	ILT14	ILT6	ILT15	ILT7	ILT13	ILT8	ILT12	ILT9	ILT10	ILT11
162	ILT4	ILT5	ILT3	ILT6	ILT2	ILT7	ILT1	ILT8	ILT16	ILT9	ILT13	ILT10	ILT12	ILT15	ILT11	ILT14	
2	14	ILT5	ILT6	ILT4	ILT7	ILT3	ILT8	ILT2	ILT9	ILT1	ILT10	ILT16	ILT15	ILT13	ILT14	ILT12	ILT11
	15	ILT13	ILT15	ILT14	ILT16	ILT10	ILT12	ILT11	ILT1	ILT9	ILT2	ILT8	ILT3	ILT7	ILT4	ILT6	ILT5
	16	ILT4	ILT5	ILT3	ILT6	ILT2	ILT7	ILT1	ILT8	ILT16	ILT9	ILT13	ILT10	ILT12	ILT15	ILT11	ILT14
	17	ILT15	ILT14	ILT10	ILT11	ILT9	ILT12	ILT8	ILT13	ILT7	ILT16	ILT6	ILT1	ILT5	ILT2	ILT4	ILT3
	18	ILT5	ILT6	ILT4	ILT7	ILT3	ILT8	ILT2	ILT9	ILT1	ILT10	ILT11	ILT13	ILT15	ILT12	ILT14	ILT16
	19	ILT9	ILT11	ILT8	ILT10	ILT7	ILT12	ILT6	ILT13	ILT5	ILT15	ILT4	ILT14	ILT3	ILT16	ILT2	ILT1
	20	ILT3	ILT4	ILT2	ILT5	ILT1	ILT6	ILT11	ILT7	ILT15	ILT8	ILT14	ILT9	ILT16	ILT10	ILT12	ILT13
21	ILT14	ILT16	ILT15	ILT1	ILT13	ILT2	ILT12	ILT3	ILT10	ILT4	ILT11	ILT5	ILT9	ILT6	ILT8	ILT7	

	22	IILT8	IILT9	IILT7	IILT10	IILT6	IILT15	IILT5	IILT14	IILT4	IILT11	IILT3	IILT12	IILT2	IILT13	IILT1	IILT16
	23	IILT7	IILT8	IILT6	IILT9	IILT5	IILT10	IILT4	IILT15	IILT3	IILT14	IILT2	IILT11	IILT1	IILT12	IILT16	IILT13
	24	IILT1	IILT2	IILT16	IILT3	IILT13	IILT4	IILT12	IILT5	IILT11	IILT6	IILT14	IILT7	IILT15	IILT8	IILT10	IILT9
	25	IILT4	IILT5	IILT3	IILT6	IILT2	IILT7	IILT1	IILT8	IILT11	IILT9	IILT15	IILT10	IILT14	IILT13	IILT16	IILT12
	26	IILT9	IILT10	IILT8	IILT15	IILT7	IILT11	IILT6	IILT14	IILT5	IILT16	IILT4	IILT12	IILT3	IILT13	IILT2	IILT1
	163	IILT13	IILT15	IILT14	IILT16	IILT10	IILT12	IILT11	IILT1	IILT9	IILT2	IILT8	IILT3	IILT7	IILT4	IILT6	IILT5
	164	IILT4	IILT5	IILT3	IILT6	IILT2	IILT7	IILT1	IILT8	IILT11	IILT9	IILT15	IILT10	IILT14	IILT13	IILT16	IILT12
3	27	IILT3	IILT4	IILT2	IILT5	IILT1	IILT6	IILT16	IILT7	IILT14	IILT8	IILT15	IILT9	IILT13	IILT11	IILT12	IILT10
	28	IILT15	IILT14	IILT13	IILT16	IILT12	IILT1	IILT10	IILT2	IILT11	IILT3	IILT9	IILT4	IILT8	IILT5	IILT7	IILT6
	29	IILT1	IILT2	IILT11	IILT3	IILT15	IILT4	IILT14	IILT5	IILT16	IILT6	IILT12	IILT7	IILT13	IILT8	IILT10	IILT9
	30	IILT1	IILT2	IILT16	IILT3	IILT13	IILT4	IILT12	IILT5	IILT11	IILT6	IILT14	IILT7	IILT15	IILT8	IILT10	IILT9
	31	IILT4	IILT5	IILT3	IILT6	IILT2	IILT7	IILT1	IILT8	IILT11	IILT9	IILT15	IILT10	IILT14	IILT13	IILT16	IILT12
	32	IILT9	IILT10	IILT8	IILT15	IILT7	IILT11	IILT6	IILT14	IILT5	IILT16	IILT4	IILT12	IILT3	IILT13	IILT2	IILT1
	33	IILT16	IILT1	IILT13	IILT2	IILT12	IILT3	IILT11	IILT4	IILT14	IILT5	IILT15	IILT6	IILT10	IILT7	IILT9	IILT8
	34	IILT1	IILT2	IILT16	IILT3	IILT14	IILT4	IILT15	IILT5	IILT13	IILT6	IILT12	IILT7	IILT10	IILT8	IILT11	IILT9
	35	IILT11	IILT12	IILT14	IILT13	IILT15	IILT16	IILT10	IILT1	IILT9	IILT2	IILT8	IILT3	IILT7	IILT4	IILT6	IILT5
	36	IILT8	IILT9	IILT7	IILT10	IILT6	IILT15	IILT5	IILT11	IILT4	IILT14	IILT3	IILT16	IILT2	IILT12	IILT1	IILT13
	37	IILT3	IILT4	IILT2	IILT5	IILT1	IILT6	IILT16	IILT7	IILT13	IILT8	IILT12	IILT9	IILT11	IILT10	IILT14	IILT15
	38	IILT7	IILT8	IILT6	IILT9	IILT5	IILT10	IILT4	IILT15	IILT3	IILT11	IILT2	IILT14	IILT1	IILT16	IILT13	IILT12
	39	IILT8	IILT9	IILT7	IILT11	IILT6	IILT10	IILT5	IILT14	IILT4	IILT13	IILT3	IILT15	IILT2	IILT16	IILT1	IILT12
	165	IILT1	IILT2	IILT11	IILT3	IILT15	IILT4	IILT14	IILT5	IILT16	IILT6	IILT12	IILT7	IILT13	IILT8	IILT10	IILT9
166	IILT3	IILT4	IILT2	IILT5	IILT1	IILT6	IILT16	IILT7	IILT13	IILT8	IILT12	IILT9	IILT11	IILT10	IILT14	IILT15	
4	40	IVLT15	IVLT16	IVLT13	IVLT12	IVLT14	IVLT1	IVLT10	IVLT2	IVLT11	IVLT3	IVLT9	IVLT4	IVLT8	IVLT5	IVLT7	IVLT6
	41	IVLT11	IVLT10	IVLT9	IVLT12	IVLT8	IVLT13	IVLT7	IVLT15	IVLT6	IVLT14	IVLT5	IVLT16	IVLT4	IVLT1	IVLT3	IVLT2
	42	IVLT9	IVLT10	IVLT8	IVLT15	IVLT7	IVLT14	IVLT6	IVLT11	IVLT5	IVLT12	IVLT4	IVLT13	IVLT3	IVLT16	IVLT2	IVLT1
	43	IVLT11	IVLT14	IVLT15	IVLT16	IVLT10	IVLT12	IVLT9	IVLT13	IVLT8	IVLT1	IVLT7	IVLT2	IVLT6	IVLT3	IVLT5	IVLT4
	44	IVLT6	IVLT7	IVLT5	IVLT8	IVLT4	IVLT9	IVLT3	IVLT11	IVLT2	IVLT10	IVLT1	IVLT12	IVLT16	IVLT13	IVLT14	IVLT15
	45	IVLT4	IVLT5	IVLT3	IVLT6	IVLT2	IVLT7	IVLT1	IVLT8	IVLT16	IVLT9	IVLT14	IVLT11	IVLT15	IVLT10	IVLT13	IVLT12

	46	IVLT3	IVLT4	IVLT2	IVLT5	IVLT1	IVLT6	IVLT16	IVLT7	IVLT13	IVLT8	IVLT12	IVLT9	IVLT11	IVLT10	IVLT14	IVLT15
	47	IVLT7	IVLT8	IVLT6	IVLT9	IVLT5	IVLT10	IVLT4	IVLT15	IVLT3	IVLT11	IVLT2	IVLT14	IVLT1	IVLT16	IVLT13	IVLT12
	48	IVLT8	IVLT9	IVLT7	IVLT11	IVLT6	IVLT10	IVLT5	IVLT14	IVLT4	IVLT13	IVLT3	IVLT15	IVLT2	IVLT16	IVLT1	IVLT12
	49	IVLT12	IVLT13	IVLT11	IVLT16	IVLT14	IVLT1	IVLT15	IVLT2	IVLT10	IVLT3	IVLT9	IVLT4	IVLT8	IVLT5	IVLT7	IVLT6
	50	IVLT2	IVLT3	IVLT1	IVLT4	IVLT11	IVLT5	IVLT15	IVLT6	IVLT14	IVLT7	IVLT16	IVLT8	IVLT12	IVLT9	IVLT13	IVLT10
	51	IVLT5	IVLT6	IVLT4	IVLT7	IVLT3	IVLT8	IVLT2	IVLT9	IVLT1	IVLT11	IVLT16	IVLT10	IVLT14	IVLT12	IVLT15	IVLT13
	52	IVLT12	IVLT13	IVLT16	IVLT1	IVLT14	IVLT2	IVLT11	IVLT3	IVLT15	IVLT4	IVLT10	IVLT5	IVLT9	IVLT6	IVLT8	IVLT7
	167	IVLT11	IVLT14	IVLT15	IVLT16	IVLT10	IVLT12	IVLT9	IVLT13	IVLT8	IVLT1	IVLT7	IVLT2	IVLT6	IVLT3	IVLT5	IVLT4
	168	IVLT12	IVLT13	IVLT11	IVLT16	IVLT14	IVLT1	IVLT15	IVLT2	IVLT10	IVLT3	IVLT9	IVLT4	IVLT8	IVLT5	IVLT7	IVLT6
5	53	VLT3	VLT4	VLT2	VLT5	VLT1	VLT6	VLT13	VLT7	VLT12	VLT8	VLT16	VLT9	VLT14	VLT10	VLT11	VLT15
	54	VLT14	VLT15	VLT16	VLT11	VLT12	VLT1	VLT13	VLT2	VLT10	VLT3	VLT9	VLT4	VLT8	VLT5	VLT7	VLT6
	55	VLT6	VLT7	VLT5	VLT8	VLT4	VLT9	VLT3	VLT10	VLT2	VLT15	VLT1	VLT11	VLT13	VLT14	VLT12	VLT16
	56	VLT11	VLT10	VLT9	VLT14	VLT8	VLT13	VLT7	VLT15	VLT6	VLT16	VLT5	VLT12	VLT4	VLT1	VLT3	VLT2
	57	VLT13	VLT15	VLT12	VLT14	VLT10	VLT16	VLT11	VLT1	VLT9	VLT2	VLT8	VLT3	VLT7	VLT4	VLT6	VLT5
	58	VLT12	VLT13	VLT10	VLT15	VLT11	VLT14	VLT9	VLT16	VLT8	VLT1	VLT7	VLT2	VLT6	VLT3	VLT5	VLT4
	59	VLT7	VLT8	VLT6	VLT9	VLT5	VLT11	VLT4	VLT10	VLT3	VLT12	VLT2	VLT13	VLT1	VLT15	VLT16	VLT14
	60	VLT5	VLT6	VLT4	VLT7	VLT3	VLT8	VLT2	VLT9	VLT1	VLT10	VLT13	VLT15	VLT12	VLT11	VLT16	VLT14
	61	VLT15	VLT11	VLT10	VLT14	VLT9	VLT16	VLT8	VLT12	VLT7	VLT13	VLT6	VLT1	VLT5	VLT2	VLT4	VLT3
	62	VLT2	VLT3	VLT1	VLT4	VLT11	VLT5	VLT15	VLT6	VLT14	VLT7	VLT16	VLT8	VLT12	VLT9	VLT13	VLT10
	63	VLT10	VLT14	VLT11	VLT13	VLT9	VLT15	VLT8	VLT16	VLT7	VLT12	VLT6	VLT1	VLT5	VLT2	VLT4	VLT3
	64	VLT3	VLT4	VLT2	VLT5	VLT1	VLT6	VLT12	VLT7	VLT16	VLT8	VLT15	VLT9	VLT13	VLT11	VLT14	VLT10
	65	VLT12	VLT1	VLT16	VLT2	VLT15	VLT3	VLT13	VLT4	VLT14	VLT5	VLT10	VLT6	VLT11	VLT7	VLT9	VLT8
169	VLT13	VLT15	VLT12	VLT14	VLT10	VLT16	VLT11	VLT1	VLT9	VLT2	VLT8	VLT3	VLT7	VLT4	VLT6	VLT5	
170	VLT15	VLT11	VLT10	VLT14	VLT9	VLT16	VLT8	VLT12	VLT7	VLT13	VLT6	VLT1	VLT5	VLT2	VLT4	VLT3	
6	66	VILT5	VILT6	VILT4	VILT7	VILT3	VILT8	VILT2	VILT9	VILT1	VILT11	VILT16	VILT10	VILT14	VILT12	VILT15	VILT13
	67	VILT12	VILT13	VILT16	VILT1	VILT14	VILT2	VILT11	VILT3	VILT15	VILT4	VILT10	VILT5	VILT9	VILT6	VILT8	VILT7
	68	VILT10	VILT15	VILT9	VILT11	VILT8	VILT14	VILT7	VILT16	VILT6	VILT12	VILT5	VILT13	VILT4	VILT1	VILT3	VILT2
	69	VILT16	VILT14	VILT12	VILT15	VILT13	VILT11	VILT10	VILT1	VILT9	VILT2	VILT8	VILT3	VILT7	VILT4	VILT6	VILT5

70	VILT16	VILT1	VILT14	VILT2	VILT15	VILT3	VILT13	VILT4	VILT12	VILT5	VILT10	VILT6	VILT11	VILT7	VILT9	VILT8
71	VILT2	VILT3	VILT1	VILT4	VILT12	VILT5	VILT16	VILT6	VILT15	VILT7	VILT13	VILT8	VILT14	VILT9	VILT10	VILT11
72	VILT10	VILT13	VILT9	VILT12	VILT8	VILT16	VILT7	VILT14	VILT6	VILT15	VILT5	VILT11	VILT4	VILT1	VILT3	VILT2
73	VILT6	VILT7	VILT5	VILT8	VILT4	VILT9	VILT3	VILT11	VILT2	VILT10	VILT1	VILT14	VILT12	VILT13	VILT16	VILT15
74	VILT14	VILT11	VILT15	VILT12	VILT10	VILT13	VILT9	VILT16	VILT8	VILT1	VILT7	VILT2	VILT6	VILT3	VILT5	VILT4
75	VILT13	VILT16	VILT12	VILT1	VILT11	VILT2	VILT14	VILT3	VILT15	VILT4	VILT10	VILT5	VILT9	VILT6	VILT8	VILT7
76	VILT16	VILT12	VILT14	VILT13	VILT11	VILT1	VILT15	VILT2	VILT10	VILT3	VILT9	VILT4	VILT8	VILT5	VILT7	VILT6
77	VILT2	VILT3	VILT1	VILT4	VILT13	VILT5	VILT12	VILT6	VILT16	VILT7	VILT14	VILT8	VILT11	VILT9	VILT15	VILT10
78	VILT13	VILT1	VILT12	VILT2	VILT16	VILT3	VILT14	VILT4	VILT11	VILT5	VILT15	VILT6	VILT10	VILT7	VILT9	VILT8
79	VILT11	VILT1	VILT15	VILT2	VILT14	VILT3	VILT16	VILT4	VILT12	VILT5	VILT13	VILT6	VILT10	VILT7	VILT9	VILT8
80	VILT7	VILT8	VILT6	VILT9	VILT5	VILT10	VILT4	VILT13	VILT3	VILT12	VILT2	VILT16	VILT1	VILT14	VILT11	VILT15

Tableau 33 : Ordre de présentation des éprouvettes pour le plan LR pour l'analyse visuelle et l'analyse viso-tactile

La deuxième colonne intitulée N° correspond à la fois au numéro du questionnaire et permet de dénombrer les personnes à enquêter qui devront être 120 au total.

N° Poste	Fiche N°	Ordre de présentation des éprouvettes															
1	81	ILR2	ILR3	ILR1	ILR4	ILR16	ILR5	ILR14	ILR6	ILR15	ILR7	ILR13	ILR8	ILR12	ILR9	ILR10	ILR11
	82	ILR12	ILR16	ILR13	ILR14	ILR10	ILR15	ILR9	ILR11	ILR8	ILR1	ILR7	ILR2	ILR6	ILR3	ILR5	ILR4
	83	ILR6	ILR7	ILR5	ILR8	ILR4	ILR9	ILR3	ILR10	ILR2	ILR13	ILR1	ILR12	ILR11	ILR16	ILR15	ILR14
	84	ILR10	ILR15	ILR9	ILR14	ILR8	ILR11	ILR7	ILR12	ILR6	ILR13	ILR5	ILR16	ILR4	ILR1	ILR3	ILR2
	85	ILR2	ILR3	ILR1	ILR4	ILR16	ILR5	ILR13	ILR6	ILR12	ILR7	ILR11	ILR8	ILR14	ILR9	ILR15	ILR10
	86	ILR9	ILR11	ILR8	ILR10	ILR7	ILR14	ILR6	ILR13	ILR5	ILR15	ILR4	ILR16	ILR3	ILR12	ILR2	ILR1
	87	ILR10	ILR12	ILR11	ILR13	ILR9	ILR15	ILR8	ILR14	ILR7	ILR16	ILR6	ILR1	ILR5	ILR2	ILR4	ILR3
	88	ILR9	ILR10	ILR8	ILR13	ILR7	ILR12	ILR6	ILR16	ILR5	ILR14	ILR4	ILR15	ILR3	ILR11	ILR2	ILR1
	89	ILR8	ILR9	ILR7	ILR11	ILR6	ILR10	ILR5	ILR12	ILR4	ILR13	ILR3	ILR15	ILR2	ILR14	ILR1	ILR16
	90	ILR6	ILR7	ILR5	ILR8	ILR4	ILR9	ILR3	ILR10	ILR2	ILR15	ILR1	ILR14	ILR16	ILR11	ILR13	ILR12
	91	ILR15	ILR14	ILR13	ILR16	ILR12	ILR1	ILR10	ILR2	ILR11	ILR3	ILR9	ILR4	ILR8	ILR5	ILR7	ILR6
	92	ILR6	ILR7	ILR5	ILR8	ILR4	ILR9	ILR3	ILR10	ILR2	ILR13	ILR1	ILR12	ILR11	ILR16	ILR15	ILR14
	93	ILR7	ILR8	ILR6	ILR9	ILR5	ILR10	ILR4	ILR15	ILR3	ILR14	ILR2	ILR11	ILR1	ILR12	ILR16	ILR13

	159	ILR9	ILR10	ILR8	ILR15	ILR7	ILR14	ILR6	ILR11	ILR5	ILR12	ILR4	ILR13	ILR3	ILR16	ILR2	ILR1
2	94	IILR5	IILR6	IILR4	IILR7	IILR3	IILR8	IILR2	IILR9	IILR1	IILR10	IILR16	IILR15	IILR13	IILR14	IILR12	IILR11
	95	IILR13	IILR15	IILR14	IILR16	IILR10	IILR12	IILR11	IILR1	IILR9	IILR2	IILR8	IILR3	IILR7	IILR4	IILR6	IILR5
	96	IILR4	IILR5	IILR3	IILR6	IILR2	IILR7	IILR1	IILR8	IILR16	IILR9	IILR13	IILR10	IILR12	IILR15	IILR11	IILR14
	97	IILR15	IILR14	IILR10	IILR11	IILR9	IILR12	IILR8	IILR13	IILR7	IILR16	IILR6	IILR1	IILR5	IILR2	IILR4	IILR3
	98	IILR5	IILR6	IILR4	IILR7	IILR3	IILR8	IILR2	IILR9	IILR1	IILR10	IILR11	IILR13	IILR15	IILR12	IILR14	IILR16
	99	IILR9	IILR11	IILR8	IILR10	IILR7	IILR12	IILR6	IILR13	IILR5	IILR15	IILR4	IILR14	IILR3	IILR16	IILR2	IILR1
	100	IILR3	IILR4	IILR2	IILR5	IILR1	IILR6	IILR11	IILR7	IILR15	IILR8	IILR14	IILR9	IILR16	IILR10	IILR12	IILR13
	101	IILR14	IILR16	IILR15	IILR1	IILR13	IILR2	IILR12	IILR3	IILR10	IILR4	IILR11	IILR5	IILR9	IILR6	IILR8	IILR7
	102	IILR8	IILR9	IILR7	IILR10	IILR6	IILR15	IILR5	IILR14	IILR4	IILR11	IILR3	IILR12	IILR2	IILR13	IILR1	IILR16
	103	IILR7	IILR8	IILR6	IILR9	IILR5	IILR10	IILR4	IILR15	IILR3	IILR14	IILR2	IILR11	IILR1	IILR12	IILR16	IILR13
	104	IILR11	IILR10	IILR9	IILR14	IILR8	IILR13	IILR7	IILR15	IILR6	IILR16	IILR5	IILR12	IILR4	IILR1	IILR3	IILR2
	105	IILR8	IILR9	IILR7	IILR11	IILR6	IILR10	IILR5	IILR14	IILR4	IILR13	IILR3	IILR15	IILR2	IILR16	IILR1	IILR12
	106	IILR13	IILR15	IILR14	IILR16	IILR10	IILR12	IILR11	IILR1	IILR9	IILR2	IILR8	IILR3	IILR7	IILR4	IILR6	IILR5
160	IILR13	IILR15	IILR14	IILR16	IILR10	IILR12	IILR11	IILR1	IILR9	IILR2	IILR8	IILR3	IILR7	IILR4	IILR6	IILR5	
3	107	IIILR3	IIILR4	IIILR2	IIILR5	IIILR1	IIILR6	IIILR16	IIILR7	IIILR14	IIILR8	IIILR15	IIILR9	IIILR13	IIILR11	IIILR12	IIILR10
	108	IIILR15	IIILR14	IIILR13	IIILR16	IIILR12	IIILR1	IIILR10	IIILR2	IIILR11	IIILR3	IIILR9	IIILR4	IIILR8	IIILR5	IIILR7	IIILR6
	109	IIILR1	IIILR2	IIILR11	IIILR3	IIILR15	IIILR4	IIILR14	IIILR5	IIILR16	IIILR6	IIILR12	IIILR7	IIILR13	IIILR8	IIILR10	IIILR9
	110	IIILR1	IIILR2	IIILR16	IIILR3	IIILR13	IIILR4	IIILR12	IIILR5	IIILR11	IIILR6	IIILR14	IIILR7	IIILR15	IIILR8	IIILR10	IIILR9
	111	IIILR4	IIILR5	IIILR3	IIILR6	IIILR2	IIILR7	IIILR1	IIILR8	IIILR11	IIILR9	IIILR15	IIILR10	IIILR14	IIILR13	IIILR16	IIILR12
	112	IIILR9	IIILR10	IIILR8	IIILR15	IIILR7	IIILR11	IIILR6	IIILR14	IIILR5	IIILR16	IIILR4	IIILR12	IIILR3	IIILR13	IIILR2	IIILR1
	113	IIILR16	IIILR1	IIILR13	IIILR2	IIILR12	IIILR3	IIILR11	IIILR4	IIILR14	IIILR5	IIILR15	IIILR6	IIILR10	IIILR7	IIILR9	IIILR8
	114	IIILR1	IIILR2	IIILR16	IIILR3	IIILR14	IIILR4	IIILR15	IIILR5	IIILR13	IIILR6	IIILR12	IIILR7	IIILR10	IIILR8	IIILR11	IIILR9
	115	IIILR11	IIILR12	IIILR14	IIILR13	IIILR15	IIILR16	IIILR10	IIILR1	IIILR9	IIILR2	IIILR8	IIILR3	IIILR7	IIILR4	IIILR6	IIILR5
	116	IIILR8	IIILR9	IIILR7	IIILR10	IIILR6	IIILR15	IIILR5	IIILR11	IIILR4	IIILR14	IIILR3	IIILR16	IIILR2	IIILR12	IIILR1	IIILR13
117	IIILR2	IIILR3	IIILR1	IIILR4	IIILR11	IIILR5	IIILR15	IIILR6	IIILR14	IIILR7	IIILR16	IIILR8	IIILR12	IIILR9	IIILR13	IIILR10	
118	IIILR3	IIILR4	IIILR2	IIILR5	IIILR1	IIILR6	IIILR16	IIILR7	IIILR14	IIILR8	IIILR15	IIILR9	IIILR13	IIILR11	IIILR12	IIILR10	

	119	IIILR12	IIILR13	IIILR11	IIILR16	IIILR14	IIILR1	IIILR15	IIILR2	IIILR10	IIILR3	IIILR9	IIILR4	IIILR8	IIILR5	IIILR7	IIILR6
	171	IIILR1	IIILR2	IIILR11	IIILR3	IIILR15	IIILR4	IIILR14	IIILR5	IIILR16	IIILR6	IIILR12	IIILR7	IIILR13	IIILR8	IIILR10	IIILR9
4	120	IVLR15	IVLR16	IVLR13	IVLR12	IVLR14	IVLR1	IVLR10	IVLR2	IVLR11	IVLR3	IVLR9	IVLR4	IVLR8	IVLR5	IVLR7	IVLR6
	121	IVLR11	IVLR10	IVLR9	IVLR12	IVLR8	IVLR13	IVLR7	IVLR15	IVLR6	IVLR14	IVLR5	IVLR16	IVLR4	IVLR1	IVLR3	IVLR2
	122	IVLR9	IVLR10	IVLR8	IVLR15	IVLR7	IVLR14	IVLR6	IVLR11	IVLR5	IVLR12	IVLR4	IVLR13	IVLR3	IVLR16	IVLR2	IVLR1
	123	IVLR11	IVLR14	IVLR15	IVLR16	IVLR10	IVLR12	IVLR9	IVLR13	IVLR8	IVLR1	IVLR7	IVLR2	IVLR6	IVLR3	IVLR5	IVLR4
	124	IVLR6	IVLR7	IVLR5	IVLR8	IVLR4	IVLR9	IVLR3	IVLR11	IVLR2	IVLR10	IVLR1	IVLR12	IVLR16	IVLR13	IVLR14	IVLR15
	125	IVLR4	IVLR5	IVLR3	IVLR6	IVLR2	IVLR7	IVLR1	IVLR8	IVLR16	IVLR9	IVLR14	IVLR11	IVLR15	IVLR10	IVLR13	IVLR12
	126	IVLR3	IVLR4	IVLR2	IVLR5	IVLR1	IVLR6	IVLR16	IVLR7	IVLR13	IVLR8	IVLR12	IVLR9	IVLR11	IVLR10	IVLR14	IVLR15
	127	IVLR7	IVLR8	IVLR6	IVLR9	IVLR5	IVLR10	IVLR4	IVLR15	IVLR3	IVLR11	IVLR2	IVLR14	IVLR1	IVLR16	IVLR13	IVLR12
	128	IVLR8	IVLR9	IVLR7	IVLR11	IVLR6	IVLR10	IVLR5	IVLR14	IVLR4	IVLR13	IVLR3	IVLR15	IVLR2	IVLR16	IVLR1	IVLR12
	129	IVLR12	IVLR13	IVLR11	IVLR16	IVLR14	IVLR1	IVLR15	IVLR2	IVLR10	IVLR3	IVLR9	IVLR4	IVLR8	IVLR5	IVLR7	IVLR6
	130	IVLR2	IVLR3	IVLR1	IVLR4	IVLR13	IVLR5	IVLR12	IVLR6	IVLR16	IVLR7	IVLR14	IVLR8	IVLR11	IVLR9	IVLR15	IVLR10
	131	IVLR7	IVLR8	IVLR6	IVLR9	IVLR5	IVLR10	IVLR4	IVLR13	IVLR3	IVLR12	IVLR2	IVLR16	IVLR1	IVLR14	IVLR11	IVLR15
	132	IVLR15	IVLR11	IVLR10	IVLR14	IVLR9	IVLR16	IVLR8	IVLR12	IVLR7	IVLR13	IVLR6	IVLR1	IVLR5	IVLR2	IVLR4	IVLR3
	172	IVLR11	IVLR14	IVLR15	IVLR16	IVLR10	IVLR12	IVLR9	IVLR13	IVLR8	IVLR1	IVLR7	IVLR2	IVLR6	IVLR3	IVLR5	IVLR4
5	133	VLR3	VLR4	VLR2	VLR5	VLR1	VLR6	VLR13	VLR7	VLR12	VLR8	VLR16	VLR9	VLR14	VLR10	VLR11	VLR15
	134	VLR14	VLR15	VLR16	VLR11	VLR12	VLR1	VLR13	VLR2	VLR10	VLR3	VLR9	VLR4	VLR8	VLR5	VLR7	VLR6
	135	VLR6	VLR7	VLR5	VLR8	VLR4	VLR9	VLR3	VLR10	VLR2	VLR15	VLR1	VLR11	VLR13	VLR14	VLR12	VLR16
	136	VLR11	VLR10	VLR9	VLR14	VLR8	VLR13	VLR7	VLR15	VLR6	VLR16	VLR5	VLR12	VLR4	VLR1	VLR3	VLR2
	137	VLR13	VLR15	VLR12	VLR14	VLR10	VLR16	VLR11	VLR1	VLR9	VLR2	VLR8	VLR3	VLR7	VLR4	VLR6	VLR5
	138	VLR12	VLR13	VLR10	VLR15	VLR11	VLR14	VLR9	VLR16	VLR8	VLR1	VLR7	VLR2	VLR6	VLR3	VLR5	VLR4
	139	VLR7	VLR8	VLR6	VLR9	VLR5	VLR11	VLR4	VLR10	VLR3	VLR12	VLR2	VLR13	VLR1	VLR15	VLR16	VLR14
	140	VLR5	VLR6	VLR4	VLR7	VLR3	VLR8	VLR2	VLR9	VLR1	VLR10	VLR13	VLR15	VLR12	VLR11	VLR16	VLR14
	141	VLR15	VLR11	VLR10	VLR14	VLR9	VLR16	VLR8	VLR12	VLR7	VLR13	VLR6	VLR1	VLR5	VLR2	VLR4	VLR3
	142	VLR2	VLR3	VLR1	VLR4	VLR11	VLR5	VLR15	VLR6	VLR14	VLR7	VLR16	VLR8	VLR12	VLR9	VLR13	VLR10
	143	VLR15	VLR14	VLR10	VLR11	VLR9	VLR12	VLR8	VLR13	VLR7	VLR16	VLR6	VLR1	VLR5	VLR2	VLR4	VLR3

	144	VLR13	VLR15	VLR12	VLR14	VLR10	VLR16	VLR11	VLR1	VLR9	VLR2	VLR8	VLR3	VLR7	VLR4	VLR6	VLR5
	145	VLR2	VLR3	VLR1	VLR4	VLR16	VLR5	VLR14	VLR6	VLR15	VLR7	VLR13	VLR8	VLR12	VLR9	VLR10	VLR11
	173	VLR13	VLR15	VLR12	VLR14	VLR10	VLR16	VLR11	VLR1	VLR9	VLR2	VLR8	VLR3	VLR7	VLR4	VLR6	VLR5
6	146	VILR5	VILR6	VILR4	VILR7	VILR3	VILR8	VILR2	VILR9	VILR1	VILR11	VILR16	VILR10	VILR14	VILR12	VILR15	VILR13
	147	VILR12	VILR13	VILR16	VILR1	VILR14	VILR2	VILR11	VILR3	VILR15	VILR4	VILR10	VILR5	VILR9	VILR6	VILR8	VILR7
	148	VILR10	VILR15	VILR9	VILR11	VILR8	VILR14	VILR7	VILR16	VILR6	VILR12	VILR5	VILR13	VILR4	VILR1	VILR3	VILR2
	149	VILR16	VILR14	VILR12	VILR15	VILR13	VILR11	VILR10	VILR1	VILR9	VILR2	VILR8	VILR3	VILR7	VILR4	VILR6	VILR5
	150	VILR16	VILR1	VILR14	VILR2	VILR15	VILR3	VILR13	VILR4	VILR12	VILR5	VILR10	VILR6	VILR11	VILR7	VILR9	VILR8
	151	VILR2	VILR3	VILR1	VILR4	VILR12	VILR5	VILR16	VILR6	VILR15	VILR7	VILR13	VILR8	VILR14	VILR9	VILR10	VILR11
	152	VILR10	VILR13	VILR9	VILR12	VILR8	VILR16	VILR7	VILR14	VILR6	VILR15	VILR5	VILR11	VILR4	VILR1	VILR3	VILR2
	153	VILR6	VILR7	VILR5	VILR8	VILR4	VILR9	VILR3	VILR11	VILR2	VILR10	VILR1	VILR14	VILR12	VILR13	VILR16	VILR15
	154	VILR14	VILR11	VILR15	VILR12	VILR10	VILR13	VILR9	VILR16	VILR8	VILR1	VILR7	VILR2	VILR6	VILR3	VILR5	VILR4
	155	VILR13	VILR16	VILR12	VILR1	VILR11	VILR2	VILR14	VILR3	VILR15	VILR4	VILR10	VILR5	VILR9	VILR6	VILR8	VILR7
	156	VILR12	VILR13	VILR16	VILR1	VILR14	VILR2	VILR11	VILR3	VILR15	VILR4	VILR10	VILR5	VILR9	VILR6	VILR8	VILR7
	157	VILR9	VILR10	VILR8	VILR15	VILR7	VILR11	VILR6	VILR14	VILR5	VILR16	VILR4	VILR12	VILR3	VILR13	VILR2	VILR1
	158	VILR16	VILR12	VILR14	VILR13	VILR11	VILR1	VILR15	VILR2	VILR10	VILR3	VILR9	VILR4	VILR8	VILR5	VILR7	VILR6
	174	VILR2	VILR3	VILR1	VILR4	VILR12	VILR5	VILR16	VILR6	VILR15	VILR7	VILR13	VILR8	VILR14	VILR9	VILR10	VILR11

**ANNEXE 19 : Consignes à lire (et à afficher) à chaque personne enquêtée lors de l'analyse sensorielle pour le bon déroulement des tests
DIRECTIVES / TORO-LALANA**

Consignes orales à présenter à chaque groupe (6 personnes) avant de rejoindre les cabines individuelles

Nous vous remercions infiniment de votre participation. Vous avez été convié ici pour une évaluation sensorielle dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Forestier à l'ESSA. L'objectif de l'étude est de déterminer les préférences des consommateurs en bois d'ameublement et de contribuer à l'amélioration de l'usinage du bois. Ainsi, vous serez placé individuellement dans une cabine, en position assise, avec un éclairage électrique, et une table où seront posés des échantillons de bois dont les surfaces ont été usinées pour une finition en ameublement (armoire, lit, table, chaise, etc.). Ces échantillons de bois vous seront présentés un à un avec des consignes spécifiques en deux étapes : une pour l'analyse visuelle et une pour l'analyse viso-tactile.

Pour l'analyse visuelle, des fiches de notation vous seront données avec les directives et les grilles de notation. Un échantillon sera présenté sur un plateau, ne le touchez pas, observez seulement la surface, vous pouvez vous pencher, observer la surface sous tous les angles possibles. Effectuer la notation selon votre préférence, allant de 1 à 10, 1 correspondant à la note la plus mauvaise et 10 la plus bonne, cochez sur la note correspondant à votre préférence. Ensuite, appuyez sur le bouton indiqué pour signaler à l'opérateur responsable de présenter le prochain échantillon. Procéder ainsi de suite jusqu'au 16^{ème} échantillon.

On passera alors à la deuxième étape : l'analyse viso-tactile. Des fiches de notation vous seront données avec les directives et les grilles de notation. Un échantillon vous sera présenté à même la table, prenez le avec une main et effleurer la surface avec l'autre main pour pouvoir bien l'apprécier, avec un doigt bien défini : l'index. Vous avez droit à deux (2) aller-retour. Faites bien attention de ne pas abimer la surface, n'appuyer pas sur la surface, ne gratter pas la surface. De même que précédemment, effectuer la notation selon votre préférence, allant de 1 à 10, 1 correspondant à la note la plus mauvaise et 10 la plus bonne, cochez sur la note correspondant à votre préférence. Ensuite, appuyez sur le bouton indiqué pour signaler à l'opérateur responsable de présenter le prochain échantillon. Procéder ainsi jusqu'au 16^{ème} échantillon.

Enfin, une troisième fiche vous sera présentée, elle comprend des informations relatives à votre identité qui nous serviront à l'analyse des résultats. Merci infiniment pour votre participation !

Misaotra betsaka anareo mandray anjara. Nasaina ianareo amin'ity « évaluation sensorielle » ity izay tafiditra ao anatin'ny asa fikarohana mba ahazoana ny diplaoma ana Injeniera "Rano sy Ala" ao amin'I ESSA Agro. Ny tanjon'ny fikarohana dia ny mba hahafantarana ny fitiavan'ny mpanjifa momba ny halaman'ny hazo ampiasaina amin'ny rafitra sy ny fanaka, sy mba hanatsarana ny fanamboarana ny fanaka. Noho izany dia asaina ianareo hahazo toerana tsirairay ao amin'ny efitra iray, mipetraka, misy jiro ary misy latabatra izay hametrahana ireohazo ho alalinina. Marihina fa ampiasaina ho amin'ny fanaka ireo karazana halama norafetina tamin'ireo hazo ireo. Ny hazo dia aroso tsirairay manaraka ny toro-lalana ary araka ny zavatra hatao izay mizara roa samy hafa : « analyse visuelle » na fizahana amin'ny alalan'ny fijeren'ny maso sy « analyse viso-tactile » na fizahana amin'ny alalan'ny fampiasana ny maso sy ny tanana.

Ho an'ny « analyse visuelle », omena taratasy ianareo miaraka amin'ny toro-lalana sy ny fametrahana naoty. Omena hazo iray mipetraka ambony plateau ianareo, aza kasihina, jereo fotsiny ny faritra eo ambony, afaka miondrika ianareo, afaka mijery araka ny halavirana izay tianareo. Omeo naoty arakan'ny fitiavanareo ny zavatra hitanareo, 1 hatramin'ny 10, 1 mifanaraka amin'ny naoty ratsy indrindra, ary 10 mifanaraka amin'ny tsara indrindra. Mariho ny efa-joro mifanaraka amin'ny naoty. Rehefa vita izay dia potsero ny bokotra atoro anao, hisy haka iohazo io ary hisy hazo hafa iray indray aroso anao, Manaova toy izay

hatramin'ny hazo 16 dia potsero hatrany ny bokotra rehefa vita ny fanomezana naoty.

Manaraka izany, ho an'ny « analyse viso-tactile », omena taratasy ianareo miaraka amin'ny toro-lalana sy ny fametrahana naoty. Omena hazo iray ianao izay apetraka eo ambony latabatra,. Raiso amin'ny tanana ilany ny hazo, ary ny tanana ilany kosa, amin'ny alalan'ny fanondro, misafo ny faritra atoro anao. Omeo naoty arakany fitiavanao ny halaman'ilay hazohitanao sy tsapanao, 1 hatramin'ny 10, 1 mifanaraka amin'ny naoty ratsy indrindra, ary 10 mifanaraka amin'ny tsara indrindra. Mariho ny efa-joro mifanaraka amin'ny naoty. Rehefa vita izay dia potsero ny bokotra atoro anao, hisy haka iohazo io ary hisy hazo hafa iray indray aroso anao, Manaova toy izay hatramin'ny hazo faha-16 dia potsero hatrany ny bokotra rehefa vita ny fanomezana naoty.

Farany,omena taratasy iray hafa ianao amenoanao ny mombamomba anao izay manampy anay amin'ny fandinihana ny valin'ny fikarohana. Misaotra indrindra amin'ny fandraisana anjara.

Directives pour l'analyse visuelle

16 états de surface de bois pour l'ameublement vous seront présentés un à un sur un plateau. **Observez seulement** toute la surface indiquée dans tous les angles qui vous plaisent, vous pouvez vous pencher.

Attention! **Ne touchez pas le bois.** Attribuez une note allant de 1 à 10 selon votre préférence. Appuyer sur le bouton rouge à votre gauche et on vous donnera le prochain échantillon.

Toy izao ny toro- lalana

16 ny hazo aroso anao tsirairay ambony fitoerany, izay fampiasa amin'ny rafitra fanaka . Jereo ny faritra eo ambony amin'ny akaikazana izay tianao rehetra, afaka miondrika ianao. Tandremo, aza kasihana ny hazo.

Omeo naoty 1 hatramin'ny 10 araka ny safidinao.

Potsero ny bokotra mena dia ho aroso anao ny hazo manaraka.

Directives pour l'analyse viso-tactile

16 états de surface pour l'ameublement vous seront présentés un à un. Cette fois-ci, observez et en même temps effleurer chaque surface indiquée avec votre **index**. Vous avez droit à **DEUX allers- retours maximum**.

N'appuyez pas sur la surface, ne grattez pas la surface !

Attribuez une note allant de 1 à 10 selon votre préférence.

Appuyer sur le bouton rouge à votre gauche et on vous donnera le prochain échantillon.

Toy izao ny toro- lalana

16 nykarazana halaman'ny hazo aroso anao tsirairay avy izay fampiasa amin'ny rafitra fanaka. Amin'ity indray mitoraka ity, jereo sady safofy tsimoramora amin'ny ratsan-tanana **fanondro** ny hazo amin'ny faritra atoro anao. **Aza potserina mafy ary aza kikisana eo amin'ny faritra asiana safoina.**

Omeo naoty 1 hatramin'ny 10 araka ny safidinao.

Potsero ny bokotra mena dia ho aroso anao ny hazo manaraka.



Cocher **1 case** selon la note que vous attribuez

Mariho ny **efajoro 1** araka ny naoty omenareo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Détesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>

ANNEXE 20 : Fiche de notation N°1 - Analyse Visuelle

Date :

Poste n°

Fiche N° :

DIRECTIVES

16 états de surface de bois pour l'ameublement vous seront présentés **un à un** sur un plateau. **Observez seulement** toute la surface indiquée dans tous les angles qui vous plaisent, vous pouvez vous pencher.

Attention ! **Ne touchez pas le bois**. Attribuez une note allant de 1 à 10 selon votre préférence. Appuyer sur le bouton indiqué et on vous donnera le prochain échantillon.

TOY IZAO NY TORO- LALANA

16 ny hazo aroso anao **tsirairay** ambony fitoerany, izay fampiasa amin'ny rafitra fanaka . **Jereo tsara fotsiny** ny faritra eo ambony amin'ny akaikazana izay tianao rehetra, afaka miondrika ianao. Tandremo, **aza kasihana ny hazo**.

Omeo naoty 1 hatramin'ny 10 araka ny safidinao. Potsero ny bokotra dia ho aroso anao ny hazo manaraka.

 Cocher 1 case selon la note que vous attribuez
Mariho ny efajoro 1 araka ny naoty omenareo

									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Détesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
Halako	Tsy tiako mihitsy	Tsy tiako	Tsy dia tiako	Mitady ho tiako	Tiako ihany	Tiako	Tiako be	Tena tiako	Tiako tanteraka

N° Echantillon

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="checkbox"/>									
Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
Halako	Tsy tiako mihitsy	Tsy tiako	Tsy dia tiako	Mitady ho tiako	Tiako ihany	Tiako	Tiako be	Tena tiako	Tiako tanteraka

Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="checkbox"/>									
Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
Halako	Tsy tiako mihitsy	Tsy tiako	Tsy dia tiako	Mitady ho tiako	Tiako ihany	Tiako	Tiako be	Tena tiako	Tiako tanteraka

Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="checkbox"/>									
Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
Halako	Tsy tiako mihitsy	Tsy tiako	Tsy dia tiako	Mitady ho tiako	Tiako ihany	Tiako	Tiako be	Tena tiako	Tiako tanteraka

Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra

	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
	Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
	<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>
Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra										
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
	Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
	<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>
Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra										
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
	Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
	<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>
Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra										
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
	Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
	<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>
Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra										
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
	Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
	<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>
Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra										
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
	Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
	<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>
Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra										
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
	Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
	<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>

	<i>Halako</i>	tout <i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	beaucoup <i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	modérément <i>Tiako be</i>	beaucoup <i>Tena tiako</i>	énormément <i>Tiako tanteraka</i>
Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra										
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
	Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
	<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>
Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra										
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
	Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
	<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>
Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra										
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
	Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
	<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>
Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra										
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
	Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
	<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>
Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra										
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
	Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
	<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>

Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra

ANNEXE 21 : Fiche de Notation N°2 - Analyse Viso-Tactile

Date :

Poste n°

Fiche N° :

DIRECTIVES

16 états de surface pour l'ameublement vous seront présentés un à un. Cette fois-ci, **observez et effleurez en même temps lentement la surface** indiquée avec votre doigt : **l'index**. Vous avez droit à **DEUX allers- retours**. **N'appuyez pas sur la surface, ne grattez pas la surface !**

Attribuez une note allant de 1 à 10 selon votre préférence.

Appuyer sur le bouton rouge à votre gauche et on vous donnera le prochain échantillon.

TOY IZAO NY TORO- LALANA

16 karazany ny halaman'ny hazo aroso anao tsirairay avy izay fampiasa amin'ny rafitra fanaka. Amin'ity indray mitoraka ity, **jereo sady safoy tsimoramora** amin'ny ratsantanana **fanondro** ny hazo amin'ny faritra atoro anao. **Aza potsarina mafy ary aza kikisana eo amin'ny faritra asiana safoina.** Mahazo mandroso miverina indro ihany ianao.

Omeo naoty 1 hatramin'ny 10 araka ny safidinao. Potsero ny bokotra mena dia ho aroso anao ny hazo manaraka.

Cocher 1 case selon la note que vous attribuez
Mariho ny efajoro 1 araka ny naoty omenareo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Détesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
Halako	Tsy tiako mihitsy	Tsy tiako	Tsy dia tiako	Mitady ho tiako	Tiako ihany	Tiako	Tiako be	Tena tiako	Tiako tanteraka

N° Echantillon

<input type="checkbox"/>									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
Halako	Tsy tiako mihitsy	Tsy tiako	Tsy dia tiako	Mitady ho tiako	Tiako ihany	Tiako	Tiako be	Tena tiako	Tiako tanteraka

Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra

<input type="checkbox"/>									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
Halako	Tsy tiako mihitsy	Tsy tiako	Tsy dia tiako	Mitady ho tiako	Tiako ihany	Tiako	Tiako be	Tena tiako	Tiako tanteraka

Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra

<input type="checkbox"/>									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
Halako	Tsy tiako mihitsy	Tsy tiako	Tsy dia tiako	Mitady ho tiako	Tiako ihany	Tiako	Tiako be	Tena tiako	Tiako tanteraka

Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra



1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>

Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra

1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>

Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra

1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>

Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra

1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>

Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra

1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>

Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra

1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>

Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra

1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément

	<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>
	Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra									
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
	Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
	<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>
	Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra									
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
	Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
	<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>
	Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra									
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
	Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
	<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>
	Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra									
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
	Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
	<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>
	Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra									
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>
	Detesté	Pas aimé du tout	Pas aimé	Pas aimé beaucoup	Indifférent	Aimé peu	Aimé	Aimé modérément	Aimé beaucoup	Aimé énormément
	<i>Halako</i>	<i>Tsy tiako mihitsy</i>	<i>Tsy tiako</i>	<i>Tsy dia tiako</i>	<i>Mitady ho tiako</i>	<i>Tiako ihany</i>	<i>Tiako</i>	<i>Tiako be</i>	<i>Tena tiako</i>	<i>Tiako tanteraka</i>

Appuyer sur le bouton / Potsero ny bokotra

Figure 40 : Fiche d'information

Nom et Prénoms: <i>Anarana</i>			Année de naissance <i>Taona nahaterahana</i>		
Sexe <i>Lahy na vavy</i>	<input type="checkbox"/> Masculin <i>Lahy</i>		<input type="checkbox"/> Féminin <i>Vavy</i>		
Statut matrimonial	<input type="checkbox"/> Célibataire <i>Tsymanambady</i>		<input type="checkbox"/> Marié(e) <i>Manambady</i>		<input type="checkbox"/> Veuf(ve) <i>Maty vady</i>
	<input type="checkbox"/> Autre, à préciser <i>Hafa, Farito :</i>				
Revenu mensuel du chef de famille <i>Karama isam –bolan' ny Lohan' ny fianakaviana</i>	<input type="checkbox"/> Inférieur à / <i>latsaky ny</i> 100 000 Ar		<input type="checkbox"/> 100 000 Ar - 600 000 Ar		
	<input type="checkbox"/> 600 000 Ar - 1 000 000 Ar		<input type="checkbox"/> Supérieur à / <i>Mihoatra ny</i> 1 000 000 Ar		
Possédez –vous une voiture ? <i>Manana fiara ve ianao ?</i>	<input type="checkbox"/> NON <i>Tsia</i>		<input type="checkbox"/> OUI <i>Eny</i>		
			<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> plus de 2 <i>Mihoatra ny 2</i>
Choisissez selon votre type de logement <i>Safidio amin' ireto ny tranonareo</i>	<input type="checkbox"/> Maison individuelle occupée exclusivement par votre famille et contenant plusieurs pièces <i>Trano misy efitra maromaro, tsy misy olon-kafa miara-mipetraka</i>		<input type="checkbox"/> Maison individuelle avec cohabitation : logement occupée par un ménage, contenant plusieurs pièces mais toilettes, et éventuellement la cuisine utilisées en commun avec d'autres occupants <i>Trano misy efitra maromaro misy olon-kafa miara-mipetraka</i>		<input type="checkbox"/> Chambre <i>Trano efitra iray ary misy efitra iraisana amin' ny olona hafa</i>
	<input type="checkbox"/> Studio <i>Mipetraka amin' ny trano efitra iray ary tsy miray aman' olona</i>		<input type="checkbox"/> Appartement <i>Mipetraka amin' ny rihana ao amin' ny tranobe iray</i>		<input type="checkbox"/> Villa <i>Villa</i>
Nombre de personnes dans le foyer <i>Isan' ny olona ao an-trano ?</i>		<input type="checkbox"/> Parents <i>Ray aman-dreny</i>	<input type="checkbox"/> Epoux (se) <i>Vady</i>	<input type="checkbox"/> Enfants <i>Zanaka</i>	<input type="checkbox"/> Frères et Sœurs <i>Mpiray tampoho</i>
	Nombre Isany ?
Profession <i>Asa atao</i>	<input type="checkbox"/> Etudiant <i>Mpianatra</i>		<input type="checkbox"/> Salarié <i>Mpikarama isam-bolana</i>		<input type="checkbox"/> Au chômage <i>Tsy an'asa</i>
	<input type="checkbox"/> Autre, à préciser <i>Hafa, Farito :</i>			
Utilisez-vous l'ameublement en bois ? <i>Mampiasa rafitra amin' ny hazo ve ianao ?</i>			<input type="checkbox"/> Oui		<input type="checkbox"/> Non
De quels types d'ameublement en bois ? <i>Karazana rafitra inona avy ?</i>					
Qu'est-ce qui vous motive à les acheter ? <i>Inona no mampirisika anao ividy ?</i>	<input type="checkbox"/> Qualité <i>Hatsarana</i>		<input type="checkbox"/> Originalité <i>Miavaka</i>	<input type="checkbox"/> Prix <i>Vidiny</i>	<input type="checkbox"/> Attrait du produit <i>Manintona</i>
	Préciser <i>Farito</i>				
Où habitez-vous ? <i>Toeram-ponenana</i>					

ANNEXE 22 : Répartition des fréquences des différents niveaux des paramètres

Tableau 34 : Répartition des différents niveaux des paramètres de rugosité et de profil primaire de la surface suivant les plans LR et LT

Niveaux des paramètres de rugosités	N1	N2	N3	N4	N5
Répartition suivant le plan LR (en %)	25	22	21	17	15
Répartition suivant le plan LT (en %)	11	26	30	21	13
Niveaux du paramètre de profil primaire de la surface sPa	N1	N2	N3	N4	N5
Répartition suivant le plan LR (en %)	44	31	0	0	25
Répartition suivant le plan LT (en %)	37,5	37,5	0	0	25

Tableau 35 : Répartition des différents niveaux des paramètres de d'ondulation suivant les plans LR et LT

Niveaux des paramètres d'ondulation	N1	N2	N3	N4	N5
Répartition suivant le plan LR (en %)	37	15	18	14	16
Répartition suivant le plan LT (en %)	37	21	9	21	13

Tableau 36 : Répartition des différents niveaux des défauts visuels dans les deux plans LR et LT

Niveaux défauts visuels	N1	N2	N3	N4	N5
Répartition suivant le plan LR (en %)	51	16	9	16	7
Répartition suivant le plan LT (en %)	50	16	12	13	9

ANNEXE 23 : Calcul de la répartition par âge et par sexe des consommateurs à enquêter

Tableau 37 : Détails des calculs du nombre d'individus à enquêter dans les différentes classes

Classe d'âge (MAEP - UPDR, 2003)	Somme des % Hommes et Femmes	Moyenne pour les 3 districts	Classes d'âge considérées	Somme des % moyens	Nombre total H et F	H	F
15-19	35,32	11,77	[18 ; 28[30,86	78	38	40
20-24	31,37	10,46					
25-29	25,89	8,63					
30-34	22,92	7,64	[28 ; 38[13,90	35	17	18
35-39	18,77	6,26					
40-44	14,56	4,85	[38 ; 48[7,65	19	9	10
45-49	8,4	2,8					
50-54	7,01	2,34	[48 ; 58]	4,43	11	5	6
55-59	6,41	2,14					
60-64	5,11	1,70					
65-69	3,65	1,22	[58 ; +∞[4,72	13	6	7
70-74	2,73	0,91					
75-79	1,52	0,51					
80 et +	1,15	0,38					
SOMME							

ANNEXE 24 . Résultats des Classification Ascendantes Hiérarchiques (CAH) au XLSTAT 2008

Tableau 38 : Statistiques descriptives des préférences visuelles des 84 juges suivant le plan LR

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
LR1	84	0	84	1,000	10,000	7,131	1,755
LR2	84	0	84	1,000	10,000	6,024	2,123
LR3	84	0	84	1,000	10,000	6,202	2,172
LR4	84	0	84	1,000	10,000	5,583	2,135
LR5	84	0	84	1,000	10,000	6,798	2,035
LR6	84	0	84	1,000	10,000	5,738	1,995
LR7	84	0	84	1,000	10,000	4,429	2,416
LR8	84	0	84	1,000	10,000	4,202	2,216
LR9	84	0	84	3,000	10,000	7,190	1,872
LR10	84	0	84	1,000	10,000	5,738	1,876
LR11	84	0	84	2,000	10,000	6,060	2,125
LR12	84	0	84	1,000	10,000	5,690	2,222
LR13	84	0	84	2,000	10,000	6,619	1,957
LR14	84	0	84	1,000	10,000	5,417	2,113
LR15	84	0	84	1,000	10,000	4,357	2,086
LR16	84	0	84	1,000	10,000	3,750	1,993

Tableau 39 : Statistiques descriptives des préférences viso-tactiles des 84 juges suivant le plan LR

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
LR1	84	0	84	3,000	10,000	8,667	1,409
LR2	84	0	84	3,000	10,000	7,393	1,843
LR3	84	0	84	1,000	10,000	4,833	2,087
LR4	84	0	84	1,000	10,000	4,833	2,029
LR5	84	0	84	3,000	10,000	6,440	1,793
LR6	84	0	84	1,000	10,000	5,429	1,832
LR7	84	0	84	1,000	9,000	3,357	1,611
LR8	84	0	84	1,000	8,000	3,214	1,672
LR9	84	0	84	4,000	10,000	8,345	1,632
LR10	84	0	84	3,000	10,000	7,440	1,724
LR11	84	0	84	1,000	10,000	4,655	2,009
LR12	84	0	84	1,000	10,000	4,833	2,139
LR13	84	0	84	1,000	10,000	6,452	1,865
LR14	84	0	84	1,000	10,000	4,512	1,794
LR15	84	0	84	1,000	8,000	3,452	1,418
LR16	84	0	84	1,000	8,000	3,214	1,599

Tableau 40 : Statistiques simples des préférences visuelles des 90 juges suivant le plan LT

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
LT 1	90	0	90	1,000	10,000	6,756	1,832
LT 2	90	0	90	1,000	10,000	5,800	2,260
LT 3	90	0	90	2,000	10,000	5,678	1,993
LT 4	90	0	90	1,000	10,000	5,189	1,854
LT 5	90	0	90	3,000	10,000	7,111	1,659
LT 6	90	0	90	1,000	9,000	4,833	1,862
LT 7	90	0	90	1,000	9,000	4,256	1,958
LT 8	90	0	90	1,000	10,000	3,278	1,960
LT 9	90	0	90	2,000	10,000	7,167	1,743
LT 10	90	0	90	1,000	10,000	5,289	1,962
LT 11	90	0	90	1,000	10,000	5,800	1,837
LT 12	90	0	90	1,000	9,000	4,967	1,875
LT 13	90	0	90	2,000	10,000	6,356	1,685
LT 14	90	0	90	1,000	10,000	4,378	1,796
LT 15	90	0	90	1,000	9,000	4,000	1,818
LT 16	90	0	90	1,000	7,000	3,022	1,607

Tableau 41 : Statistiques simples des préférences viso-tactiles des 90 juges suivant le plan LT

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
LT 1	90	0	90	3,000	10,000	8,322	1,483
LT 2	90	0	90	2,000	10,000	7,089	1,975
LT 3	90	0	90	2,000	10,000	4,756	1,665
LT 4	90	0	90	1,000	8,000	4,467	1,392
LT 5	90	0	90	1,000	10,000	6,144	1,758
LT 6	90	0	90	1,000	9,000	4,567	1,642
LT 7	90	0	90	1,000	9,000	3,444	1,594
LT 8	90	0	90	1,000	8,000	2,656	1,493
LT 9	90	0	90	6,000	10,000	8,767	1,142
LT 10	90	0	90	1,000	10,000	6,700	1,699
LT 11	90	0	90	2,000	10,000	4,811	1,728
LT 12	90	0	90	1,000	9,000	4,256	1,660
LT 13	90	0	90	1,000	10,000	6,156	1,848
LT 14	90	0	90	1,000	9,000	4,378	1,632
LT 15	90	0	90	1,000	9,000	3,311	1,647
LT 16	90	0	90	1,000	6,000	2,522	1,351

Tableau 42 : Description des groupes de consommateurs suivant les préférences visuelles dans le plan LR

Catégories des ménages	Moyens	Effectifs totaux								Groupe I				Groupe II				Groupe III															
		Effectifs								Pourcentage				Effectifs				Pourcentage															
	Riches	42								20				24				2				2,5											
	TOTAL	84								44				52				36				43				4				5			
Sexe	Femme (F)	46								22				26				20				24				4				5			
	Homme (H)	38								22				26				16				19				0				0			
	TOTAL	84								44				52				36				43				4				5			
Age	Sexe	H	F								H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F					
	18-28 ans	18	24								12	15	14	18	6	8	7	9	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1					
	29-38 ans	8	9								3	3	4	4	5	5	6	6	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1					
	39-48 ans	6	7								5	2	6	2	1	4	1	5	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1					
	49-58 ans	3	3								1	2	1	2	2	0	2	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1					
	> 58 ans	3	3								1	0	1	0	2	3	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	TOTAL	38	46	22	22	26	26	16	20	19	24	0	4	0	5																		

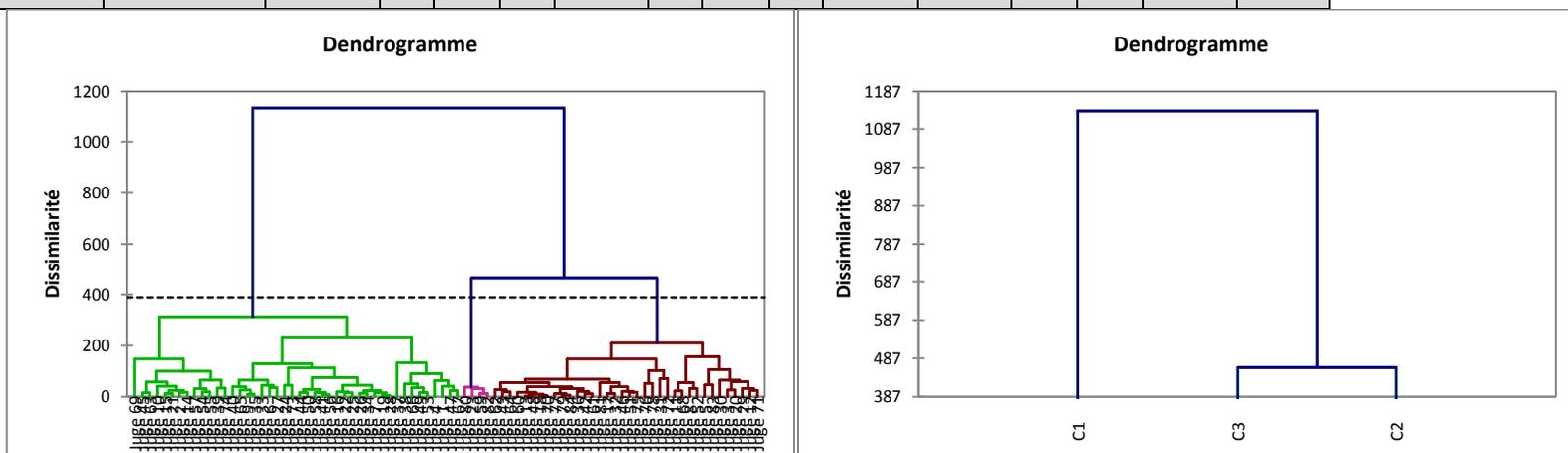


Figure 41 : Dendrogrammes pour la CAH suivant les préférences visuelles des consommateurs dans le plan LR

Tableau 43 : Description des groupes de consommateurs suivant les préférences viso-tactiles dans le plan LR

Catégories des ménages	Moyens	Groupe I				Groupe II				Groupe III				Groupe IV					
		Effectifs totaux	Effectifs	Pourcentage		Effectifs	Pourcentage			Effectifs	Pourcentage			Effectifs	Pourcentage				
	Riches	42	19	23		14	17			4	5			5	6				
	TOTAL	84	39	46		30	36			5	6			10	12				
Sexe	Femme (F)	46	23	27		17	20			4	5			2	2				
	Homme (H)	38	16	19		13	15			1	1			8	10				
	TOTAL	84	39	46		30	36			5	6			10	12				
Age	Sexe	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F
	18-28 ans	18	24	10	13	12	15	5	10	6	12	0	0	0	0	3	1	4	1
	29-38 ans	8	9	2	5	2	6	4	3	5	4	0	1	0	1	2	0	2	0
	39-48 ans	6	7	1	2	1	2	3	2	4	2	1	2	1	2	1	1	1	1
	49-58 ans	3	3	0	0	0	0	1	2	1	2	0	1	0	1	2	0	2	0
	> 58 ans	3	3	3	3	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	38	46	16	23	19	27	13	17	15	20	1	4	1	4	8	2	10	2

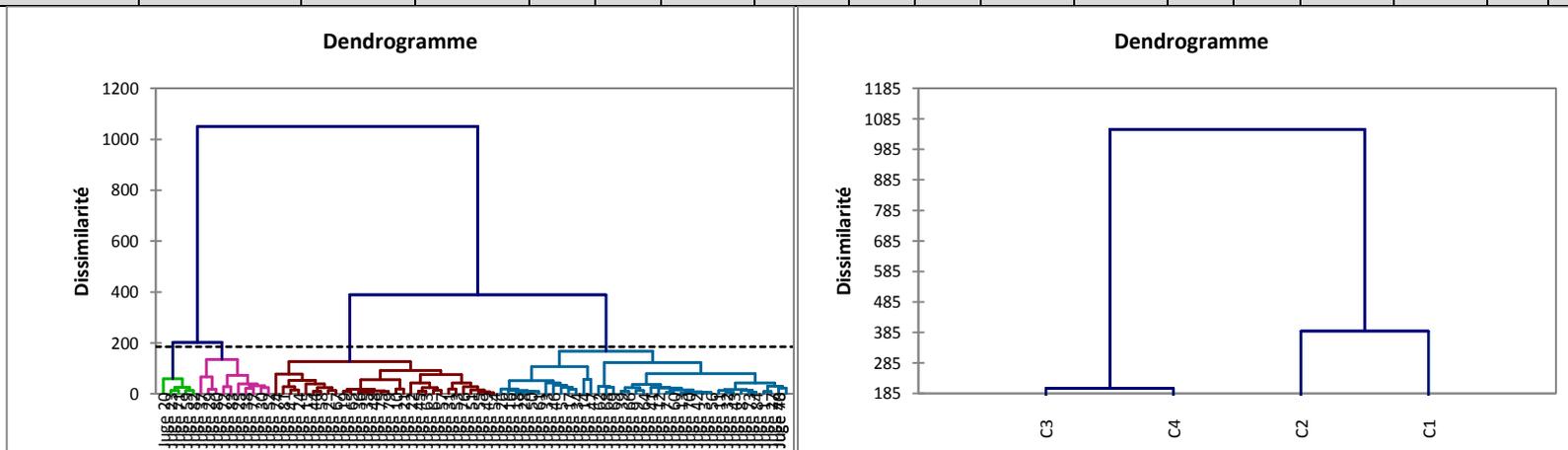


Figure 42 : Dendrogrammes pour la CAH suivant les préférences viso-tactiles des consommateurs dans le plan LR

Tableau 44 : Description des groupes de consommateurs suivant les préférences visuelles dans le plan LT

Catégories des ménages	Moyens	Effectifs totaux		Groupe I				Groupe II				Groupe III			
		Effectifs	Pourcentage	Effectifs	Pourcentage	Effectifs	Pourcentage	Effectifs	Pourcentage	Effectifs	Pourcentage				
	Riches	45	19	21	16	19	10	11							
	TOTAL	90	34	38	33	38	23	25							
Sexe	Femme (F)	45	15	17	17	19	13	14							
	Homme (H)	45	19	21	16	19	10	11							
	TOTAL	90	34	38	33	38	23	25							
Age	Sexe	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F
	18-28 ans	21	20	9	11	10	12	8	6	9	7	4	3	4	3
	29-38 ans	8	9	6	2	7	2	0	5	0	6	2	2	2	2
	39-48 ans	4	4	1	0	1	0	2	4	2	4	1	0	1	0
	49-58 ans	6	6	1	0	1	0	3	2	3	2	2	4	2	4
	> 58 ans	6	6	2	2	2	2	3	0	3	0	1	4	1	4
	TOTAL	45	45	19	15	21	17	16	17	18	19	10	13	11	14

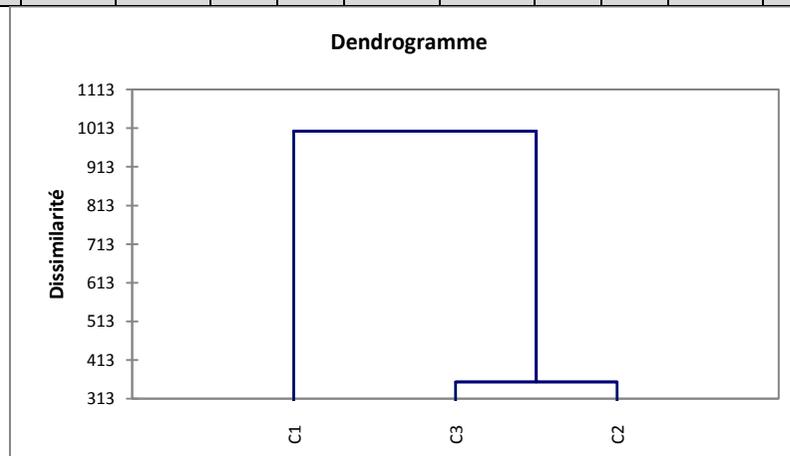
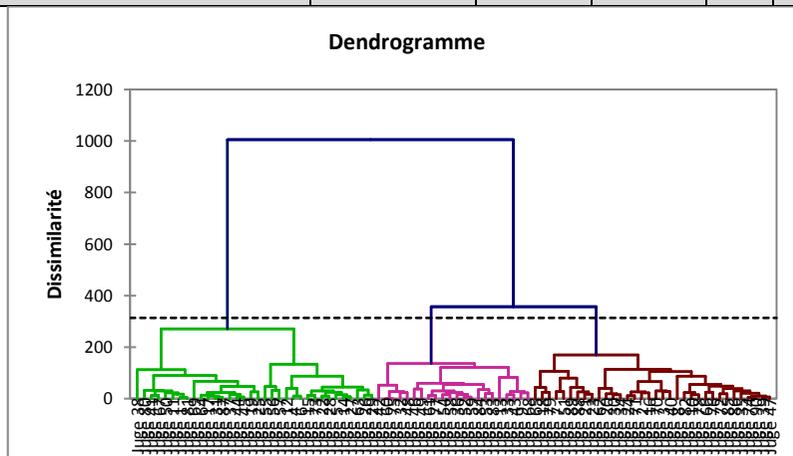


Figure 43 : Dendrogrammes pour la CAH suivant les préférences visuelles des consommateurs dans le plan LT

Tableau 45 : Description des groupes de consommateurs suivant les préférences viso-tactiles dans le plan LT

		Groupe I				Groupe II				Groupe III					
		Effectifs totaux		Effectifs	Pourcentage	Effectifs	Pourcentage	Effectifs	Pourcentage						
Catégories des ménages	Moyens	45		17	19	17	19	11	12						
	Riches	45		17	19	25	28	3	3						
	TOTAL	90		34	38	42	47	14	15						
Sexe	Femme (F)	45		16	18	25	28	4	4						
	Homme (H)	45		18	20	17	19	10	11						
	TOTAL	90		34	38	42	47	14	15						
Age	Sexe	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F
	18-28 ans	21	20	9	9	10	10	8	9	9	10	4	2	4	2
	29-38 ans	8	9	5	3	6	3	3	5	3	6	0	1	0	1
	39-48 ans	4	4	1	0	1	0	1	4	1	4	2	0	2	0
	49-58 ans	6	6	2	3	2	3	1	2	1	2	3	1	3	1
	> 58 ans	6	6	1	1	1	1	4	5	4	6	1	0	1	0
TOTAL	45	45	18	16	20	18	17	25	19	28	10	4	11	4	

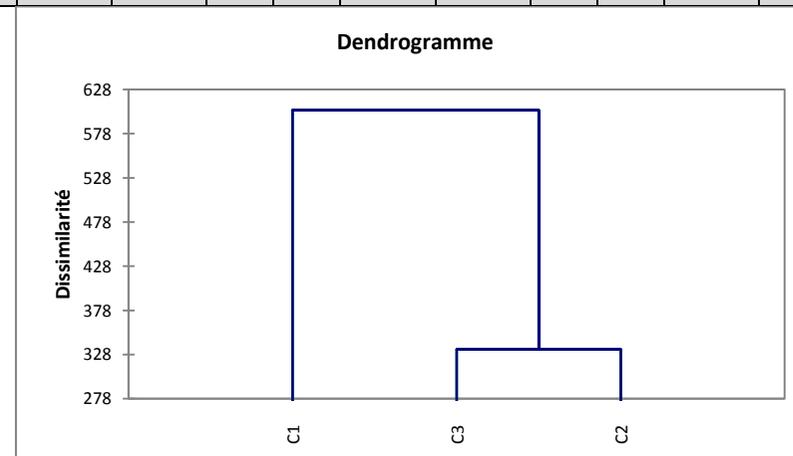
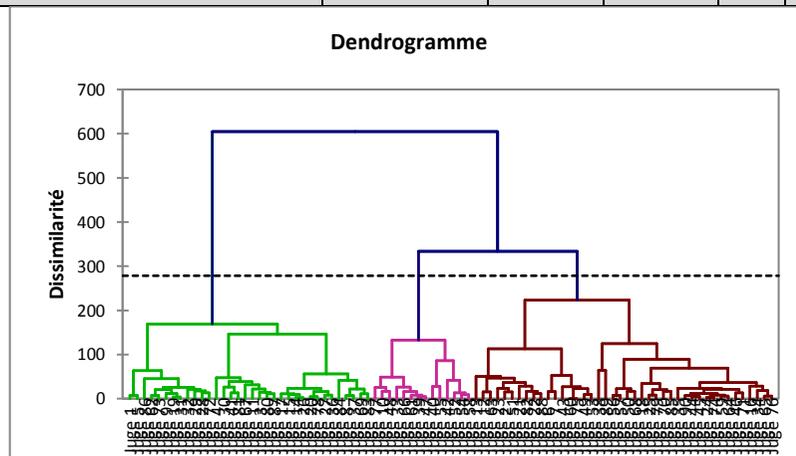


Figure 44 : Dendrogrammes pour la CAH suivant les préférences viso-tactiles des consommateurs dans le plan LT

ANNEXE 25 : Les valeurs des différents paramètres d'états de surface pour les différentes éprouvettes suivant les plans LR et LT

Tableau 46 : Valeurs moyennes des paramètres d'ondulation, de rugosité et de profil primaire de la surface suivant LR

Valeurs moyennes	sRa	sRv	sRp	sRt	sRq	sRsk	sRku	sRk	sRpk	sRvk	sMR1	SMR2	sPa	sWa	sWv	sWp	sWt	sWq	sWsk	sWku
LR1	8,04	96,60	94,50	191,10	14,53	3,14	12,96	12,65	1,18	27,88	10,71	84,52	6,01	14,61	97,45	54,91	152,35	18,72	1,97	5,76
LR2	8,31	98,69	97,40	196,08	15,83	3,18	12,57	10,92	1,63	33,14	11,27	82,72	8,43	17,26	94,67	84,10	178,78	21,87	1,77	4,21
LR3	10,56	151,81	146,66	298,48	19,34	3,27	14,85	17,86	2,19	44,05	11,03	85,06	13,16	16,63	92,40	128,62	221,02	21,77	1,98	5,71
LR4	12,08	114,05	112,25	226,30	20,37	2,62	8,62	18,82	2,17	40,23	10,87	81,23	12,42	19,21	107,24	96,61	203,86	24,40	1,73	3,85
LR5	9,93	105,95	109,37	215,32	17,83	2,98	11,22	14,62	1,57	36,00	10,28	83,30	9,08	14,27	104,42	59,78	164,20	18,96	2,15	6,73
LR6	11,02	104,24	101,77	206,02	18,43	2,73	9,62	19,16	1,91	34,73	11,40	81,73	13,96	25,67	115,09	112,29	227,38	32,03	1,59	2,98
LR7	12,05	123,36	123,48	246,84	20,65	2,89	11,03	20,67	2,11	42,35	11,11	83,31	35,96	39,79	141,15	111,07	252,23	46,92	1,39	2,20
LR8	11,98	104,27	111,59	215,86	19,51	2,53	7,93	21,80	2,22	39,25	11,66	80,79	32,27	33,05	132,05	103,08	235,13	39,17	1,44	2,44
LR9	8,20	94,30	98,05	192,36	16,33	3,16	11,89	9,61	1,37	33,67	10,51	83,43	6,41	14,14	105,87	48,84	154,71	18,78	2,08	6,09
LR10	8,80	100,11	101,86	201,97	15,93	2,99	11,65	11,03	1,63	34,69	11,13	81,69	8,86	16,85	101,49	84,89	186,38	21,77	1,85	4,61
LR11	9,32	94,97	103,54	198,51	16,50	3,03	11,48	18,14	1,81	33,86	8,43	83,88	12,89	17,51	106,74	79,05	185,79	22,35	1,82	4,44
LR12	10,59	100,78	98,01	198,79	18,06	2,76	9,33	17,65	1,57	34,34	11,02	82,97	11,93	16,84	106,58	71,39	177,97	21,78	1,82	4,29
LR11	9,67	98,01	100,62	198,63	17,86	2,92	10,23	13,77	1,61	38,19	10,47	83,56	8,89	12,80	96,29	70,98	167,27	17,50	2,18	6,56
LR14	10,18	98,34	91,16	189,49	17,74	2,77	9,34	15,61	1,84	36,96	10,76	82,39	12,13	17,65	102,79	90,91	193,70	23,13	1,89	4,64
LR15	10,77	131,82	114,49	246,30	20,02	3,09	11,80	17,41	2,17	43,72	10,95	84,16	33,27	34,70	143,59	94,07	237,66	40,16	1,38	2,21
LR16	13,45	107,54	107,78	215,32	21,21	2,44	7,52	24,16	2,32	39,22	12,03	81,10	33,16	35,69	128,08	112,43	240,51	43,06	1,47	2,49

Tableau 47 : Valeurs moyennes des paramètres d'ondulation, de rugosité et de profil primaire de la surface suivant LT

Valeurs moyennes	sRa	sRv	sRp	sRt	sRq	sRsk	sRku	sRk	sRpk	sRvk	sMR	SMR2	sPa	sWa	sWv	sWp	sWt	sWq	sWsk	sWku
LT1	8,79	108,51	102,41	210,92	16,75	3,14	12,46	9,38	1,07	33,37	9,90	82,04	6,16	14,32	101,06	64,90	165,97	18,50	1,92	5,29
LT2	9,41	103,92	103,97	207,89	17,11	2,90	10,62	10,74	1,55	33,63	11,20	81,00	8,25	18,39	109,33	85,91	195,23	23,28	1,79	4,32
LT3	10,32	103,44	100,74	204,18	17,95	2,93	10,99	16,71	1,51	33,76	7,97	83,39	12,57	17,57	104,03	80,55	184,58	22,60	1,77	4,08
LT4	10,77	112,20	113,48	225,68	18,46	2,90	10,93	17,40	2,13	37,76	10,32	84,06	11,84	16,01	97,54	104,45	201,99	20,72	1,84	4,62
LT5	9,68	101,49	102,24	203,74	17,35	2,95	10,72	14,51	1,45	34,13	8,87	83,42	8,65	16,71	105,52	82,62	188,14	21,35	1,87	4,91
LT6	11,01	114,32	110,66	224,98	18,70	2,72	9,38	18,23	1,98	37,17	10,89	82,62	12,20	16,73	110,80	91,73	202,53	21,88	1,96	5,27
LT7	8,95	120,34	122,68	243,02	16,54	3,70	20,30	15,98	1,81	32,17	9,91	83,93	33,22	34,16	123,79	90,29	214,09	39,30	1,35	2,06
LT8	13,72	139,30	138,61	277,92	22,27	2,60	8,73	22,39	2,88	44,90	9,52	76,88	32,05	33,66	139,84	139,33	279,17	39,85	1,44	2,45
LT9	6,50	86,14	83,50	169,63	12,30	3,24	14,00	8,83	1,00	24,08	10,29	83,95	4,66	14,05	90,56	64,98	155,54	17,81	1,90	5,25
LT10	9,13	103,37	101,04	204,41	17,28	3,15	12,42	10,34	1,39	34,79	10,89	82,73	6,87	15,69	99,61	90,76	190,37	20,40	2,06	6,17
LT11	10,55	127,36	128,65	256,01	19,15	3,29	15,22	18,36	2,25	41,49	10,34	86,00	12,81	17,35	103,51	126,94	230,45	22,59	1,92	5,25
LT12	10,91	114,39	117,19	231,57	19,01	2,90	10,79	17,62	2,41	39,65	11,07	83,23	12,11	16,59	102,16	108,94	211,10	21,77	1,96	5,39
LT13	9,60	116,37	114,70	231,07	18,10	3,05	11,46	13,92	1,35	37,13	9,43	84,95	8,69	16,60	112,55	83,74	196,29	21,62	2,09	6,32
LT14	8,64	100,47	95,34	195,81	14,71	3,01	12,01	17,23	1,73	29,11	11,30	84,35	12,21	17,82	99,56	89,64	189,19	22,62	1,72	3,74
LT15	10,11	97,71	94,87	192,58	17,30	2,81	9,75	18,21	1,44	32,09	10,75	84,39	34,83	39,33	143,34	102,76	246,10	45,83	1,37	2,15
LT16	13,24	107,37	106,20	213,57	21,15	2,40	7,16	22,73	2,96	41,87	12,04	80,90	30,85	34,74	129,81	111,67	241,48	41,62	1,45	2,42

Tableau 48 : Les différents niveaux des défauts visuels pour les éprouvettes suivant les deux plans LR et LT

	Répétition	FS	FA	MC	TU		Répétition	FS	FA	MC	TU
LR1	I	1	1	1	1	LT1	I	1	1	1	1
LR1	II	1	1	1	1	LT1	II	1	1	1	1
LR1	III	1	1	1	1	LT1	III	1	1	1	1
LR1	IV	1	1	1	1	LT1	IV	1	1	1	1
LR1	V	1	1	1	1	LT1	V	1	1	1	1
LR1	VI	1	1	1	1	LT1	VI	1	2	1	1
LR2	I	1	1	3	1	LT2	I	1	1	3	1
LR2	II	1	1	3	1	LT2	II	1	1	3	1
LR2	III	1	1	2	1	LT2	III	1	1	3	1
LR2	IV	1	1	3	1	LT2	IV	1	1	2	1
LR2	V	1	1	3	1	LT2	V	1	2	3	1
LR2	VI	1	1	3	1	LT2	VI	1	1	3	1
LR3	I	1	1	1	4	LT3	I	1	1	1	4
LR3	II	1	2	1	4	LT3	II	1	1	1	4
LR3	III	1	1	1	4	LT3	III	1	1	1	4
LR3	IV	1	1	1	4	LT3	IV	1	1	1	4
LR3	V	1	1	1	4	LT3	V	1	2	1	4
LR3	VI	1	3	1	4	LT3	VI	1	1	1	4
LR4	I	1	2	2	4	LT4	I	2	2	3	4
LR4	II	1	3	3	4	LT4	II	2	2	2	4
LR4	III	1	2	2	4	LT4	III	2	2	3	4
LR4	IV	1	3	3	4	LT4	IV	2	1	3	4
LR4	V	1	1	3	4	LT4	V	2	2	2	4
LR4	VI	1	1	3	4	LT4	VI	1	2	3	4
LR5	I	1	1	1	3	LT5	I	1	1	1	3
LR5	II	1	1	1	3	LT5	II	1	1	1	3
LR5	III	1	1	1	3	LT5	III	1	1	1	3
LR5	IV	1	1	1	3	LT5	IV	1	1	1	3
LR5	V	1	1	1	3	LT5	V	1	1	1	3
LR5	VI	1	1	1	2	LT5	VI	1	1	1	3
LR6	I	4	1	3	2	LT6	I	3	1	3	2
LR6	II	2	3	3	3	LT6	II	4	1	5	2
LR6	III	2	2	3	3	LT6	III	4	1	3	2
LR6	IV	2	2	3	3	LT6	IV	3	1	5	2
LR6	V	3	1	3	3	LT6	V	3	2	3	2
LR6	VI	2	2	3	3	LT6	VI	3	2	5	2
LR7	I	1	1	1	4	LT7	I	1	1	1	5
LR7	II	1	1	1	5	LT7	II	1	1	1	5
LR7	III	1	2	1	5	LT7	III	1	1	1	5
LR7	IV	1	3	1	5	LT7	IV	1	1	1	5
LR7	V	1	2	1	5	LT7	V	1	2	1	5
LR7	VI	1	2	1	5	LT7	VI	1	1	1	5
LR8	I	2	4	2	5	LT8	I	2	3	3	5

LR8	II	1	3	1	5
LR8	III	1	3	1	5
LR8	IV	3	4	2	5
LR8	V	2	3	1	5
LR8	VI	2	3	2	5
LR9	I	1	1	1	1
LR9	II	1	1	1	1
LR9	III	1	1	1	1
LR9	IV	1	1	1	1
LR9	V	1	1	1	1
LR9	VI	1	1	1	1
LR10	I	1	1	3	1
LR10	II	1	1	3	1
LR10	III	1	1	3	1
LR10	IV	1	1	3	1
LR10	V	1	1	3	1
LR10	VI	1	1	3	1
LR11	I	1	1	1	4
LR11	II	1	2	1	4
LR11	III	1	2	1	4
LR11	IV	1	2	1	4
LR11	V	1	1	1	4
LR11	VI	1	1	1	4
LR12	I	2	2	3	4
LR12	II	2	1	3	4
LR12	III	1	1	2	4
LR12	IV	1	3	3	4
LR12	V	1	2	3	4
LR12	VI	1	1	3	4
LR13	I	1	1	1	3
LR13	II	1	1	1	3
LR13	III	1	1	1	3
LR13	IV	1	1	1	3
LR13	V	1	1	1	3
LR13	VI	1	2	1	3
LR14	I	2	2	4	2
LR14	II	2	2	3	2
LR14	III	3	2	3	2
LR14	IV	4	2	3	2
LR14	V	5	2	4	3
LR14	VI	3	2	3	2
LR15	I	1	2	1	5
LR15	II	1	2	1	5
LR15	III	1	2	1	5
LR15	IV	1	1	1	5
LR15	V	1	1	1	5

LT8	II	2	3	3	5
LT8	III	2	5	3	5
LT8	IV	2	3	2	5
LT8	V	2	4	3	5
LT8	VI	2	3	3	5
LT9	I	1	1	1	1
LT9	II	1	1	1	1
LT9	III	1	1	1	1
LT9	IV	1	1	1	1
LT9	V	1	1	1	1
LT9	VI	1	1	1	1
LT10	I	1	1	3	1
LT10	II	1	1	3	1
LT10	III	1	1	4	1
LT10	IV	1	1	4	1
LT10	V	1	1	5	1
LT10	VI	2	1	4	1
LT11	I	1	1	1	4
LT11	II	1	2	1	4
LT11	III	1	1	1	4
LT11	IV	1	1	1	4
LT11	V	1	2	1	4
LT11	VI	1	1	1	4
LT12	I	1	2	3	4
LT12	II	1	2	3	4
LT12	III	2	2	4	4
LT12	IV	1	2	4	4
LT12	V	2	2	3	4
LT12	VI	2	2	3	4
LT13	I	1	2	1	3
LT13	II	1	1	1	2
LT13	III	1	1	1	3
LT13	IV	1	1	1	3
LT13	V	1	1	1	3
LT13	VI	1	1	1	3
LT14	I	3	2	5	2
LT14	II	2	1	4	3
LT14	III	3	1	4	3
LT14	IV	3	2	5	2
LT14	V	3	2	5	2
LT14	VI	3	1	4	3
LT15	I	1	2	1	5
LT15	II	1	1	1	5
LT15	III	1	3	1	5
LT15	IV	1	2	1	5
LT15	V	1	2	1	5

LR15	VI	1	2	1	5
LR16	I	2	3	3	5
LR16	II	1	3	2	5
LR16	III	2	3	1	5
LR16	IV	2	3	2	5
LR16	V	2	5	2	5
LR16	VI	2	2	2	5

LT15	VI	1	2	1	5
LT16	I	4	2	3	5
LT16	II	3	4	2	5
LT16	III	2	3	3	5
LT16	IV	3	3	3	5
LT16	V	3	4	2	5
LT16	VI	3	4	2	5

Avec FS : Fibres soulevées ; FA : Fibres arrachées ; MC : Marques de copeaux et TU : Traces d'usinages

ANNEXE 26 : Coordonnées des différents paramètres d'états de surfaces suivant les axes F1 et F2
Tableau 49 : Vecteurs propres issus de l'ACP suivant les deux plans LR et LT

	PLAN LR		PLAN LT	
	F1	F2	F1	F2
sRa	0,208	-0,026	0,209	0,193
sRv	0,114	0,401	0,149	0,306
sRp	0,106	0,399	0,149	0,305
sRt	0,113	0,408	0,149	0,306
sRq	0,204	0,082	0,189	0,266
sRsk	-0,140	0,298	-0,121	-0,070
sRku	-0,116	0,352	-0,077	-0,089
sRk	0,201	-0,011	0,220	0,050
sRpk	0,211	0,104	0,207	0,164
sRvk	0,171	0,248	0,168	0,338
SMR1	0,109	-0,075	0,057	-0,101
SMR2	-0,096	0,338	-0,113	-0,077
sPa	0,215	-0,003	0,210	-0,202
sWa	0,211	-0,040	0,194	-0,242
sWv	0,192	-0,067	0,197	-0,139
sWp	0,180	0,156	0,203	0,176
sWt	0,220	0,075	0,228	0,045
sWq	0,213	-0,043	0,199	-0,230
sWsk	-0,202	0,085	-0,173	0,294
sWku	-0,201	0,118	-0,176	0,287
NG	-0,220	0,092	-0,223	0,110
GPE 1	-0,214	0,125	-0,213	0,077
GPE 2	-0,209	0,013	-0,218	0,181
GPE 3	-0,142	0,080	-0,209	0,026
Ng	-0,213	-0,029	-0,227	0,040
Gpe 1	-0,214	-0,037	-0,223	0,024
Gpe 2	-0,196	-0,042	-0,228	0,037
Gpe 3	-0,205	0,075	-0,209	0,100
Gpe 4	-0,213	0,012		
Fibres Soulevées	-0,170	0,479	-0,219	0,478
Fibres Arrachées	-0,286	-0,063	-0,287	-0,013
Marques de Copeaux	-0,072	0,714	-0,138	0,640
Traces d'Usinage	-0,293	-0,309	-0,253	-0,455

NG	0,313	-0,168
GPE 1	0,309	-0,176
GPE 2	0,279	0,002
GPE 3	0,213	-0,111
Ng	0,317	0,133
Gpe 1	0,317	0,106
Gpe 2	0,312	0,173
Gpe 3	0,297	-0,081
Gpe 4	0,308	0,158

0,324	-0,045
0,309	-0,131
0,319	0,010
0,299	-0,134
0,321	0,144
0,305	0,248
0,317	0,180
0,313	-0,042

ANNEXE 27 : Résultats des régressions linéaires pour l'établissement des seuils de préférences

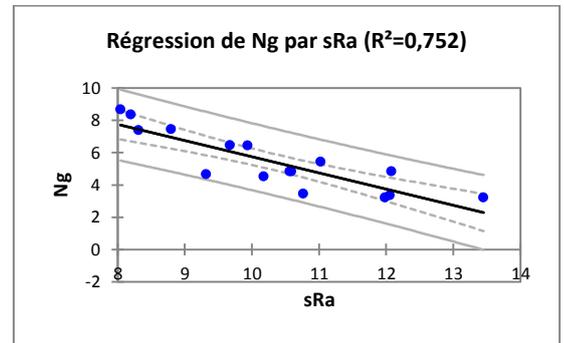
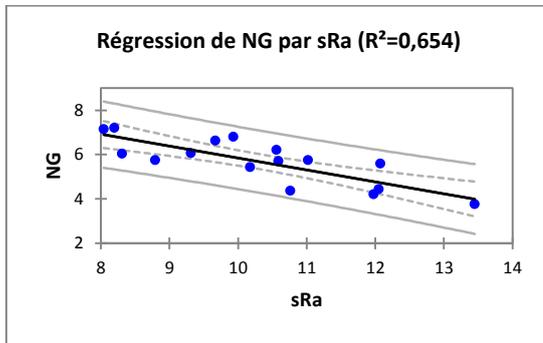
PREFERENCE VISUELLE

PREFERENCE VISIO-TACTILE

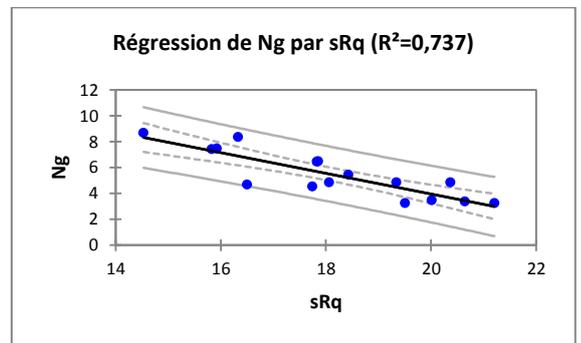
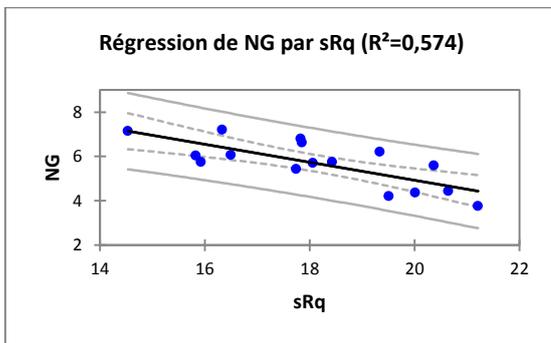
REGRESSIONS LINEAIRES DANS LE PLAN LR

Paramètres de rugosité

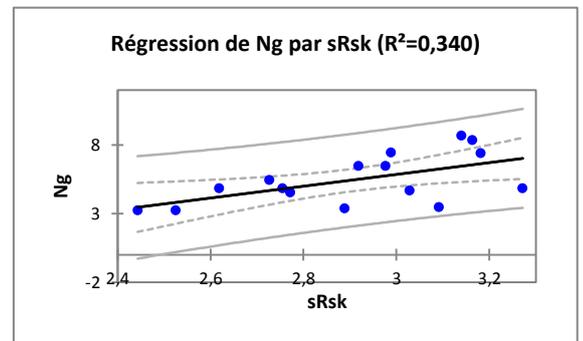
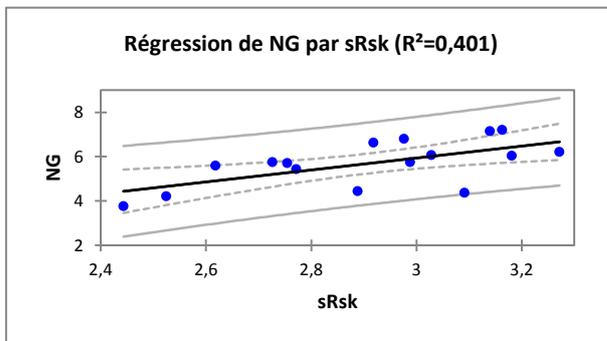
sRa



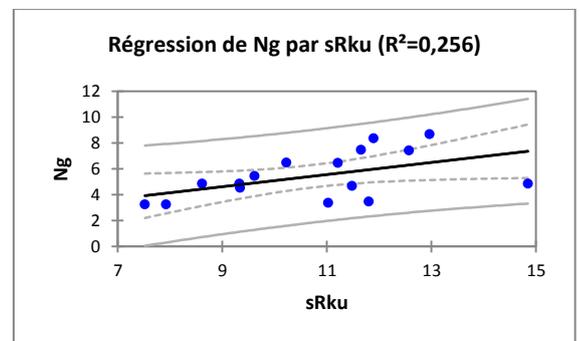
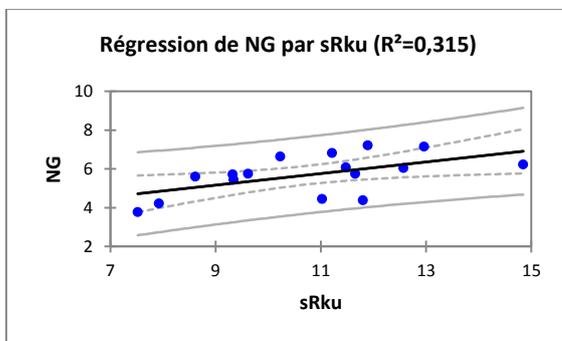
sRq



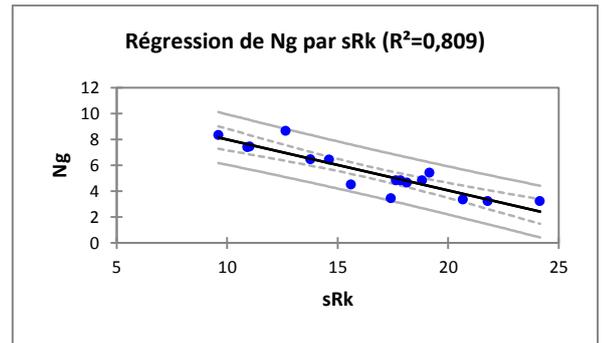
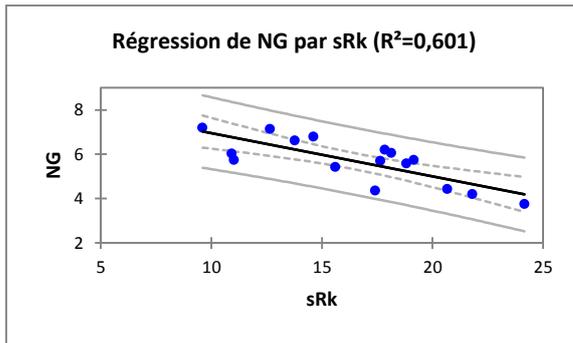
sRsk



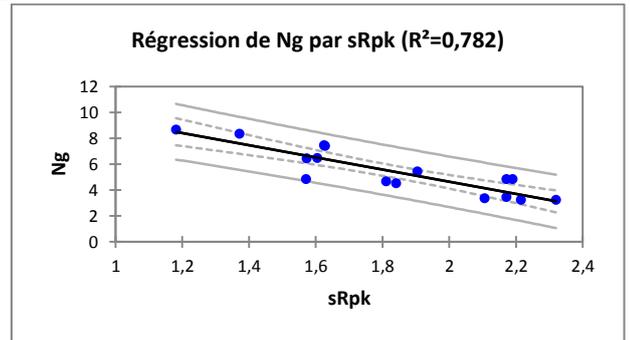
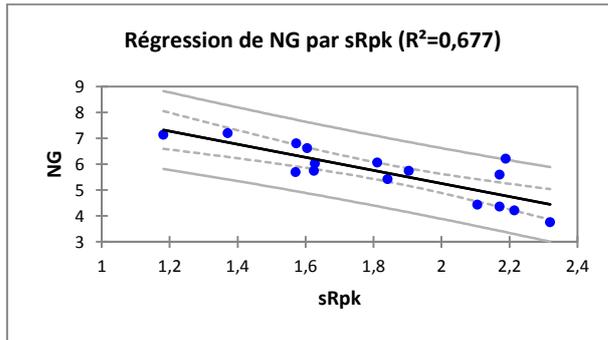
sRku



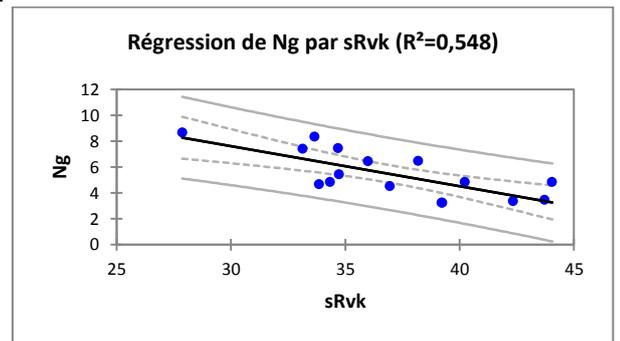
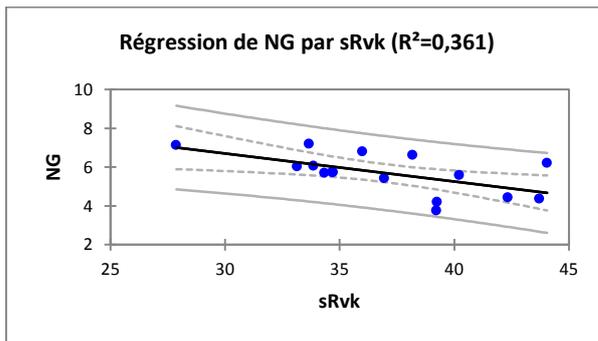
sRk



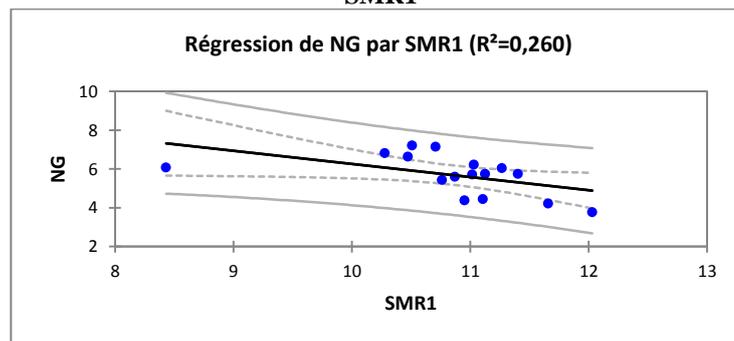
sRpk



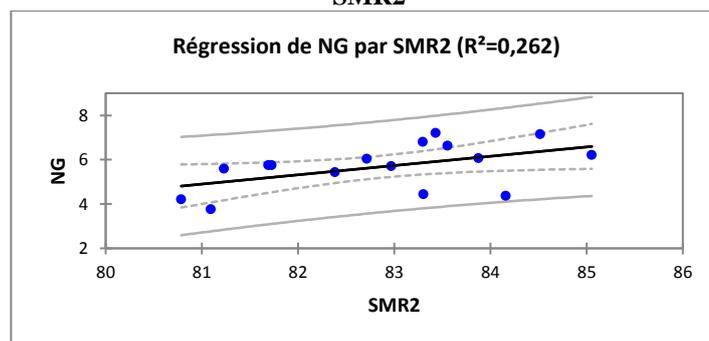
sRvk



SMR1

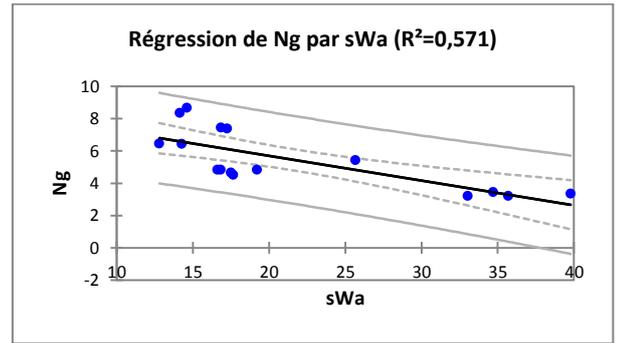
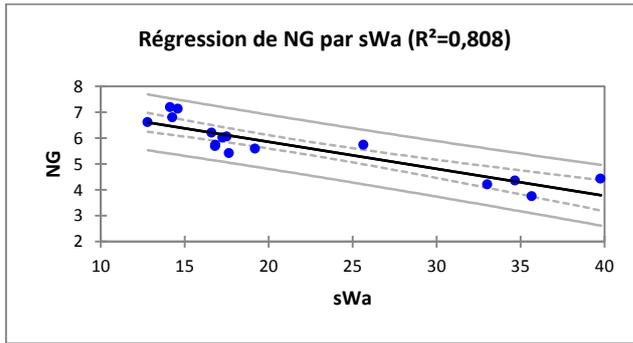


SMR2

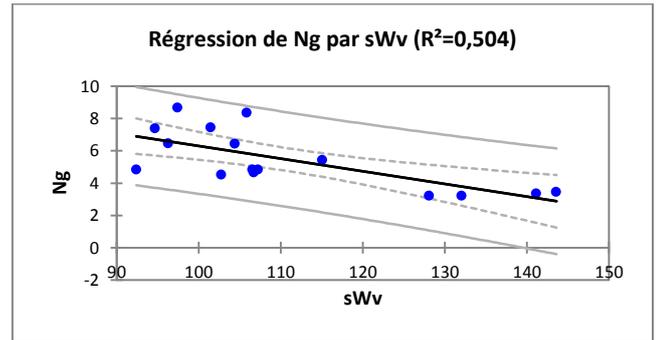
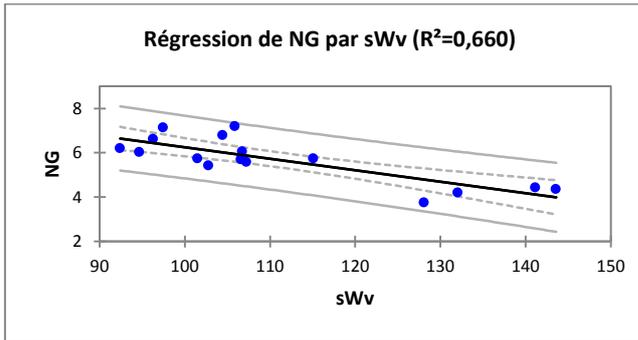


Paramètres d'ondulation

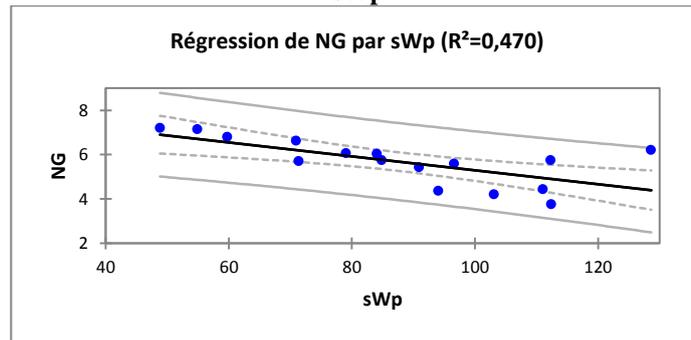
sWa



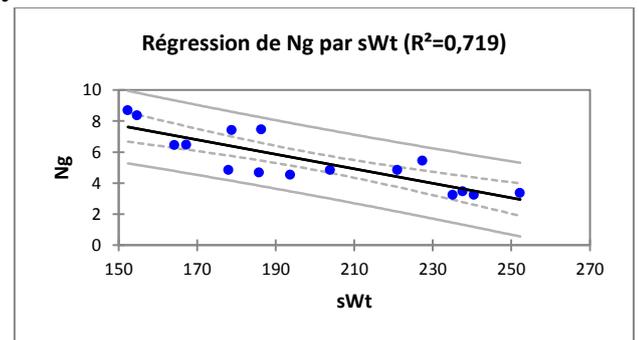
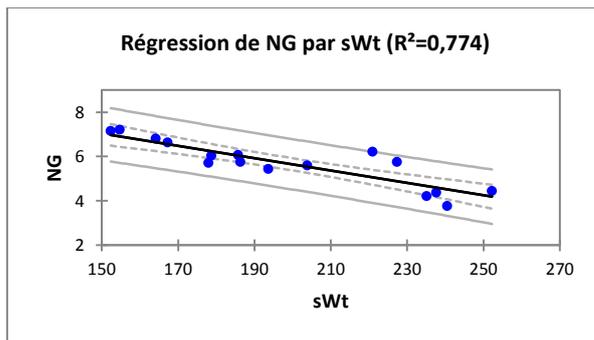
sWv



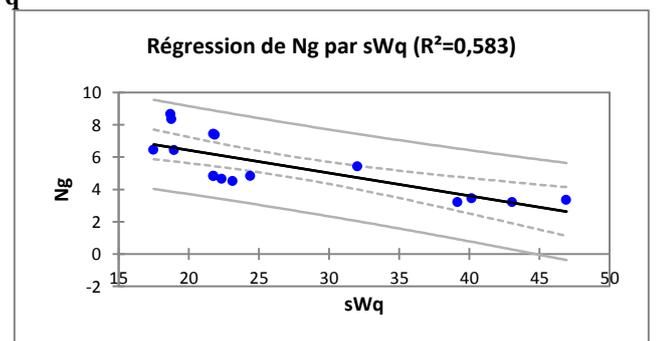
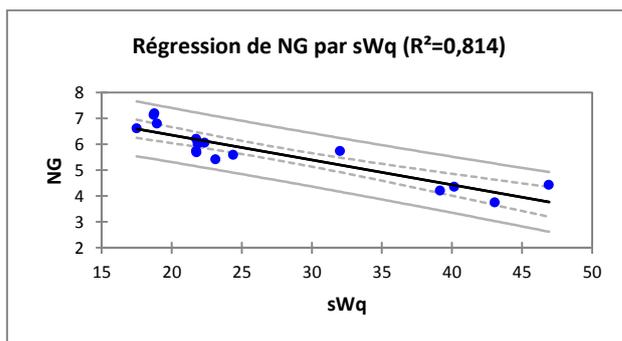
sWp



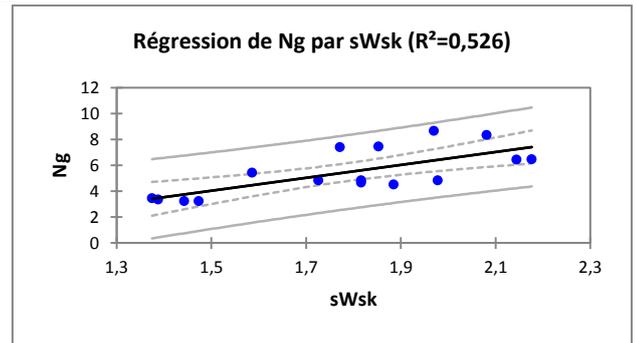
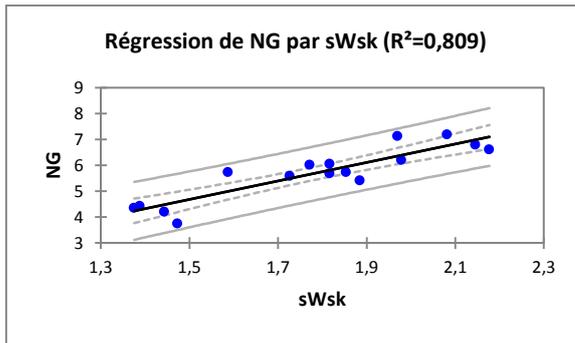
sWt



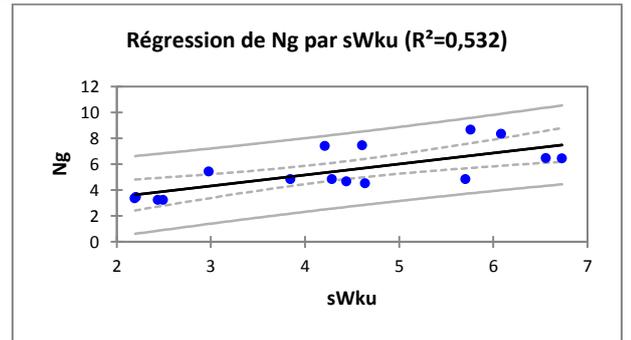
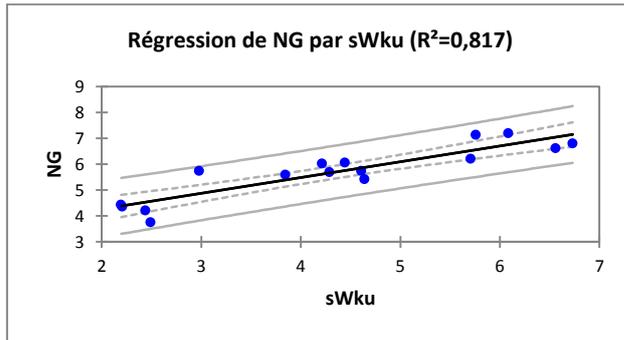
sWq



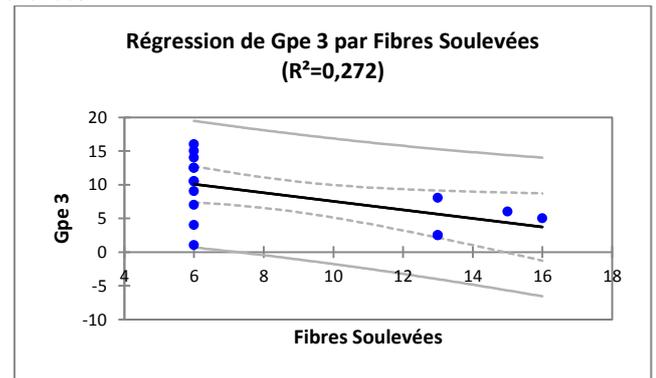
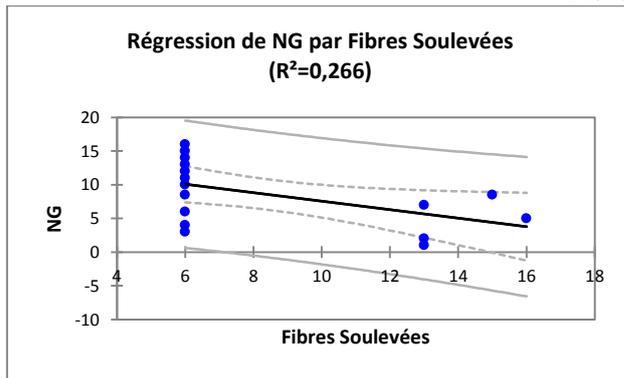
sWsk



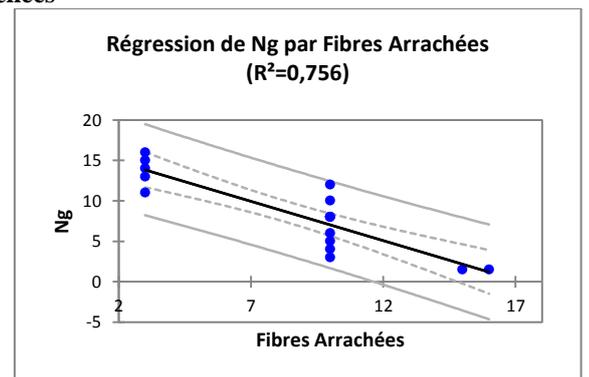
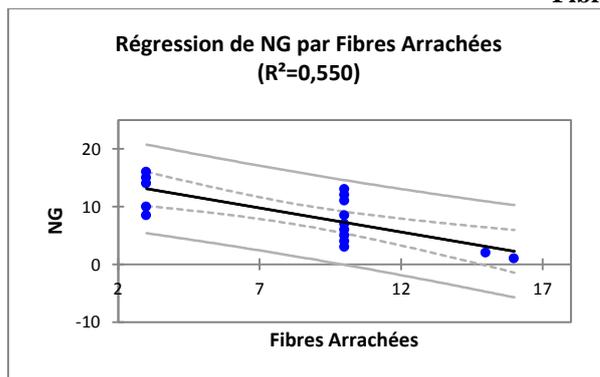
sWku



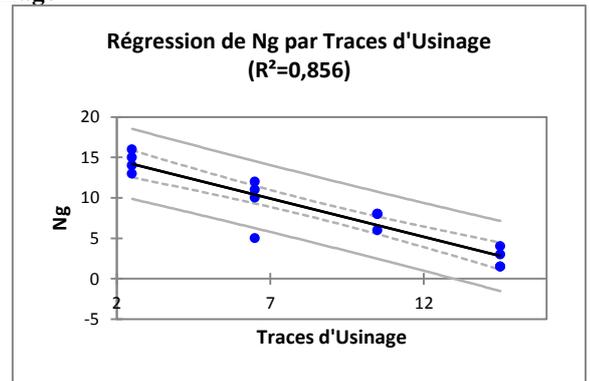
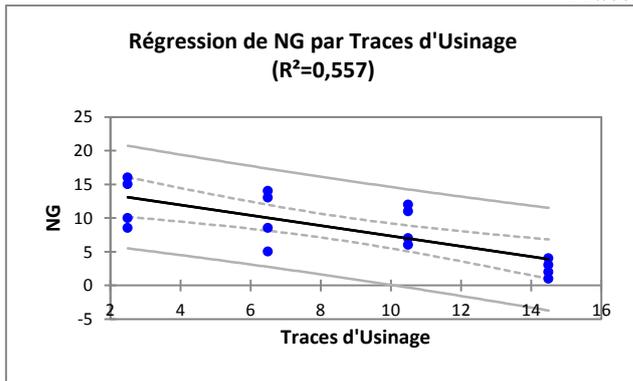
Défauts visuels
Fibres soulevées



Fibres arrachées



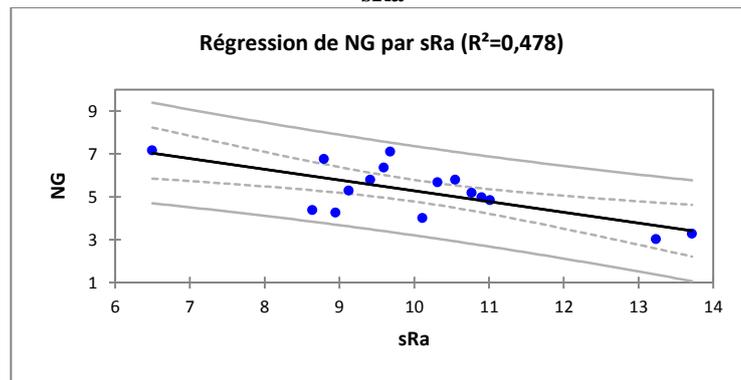
Traces d'usinage



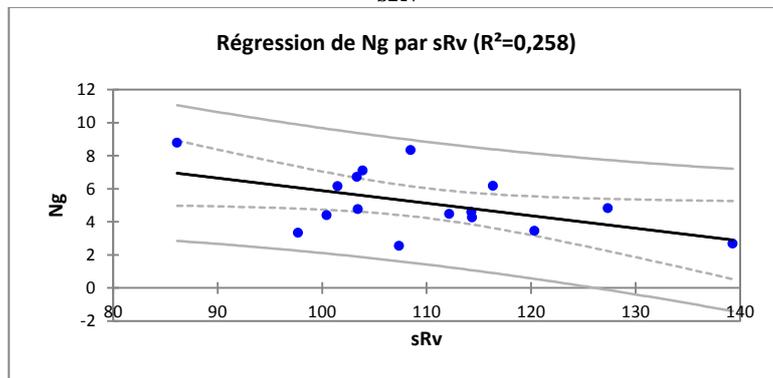
REGRESSION LINEAIRE SUIVANT LE PLAN LT

Paramètres de rugosités

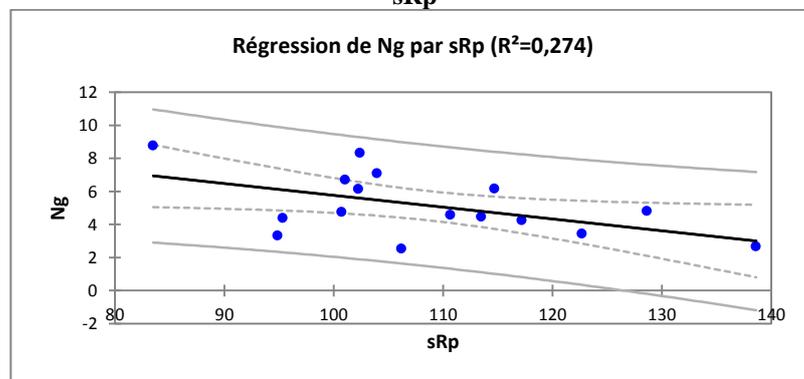
sRa



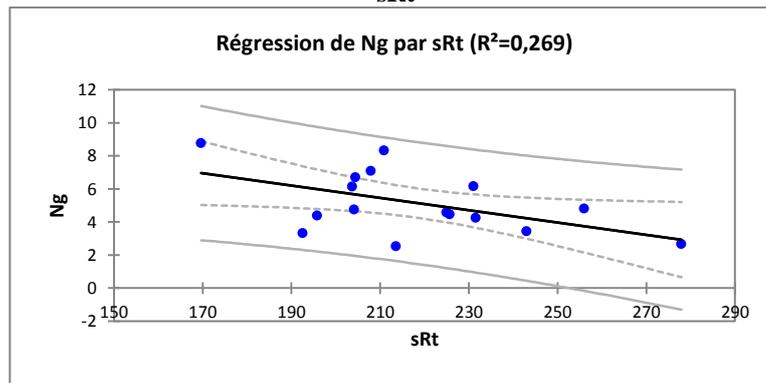
sRv



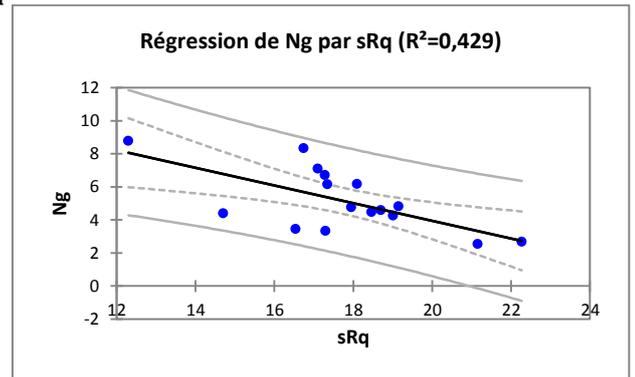
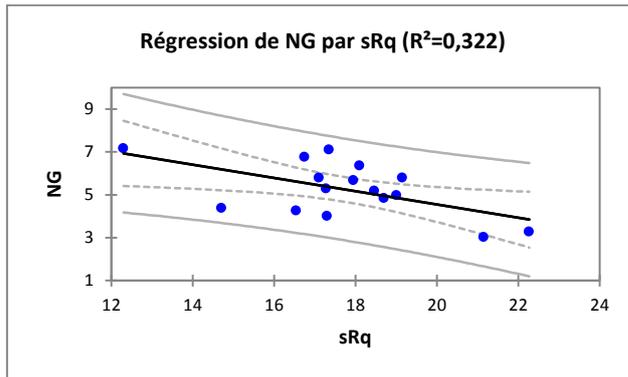
sRp



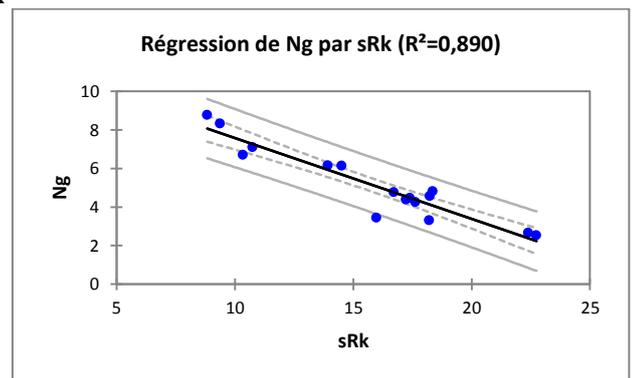
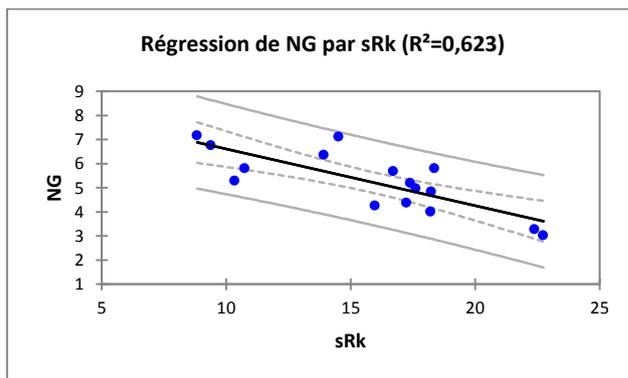
sRt



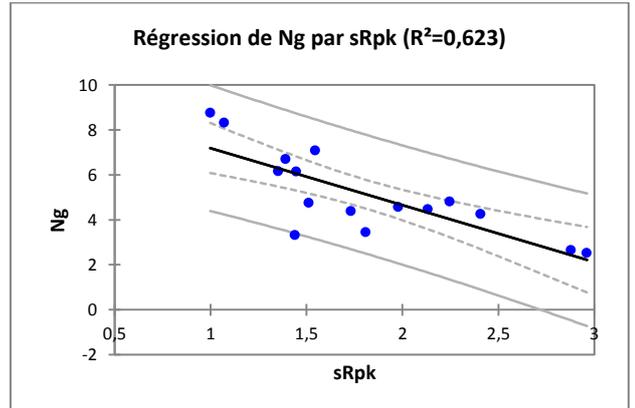
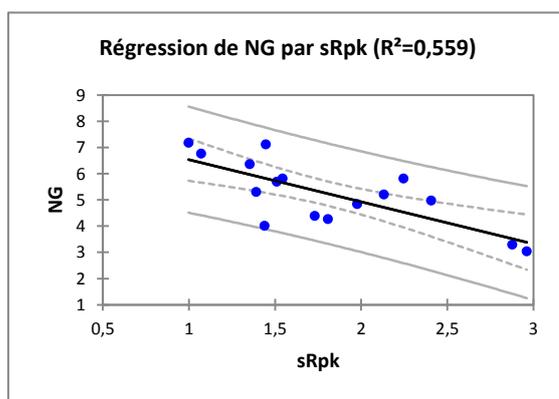
sRq



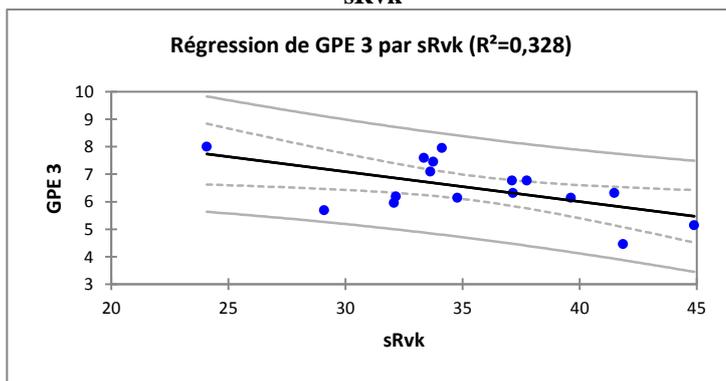
sRk



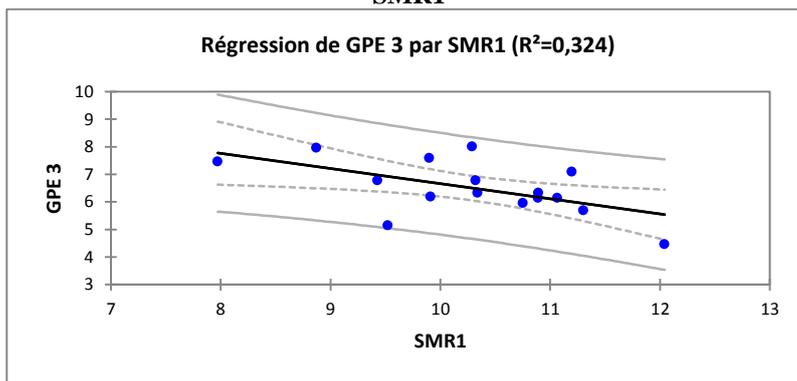
sRpk



sRvk

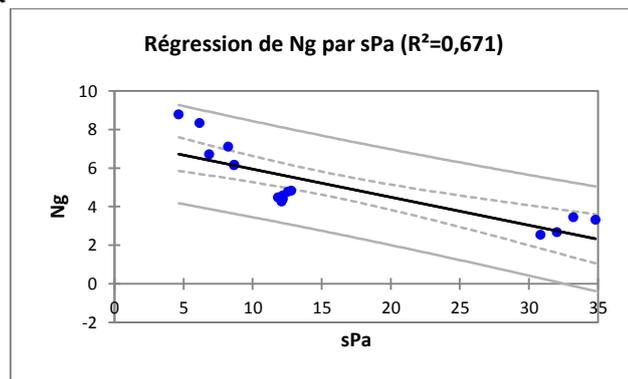
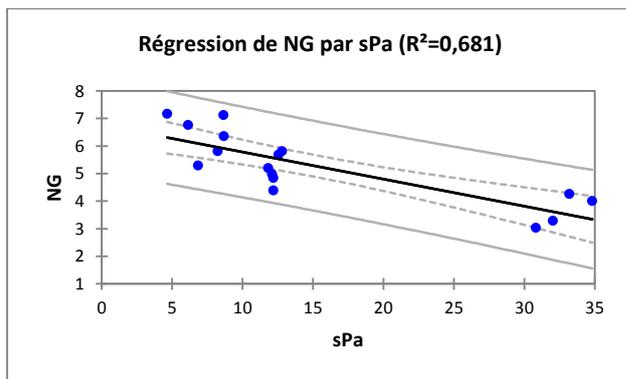


SMR1



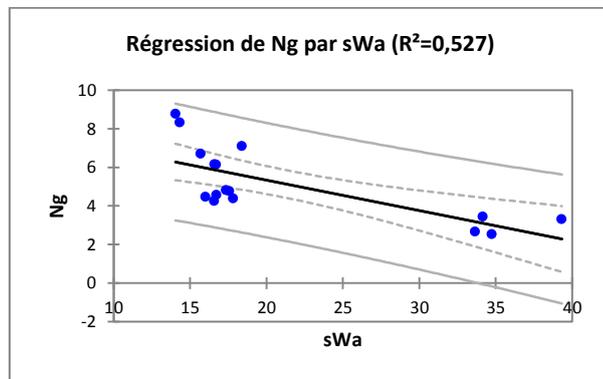
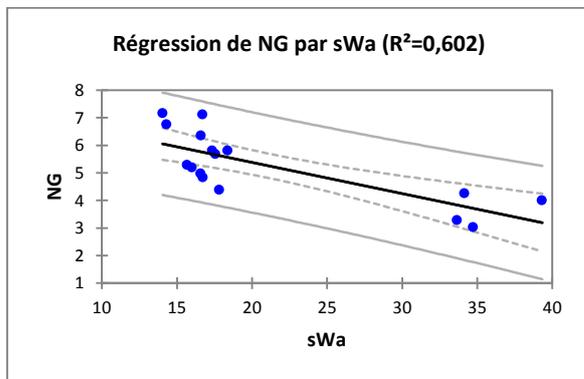
Paramètre du profil primaire

sPa

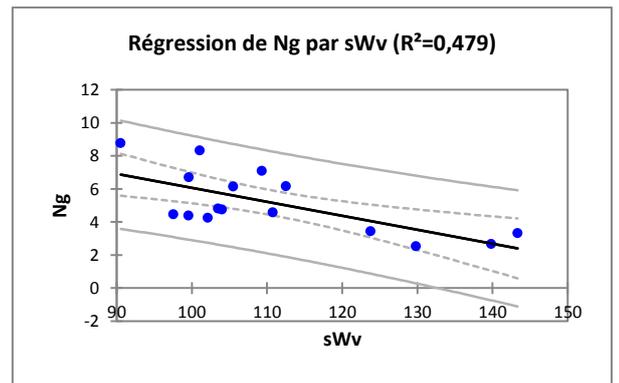
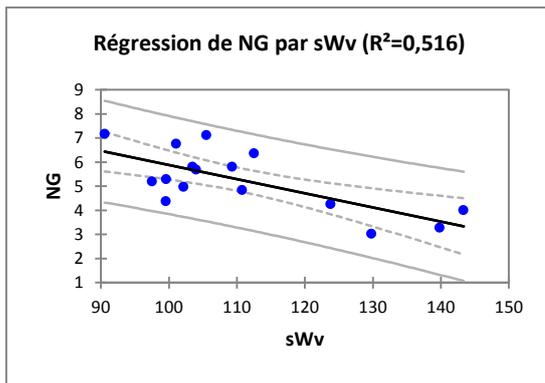


Paramètres d'ondulation

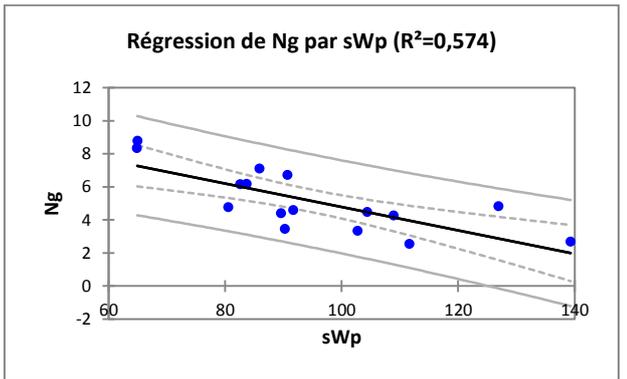
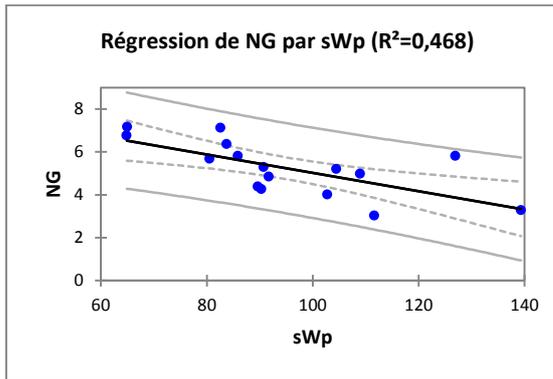
sWa



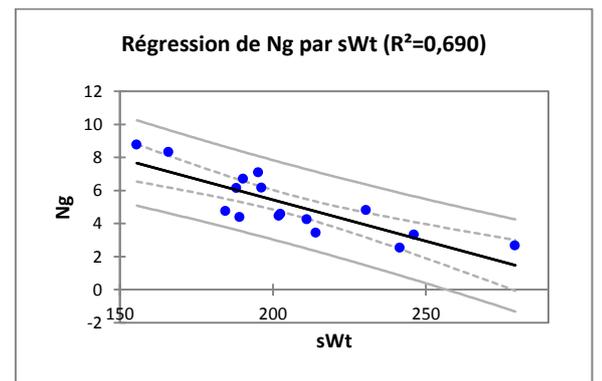
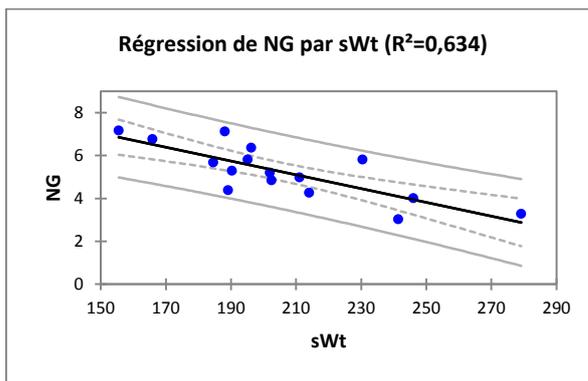
sWv



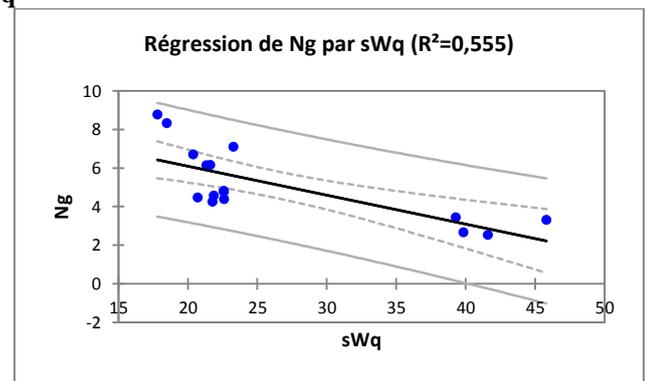
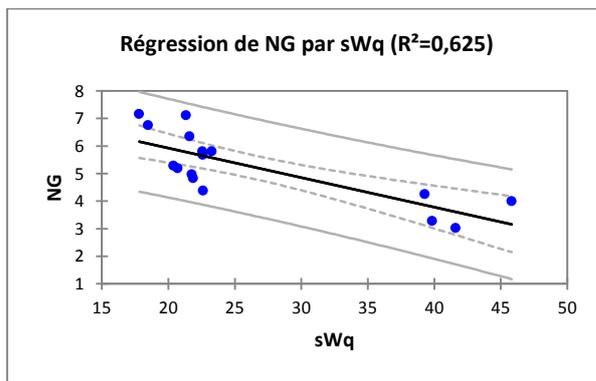
sWp



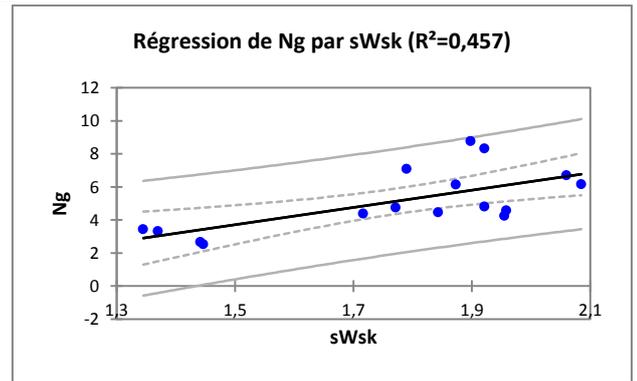
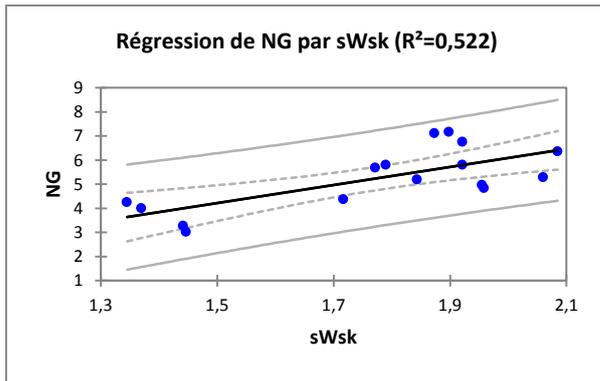
sWt



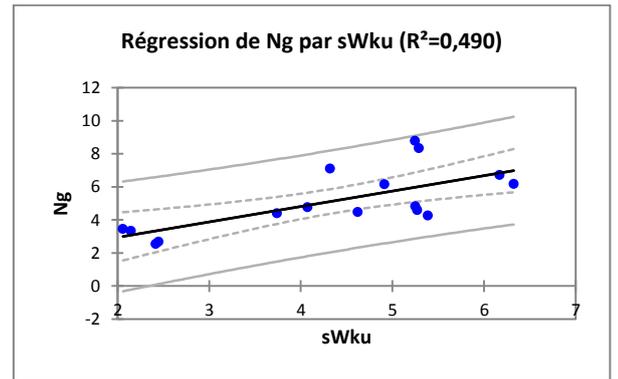
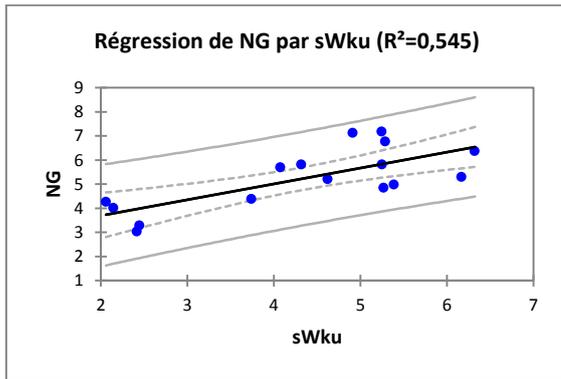
sWq



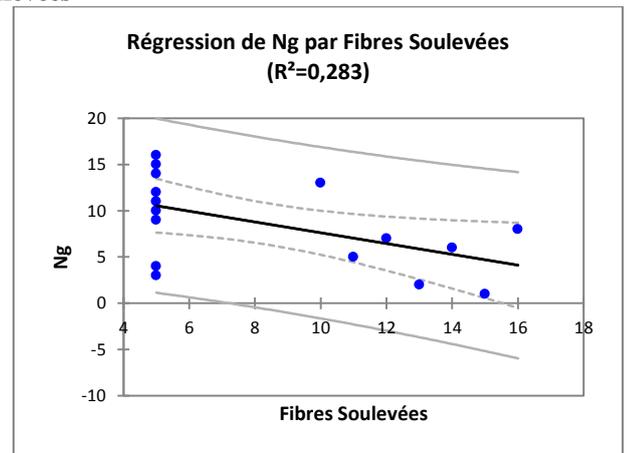
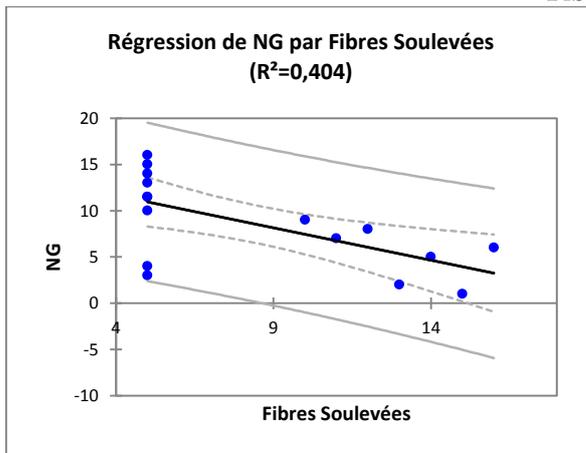
sWsk



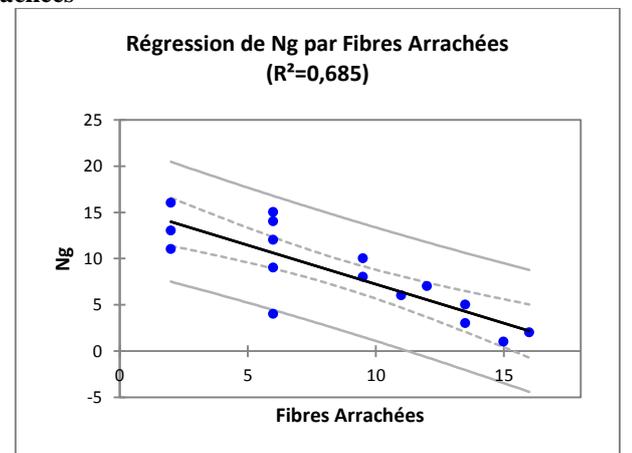
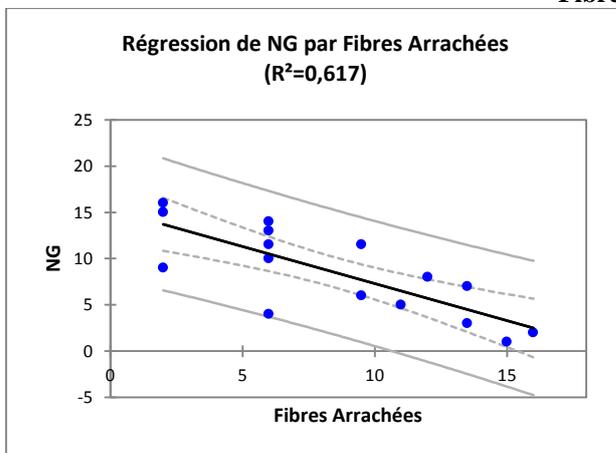
sWku



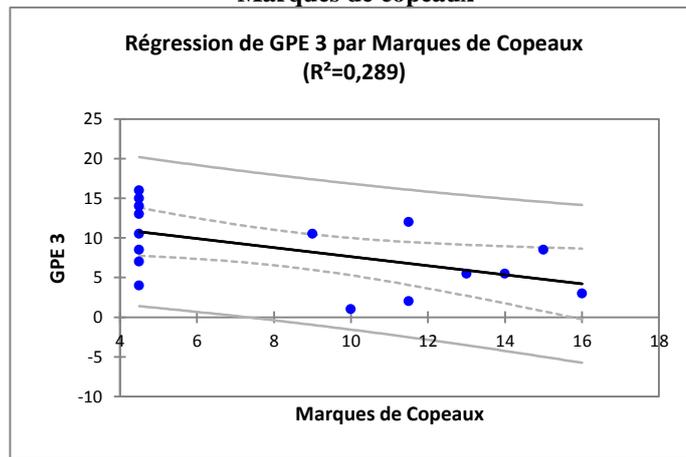
Défauts visuels
Fibres soulevées



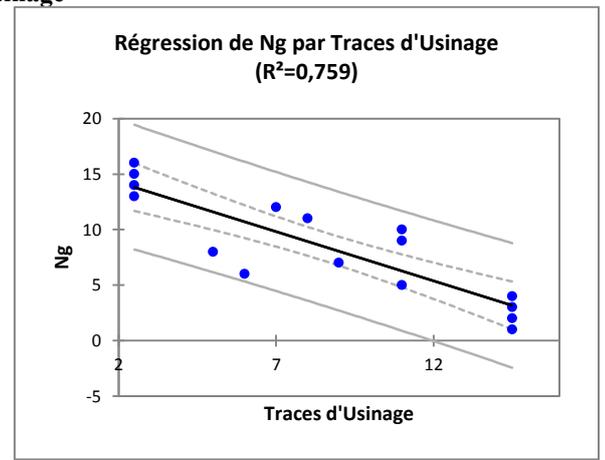
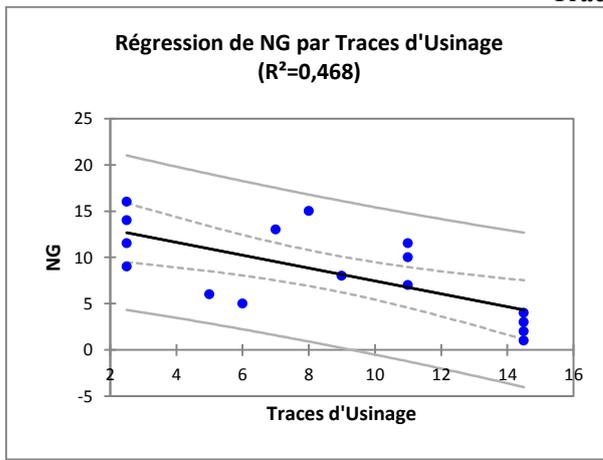
Fibres arrachées



Marques de copeaux



Traces d'usage



ANNEXE 28 : Les différentes tailles des copeaux obtenus suivant les paramètres d'usinage appliqués



Différentes tailles d'épaisseur de copeaux



Vf = 25 m / mn

ap = 5 mm

N = 4 000 tr/mn

e_m = 0,55 mm (ébauche)



Vf = 7 m / mn

ap = 3 mm

N = 10 000 tr/mn

e_m = 0,05 mm (finition)



Vf = 7 m / mn

ap = 3 mm

N = 4 000 tr/mn

e_m = 0,12 mm



Vf = 25 m / mn

ap = 5 mm

N = 10 000 tr/mn

e_m = 0,22 mm (ébauche)



Vf = 25 m / mn

ap = 3 mm

N = 4 000 tr/mn

e_m = 0,43 mm (ébauche)

ANNEXE 29 : Aperçu des défauts anatomiques



Figure 45 . Démonstration de la différence entre deux éprouvettes usinées suivant les mêmes paramètres d'usinage, mais dont l'un des états de surface présente des défauts anatomiques (en bas)

Tableau 50 : Explication des différents numéros attribués aux éprouvettes

N° d'Identification		Codage à trois chiffres	
Emplacement I à VI LT ou LR 1 à 16	Sur la face inférieure	Emplacement	Sur le devant
	Répétition	1 ^{ère} étiquette	Codage à 3 chiffres
	Plan considéré	2 ^{ème} étiquette (éventuelle)	Point d'exclamation indiquant l'existence de défauts anatomiques
	16 états de surfaces différents		

ANNEXE 30 : Analyse en composante principale et coefficient de corrélation

Le premier cas a utilisé le coefficient de Pearson, défini comme étant un coefficient de corrélation linéaire simple et qui constitue une mesure de l'intensité de liaison linéaire entre deux variables (paramètres de rugosité, d'ondulation et de profil primaire de la surface et notes de préférence visuelles et viso-tactiles). Le coefficient de Spearman est, fondamentalement, un cas particulier du coefficient de Pearson. Il est calculé à partir des transformations des variables originelles (codage en rang des notes de préférence et des valeurs des paramètres de défauts de surface) en classant les sujets selon leur rang pour chacune des deux variables (niveaux des défauts visuels et notes de préférence visuelles et viso-tactiles). Il reprend les mêmes significations que le coefficient de Pearson.

ANNEXE 31 : Analyse de la variance des effets des différents facteurs expérimentaux sur les paramètres d'états de surface

Tableau 51 : Effet des facteurs expérimentaux sur les paramètres de rugosité et sPa des bois usinés

	sRa	sRq	sRv	sRp	sRt	sRsk	sRku	sRk	sRpk	sRvk	sMR1	SMR2	sPa
Plan de coupe (LT/ LR)											**		
Mode de coupe (avalant/ opposition)	***					***	***	***	***		***	***	
Vitesse d'avance Vf (7 et 25 m/mn)	***	***	***	***	***			***	***	***			***
Vitesse de rotation N (4 000 et 10 000 tr/mn)	***	**				**	*	***	**				***
Profondeur de passé (3 et 5 mm)			*	**	**							*	

* : degré de significativité de l'effet d'un facteur sur un paramètre

Avec case vide : sans effet significatif ; * : effet significatif (p-value < 0,05) ; ** : effet significatif (p-value < 0,01) ; *** : effet significatif (p-value < 0,001)

Source : Ramanakoto, 2014

Tableau 52 : Effets des facteurs expérimentaux sur les paramètres d'ondulation des bois usinés

	sWa	sWq	sWv	sWp	sWt	sWsk	sWku
Plan de coupe (LT/ LR)							
Mode de coupe (avalant/ opposition)				***	**		*
Vitesse d'avance Vf (7 et 25 m/mn)	***	***	***	***	***	***	***
Vitesse de rotation N (4 000 et 10 000 tr/mn)	***	***	***	**	***	***	***
Profondeur de passé (3 et 5 mm)							

* : degré de significativité de l'effet d'un facteur sur un paramètre

Avec case vide : sans effet significatif ; * : effet significatif (p-value < 0,05) ; ** : effet significatif (p-value < 0,01) ; *** : effet significatif (p-value < 0,001)

Source : Ramanakoto, 2014

Tableau 53 : Effet des facteurs expérimentaux sur les paramètres de défauts visuels des bois usinés

	Fibres soulevées	Fibres arrachées	Marques de copeaux	Traces d'usinages
Plan de coupe (LT/ LR)	*		***	
Mode de coupe (avalant/ opposition)	***	***	***	*
Vitesse d'avance Vf (7 et 25 m/mn)		***	***	***
Vitesse de rotation N (4 000 et 10 000 tr/mn)	***	***		***
Profondeur de passé (3 et 5 mm)			*	

* : degré de significativité de l'effet d'un facteur sur un paramètre

Avec case vide : sans effet significatif ; * : effet significatif (p -value < 0,05) ; ** : effet significatif (p -value < 0,01) ; *** : effet significatif (p -value < 0,001)

Source : Ramanakoto, 2014

ANNEXE 32 : Corrélation ente les paramètres d'états de surface aux seuils de alpha = 5 % et 0,1%

Tableau 54 : Matrice de corrélation entre les paramètres d'états de surface au seuil de $\alpha=0,1\%$

	sRa	sRv	sRp	sRt	sRq	sRsk	sRku	sRk	sRpk	sRvk	SMR1	SMR2	sPa	sWa	sWv	sWp	sWt	sWq	sWsk	sWku	
LR	sRa	1																			
	sRv		1																		
	sRp		++	1																	
	sRt		++	++	1																
	sRq	++	+	+	+	1															
	sRsk	++				+	1														
	sRku	+					++	1													
	sRk	++				++	+	+	1												
	sRpk	++	+	+	+	++			++	1											
	sRvk	+	++	++	++	++			+	++	1										
	SMR1											1									
	SMR2						++	++				+	1								
	sPa	++				++			++	++	+			1							
	sWa	++				+			+	+	+			++	1						
	sWv	+				+			+	+	+			++	++	1					
	sWp	+		+	+	+			+	++	+			+	+		1				
sWt	++		+	+	++			++	++	++			++	++	++	++	1				
sWq	++				+			+	+	+			++	++	++	+	++	1			
sWsk	+				+			+	+				++	++	++	+	++	++	1		
sWku	+				+	+		+	+				++	+	++	+	++	++	++	1	
LT	sRa	1																			
	sRv	+	1																		
	sRp	+	++	1																	
	sRt	+	++	++	1																
	sRq	++	++	++	++	1															
	sRsk	+				+	1														
	sRku	+					++	1													
	sRk	++	+	+	+	+	+		1												
	sRpk	++	+	+	+	++	+		++	1											
	sRvk	++	++	++	++	++			+	++	1										
	SMR1											1									
	SMR2	+				+	+						1								
	sPa	+							+	+				1							
	sWa								+					++	1						
	sWv	+				+			+					++	++	1					
	sWp	++	+	++	+	++			++	++	++			+	+		1				
sWt	++	+	+	+	++			++	++	+			++	++	++	++	1				
sWq	+							+					++	++	++	+	++	1			
sWsk								+					++	++	++	+	++	++	1		
sWku								+					++	+	++	+	++	++	++	1	

+: Corrélation significativement différente de 0 au seuil de alpha égale à 5%

++ : Corrélation significativement différente de 0 au seuil de alpha égale à 0,1%

ANNEXE 33 : Matrice de corrélation entre les paramètres de rugosité mesurés sur les éprouvettes de bois de pin

Valeurs en rouges : Corrélations significatives marquées à $p < 0,05$, avec $N=96$

	Sa	Sq	Sp	Sv	St	Ssk	Sku	Sz	SHTp	Smmr	Smvr	SPc	Sds	Str	Sal	Std	Sfd	Sdq	Sec	Sdr	Sk	Spk	Skv	Sr1	Sr2	Sbi	Sci	Svi	Vv	Vm	Vmp	Vmc	Vvc	Vv	PLNt	PLNp	PLNv	PLNq
Sa	1,00	1,00	0,81	0,71	0,86	-0,03	-0,29	0,95	1,00	0,71	0,81	0,87	-0,76	-0,62	-0,66	-0,43	0,46	0,96	0,93	0,96	0,95	0,94	0,94	-0,28	0,32	0,30	-0,14	0,16	0,93	0,71	0,82	0,72	1,00	0,98	0,89	0,85	0,79	0,96
Sq	1,00	1,00	0,81	0,72	0,86	-0,04	-0,28	0,95	1,00	0,72	0,81	0,88	-0,76	-0,63	-0,66	-0,43	0,46	0,96	0,93	0,96	0,95	0,95	0,94	-0,27	0,31	0,30	-0,15	0,18	0,94	0,72	0,83	0,73	1,00	0,98	0,89	0,86	0,80	0,97
Sp	0,81	0,81	1,00	0,58	0,89	0,13	-0,08	0,86	0,81	0,58	1,00	0,84	-0,61	-0,49	-0,52	-0,23	0,29	0,79	0,80	0,81	0,79	0,83	0,75	-0,20	0,28	-0,23	-0,02	0,04	0,88	0,58	0,68	0,60	0,82	0,78	0,77	0,82	0,62	0,78
Sv	0,71	0,72	0,58	1,00	0,89	-0,40	0,18	0,83	0,70	1,00	0,58	0,61	-0,74	-0,44	-0,50	-0,35	0,19	0,69	0,64	0,67	0,66	0,69	0,72	-0,09	-0,06	0,21	-0,30	0,32	0,64	1,00	0,98	1,00	0,70	0,74	0,79	0,59	0,85	0,69
St	0,86	0,86	0,89	0,89	1,00	-0,15	0,05	0,95	0,85	0,89	0,89	0,82	-0,78	-0,52	-0,57	-0,33	0,27	0,83	0,81	0,83	0,81	0,85	0,83	-0,16	0,13	-0,01	-0,18	0,20	0,85	0,89	0,93	0,90	0,85	0,85	0,88	0,80	0,83	0,82
Ssk	-0,03	-0,04	0,13	-0,40	-0,15	1,00	-0,48	-0,05	-0,02	-0,40	0,13	0,04	0,14	-0,08	-0,07	0,06	0,20	-0,02	0,04	-0,04	0,00	0,04	-0,11	0,02	0,43	-0,32	0,74	-0,65	0,15	-0,40	-0,32	-0,40	0,00	-0,14	-0,12	0,14	-0,32	-0,04
Sku	-0,29	-0,28	-0,08	0,18	0,05	-0,48	1,00	-0,17	-0,30	0,18	-0,08	-0,23	0,05	0,28	0,28	0,21	-0,37	-0,29	-0,31	-0,25	-0,30	-0,28	-0,27	0,24	-0,45	-0,24	-0,14	0,05	-0,26	0,18	0,07	0,16	-0,29	-0,27	-0,10	-0,19	-0,01	-0,26
Sz	0,95	0,95	0,86	0,83	0,95	-0,05	-0,17	1,00	0,94	0,83	0,86	0,88	-0,76	-0,66	-0,70	-0,41	0,44	0,94	0,92	0,91	0,92	0,95	0,93	-0,23	0,26	0,15	-0,16	0,20	0,93	0,83	0,91	0,84	0,94	0,94	0,90	0,84	0,82	0,89
SHTp	1,00	1,00	0,81	0,70	0,85	-0,02	-0,30	0,94	1,00	0,70	0,81	0,87	-0,75	-0,62	-0,65	-0,43	0,46	0,95	0,93	0,98	0,95	0,94	0,93	-0,29	0,33	0,30	-0,13	0,14	0,93	0,70	0,82	0,72	1,00	0,97	0,88	0,85	0,79	0,98
Smmr	0,71	0,72	0,58	1,00	0,89	-0,40	0,18	0,83	0,70	1,00	0,58	0,61	-0,74	-0,44	-0,50	-0,35	0,19	0,69	0,64	0,67	0,66	0,69	0,72	-0,09	-0,06	0,21	-0,30	0,32	0,64	1,00	0,98	1,00	0,70	0,74	0,79	0,59	0,85	0,69
Smvr	0,81	0,81	1,00	0,58	0,89	0,13	-0,08	0,86	0,81	0,58	1,00	0,84	-0,61	-0,49	-0,52	-0,23	0,29	0,79	0,80	0,81	0,79	0,83	0,75	-0,20	0,28	-0,23	-0,02	0,04	0,88	0,58	0,68	0,60	0,82	0,78	0,77	0,82	0,62	0,78
SPc	0,87	0,88	0,84	0,61	0,82	0,04	-0,23	0,88	0,87	0,61	0,84	1,00	-0,55	-0,59	-0,64	-0,36	0,48	0,90	0,92	0,91	0,90	0,92	0,87	-0,34	0,37	0,06	-0,07	0,12	0,88	0,61	0,72	0,63	0,88	0,86	0,74	0,75	0,63	0,79
Sds	-0,78	-0,78	-0,61	-0,74	-0,78	0,14	0,05	-0,78	-0,75	-0,74	-0,61	-0,55	1,00	0,44	0,46	0,41	-0,13	-0,64	-0,58	-0,63	-0,63	-0,68	-0,66	-0,09	0,04	-0,26	0,12	-0,20	-0,73	-0,74	-0,79	-0,75	-0,78	-0,78	-0,81	-0,74	-0,78	-0,80
Str	-0,62	-0,63	-0,49	-0,44	-0,52	-0,08	0,28	-0,66	-0,62	-0,44	-0,49	-0,59	0,44	1,00	0,93	0,38	-0,78	-0,73	-0,75	-0,60	-0,71	-0,73	-0,73	0,13	-0,47	-0,19	0,00	-0,08	-0,60	-0,44	-0,51	-0,45	-0,62	-0,62	-0,49	-0,49	-0,42	-0,50
Sal	-0,66	-0,66	-0,52	-0,50	-0,57	-0,07	0,28	-0,70	-0,65	-0,50	-0,52	-0,64	0,46	0,93	1,00	0,44	-0,83	-0,79	-0,80	-0,66	-0,78	-0,77	-0,79	0,25	-0,47	-0,22	-0,01	-0,13	-0,62	-0,50	-0,57	-0,50	-0,65	-0,66	-0,50	-0,49	-0,44	-0,50
Std	-0,43	-0,43	-0,23	-0,35	-0,33	0,06	0,21	-0,41	-0,43	-0,35	-0,23	-0,38	0,41	0,38	0,44	1,00	-0,35	-0,45	-0,45	-0,43	-0,45	-0,42	-0,45	0,13	-0,25	-0,27	-0,06	0,01	-0,34	-0,35	-0,40	-0,36	-0,44	-0,41	-0,34	-0,26	-0,36	-0,37
Sfd	0,46	0,46	0,29	0,19	0,27	0,20	-0,37	0,44	0,46	0,19	0,29	0,48	-0,13	-0,78	-0,83	-0,35	1,00	0,65	0,68	0,54	0,65	0,59	0,61	-0,43	0,67	0,27	0,13	-0,04	0,41	0,19	0,27	0,20	0,46	0,44	0,23	0,25	0,17	0,27
Sdq	0,96	0,96	0,79	0,69	0,83	-0,02	-0,29	0,94	0,95	0,69	0,79	0,90	-0,64	-0,73	-0,79	-0,45	0,65	1,00	0,99	0,98	1,00	0,97	0,98	-0,38	0,44	0,27	-0,12	0,18	0,89	0,69	0,79	0,70	0,95	0,95	0,79	0,76	0,71	0,85
Sec	0,93	0,93	0,80	0,64	0,81	0,04	-0,31	0,92	0,93	0,64	0,80	0,92	-0,58	-0,75	-0,80	-0,45	0,68	0,99	1,00	0,96	0,99	0,97	0,96	-0,40	0,50	0,22	-0,07	0,12	0,88	0,64	0,75	0,66	0,93	0,91	0,76	0,74	0,67	0,82
Sdr	0,96	0,96	0,81	0,67	0,83	-0,04	-0,25	0,91	0,96	0,67	0,81	0,91	-0,63	-0,60	-0,66	-0,43	0,54	0,98	0,98	1,00	0,98	0,94	0,94	-0,39	0,42	0,24	-0,12	0,15	0,88	0,67	0,78	0,68	0,95	0,94	0,80	0,76	0,71	0,87
Sk	0,95	0,95	0,79	0,66	0,81	0,00	-0,30	0,92	0,95	0,66	0,79	0,90	-0,63	-0,71	-0,78	-0,45	0,65	1,00	0,99	0,98	1,00	0,96	0,96	-0,42	0,49	0,27	-0,10	0,15	0,88	0,66	0,77	0,68	0,95	0,94	0,78	0,75	0,69	0,84
Spk	0,84	0,85	0,83	0,69	0,85	0,04	-0,28	0,95	0,94	0,69	0,83	0,92	-0,68	-0,73	-0,77	-0,42	0,59	0,97	0,97	0,94	0,96	1,00	0,95	-0,26	0,40	0,20	-0,08	0,14	0,93	0,69	0,79	0,70	0,94	0,93	0,83	0,82	0,73	0,86
Skv	0,94	0,94	0,75	0,72	0,83	-0,11	-0,27	0,93	0,93	0,72	0,75	0,87	-0,66	-0,73	-0,79	-0,45	0,61	0,98	0,98	0,94	0,96	0,95	1,00	-0,35	0,33	0,30	-0,23	0,28	0,86	0,72	0,82	0,73	0,93	0,95	0,80	0,74	0,73	0,84
Sr1	-0,28	-0,27	-0,20	-0,09	-0,16	0,02	0,24	-0,23	-0,29	-0,09	-0,20	-0,34	-0,09	0,13	0,25	0,13	-0,43	-0,38	-0,40	-0,39	-0,42	-0,26	-0,35	1,00	-0,43	-0,11	0,15	-0,01	-0,21	-0,09	-0,14	-0,10	-0,27	-0,27	-0,08	-0,05	-0,10	-0,15
Sr2	0,32	0,31	0,28	-0,06	0,13	0,43	-0,45	0,26	0,33	-0,06	0,28	0,37	0,04	-0,47	-0,47	-0,25	0,67	0,44	0,50	0,42	0,49	0,40	0,33	-0,43	1,00	-0,01	0,33	-0,29	0,33	-0,06	0,04	-0,05	0,34	0,26	0,12	0,19	0,05	0,19
Sbi	0,30	0,30	-0,23	0,21	-0,01	-0,32	-0,24	0,15	0,30	0,21	-0,23	0,06	-0,26	-0,19	-0,22	-0,27	0,27	0,22	0,24	0,27	0,20	0,30	-0,11	-0,01	1,00	-0,31	0,31	0,10	0,21	0,24	0,22	0,29	0,33	0,20	0,10	0,26	0,30	
Sci	-0,14	-0,15	-0,02	-0,30	-0,18	0,74	-0,14	-0,16	-0,13	-0,30	-0,02	-0,07	0,12	0,00	-0,01	-0,06	0,13	-0,12	-0,07	-0,12	-0,10	-0,20	-0,23	0,15	0,33	-0,31	1,00	-0,80	-0,01	-0,30	-0,27	-0,31	-0,09	-0,27	-0,17	-0,02	-0,28	-0,14
Svi	0,16	0,18	0,04	0,32	0,20	-0,65	0,05	0,20	0,14	0,32	0,04	0,12	-0,20	-0,08	-0,13	0,01	-0,04	0,18	0,12	0,15	0,15	0,14	0,28	-0,01	-0,29	0,31	-0,80	1,00	0,04	0,32	0,29	0,33	0,12	0,34	0,18	0,05	0,27	0,16
Vv	0,93	0,94	0,88	0,64	0,85	0,15	-0,26	0,93	0,93	0,64	0,88	0,88	-0,73	-0,60	-0,62	-0,34	0,41	0,89	0,88	0,88	0,88	0,93	0,86	-0,21	0,33	0,10	-0,01	0,04	1,00	0,64	0,75	0,65	0,94	0,90	0,89	0,93	0,72	0,91
Vm	0,71	0,72	0,58	1,00	0,89	-0,40	0,18	0,83	0,70	1,00	0,58	0,61	-0,74	-0,44	-0,50	-0,35	0,19	0,69	0,64	0,67	0,66	0,69	0,72	-0,09	-0,06	0,21	-0,30	0,32	0,64	1,00	0,98	1,00	0,70	0,74	0,79	0,59	0,85	0,69
Vmp	0,82	0,83	0,68	0																																		

ANNEXE 34 : Effets de la vision sur le toucher

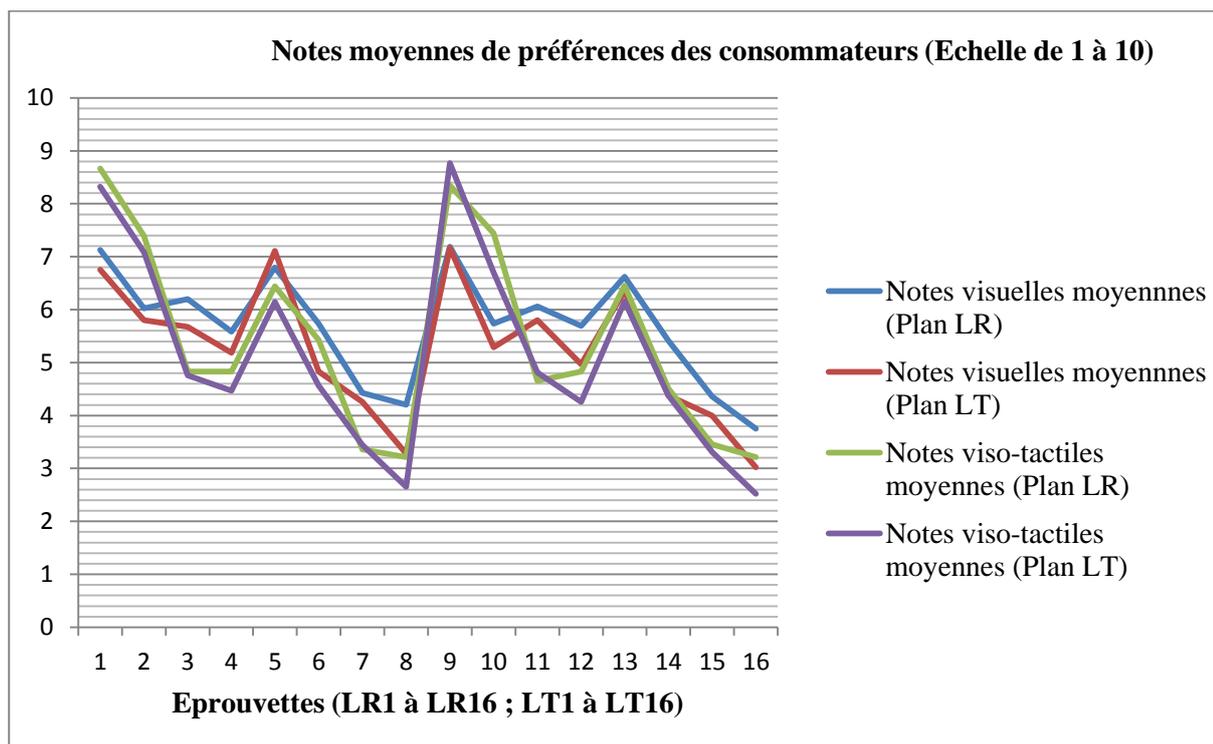


Figure 46 : Comparaison des préférences visuelles et visuo-tactiles des consommateurs des différents états de surface suivant les plans LR et LT

Tableau 55 : Les moyennes des notes visuelles et visuo-tactiles pour les états de surfaces suivant les plans LR et LT

	Notes visuelles moyennes (Plan LR)	Notes visuelles moyennes (Plan LT)	Notes visuo-tactiles moyennes (Plan LR)	Notes visuo-tactiles moyennes (Plan LT)
1	7,13	6,76	8,67	8,32
2	6,02	5,80	7,39	7,09
3	6,20	5,68	4,83	4,76
4	5,58	5,19	4,83	4,47
5	6,80	7,11	6,44	6,14
6	5,74	4,83	5,43	4,57
7	4,43	4,26	3,36	3,44
8	4,20	3,28	3,21	2,66
9	7,19	7,17	8,35	8,77
10	5,74	5,29	7,44	6,70
11	6,06	5,80	4,65	4,81
12	5,69	4,97	4,83	4,26
13	6,62	6,36	6,45	6,16
14	5,42	4,38	4,51	4,38
15	4,36	4,00	3,45	3,31
16	3,75	3,02	3,21	2,52

Tableau 56 : Test de Normalité des notes moyennes des préférences visuelles et viso-tactiles

Test de Normalité, avec :

H0 : L'échantillon suit une loi Normale.

Ha : L'échantillon ne suit pas une loi Normale.

	Notes visuelles moyennes (Plan LR)	Notes visuelles moyennes (Plan LT)	Notes viso-tactiles moyennes (Plan LR)	Notes viso-tactiles moyennes (Plan LT)
p-value	0,363	0,820	0,149	0,386
α	0,001	0,001	0,001	0,001
	Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est de 36,29%	Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est de 82,05%	Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est de 14,87%	Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est de 38,61%

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,001$, on peut valider l'hypothèse nulle H0.

➔ Tous les échantillons suivent une Loi Normale (Test de Shapiro – Wilk au seuil de signification $\alpha = 0,001$).

Tableau 57 : Détermination de l'effet de la vision sur le toucher par comparaison des notes visuelles et viso-tactiles

Test paramétrique : Test t de Student pour deux échantillons, comparaison de deux moyennes, au seuil de signification $\alpha = 0,001$

On pose :

H0 : La différence entre les moyennes n'est pas significativement différente de 0.

Ha : La différence entre les moyennes est significativement différente de 0.

	Comparaison de		Comparaison de	
	Notes visuelles moyennes (Plan LR)	Notes viso-tactiles moyennes (Plan LR)	Notes visuelles moyennes (Plan LT)	Notes viso-tactiles moyennes (Plan LT)
Différence	0,241		0,096	
t (Valeur observée)	0,460		0,169	
t (Valeur critique)	3,747		3,703	
DDL	24		26	
p-value	0,649		0,867	
α	0,001		0,001	
	Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est de 64,95%		Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est de 86,70%.	

Le nombre de degrés de liberté (DDL) est calculé en utilisant la formule de Welch-Satterthwaite.

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,001$, on peut valider l'hypothèse nulle H0.

➔ Il n'y a donc pas d'effet de la vision sur le toucher, quel que soit le plan considéré, LR ou LT, lors des évaluations sensorielles des états de surface par les consommateurs.