



**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

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

# 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

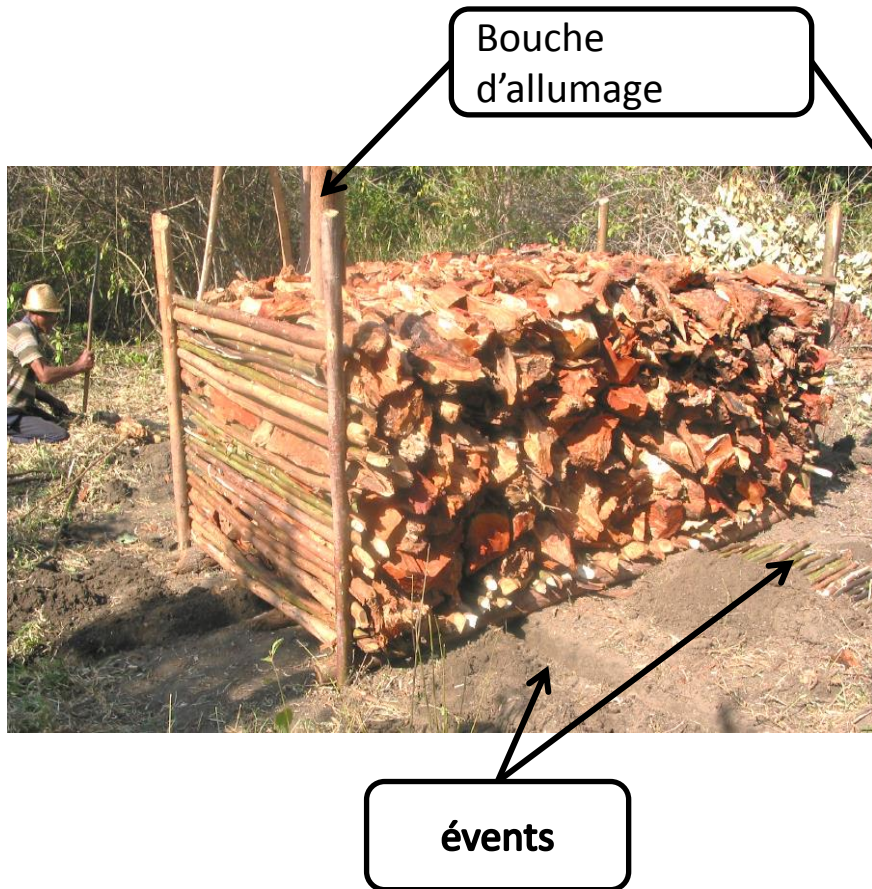
-idem-



*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

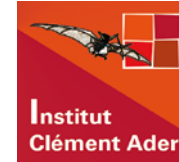
- Amélioration de l'apparition des rejets de souche
- Diminution de la durée de carbonisation: pour une meule de 2 x 1,5 x 1m: 7 jours au lieu de 9
- Rendement massique obtenu 20% (10% en traditionnel)
- Fréquence de prise de feu: 1 au lieu de 3
- Diminution de la proportion d'incuits: 1,6% au lieu de 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 <sup>3</sup> /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](mailto: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**

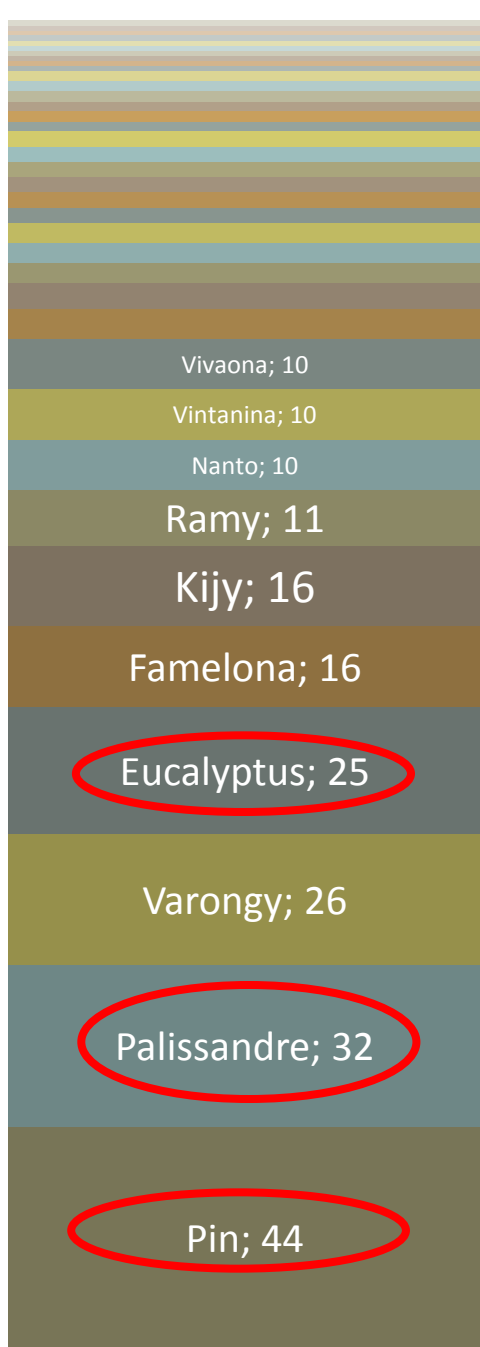
Eucalyptus → Fourniture de bois d'œuvre

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*



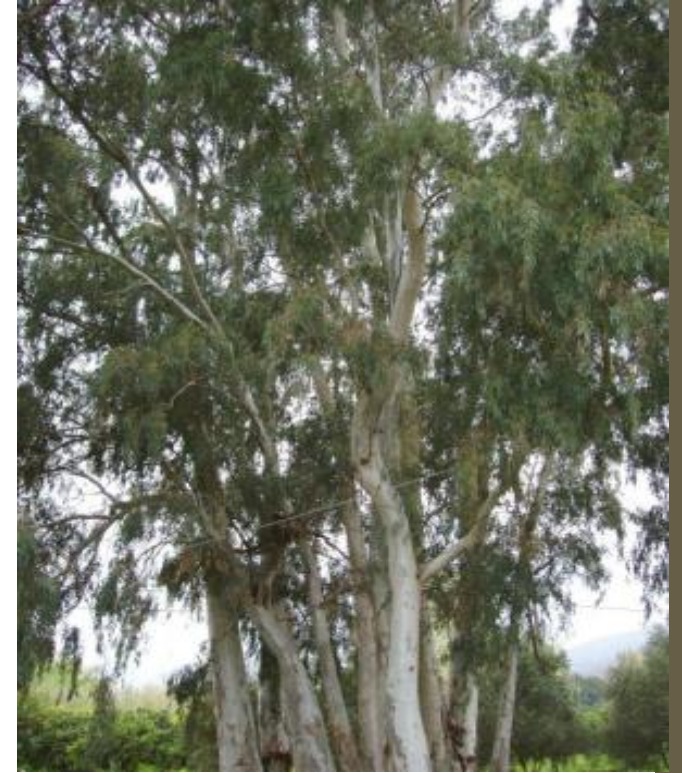
Bois d'oeuvre



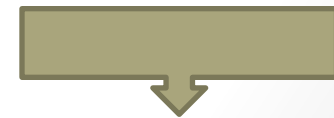
*E.grandis*



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

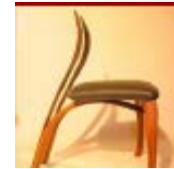


Parquet utilisé comme pont de bateau



Autres outils: marteau, hache

## Utilisations en ameublement

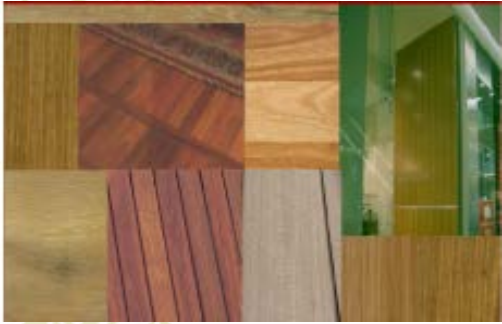


## Ameublement intérieur



## 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)

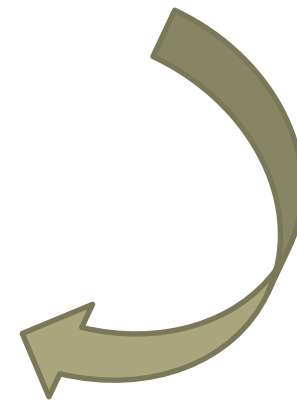
$$Rv = \frac{Vs - Vo}{Vs} \times 100 \text{ (en \%)}$$



$V_s$



$V_o$



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)



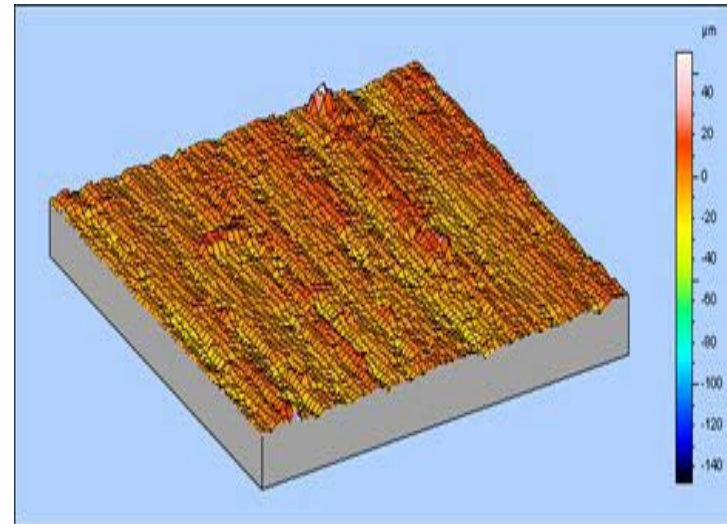
# MESURES DES PROPRIETES D'USINAGE

RUGOSITE

EFFORT DE COUPE ( $F_c$ )

MOUILLABILITE

Centre d'usinage à commande numérique, rugosimètre laser



***sRa***

Rugosité moyenne ( $\mu\text{m}$ )

Plus  $sRa$  élevée, plus la surface est rugueuse

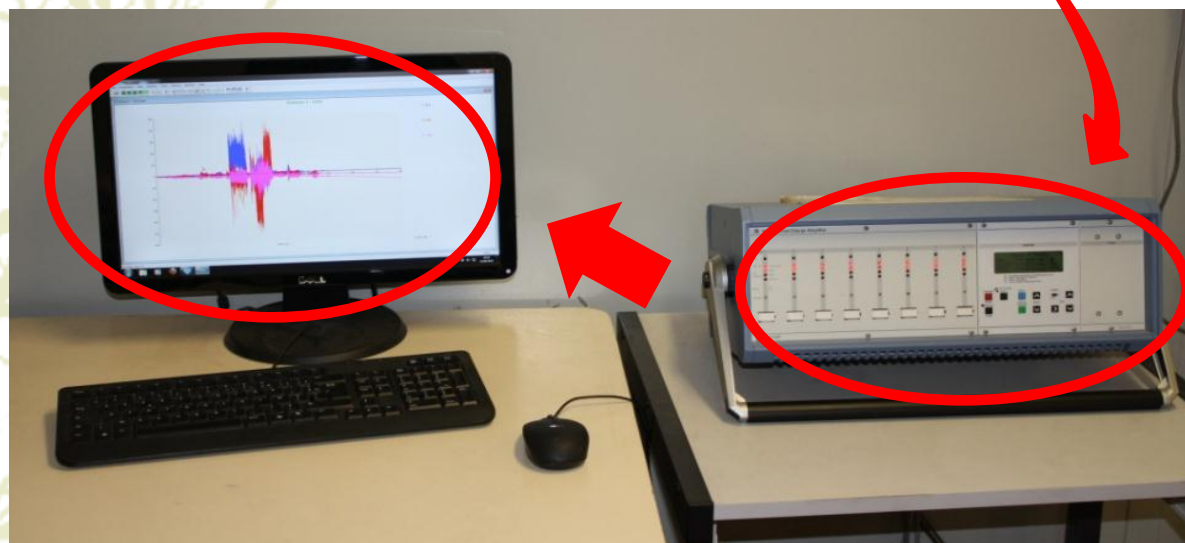
# MESURES DES PROPRIETES D'USINAGE

RUGOSITE

EFFORT DE COUPE ( $F_c$ )

MOUILLABILITE

Dispositif de mesures  
d'effort de coupe

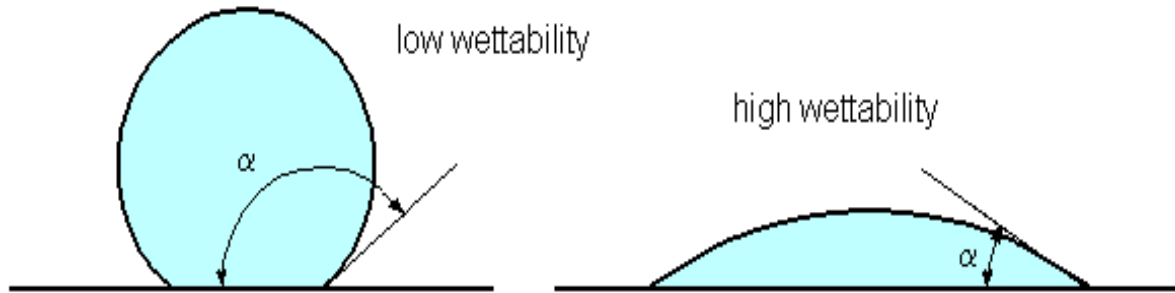


# MESURES DES PROPRIETES D'USINAGE

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  $\alpha$



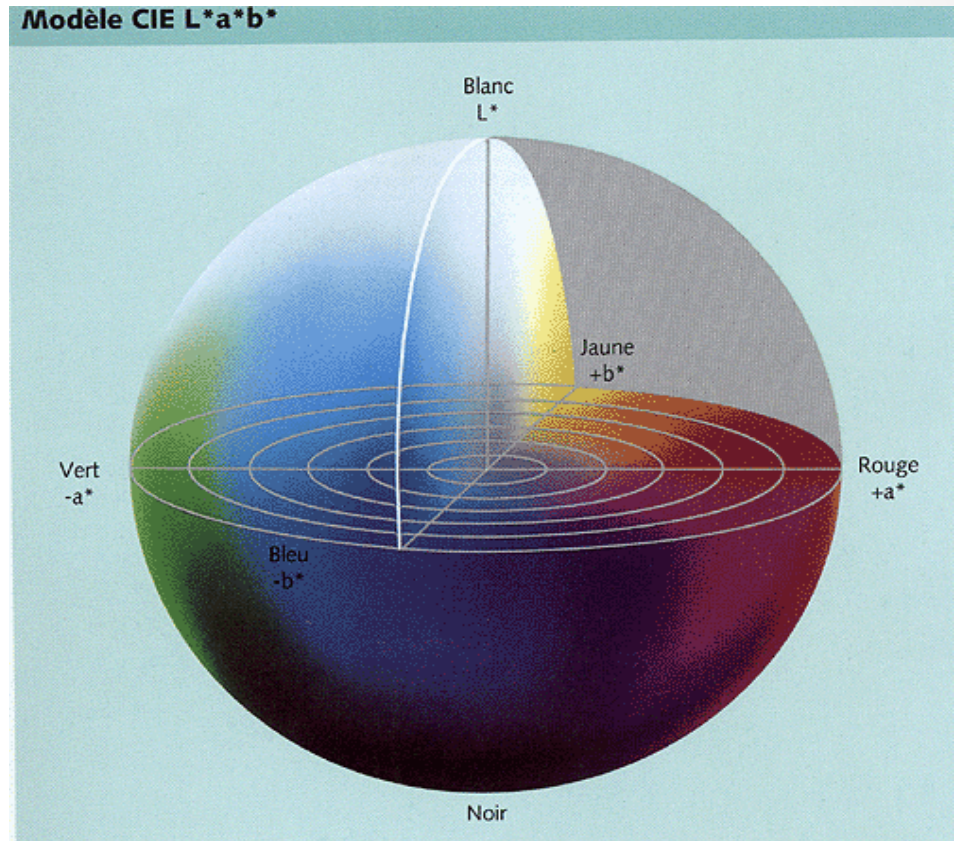
# MESURES DES PROPRIETES ESTHETIQUES

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)



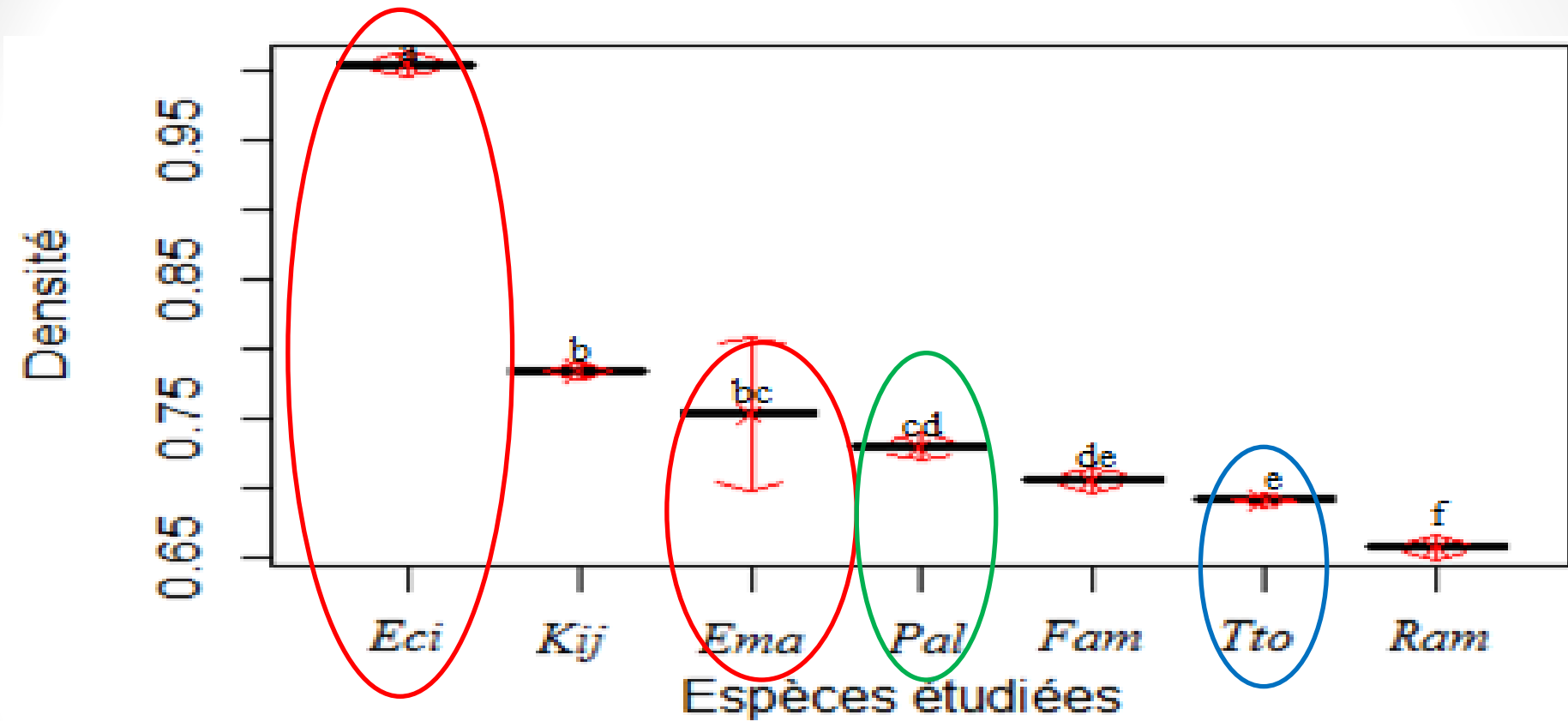
*Symphonia  
spp.*  
(Kijy)



*Tectona  
grandis*  
(Teck  
Togo)

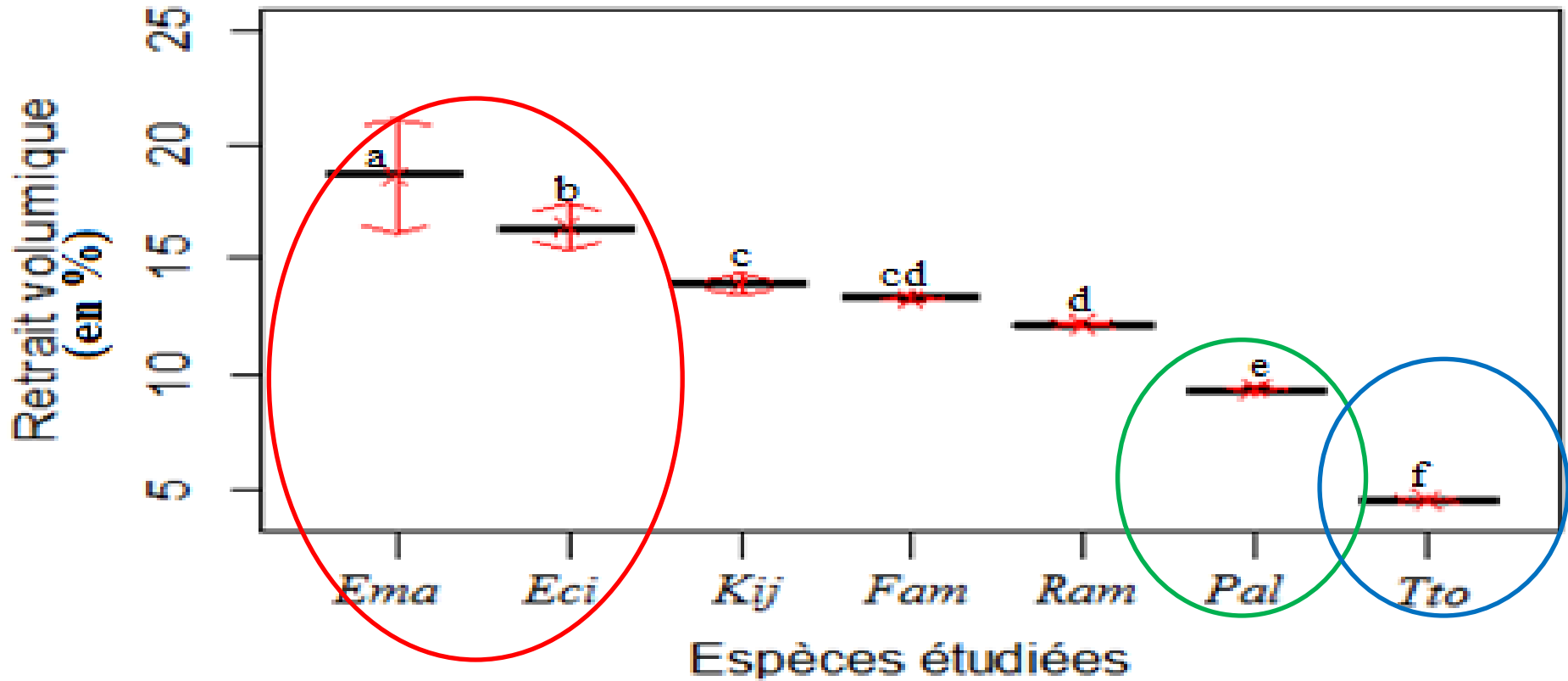
# VALEURS MOYENNES CALCULEES DE LA DENSITE DU BOIS

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

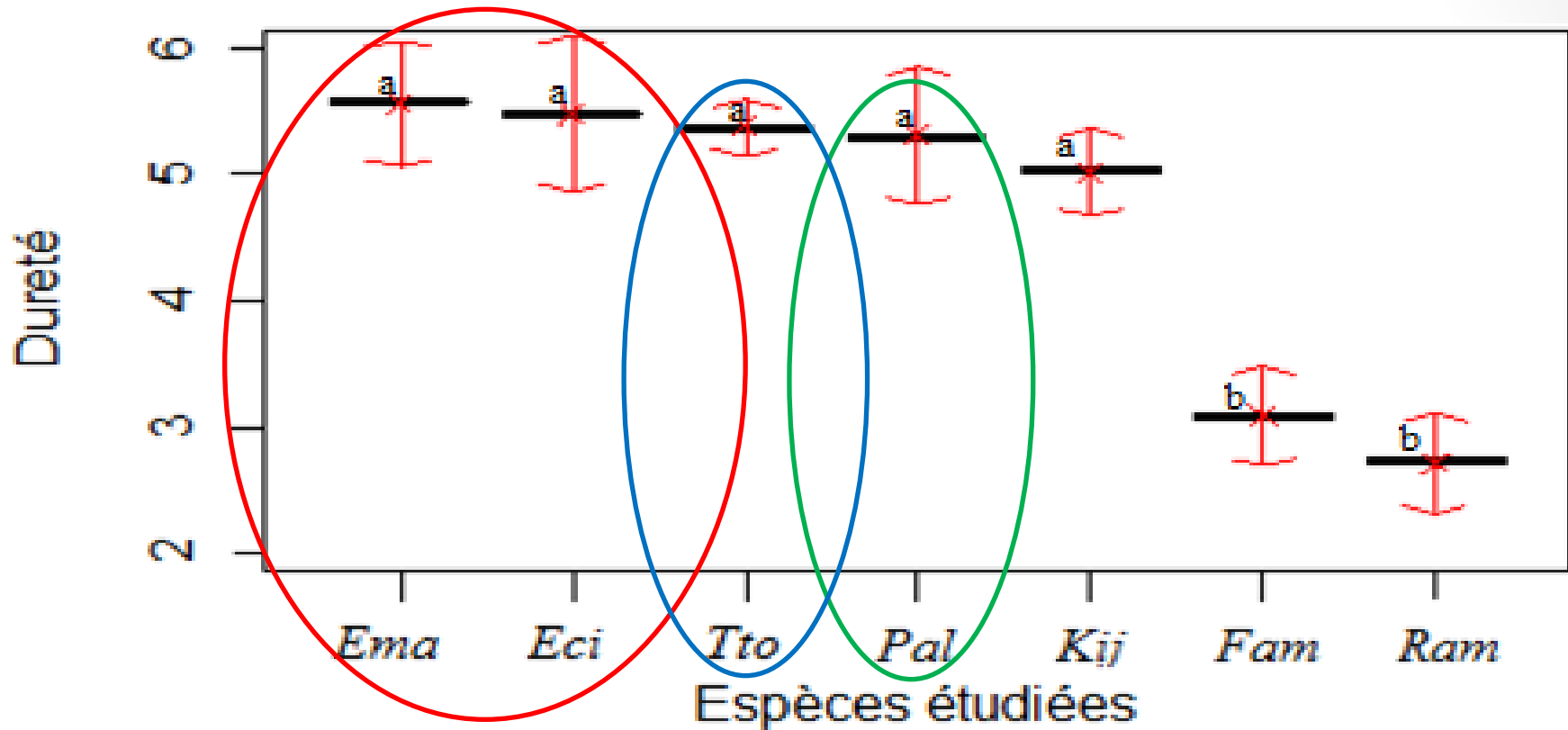
Test ANOVA associé au test LSD de Fisher au seuil de signification de 5 %



Eci et Ema fort retrait volumique (faiblesse)

# VALEURS MOYENNES CALCULEES DE LA DURETE DU BOIS

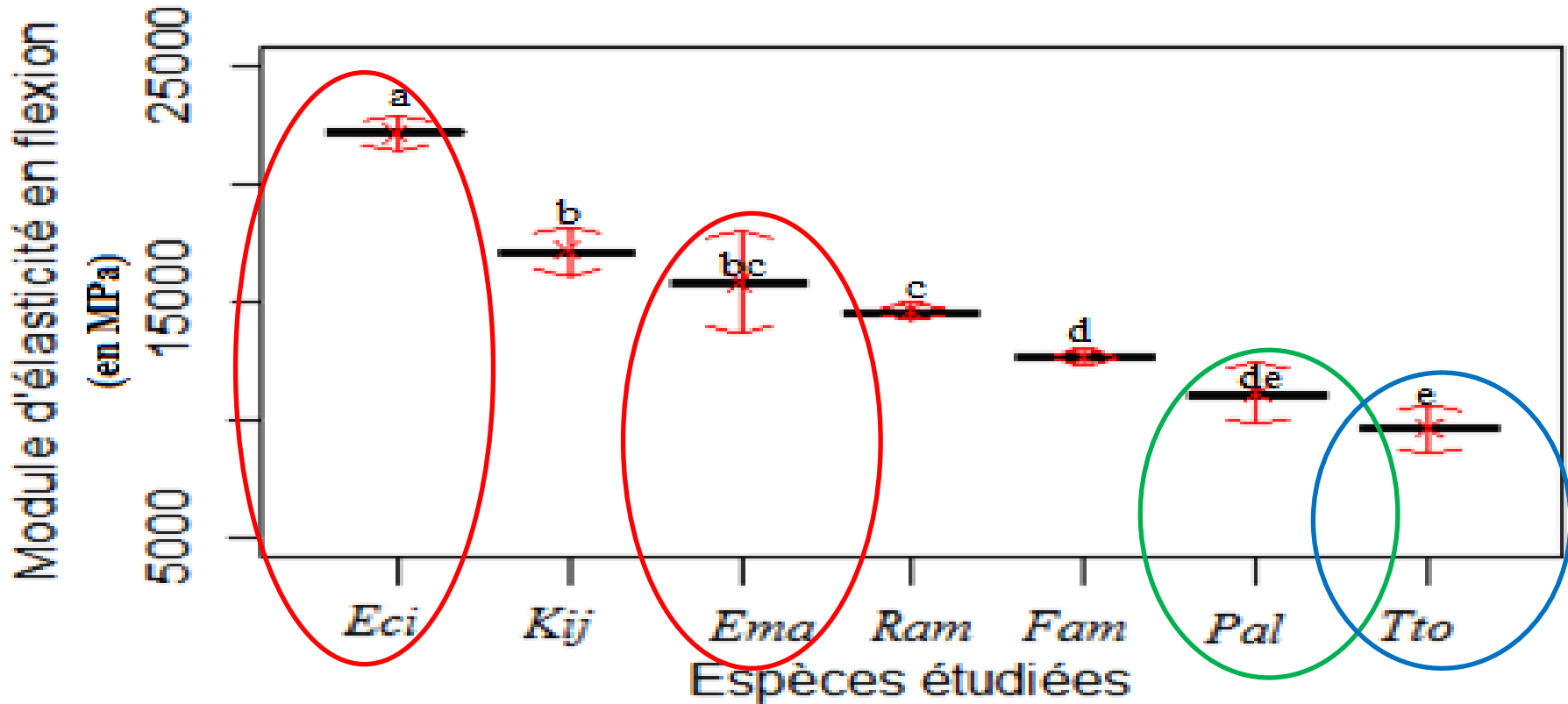
Test ANOVA associé au test LSD de Fisher au seuil de signification de 5 %



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

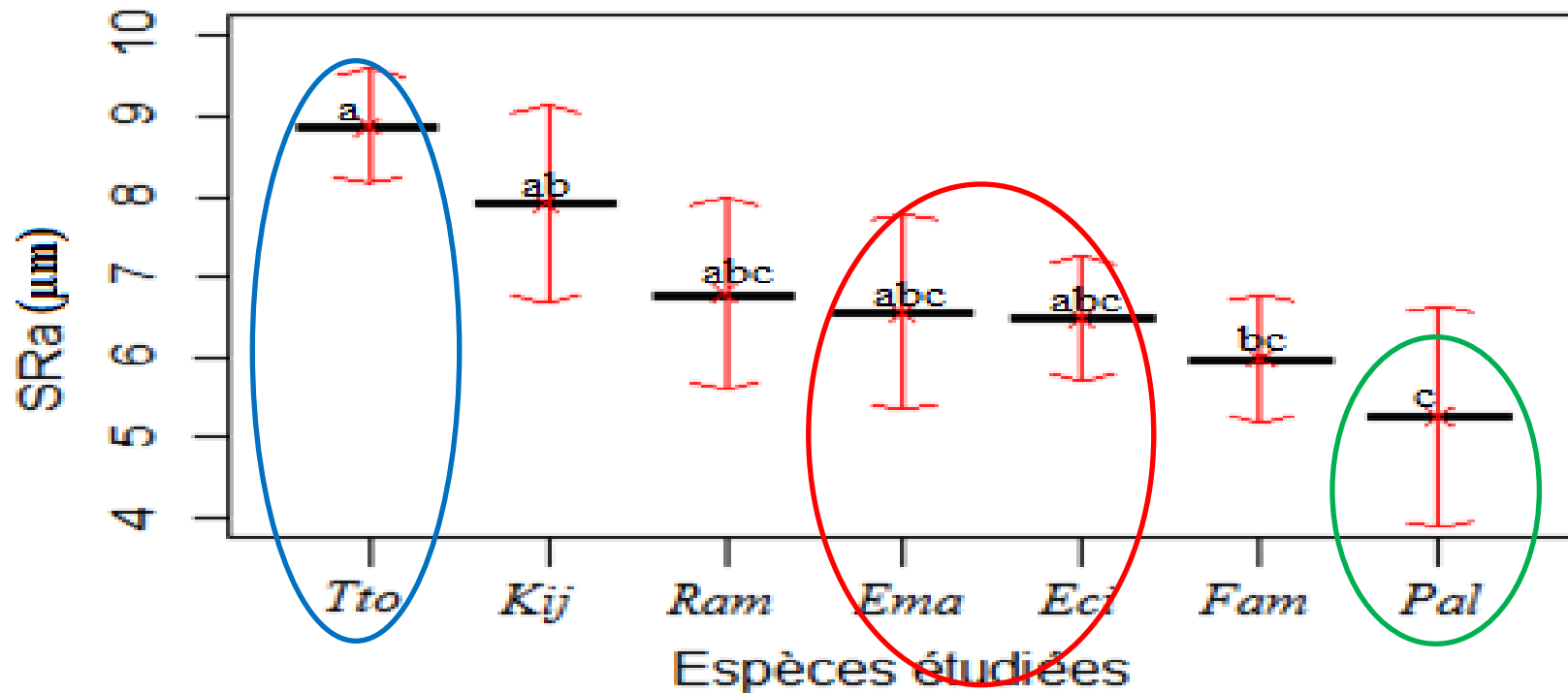
# VALEURS MOYENNES CALCULEES DE LA MODULE D'ELASTICITE EN FLEXION STATIQUE DU BOIS

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



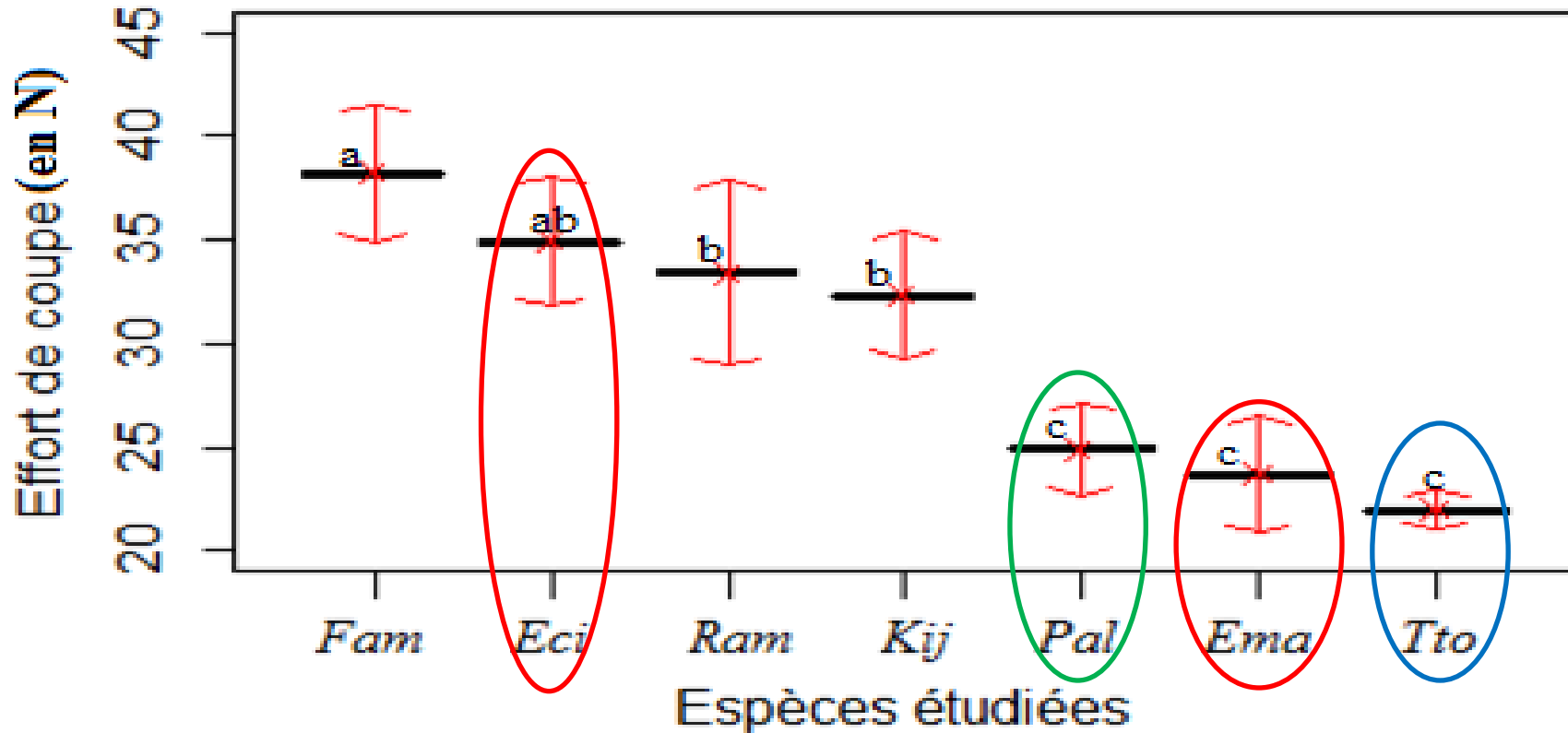
Eci et Ema très bonne résistance à la flexion statique comparée au palissandre et Teck Togo

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



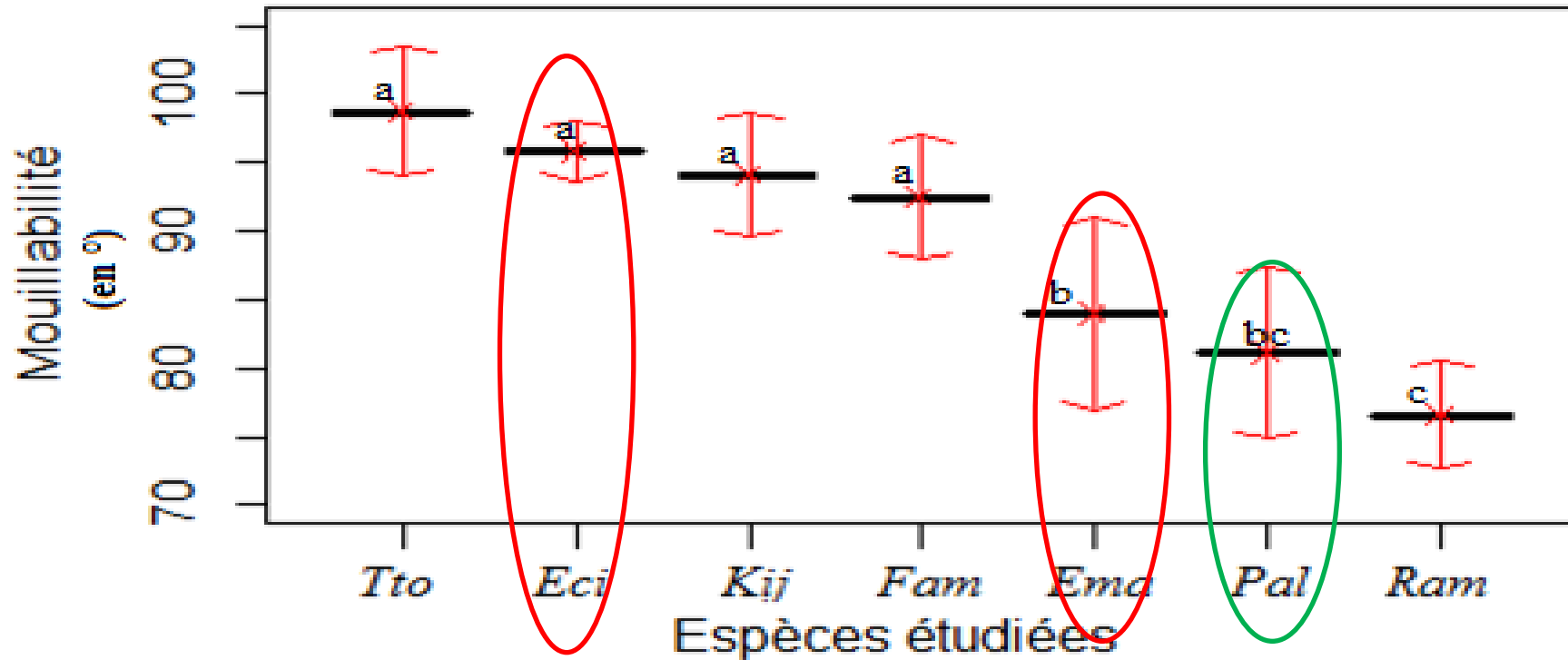
Eci et Ema : rugosité de surface intermédiaire entre le palissandre et le Tto

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 %



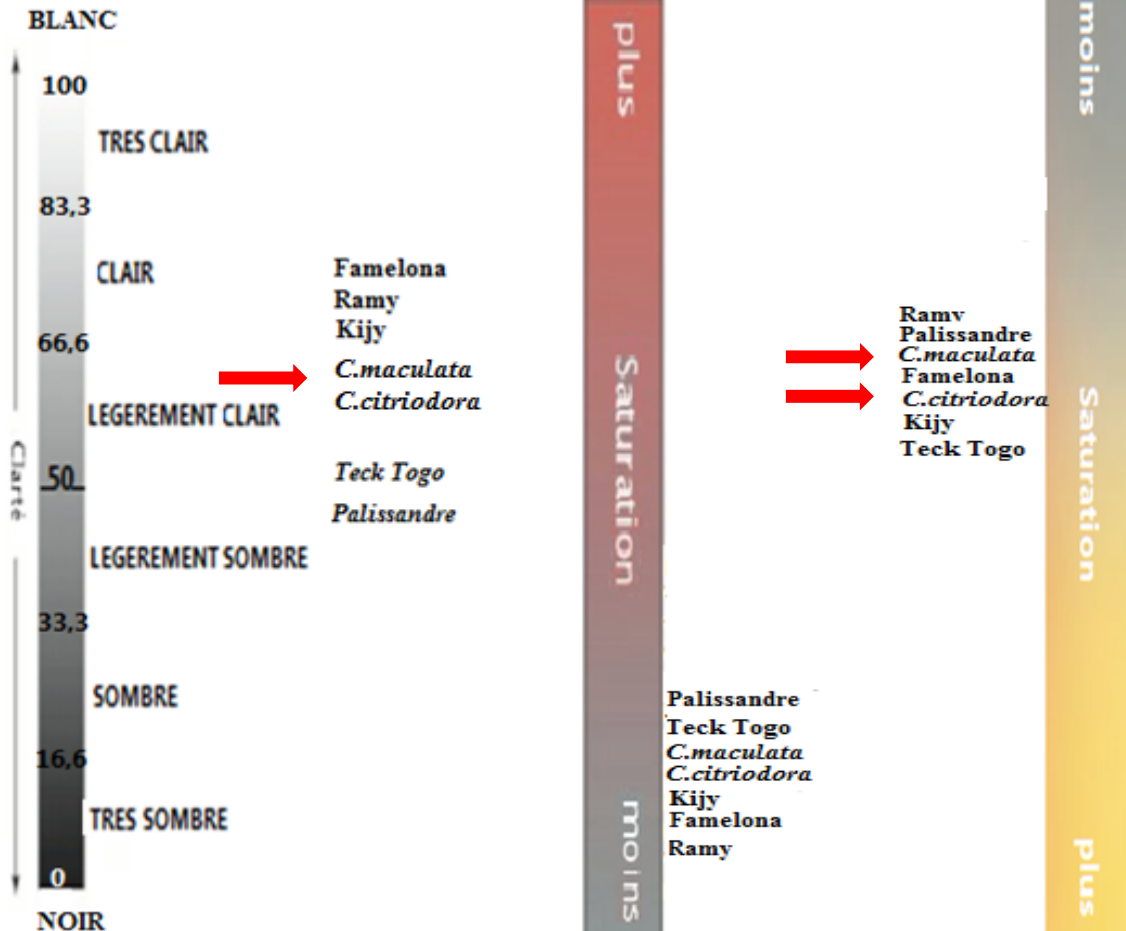
L'angle de contact est plus important pour Eci par rapport au palissandre et Ema  
 → Eci est difficilement mouillable



# 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)

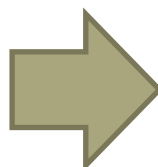
*C.citriodora* et *C.maculata*: alternatives

# 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

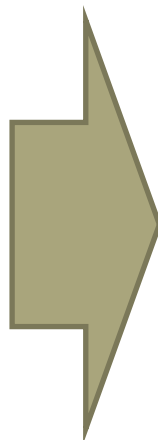
## FAIBLESSE

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**