



**La production du
charbon de bois d'eucalyptus:
les techniques d'amélioration du rendement**

RASAMINDISA ALAIN MICHEL

PLAN DE LA PRESENTATION

- Pourquoi persister sur le charbon de bois?
- Les caractéristiques de la production traditionnelle
- Les améliorations techniques
- La comparaison
- Les résultats

Les atouts du charbon de bois

☞ **ECONOMIQUE:**

- le moins cher des combustibles par rapport au gaz, pétrole lampant, électricité et les autres sources d'énergie telles que le biogaz, le solaire et l'éolienne .
- avec 100 ar on peut avoir un sachet de charbon (≈600 g) suffisant pour la préparation du repas de 4 personnes.
- son utilisation ne nécessite pas de gros investissement par rapport à un réchaud : un Fatapera peut être acquis à partir de 2 000 ariary.

☞ **SOCIAL:**

- utilisation adapté aux conditions des ménages : pas de salle de cuisine équipée ni d'installations fixes → la cuisson des repas est effectuée dans un coin de la cour
- le charbon de bois convient bien aux modes de cuisson des malgaches : plats mijotés, fritures, brochettes...

☞ **TECHNIQUE:**

- par rapport au bois de feu, le charbon brûle avec une vitesse de combustion moindre en dégageant moins de fumée.
- son approvisionnement est facile et plus assuré.

👉 Comparaison du cout des combustibles par kcal

	CHARBON	GAZ	PETROLE
POIDS	38	12,5	1
PCI (KCAL/KG)	7000	11000	8425
ENERGIE TOTALE	266000	137500	8425
RIX AR/KCAL PAR RAPPORT AU CHARBON DE BOIS 2010	1	11	6
RIX AR/KCAL PAR RAPPORT AU CHARBON DE BOIS 2011	1	13	6
RIX AR/KCAL PAR RAPPORT AU CHARBON DE BOIS 2013	1	11	4

Les caractéristiques des meules traditionnelles

- Meule complètement en terre
- Recouvrement à partir de feuilles recouvertes de terre
- Une partie (env. 60cm) est creusée
- Combustion interne
- Tirage direct
- Pas d'évents d'aération a part la bouche d'allumage



Les principales améliorations apportées

- Respect des zones de production autorisées par l'administration
- Abattage le plus bas possible
- Utilisation de bois sec
- Installation sans creusement et suivant le vent dominant
- Utilisation d'évents
- Surveillance et conduite de la carbonisation
- Refroidissement sans mouillé le charbon
- ➔ Pas d'intrant métallique



Choix de l'aire de carbonisation

A l'intérieur de la zone autorisée et pouvant accueillir plusieurs fours à la fois

Proche des ressources

Relief non accidenté : suffisamment plat

Bien exposé au vent

En fonction de la disponibilité en bois

Pas de disposition spatiale



Le bois à carboniser

Abattage à rez terre : hauteur d'abattage 20-30cm au maximum

Découpe en fonction de la largeur du four

Hauteur d'abattage non respectée
Pas de souci d'économie de bois



Le bois à carboniser

Séchage : au minimum 3 semaines

Une fois que le bois est rassemblé, on procède à la carbonisation

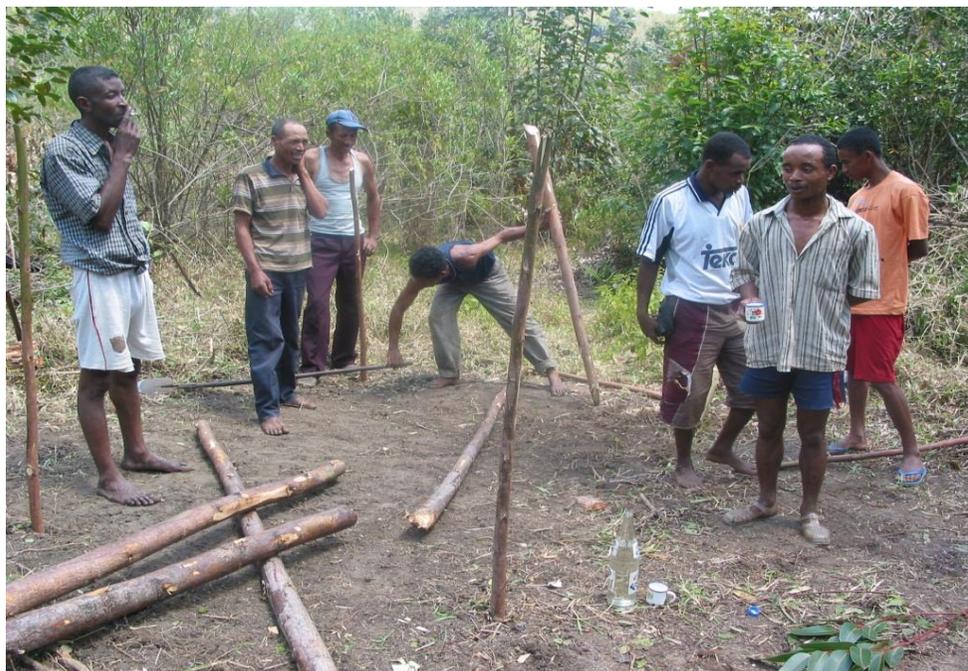


CARBONISATION AMELIOREE

La délimitation du four

Nettoyage sur une partie d'au moins 5m autour du four

Four à ériger à même le sol



CARBONISATION TRADITIONNELLE

Nettoyage sur une partie de 1 à 2m autour du four

Creusement du four sur une profondeur de 50 à 75cm de profondeur



Orientation par rapport au vent dominant

Suivant la direction du vent dominant

Pas d'orientation



Chargement

Installation des longerons

Mise en place des longerons et du premier lit de bois

Empilement du bois avec le minimum de vides

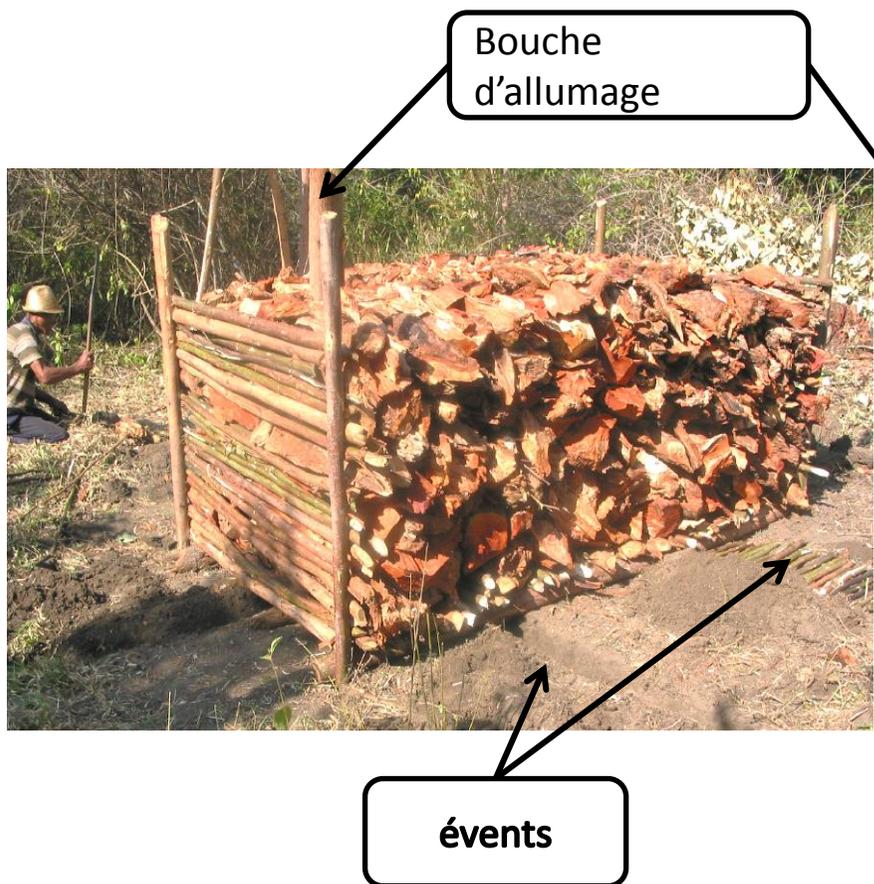
-idem-



Construction des événements

Creusements de canaux de 10cm de large sur les parois (événements d'aération) et sur les extrémités du four (événement d'allumage et cheminée à l'opposé)

Event d'allumage & Events d'aération constitués de trous pratiqués sur les parois
Cheminée à partir des piquets de chargement



Recouvrement

Utilisation de feuilles recouvertes de mottes de terres sur toutes les parois du four



Utilisation du système « coffrage » sur les parois latérales du four : les feuilles sont recouvertes de la terre soutenue par des bois ronds



Mise à feu

Bouche d'allumage située sur la partie supérieure du four et du côté sous le vent

Bouche d'allumage situé sur la partie inférieure d'un côté



Conduite de la carbonisation

Réglage de l'entrée d'air dans le four par l'ouverture ou la fermeture des événements d'aération

Réglage de l'entrée d'air dans le four en pratiquant des trous sur les parois latérales du four



Extinction du feu

Fermeture de tous les événements et cheminée au moins 24 heures avant le défournement

-idem-



Défournement**Nettoyage de l'aire de carbonisation****Extinction d'éventuelles braises par recouvrement avec de la terre humide****Triage des produits obtenus****-idem-****Utilisation d'eau pour l'extinction d'éventuelles braises**

LES RESULTATS OBTENUS

- Amélioration de l'apparition des rejets de souche
- Diminution de la durée de carbonisation: pour une meule de 2 x 1,5 x 1m: 7 jours au lieu de 9
- Rendement massique obtenu 20% (10% en traditionnel)
- Fréquence de prise de feu: 1 au lieu de 3
- Diminution de la proportion d'incuits: 1,6% au lieu de 16%
- Qualité du charbon obtenu meilleure: moins cassant et plus gros morceaux

ESTIMATION GAIN DE SURFACE EN FONCTION DE L'AMELIORATION DE LA CARBONISATION

rdt à la carbonisation	0,08	0,10	0,17	0,18	0,19	0,20
bois m ³ /ha	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00
bois T/ha	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70
charbon T/ha	0,62	0,77	1,31	1,39	1,46	1,54
Surface pour un besoin de 200 000 T/an (X 1000)	325	260	153	144	137	130
GAIN EN HA SI ON AMELIORE A PARTIR DE 8%(EN MILLIER HA)		65	172	180	188	195

Merci de votre aimable
attention





POTENTIALITES DE *CORYMBIA CITRIODORA* ET *CORYMBIA MACULATA* POUR DES UTILISATIONS EN AMEUBLEMENT ET EN AMENAGEMENT INTERIEUR

Tahiana Ramananantoandro
Andraina H.Rajemison
Miora F. Ramanakoto
Florent Eyma

Email : ramananantoandro@gmail.com

STRUCTURE DE LA PRESENTATION

1. CONTEXTE DE L'ETUDE

2. OBJECTIF DE LA PRESENTATION

3. CARACTERISATIONS DES PROPRIETES TECHNOLOGIQUES DE *C. CITRIODORA* ET DE *C. MACULATA*

4. COMPARAISON DES PROPRIETES TECHNOLOGIQUES DE CES DEUX ESPECES D'EUCALYPTUS AVEC CELLES D'AUTRES ESPECES FORESTIERES

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

1. CONTEXTE DE L'ETUDE

Enquêtes auprès de 54 entreprises du bois de la capitale

4 catégories de bois principalement évoquées par les vendeurs : **Eucalyptus**, Pin, Palissandre et **Bois ordinaires**

Eucalyptus → Fourniture de bois d'œuvre

Identification des espèces de **bois ordinaires** utilisées

Fréquence d'utilisation de chaque espèce par les entreprises

100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%



- Volomborona
- Faho
- Voasary
- Dingadingana
- Harongana
- Sohihy
- Voapaka
- Ditimena
- Voantsilana
- Tavolo
- Anakaraka
- Longotra
- Manoka
- Bonara
- Rambiazina
- Katrafay
- Vandrika
- Longotra
- Hetatra
- Anjananjana
- Masay
- Hintsy
- Rotra
- Hazomena
- Ambora
- Hazondrano
- Hazotokana
- Merana

- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- 2
- 1

**37 ESSENCES
RENCONTREES CHEZ
LES 54 ENTREPRISES DE
BOIS DE LA CAPITALE**

3 espèces d'Eucalyptus utilisées en bois d'œuvre dans la ville d'Antananarivo
(Randrianjafy, 1999)



E.robusta



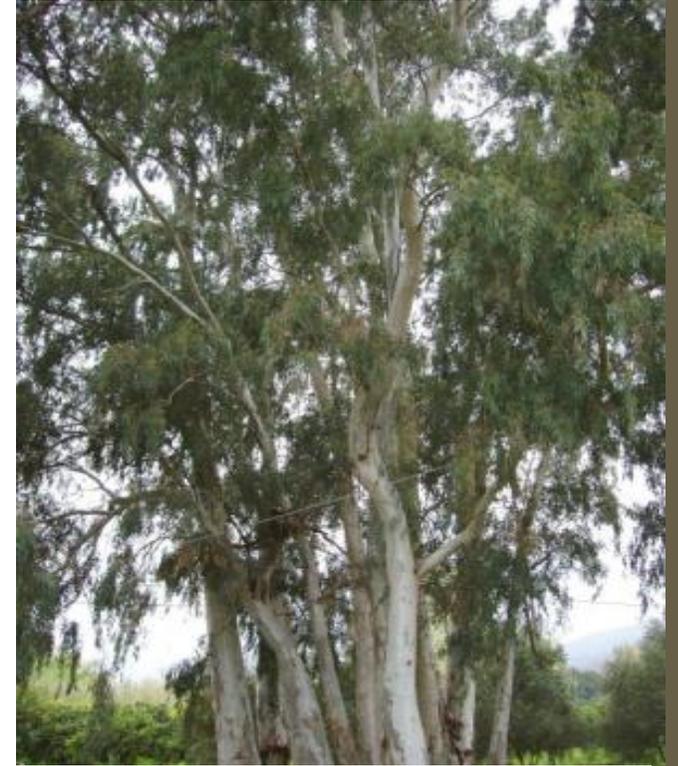
Bois d'oeuvre



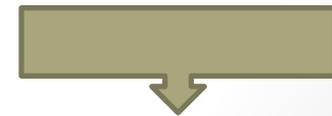
E.grandis



Bois de construction
ou bois de service



E.camadulensis



Bois d'œuvre mal prisé

Principales utilisations des bois d'œuvre d'Eucalyptus à Madagascar

Utilisations en construction



Utilisations en ameublement et aménagement



Mananara Lodge

2 espèces d'Eucalyptus utilisées en bois d'œuvre en Australie (Shield, 2008)



Corymbia maculata



Corymbia citriodora

Principales utilisations des Eucalyptus (*C.maculata*, et *C.citriodora*) en Australie (Shield, 2008)

Utilisations en construction



Parquet utilisé comme pont de bateau

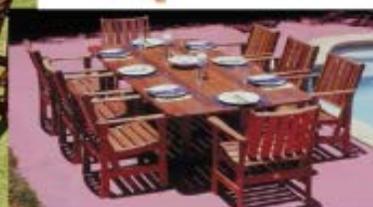


Autres outils: marteau, hache

Utilisations en ameublement



Ameublement intérieur

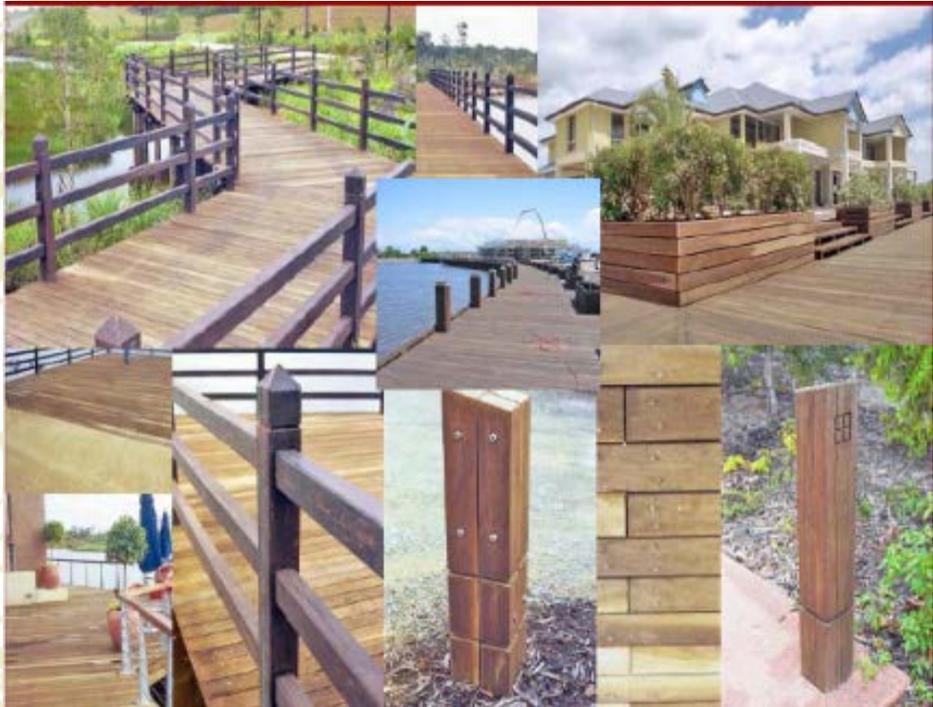


Ameublement extérieur

Utilisations en aménagement



Parquet



Terrasse, pont, poutre



Balcons

2. OBJECTIF



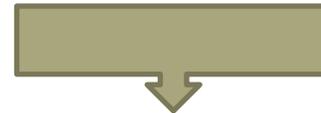
Connaître les potentialités de deux espèces d'eucalyptus malgaches: *Corymbia maculata* et *Corymbia citriodora* pour des utilisations en ameublement et en aménagement intérieur

Corymbia maculata



Provenance: Mandraka

Corymbia citriodora



Provenance: Fanjahira (Fort-Dauphin)

3. CARACTERISATION DES PROPRIETES TECHNOLOGIQUES DE *C.MACULATA* ET *C.CITRIODORA*

Propriétés **physiques**: densité, retrait volumique

Propriétés **mécaniques**: dureté, module d'élasticité en flexion

Propriétés d'**usage**: rugosité, effort de coupe, mouillabilité

Propriété **esthétique**: couleur

DENSITE (m_{VH})

RETRAIT VOLUMIQUE

NF B 51-005 (1985)

$$m_{VH} = \frac{m_H}{V_H}$$

H = 12% (humidité)



MESURES DES PROPRIETES PHYSIQUES

DENSITE (m_{VH})

RETRAIT VOLUMIQUE

NF B 51-006 (1985)

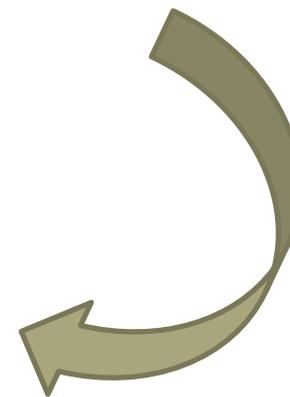
$$Rv = \frac{Vs - Vo}{Vs} \times 100 \text{ (en \%)}$$



V_s



V_o



DURETE (N)

MODULE D'ELASTICITE EN FLEXION STATIQUE

NF B 51-013 (1985) : Dureté de Monnin

Flèche de pénétration : $t = 15 - \frac{1}{2} \sqrt{900 - a^2}$

Dureté : $N = \frac{1}{t}$



MESURES DES PROPRIETES MECANIQUES

DURETE (N)

MODULE D'ELASTICITE EN FLEXION STATIQUE

NF B 51-016 (1987)

$$E_L = \frac{3P(l-a) * (2l^2 + 2la - a^2)}{8bh^3 f}$$

H = 12% (humidité)



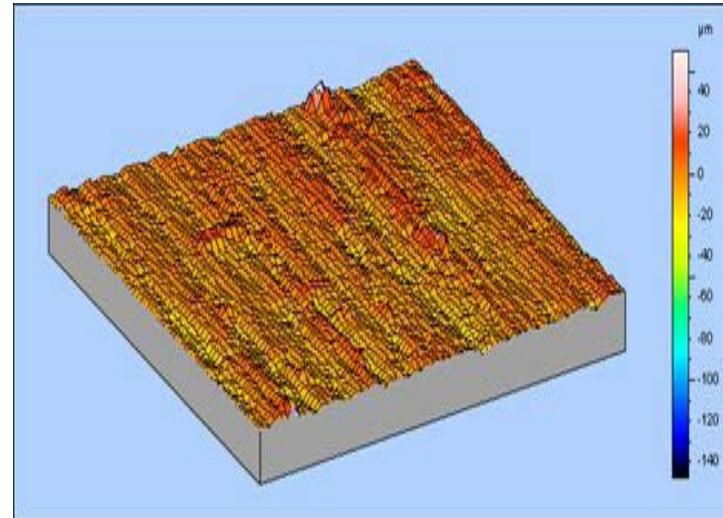
MESURES DES PROPRIETES D'USINAGE

RUGOSITE

EFFORT DE COUPE (F_c)

MOUILLABILITE

Centre d'usinage à commande numérique, rugosimètre laser



sRa

Rugosité moyenne (μm)

Plus *sRa* élevée, plus la surface est rugueuse

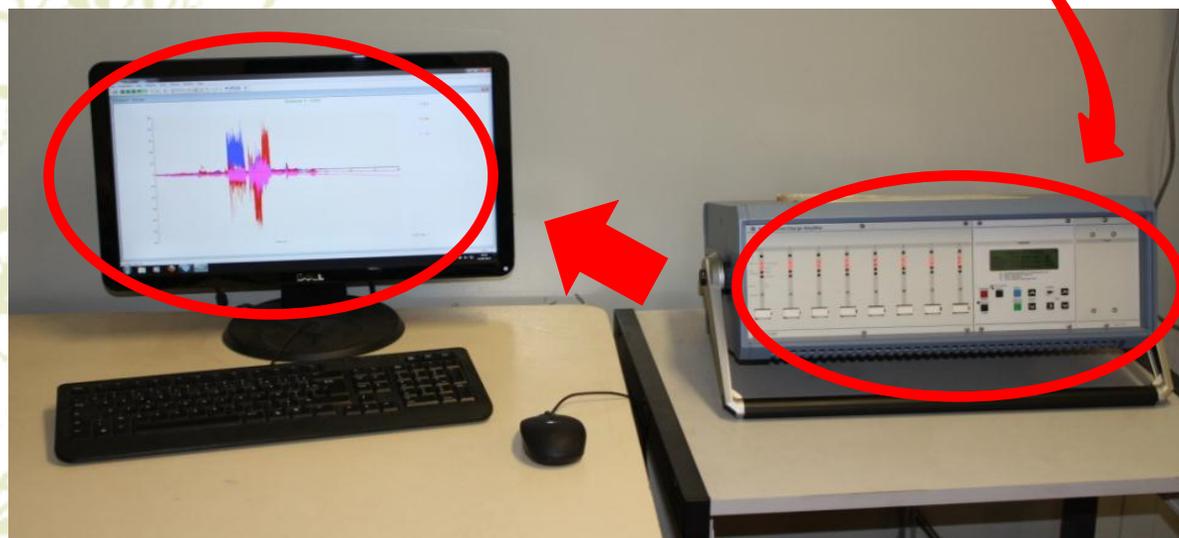
MESURES DES PROPRIETES D'USINAGE

RUGOSITE

EFFORT DE COUPE (F_c)

MOUILLABILITE

Dispositif de mesures
d'effort de coupe

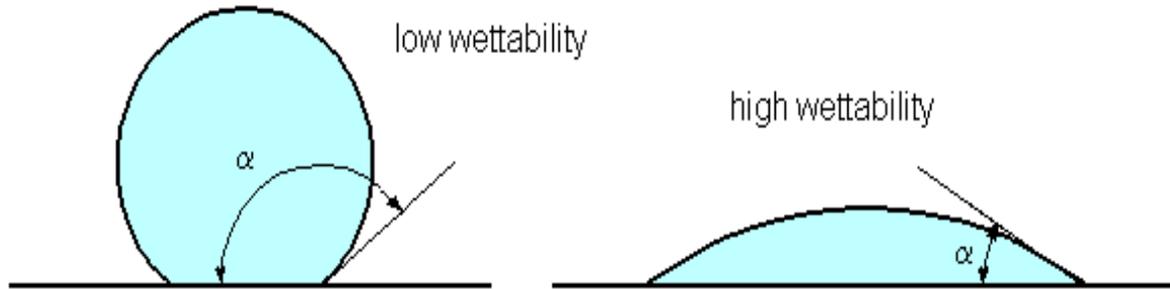


MESURES DES PROPRIETES D'USINAGE

RUGOSITE

EFFORT DE COUPE (F_c)

MOUILLABILITE



Si $\alpha < 90^\circ$, le liquide mouille le solide.

-Si $\alpha = 0^\circ$, la mouillabilité est parfaite.

-Si $180^\circ > \alpha > 90^\circ$, le liquide est plutôt non mouillant.

Mesure de l'angle de contact initial α



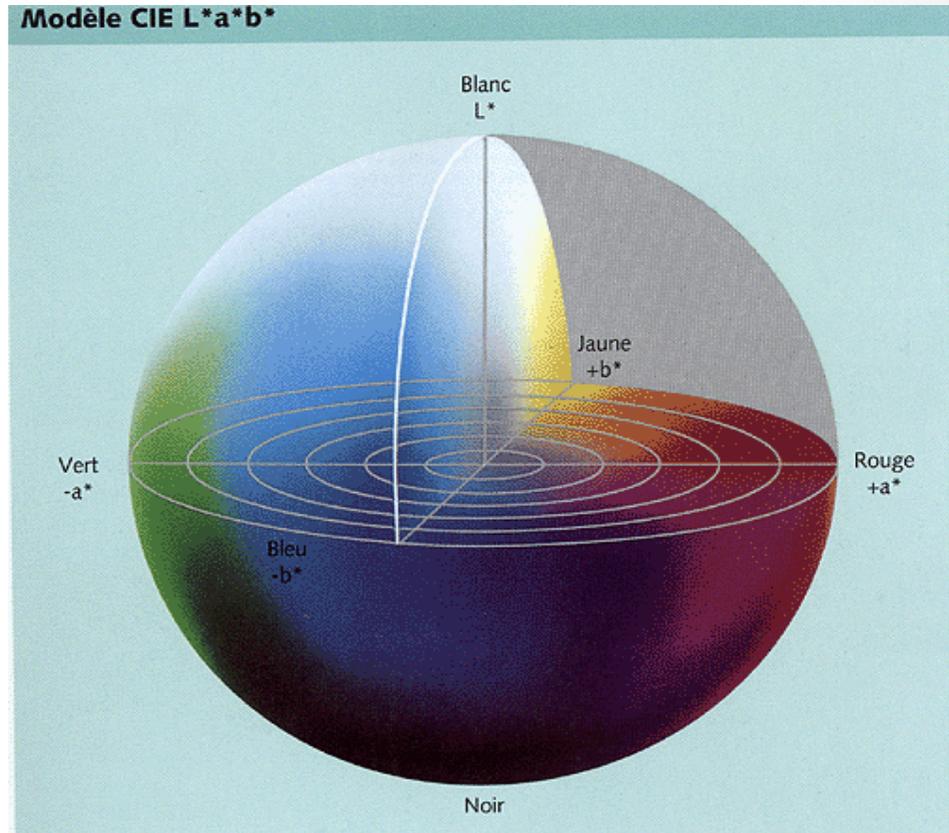
MESURES DES PROPRIETES ESTHETIQUES

COULEUR : mesures des coordonnées colorimétriques L, a, b



Appareil de mesure : spectrophotomètre
MICROFLASH 200d de Datacolor

**Au moins deux répétitions de
mesures**



L^* : 0 (noir) à 100 (blanc)
 a^* : -60 (vert) à 60 (rouge)
 b^* : -60 (bleu) à 60 (jaune)

4. COMPARAISON DES PROPRIETES TECHNOLOGIQUES DE *C.MACULATA* ET *C.CITRIODORA* AVEC CELLES D'AUTRES ESPECES UTILISEES EN AMEUBLEMENT ET AMENAGEMENT INTERIEUR



C.citriodora



C.maculata



*Dalbergia
Baronii B.*
(Palissandre)



*Chrysophyllum
boivinianum*
(Famelona)



*Canarium
madagascariensis*
(Ramy)



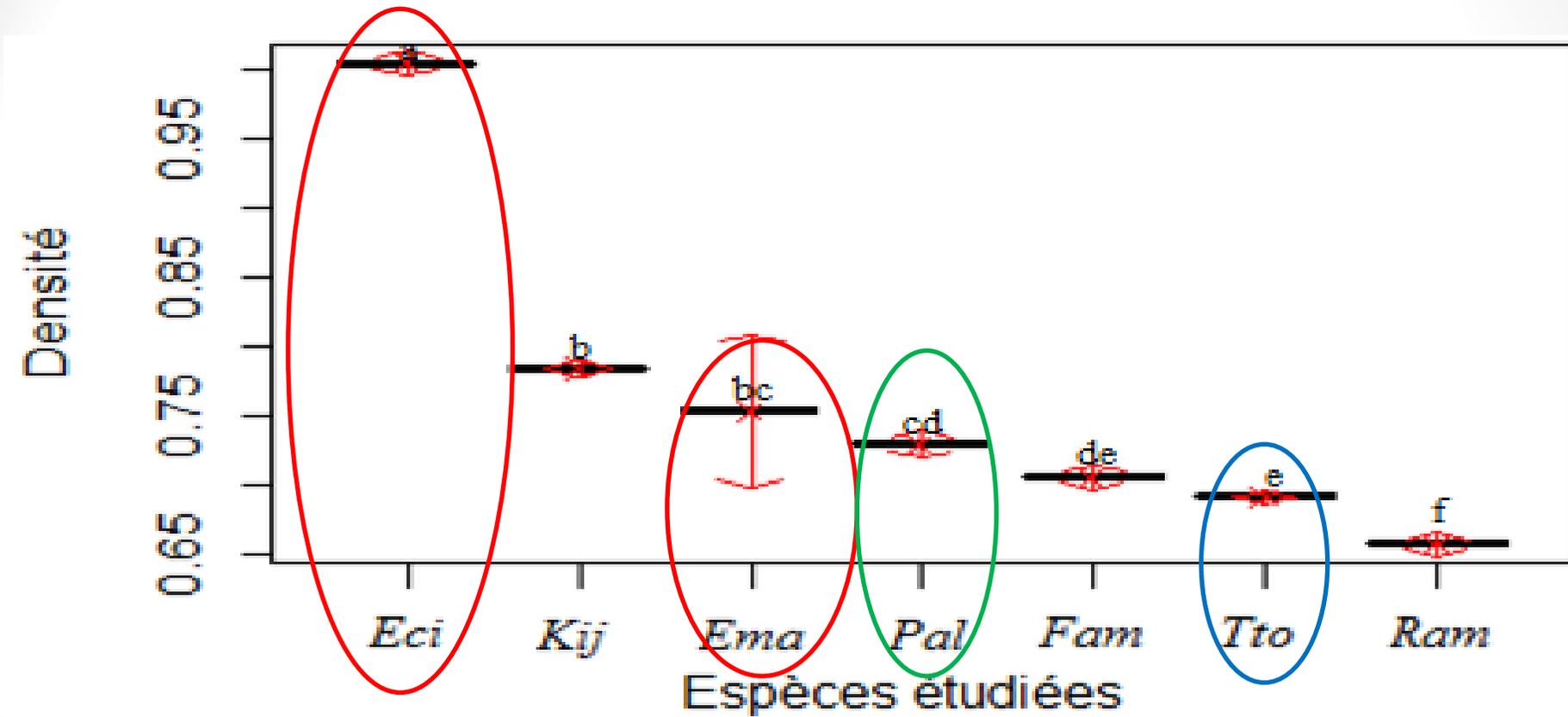
*Symphonia
spp.*
(Kijy)



*Tectona
grandis*
(Teck
Togo)

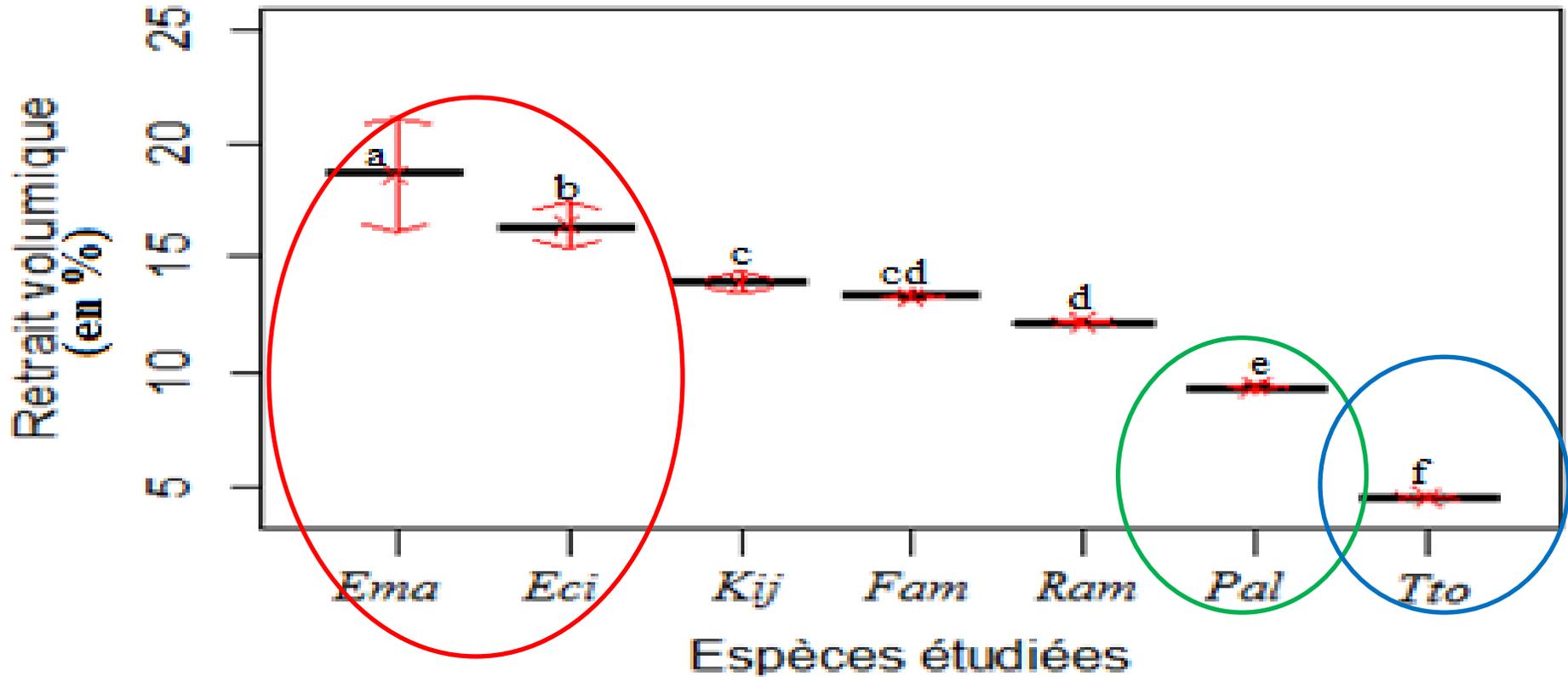
VALEURS MOYENNES CALCULEES DE LA DENSITE DU BOIS

Test ANOVA associé au test LSD de Fisher au seuil de signification de 5 %



Eci et Ema plus denses que le palissandre et le Teck Togo

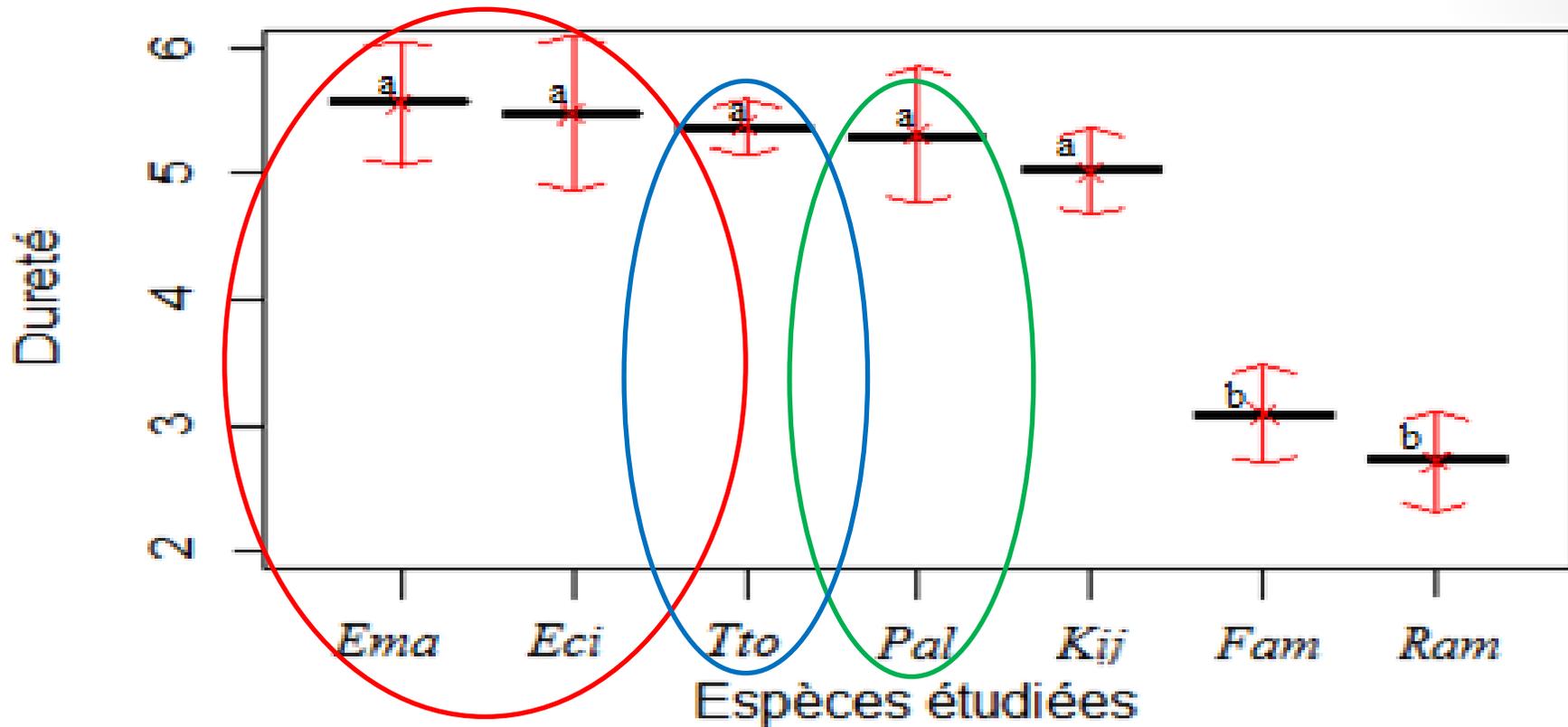
Test ANOVA associé au test LSD de Fisher au seuil de signification de 5 %



Eci et Ema fort retrait volumique (faiblesse)

VALEURS MOYENNES CALCULEES DE LA DURETE DU BOIS

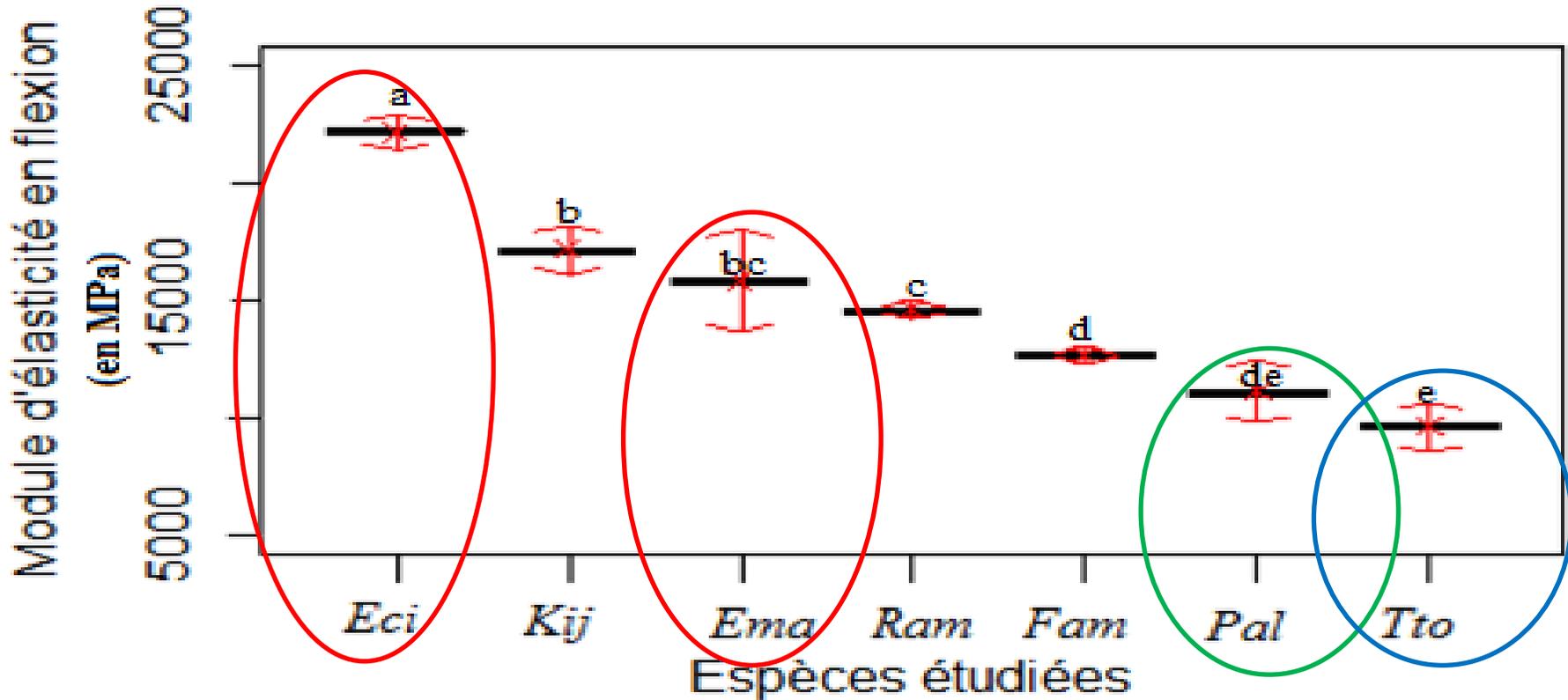
Test ANOVA associé au test LSD de Fisher au seuil de signification de 5 %



Eci et Ema plus dures que le palissandre et le Teck Togo

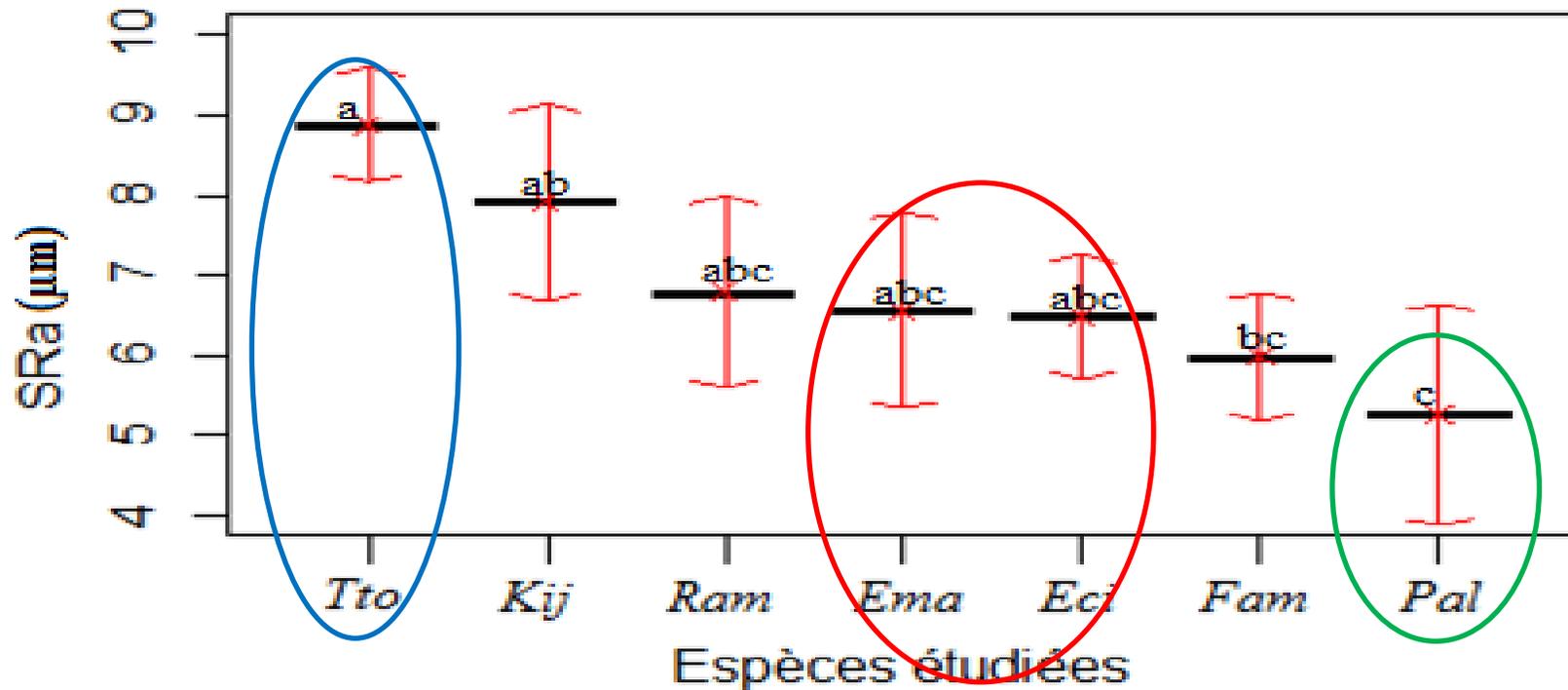
VALEURS MOYENNES CALCULEES DE LA MODULE D'ELASTICITE EN FLEXION STATIQUE DU BOIS

Test ANOVA associé au test LSD de Fisher au seuil de signification de 5 %



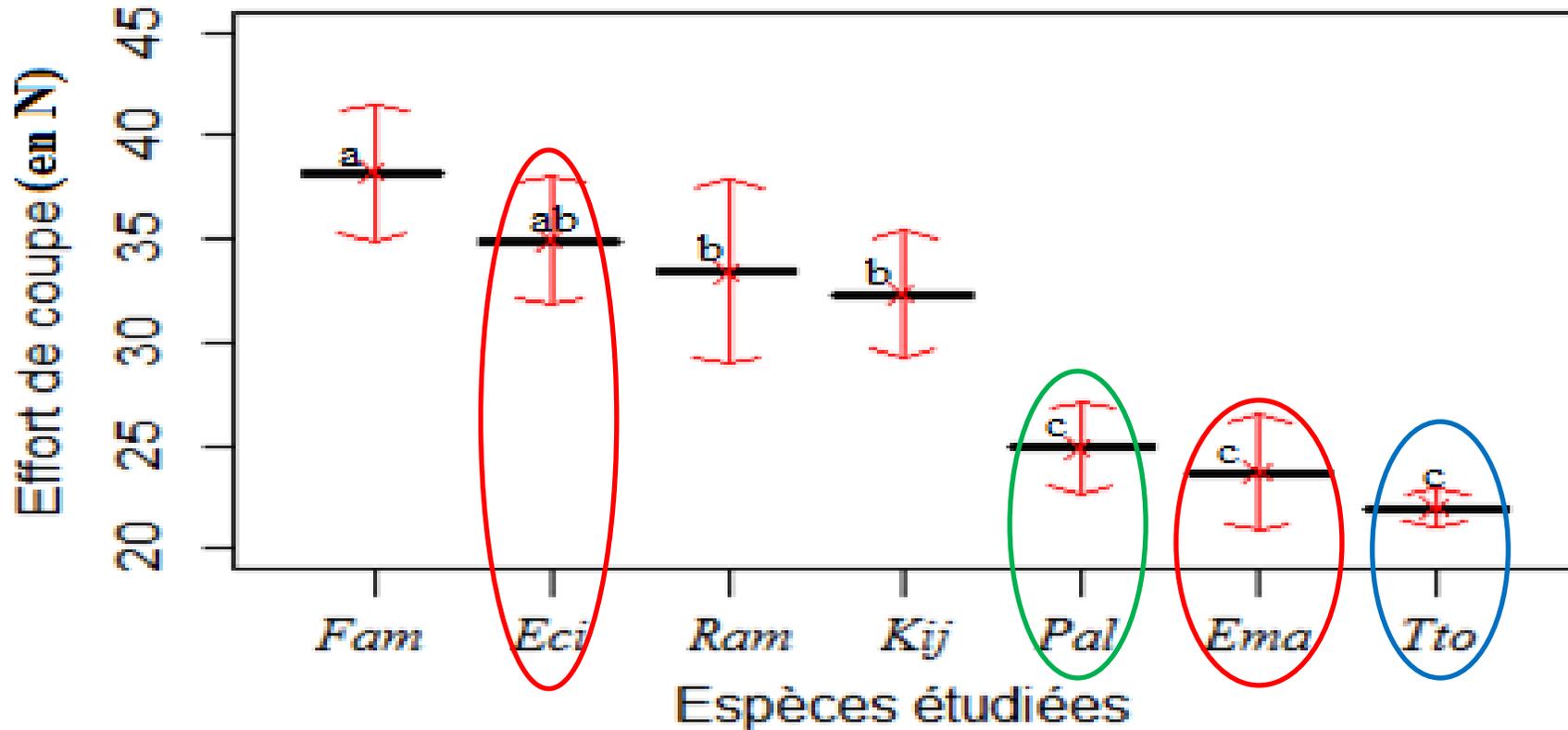
Eci et Ema très bonne résistance à la flexion statique comparée au palissandre et Teck Togo

Test ANOVA associé au test LSD de Fisher au seuil de signification de 0,1 %



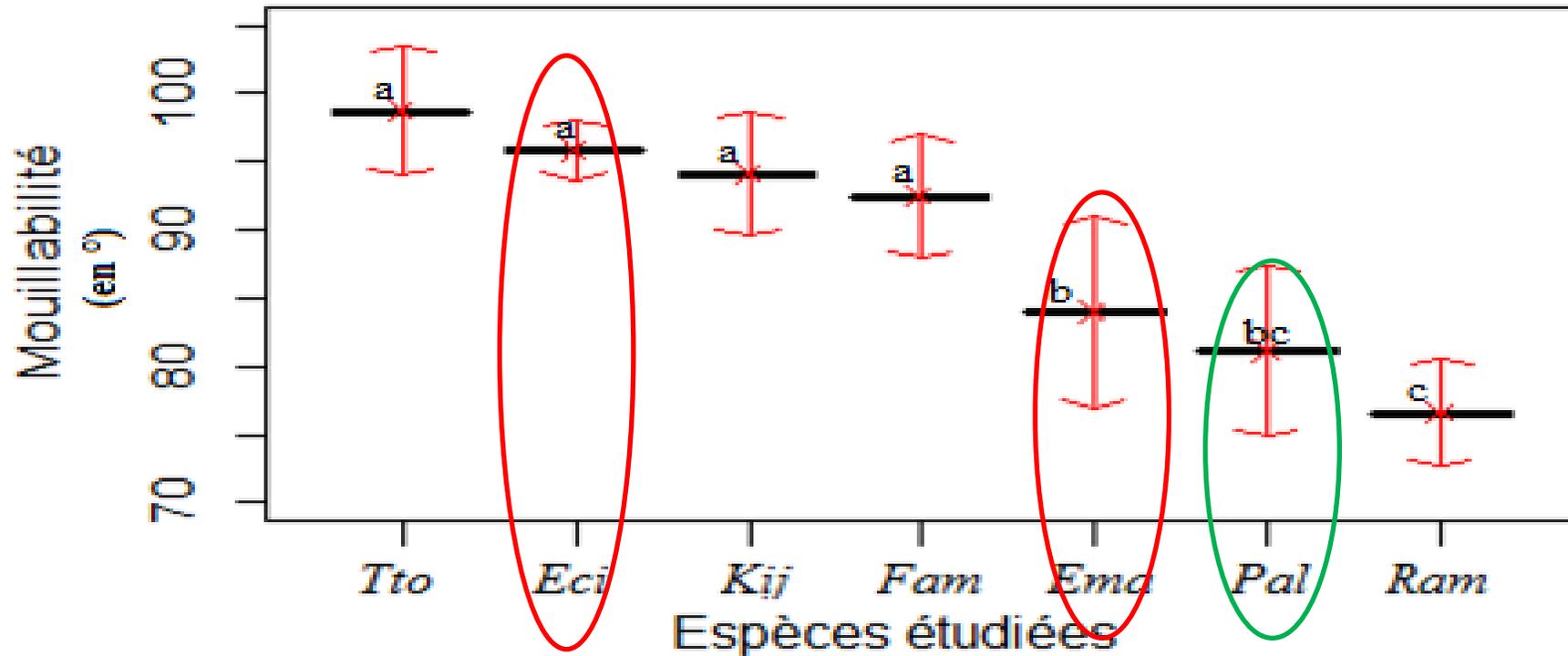
Eci et Ema : rugosité de surface intermédiaire entre le palissandre et le Tto

Test ANOVA associé au test LSD de Fisher au seuil de signification de 5 %



Eci nécessite plus d'effort de coupe que le palissandre, Ema et Tto

Test ANOVA associé au test LSD de Fisher au seuil de signification de 5 %

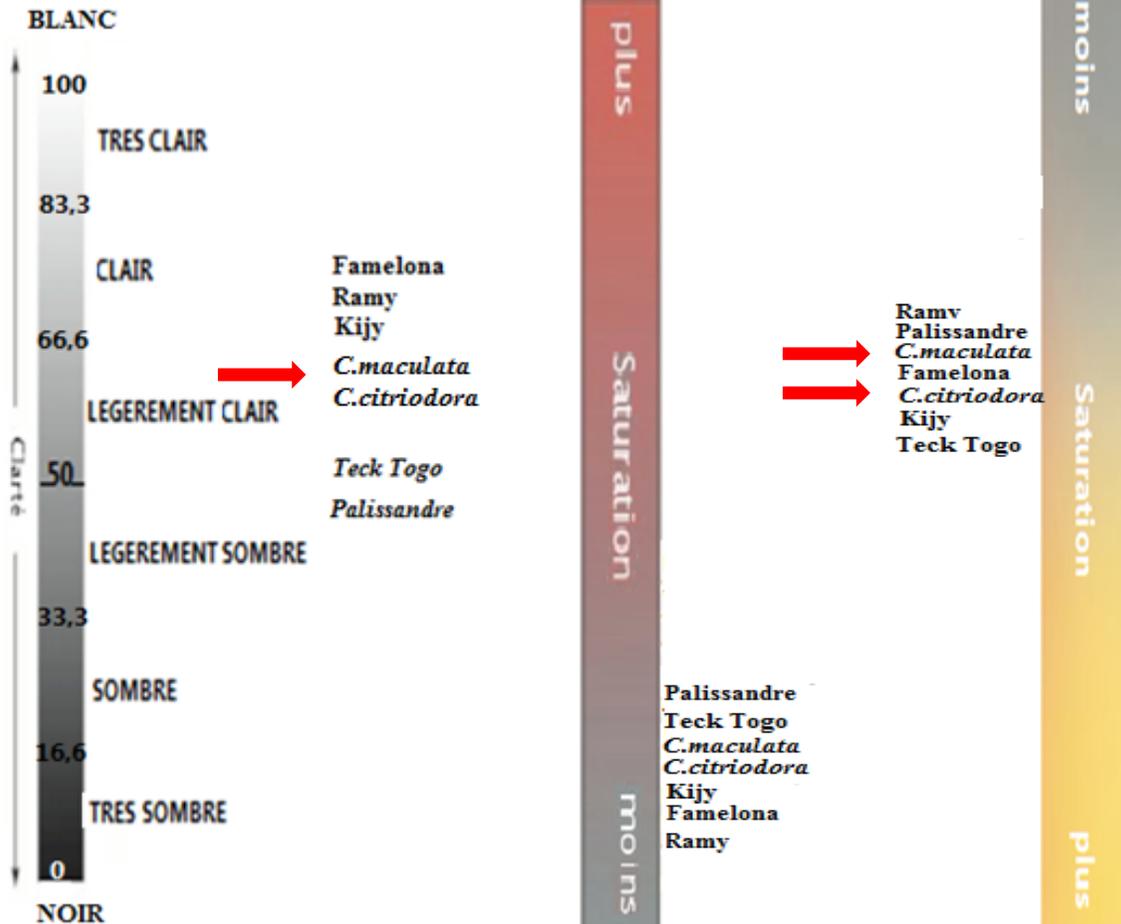


L'angle de contact est plus important pour Eci par rapport au palissandre et Ema
 → Eci est difficilement mouillable

MESURES DES PROPRIETES ESTHETIQUES : COULEUR

COULEUR DES SEPT ESSENCES

Essences	L	a	b
Ecitriodora	60,55	11,02	23,87
Emaculata	65,43	11,21	19,90
Famelona	73,51	8,49	22,25
Kijy	66,88	8,59	25,44
Palissandre	48,91	12,33	17,75
Ramy	72,41	5,34	14,32
Tech Togo	51,41	12,24	28,19



PREFERENCE DES CONSOMMATEURS EN AMEUBLEMENT

BOIS DE COULEUR LEGEREMENT CLAIR ET TENDANT VERS LE JAUNE (Ramanakoto, 2012)

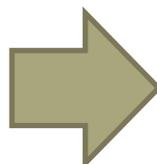
C.citriodora et *C.maculata*: alternatives

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

C.Citriodora et *C.maculata*

FORCE

Densité et dureté élevée
Très bonne résistance à la flexion statique



Bonnes propriétés physiques et mécaniques

→ correspondent aux préférences des consommateurs

→ Alternatives d'espèces de substitutions aux bois précieux

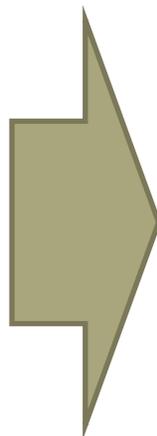
FAIBLESSE

Fort retrait

Surfaces plus rugueuses que le palissandre, mais moins rugueuses que le Teck Togo

Nécessite plus d'effort de coupe

Mouillabilité difficile



Faiblesse : à corriger

→ Optimisation de l'usinage des eucalyptus par réglage des différents facteurs d'usinage



**MERCI DE VOTRE AIMABLE
ATTENTION**