

<p>La variabilité inter et intra-spécifique du profil ligneux le cas des Légumineuses de Guyane</p>
---

Ce chapitre a fait l'objet de :

- Encadrement d'un stagiaire :

Stéphanie Va. 2014 **Lien entre profil radial et vertical de densité et tempérament écologique vis-à-vis de la lumière chez quelques légumineuses de Guyane Française.** *Mémoire de troisième année de Licence. Université Antilles-Guyane, 36p.*

- Présentation orale en conférence internationale :

R. Lehnebach, H. Morel, N. Amusant, S. Griffon, J-F. Barczi., J. Beauchêne, & E. Nicolini. **Wood specific gravity variations within tree trunk: the case study of Legumes representatives in French Guiana.** *Wood sciences underpinning tropical ecology and management. International closing symposium of the XYLAREDD project., May 2015, Tervuren, Belgium.* Disponible sur <https://hal-sde.archives-ouvertes.fr/hal-01188894>

Un article au sujet de cette conférence est en cours de préparation et sera soumis dans *American Journal of Botany*, *Annals of Botany* ou *Functional Ecology*.

- Collaboration et préparation d'un article dans revue à comité de lecture :

H. Morel, R. Lehnebach, J. Ruelle, J. Beauchêne, E. Nicolini 2015. **Longitudinal/radial variation in wood specific gravity during the development of *Parkia velutina* Benoist., an emergent tree of Neotropical rainforests.** Sera prochainement soumis dans *Annals of Forest Sciences*.

## I. Introduction

Les deux premiers chapitres de cette thèse ont appréhendé les variations de propriétés du bois à l'échelle intra-spécifique. Ce chapitre aborde maintenant l'intégration des traits du bois et de leur variabilité à l'échelle inter-spécifique. La densité du bois étant un trait intégrateur d'autres propriétés (Chave *et al.*, 2009 ; Lachenbruch & McCulloh, 2014), ainsi que la variable clé dans l'estimation de biomasse (Chave *et al.*, 2005). Son étude sera le point central de ce chapitre.

L'étude de la variation radiale d'ID n'en est pas à ses premiers essais. Dès la fin des années 1980, les travaux fondateurs de Wiemann & Williamson ont souligné l'importance de la variation d'ID le long du rayon et leurs implications dans la construction de la plante (Wiemann & Williamson, 1988; Wiemann & Williamson, 1989b; Wiemann & Williamson, 1989a). Néanmoins, ces travaux se sont cantonnés à l'étude d'essences à ID faible et présentant des gradients radiaux d'ID très marquées chez des essences pionnières exemptes de duramen coloré (e.g. *Hampea appendiculata*, *Heliocarpus appendiculatus*, *Ochroma pyramidale* dans (Wiemann & Williamson, 1988). Les études comparatives des variations radiales d'ID en lien avec la zone climatique de l'espèce révélèrent que les plus fortes variations d'ID le long du rayon sont enregistrées chez les essences de forêt tropicales humides, suivies par celles de forêts tropicales sèches et de montagne, et qu'elles sont quasi absentes chez les essences de forêt tempérées (Wiemann & Williamson, 1989b; Wiemann & Williamson, 1989a). Il convient cependant de noter que ces études portèrent sur des essences à ID faible à moyenne (de 0.1 à 0.7).

Lors d'une étude sur 35 essences brésiliennes, Parolin (2002) montra que l'augmentation d'ID sur le rayon, certes plus faible que chez les pionniers, existe également chez les essences non-pionnières. Certaines essences présentaient également une diminution d'ID sur le rayon ou une quasi-constance. Cet auteur envisagea même l'effet potentiel des extractibles issus de la duraminisation sur l'allure du profil radial d'ID.

Au même moment, au cours d'une méta-analyse, Woodcock & Shier (2002) envisagèrent une classification des tempéraments écologiques vis-à-vis de la lumière en fonction de la variation radiale d'ID : les pionniers présentent un gradient positif, alors que les sciaphiles présentent un gradient négatif. Une hypothèse intéressante émergeant de cette étude fut que malgré le type de gradient considéré, la valeur d'ID atteinte dans les couches périphériques de la section de bois tend vers 0.55. Néanmoins, cette étude ne prit pas en compte la forme du profil de variation d'ID et les potentiels effets de la duraminisation.

L'étude la variation d'ID est remise au goût du jour, puisque l'ID est une valeur clé dans l'estimation de biomasse (Chave *et al.*, 2006; Chave *et al.*, 2014). C'est au cours d'une étude sur 6 espèces Thaïlandaises, que Nock *et al.* (2009) nuancèrent la classification de Woodcock & Shier (2002) après l'observation d'une augmentation d'ID importante le long du rayon chez des essences de milieu et de fin de succession. Hietz *et al.* (2013) observent beaucoup plus de cas d'augmentation que de diminution de l'ID le long du rayon. Ils remarquèrent également que le bois central est soumis à plus de variation entre espèces que le bois périphérique. L'ID du bois central était également le meilleur indicateur du statut écologique de l'espèce.

Cependant, les études les plus récentes, faisant appel à des méthodes d'analyses plus performantes, ne prennent toujours pas en compte l'effet du duramen sur les variations

radiales d'ID (Nock *et al.*, 2009 ; Hietz *et al.*, 2013 ; Osazuwa-Peters *et al.*, 2014). Il est donc suggéré d'analyser finement la variation radiale d'ID tout en prenant en compte la proportion d'extraits présents dans le duramen (Hietz *et al.*, 2013).

La variation verticale d'ID est également très peu connue. Rueda & Williamson (1992) ont observé une augmentation d'ID avec la hauteur dans le tronc chez *Ochroma pyramidale*.

Les observations faites sur l'Angélique au cours du second chapitre suggèrent le patron inverse. La différence de statut écologique de ces deux espèces (i.e. pionnier et hémi-tolérant respectivement) suggère un lien potentiel entre variation verticale et statut successional.

D'autres traits comme la durabilité du bois et la rigidité peuvent également être contributeurs de la stratégie de l'espèce.

De manière générale, les essences de début de succession n'investissent pas dans la protection de leurs bois de cœur contrairement à celle de fin de succession. Néanmoins, la dichotomie entre la présence et l'absence de protection du bois permet seulement de séparer les essences héliophiles de toutes les autres stratégies. En effet, le duramen coloré s'observe depuis les essences hémi-tolérantes (e.g. Angélique) jusqu'aux tolérantes-sciaphiles et ne permet donc pas la discrimination de ces différents statuts successionnels. Néanmoins, il semble exister différentes stratégies de duraminisation chez les essences durables, différenciées par la quantité ou la qualité des extractibles mis en jeu (Amusant *et al.*, 2014). Ces différences pourraient permettre la discrimination des essences non-pionnières ou héliophiles strictes.

D'un point de vue mécanique, il est suggéré que le bois le plus proche de la moelle présente des propriétés mécaniques permettant la résistance à la cassure par plus de souplesse (i.e. module d'élasticité plus faible), alors que le bois périphérique est plus rigide afin de supporter les contraintes imposées par la masse de l'arbre (Lachenbruch *et al.*, 2011). A l'échelle intraspécifique, Cordero (1999) a montré que la tige des individus de *Cecropia schreberiana* grandissant dans des milieux exposés aux vents est plus souple que ceux exposés à des vents plus faibles. De la même manière, *Carapa procera* présente un module d'élasticité spécifique plus faible à cœur lorsqu'il pousse en plantation (i.e. exposition plus forte aux vents) qu'en forêt naturelle (McLean *et al.*, 2011). Ces résultats démontrent la capacité du cambium à produire un bois mécaniquement adapté aux conditions de croissance. A l'échelle interspécifique, les pionniers juvéniles présentent plus de souplesse que les tolérants juvéniles (Van Gelder *et al.*, 2006). La caractérisation des propriétés mécaniques des tiges permettrait également de discriminer le statut écologique des espèces.

Les objectifs de ce chapitre sont les suivants :

- La détermination des profils individuels de variation radiale et verticale d'ID, intégrant les effets liés au duramen, et l'identification des combinaisons de ces deux types de variations indicatrices du tempérament écologique de l'espèce.
- L'intégration (1) des variations d'ID, (2) des traits mécaniques et (3) de la durabilité naturelle du bois dans une perspective de caractérisation des stratégies écologiques des différentes espèces.

## II. Matériels et Méthodes

### 1. Sélection des arbres et abattage

La prospection et l'abattage des arbres échantillonnés ont eu lieu dans les zones hors parcelles d'étude de la station de Paracou. Afin de maximiser la diversité spécifique de l'échantillonnage et le nombre de répétitions tout en minimisant le temps de manipulation et la main d'oeuvre, nous nous sommes concentrés sur l'étude d'arbres de DBH compris entre 10 et 15 cm.

### 2. Description des arbres

Avant l'abattage, le diagnostic de l'arbre a été établie (cf. Chapitre 1) et le DBH mesuré. Une fois l'arbre abattu, la hauteur totale et la hauteur de la première branche vivante et/ou la hauteur de la première fourche, ainsi que la largeur de la couronne ont été mesurées au mètre ruban.

### 3. Sélection des rondelles et d'un billon de bois

Pour chaque arbre, nous avons sélectionné 4 à 5 rondelles de bois. La première à 50 cm au-dessus du sol, la seconde à 4m, la troisième sous la fourche ou sous la première branche vivante si la fourche n'était pas encore développée, une quatrième à mi-hauteur de couronne et une dernière 2-3m avant la hauteur maximale de l'arbre. Nous avons également sélectionné une bille de bois d'environ 1 m de longueur juste au-dessus de la rondelle prélevée à 50cm.

### 4. Découpe des éprouvettes

#### a. Infradensité : découpe et mesures

Les 5 rondelles ont été dédiées à la mesure des variations radiales d'infradensité (ID). Le protocole de découpe et de mesure est en tout point identique à celui décrit précédemment (voir Chapitre II) : (1) photographie des rondelles de bois, (2) découpe d'un barreau de bois diamétral, (3) débit tangentiel des éprouvettes depuis la moelle vers l'écorce par fendage tout les 5 mm, (4) mesure de la masse verte et du volume et (5) mesure de la masse stabilisée après 48H à l'étuve à 103°C.

#### b. Module d'élasticité et amortissement

La découpe des éprouvettes de mesures des propriétés mécaniques a été réalisée en 3 temps (Figure 38).

(1) La bille prélevée a été écorcée sur deux faces opposées, puis rabotée de manière à obtenir un plateau radial de 5cm d'épaisseur. Une planchette d'environ 20-30 cm de longueur présentant le moins de défauts possible (nœuds, fissures, etc ...) a été sélectionnée pour les mesures mécaniques. Le reste de la planche a été dédié aux mesures de durabilité naturelle.

(2) La planchette sélectionnée a ensuite été rabotée à 12 mm d'épaisseur en prenant garde que la moelle reste bien positionnée au centre du plan transversal de la planchette. Un ruban de papier gradué et numéroté au millimètre a été collé sur la face longitudinale et orienté perpendiculairement à l'axe longitudinal de la planchette. La position de la moelle aux deux extrémités de la planchette a été reportée sur la face longitudinale et un trait au stylo bille entre ces deux repères a été tracé, croisant le ruban de papier gradué. La graduation croisée par le trait a été relevée et considérée comme la position radiale de référence (i.e. la moelle).

(3) La planchette a ensuite été débitée en éprouvettes de 2 mm d'épaisseur dans le plan longitudinal tangentiel, d'une extrémité à l'autre de la planchette à l'aide d'une scie de table équipée d'une lame de 250 mm de diamètre, de 3.2 mm d'épaisseur et 80 dents. Les éprouvettes ont ensuite été redécoupées dans le plan transversal à 15 cm de longueur. L'éprouvette obtenue mesure 150 mm de long, 12 mm de largeur et 2 mm d'épaisseur.

#### c. Durabilité naturelle

Le restant du plateau radial de 5cm d'épaisseur a été débité en planchettes tangentielles de 5 mm d'épaisseur (Figure 38). Ces planchettes ont ensuite été débitées en éprouvettes d'essais de durabilité naturelle mesurant 10cm de longueur, 10 mm de largeur et 5 mm d'épaisseur. Afin de prendre en compte l'effet de position de l'éprouvette (spécialement pour les bois blancs), seules des éprouvettes issues de planchettes à cœur et proche de l'écorce ont été sélectionnés. Pour les essences à duramen coloré, des éprouvettes de duramen et d'aubier ont été sélectionnées en prenant garde, autant que possible, que les deux types de tissus ne soient pas présents dans la même éprouvette.

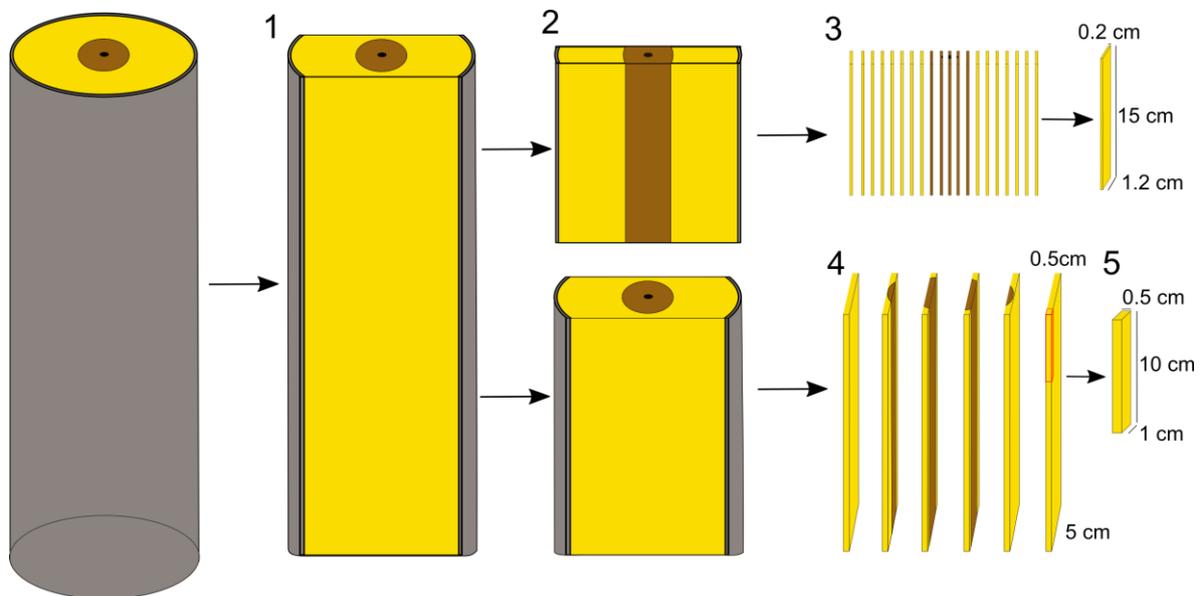


Figure 38 : Débit des éprouvettes d'essais mécaniques et de durabilité naturelle.

La bille de bois est rabotée à 5cm d'épaisseur (1), une planche radiale est sélectionnée et rabotée à 1.2cm d'épaisseur (2) puis débités en lamelles tangentielles de 15cm de longueur et 0.2cm d'épaisseur (3) pour les essais mécaniques. Le restant de la bille est débité en planche tangentielles de 0.5cm d'épaisseur (4) qui par la suite sont débitées en éprouvette de 10 cm de longueur et d'1cm de largeur (5).

### 5. Mesures

#### d. Module d'élasticité spécifique ( $E/\rho$ ) et amortissement ( $\tan\delta$ )

##### Principe de la mesure

Les propriétés mécaniques (i.e. module d'élasticité spécifique et amortissement) du bois le long du rayon chez les différentes essences échantillonnées ont été caractérisées par une méthode de vibration forcée sans contact basée sur l'observation des amplitudes vibratoires de l'éprouvette suivant un balayage fréquentiel imposé. Cette méthode, initialement développée par le Pr. Minato, a été optimisée lors des travaux de thèse d'Iris Brémaud

(Brémaud, 2006). L'avantage de la méthode réside dans sa grande répétabilité, mais aussi sur la petite taille des échantillons testés, permettant une caractérisation très localisée des propriétés mécaniques du bois.

### Dispositif

La mesure est obtenue très rapidement grâce à un programme permettant l'interface d'une carte d'émission et d'acquisition (National Instrument, Conversion A/D : 16 bits). La vibration forcée de l'éprouvette est assurée par un électroaimant (Figure 39). L'éprouvette est suspendue par deux fils entre lesquels un capteur de position laser mesure la distance à l'éprouvette. Lorsque l'éprouvette est en vibration, les différences de distance enregistrées par le capteur permettent la mesure de l'amplitude de vibration.

### Préparation des éprouvettes

Suivant la découpe (Figure 38), les éprouvettes ont été stockées dans la pièce (25°C, 60-65% HR) où se sont déroulées les essais jusqu'à stabilisation de la masse. Avant l'essai, chaque éprouvette a été équipée d'un clinquant métallique à son extrémité permettant de générer une vibration grâce à l'électroaimant. Afin d'éviter les biais liés à l'état de surface de l'éprouvette, une pastille blanche adhésive a été positionnée sur le point de mesure (en position médiane de l'éprouvette).

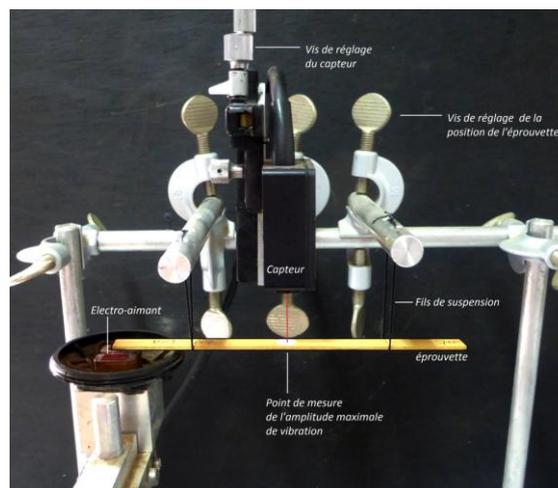


Figure 39 : Le dispositif Vibris.

L'électroaimant est activé par une alimentation externe et permet la mise en vibration de l'éprouvette suspendue par deux fils à un portoir métallique. Le capteur de position laser est orienté verticalement (trait rouge) en direction de l'éprouvette.

### Séquence de la mesure

La mesure consiste en un premier balayage fréquentiel sur une large gamme : 150 à 750Hz. Un second balayage plus fin permet de mesurer la largeur de bande à mi-puissance (-3dB) et le facteur de qualité afin de vérifier la fréquence de résonance enregistrée. Enfin, l'éprouvette est à nouveau excitée à la fréquence de résonance détectée précédemment, puis après quelques secondes de stabilisation, l'excitation est stoppée. L'acquisition de la décroissance en amplitude est enregistrée. Après élimination des zones de bruits, une courbe exponentielle est automatiquement ajustée aux points expérimentaux permettant le calcul du décrément logarithmique ( $\tan\delta$ ) (présenté en Annexe 9).

## e. Durabilité naturelle

### Préparation de la terre

Les essais de durabilité ont été effectués avec de la terre forestière provenant du site d'étude de Pointe Combi (Cirad). La terre a tout d'abord été tamisée à l'aide d'un grillage métallique (maille 2x2cm) afin d'enlever les plus gros éléments issus de la litière ainsi que les agrégats argileux, puis divisée en 9 lots de 20kg disposés dans des sacs en plastiques doublés (Figure 40).



Figure 40 : Préparation de la terre des essais de durabilité.

### Mesure de la capacité au champ

Les essais de durabilité naturelle se déroulent dans une terre présentant une humidité correspondant à 95% de la capacité au champ (i.e. capacité de rétention maximale en eau du sol). La capacité au champ a été mesurée suivant l'annexe B de la norme expérimentale XP ENV 807 (AFNOR, 2001) et a permis de déterminer le volume d'eau à ajouter (i.e. 2.6 l) à chaque lot de terre pour atteindre 95% de la capacité au champ. Cette humidité élevée a été maintenue durant toute la durée de l'essai.

### Effectifs testés

Afin de d'optimiser l'expérimentation, il a été décidé de ne tester qu'un individu par espèce. Cependant deux type de bois ont été testés (i.e. duramen et aubier pour les essences à duramen coloré et bois situé en périphérie et à cœur pour les essences à bois blanc). Les espèces *Zygia tetragona* et *Voucapoua americana* ont été récoltées après le lancement de l'expérimentation et, de ce fait, n'ont pas été incluses dans la mesure de durabilité naturelle. Néanmoins, la durabilité naturelle de l'aubier et du duramen de *Voucapoua* a déjà été étudiée (Amusant *et al.*, 2014). Les données de *Voucapoua*, issues de cette étude précédente ont été incluses

### Design expérimental et positionnement des éprouvettes dans les bacs

La durée de l'expérimentation est de 6 mois. Tous les mois, 3 éprouvettes (i.e. 3 réplifications) par espèce et par type de bois ont été récoltées (6 éprouvettes). Afin d'éviter de potentiels effets liés au bac de mesure, les 3 réplifications par type de bois d'une même date ont été placées dans des bacs différents. La taille des bacs de mesures a permis de placer 2

réplications par bac appartenant à deux dates différentes de récolte, en prenant soin de séparer les deux réplications. Ainsi le bac numéro 1 (Figure 41) a permis de tester la durabilité de la première réplification de la date 1 et la première réplification de la date 4, le bac numéro 2 a permis de tester la durabilité de la seconde réplification de la date 1 et la seconde réplification de la date 4, etc ...

Dans chaque bac, 8 éprouvettes de Yayamadou (*Virola surinamensis*, Myristicaceae), utilisés comme témoins, ont été disposées. Chaque réplification a été accompagnée de la mesure de 4 éprouvettes témoins.



Figure 41 : Disposition des éprouvettes dans le bac.

Les éprouvettes sont enfoncées verticalement dans la terre. L'extrémité de l'éprouvette (2 cm) sur laquelle figure sa référence est laissée hors-terre (à gauche). Les éprouvettes d'aubier et de duramen de la même réplification par espèces sont disposées face à face (à droite). Les couleurs représentent une date de mesure. Les éprouvettes de Yayamadou (YA, témoins) sont disposées entre les rangées des éprouvettes testées.

### Conditions de température, d'humidité et de lumière des essais

Les bacs de terres ont été disposés dans une salle fermée non climatisée avec une température moyenne de 28°C. Pour activer la prolifération des champignons xylophages, des planches de contreplaqué recouvrent les bacs de terre afin de créer un milieu sombre et assurer le maintien d'une humidité relative de 95%. A l'issue de chaque récolte, 500 ml d'eau sont rajoutés dans chaque bac afin de conserver le taux d'humidité désiré.

#### 6. Effet des extractibles sur l'Infradensité

##### a. Calcul de l'infradensité corrigée (IDc)

Afin de prendre en compte les effets de l'imprégnation des métabolites secondaires dans les parois cellulaires du bois lors de la formation du bois de cœur sur l'ID (e.g. la masse rajoutée par unité de volume), l'infradensité corrigée (IDc) des éprouvettes duramnisées a été calculée sur la base des teneurs en extractibles disponibles (Base de données chimie du Cirad, CTFT (1990); Amusant *et al.* (2014)). La valeur utilisée correspond à la moyenne de l'espèce et du type de bois lorsque plusieurs répétitions sont disponibles. Les valeurs de teneurs en extraits et leurs provenances sont listées dans la Table 11.

Table 11 : Taux d'extraits utilisés pour le calcul de l'infradensité corrigée (IDc). Les rendements en extraction (% de la masse anhydre) sont fournis en fonction du type de bois et du type de mélange d'extraction (AB, alcool-benzène et E, eau). Lorsque la valeur est une moyenne le coefficient de variation (CV%) est mentionné.

Taxon	Aubier		Duramen		Aubier	Duramen	Référence
	AB (CV%)	E (CV%)	AB (CV%)	E (CV%)			
<i>Abarema jupumba</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bocoa prouacensis</i>	2,1 (34,3)	2,1 (10)	6 (22,8)	1,4 (16,2)	4,20	7,36	Amusant <i>et al.</i> (2014)
<i>Dicorynia guianensis</i>	-	-	-	-	4,00	6,70	BD Cirad
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	-	-	5	2,9	-	7,90	CTFT (1990)
<i>Eperua falcata</i>	-	-	13,6 (44,3)	3,3 (53)	-	16,92	BD Cirad
<i>Eperua grandiflora</i>	-	-	13,6 (44,3)	3,3 (53)	-	16,90	BD Cirad
<i>Inga stipularis</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Parkia nitida</i>	-	-	3,8	2	-	5,80	CTFT (1990)
<i>Parkia pendula</i>	-	-	5,5	3,3	-	8,77	CTFT (1990)
<i>Parkia velutina</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Peltogyne venosa</i>	-	-	9,4 (19,2)	4,2 (51,5)	-	13,53	CTFT (1990)
<i>Recordoxylon speciosum</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Swartzia panacoco</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tachigali guianensis</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Voucapoua americana</i>	11,2 (19,7)	6,3 (8,1)	22,9 (11,5)	1,1 (25,2)	17,50	24,01	Amusant <i>et al.</i> (2014)
<i>Zygia tetragona</i>	-	-	-	-	2,60	4,03	Extraction

#### b. Extraction chimique chez *Zygia tetragona*

Les données sur la chimie de bois de *Zygia tetragona* étant absente des bases de données et de la littérature, nous avons procédé à des extractions chimiques du bois des individus récoltés (RL18 et RL21).

Le bois provenant de l'aubier et du duramen a été broyé (broyeur à couteaux Restch SM 100) afin d'obtenir de la poudre ( $\leq 500 \mu\text{m}$ ). La masse des poudres a été stabilisée dans une salle à 25°C et 65% d'humidité relative.

La masse anhydre théorique de la poudre d'essai ( $M_0'$ ) a été déterminée en mesurant la masse anhydre ( $M_0$ ) de 500mg ( $M_s$ ) de poudre après passage à l'étuve à 103°C pendant 24h.  $M_0$  a permis de calculer l'humidité (HE) de la poudre.

$$\text{HE} = (M_s - M_0) * 100 / M_0$$

$$M_0' = (M_0 * \text{HE}) / (\text{HE} + 100)$$

Une masse  $M_1$  de poudre (1g) a été mélangée à 25 ml d'une solution méthanol/eau (80/20%). Le mélange a été agité durant 72 heures à la température du laboratoire. La solution a ensuite été filtrée sur un papier filtre puis concentrée au Rotavapor. La masse de l'extrait sec ( $M_2$ ) a permis de déterminer le rendement d'extraction (RdtE). Pour chaque zone étudiée, l'extraction a été répliquée 3 fois.

$$\text{RdtE} = M_2 * 100 / M_0'$$

#### c. Récolte de jeunes individus chez 3 espèces

Nous avons également comparé les valeurs d'IDc calculées à des valeurs d'ID du bois non duraminisé mesurées proche de la moelle. Pour cela, de jeunes individus, peu ou pas

duraminisés ont été récoltés. L'étude a été conduite chez *Bocoa prouacensis*, *Zygia tetragona* et *Eperua grandiflora*. La Table 12 liste les caractéristiques des individus récoltés.

Table 12 : Caractéristiques des jeunes individus récoltés de *Bocoa prouacensis*, *Zygia tetragona* et *Eperua grandiflora*.

H, hauteur (m) ; CP, position de la couronne ;  $\mu$ ID Aubier (CV%),  $\mu$ ID Duramen (CV%) et  $\mu$ ID (CV%), moyenne de l'ID du duramen, de l'aubier et de toutes les éprouvettes confondues ainsi que le coefficient de variation (CV%)

Ind	Taxon	DBH	H	CP	$\mu$ ID Aubier (CV%)	$\mu$ ID Duramen (CV%)	$\mu$ ID (CV%)
EN1	<i>Bocoa prouacensis</i>	7,7	13	CPI	0.965 (2.43)	-	0.97 (2.7)
EN2	<i>Bocoa prouacensis</i>	6,4	11	CPI	0.939 (3.19)	-	0.942 (3.01)
EN3	<i>Bocoa prouacensis</i>	4,1	4	CPI	0.921 (3.43)	-	0.921 (3.18)
EN4	<i>Eperua grandiflora</i>	6,1	10	CPI	0.641 (3.72)	0.759 (-)	0.66 (6.88)
EN5	<i>Eperua grandiflora</i>	6,3	9	CPI	0.76 (7.38)	0.885 (1.44)	0.788 (8.58)
EN6	<i>Eperua grandiflora</i>	4,5	8	CPI	0.685 (7.39)	-	0.678 (7.78)
EN7	<i>Eperua grandiflora</i>	6,3	9	CPI	0.634 (4.81)	0.83 (0.09)	0.683 (13.52)
EN8	<i>Zygia tetragona</i>	3.5	6	CPI	0.935 (2.51)	-	0.936 (2.33)
EN9	<i>Zygia tetragona</i>	3.7	8	CPI	0.94 (1.89)	-	0.958 (5.42)
EN10	<i>Zygia tetragona</i>	5	11	CPI	0.929 (6.39)	1.059 (-)	0.963 (7.74)
EN11	<i>Zygia tetragona</i>	5.5	8	CPI	0.95 (2.68)	1.051 (0.22)	0.987 (5.26)
EN12	<i>Zygia tetragona</i>	2.3	4	CPI	0.923 (3.68)	0.994 (-)	0.937 (4.39)
EN13	<i>Zygia tetragona</i>	5.5	8	CP2	0.964 (2.68)	1.056 (1.12)	0.998 (4.62)
EN14	<i>Zygia tetragona</i>	2,3	4	CPI	0.929 (0.47)	0.96 (-)	0.94 (1.7)

Table 13 : Liste des individus échantillonnés. Le tableau récapitule les données générales et les valeurs moyennes des propriétés mesurées.

DBH, diamètre à 1m30 ; H, hauteur ; Ht, hauteur du tronc ; H1f, hauteur de la première fourche ; H1b, hauteur de la première branche, Lg. C., largeur du houppier ; ASD, CP, MT, MC, CA, Li, Tr (voir diagnostic architectural Chapitre 1) ; ID, infradensité ; E/ρ, module d'élasticité spécifique ; E, module d'élasticité ; tanδ, amortissement ; PM A, perte de masse de l'aubier à 6 mois ; PM D, perte de massedu duramen à 6 mois ; CV%, coefficient de variation. Les \* mentionnent les essences à duramen non coloté pour lesquelles la perte de masse a été mesurée à cœur (PM D) et en périphérie (PM A).

Nom	Espèce	DBH	H	Ht	H1f	H1b	Lg. C.	ASD	CP	MT	MC	CA	Li	Tr	ID (CV%)	H% (CV%)	E/ρ (CV%)	E (CV%)	tanδ (CV%)	PM A (%) (CV%)	PM D (%) (CV%)
RL7	<i>Abarema jupunba</i>	13,5	18,6	14	14	6,8	4,3	1	4	0	0	1	0	0	0,516 (19,6)	87,6 (35,9)	18,75 (23,18)	12,46 (19,97)	0,0117 (15,33)	29,18 (49,13)	6,56 (49,67)
RL12	<i>Bocoa prouacensis</i>	14	25	14,8	-	14,8	7,1	1	2	0	2	3	0	0	0,968 (7,4)	31,3 (16)	-	-	-	-	-
SV3	<i>Bocoa prouacensis</i>	14,4	21	9	17,3	11	6	1	3	0	0	2	0	0	0,992 (7,1)	30,8 (18,2)	28,33 (17,31)	34,92 (14,78)	0,0065 (66,56)	7,78 (8,36)	1,32 (6,61)
SV9	<i>Bocoa prouacensis</i>	11	10	9	9	9	0,7	1	1	3	0	2	0	0	0,924 (7)	38,0 (17,1)	25,44 (15,01)	30,16 (11,67)	0,0068 (15,29)	-	-
RL14	<i>Dicorynia guianensis</i>	12,3	17,6	-	-	10,7	3,5	1	3	1	0	1	1	0	0,642 (10,3)	67,4 (11,9)	-	-	-	-	-
RL16	<i>Dicorynia guianensis</i>	13	17,5	9,2	-	9,2	5	1	2	0	2	2	0	0	0,609 (12,5)	69,3 (10,7)	17,29 (21,06)	14,35 (21,59)	0,0102 (33,78)	9,30 (6,89)	3,77 (14,42)
RL20	<i>Dicorynia guianensis</i>	13,5	22,8	15	15	10	4	1	3	0	1	1	0	0	0,644 (12,6)	67,8 (16)	21,36 (9,19)	19,01 (12,13)	0,0076 (18,02)	-	-
SV8	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	13	8	3,2	3,2	3,2	5	3	3	0	0	1	2	0	0,622 (11,3)	81,0 (21,6)	19,29 (17,29)	12,09 (15,6)	0,0085 (21,97)	15,86 (19,22)*	12,03 (7,33)*
RL10	<i>Eperua falcata</i>	14,5	20	8,2	-	8,2	6,3	1	1	0	0	1	1	0	0,669 (15,2)	64,8 (13,6)	-	-	-	21,75 (17,73)	3,71 (12,50)
SV12	<i>Eperua falcata</i>	10,5	15,7	6,7	-	6,7	3	2	2	2	0	2	0	0	0,711 (9,7)	51,9 (8)	16,1 (15,72)	13,55 (11,73)	0,0122 (16,74)	-	-
SV6	<i>Eperua falcata</i>	10,5	13,5	8,2	8,2	x	4,15	1	2	1	0	2	0	0	0,712 (10,4)	52,0 (10,9)	18,99 (16,5)	15,07 (10,69)	0,0083 (11,53)	-	-
RL11	<i>Eperua grandiflora</i>	11	14,5	13,7	13,7	7,3	5,5	1	2	0	0	1	0	0	0,796 (6,7)	48,1 (10,5)	-	-	-	-	-
RL13	<i>Eperua grandiflora</i>	13	19	12,7	12,7	12,7	5,4	3	1	0	0	0	1	0	0,676 (6,7)	53,8 (6,3)	25,21 (17,76)	21,47 (13,01)	0,0067 (18,39)	-	-
SV1	<i>Eperua grandiflora</i>	11,5	15	9	13,8	7,15	4,5	1	2	0	0	0	0	0	0,658 (9,5)	60,5 (13,3)	26,69 (15,86)	25,63 (14,73)	0,006 (20,03)	17,50 (24,60)	5,89 (16,70)
SV13	<i>Inga stipularis</i>	11,5	12	6,5	6,5	6,5	4,5	3	3	0	0	0	0	0	0,644 (11,5)	45,3 (11)	28,01 (10,06)	21,26 (21,87)	0,0059 (21,36)	10,77 (19,58)*	10,04 (27,77)*
SV4	<i>Inga stipularis</i>	13,4	12	8,3	8,3	7,1	4,5	3	2	0	1	1	1	1	0,713 (12,8)	45,0 (11,8)	26,43 (9,12)	22,3 (18,91)	0,0063 (19,37)	-	-
RL17	<i>Parkia nitida</i>	15	22	18,3	18,3	7,1	3	1	1	1	0	1	0	0	0,359 (20,1)	94,2 (32,1)	-	-	-	-	-
SV10	<i>Parkia nitida</i>	12,5	10,5	7,4	10	8,6	2	1	3	0	1	1	2	0	0,447 (15,6)	97,8 (24,4)	21,59 (18,4)	5,27 (26,76)	0,0092 (16,2)	-	-
SV5	<i>Parkia nitida</i>	11,5	10,5	8,6	8,6	8,6	3,5	2	2	0	0	2	0	0	0,445 (12,8)	89,2 (26,1)	13,29 (24,42)	5,31 (62,31)	0,0133 (25,28)	32,32 (38,95)*	52,81 (6,38)*
SV7	<i>Pakia pendula</i>	11,5	9,6	1,4	1,5	1,4	3	2	4	0	0	0	0	0	0,328 (36,3)	77,0 (59,9)	9,78 (21,22)	3,38 (31,73)	0,0126 (19,63)	34,17 (47,39)*	49,84 (60,70)*
RL24	<i>Parkia pendula</i>	11,5	11	8	8	5	3	1	3	1	0	0	0	0	0,331 (25,3)	144,1 (32,1)	13,81 (35,49)	6,6 (41,52)	0,0145 (22,59)	-	-
RL25	<i>Parkia pendula</i>	12,6	15	12	12	12	4	3	1	1	0	1	0	0	0,297 (32,8)	157, (47,7)	-	-	-	-	-
RL22	<i>Parkia velutina</i>	10,5	12,7	12,7	-	-	1	1	2	0	0	0	0	0	0,369 (16,7)	107 (36,8)	23,2 (17,37)	10,11 (29,96)	0,0102 (9,48)	-	-
RL26	<i>Parkia velutina</i>	10,5	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,315 (26,3)	94,2 (34,6)	-	-	-	-	-
SV11	<i>Parkia velutina</i>	11,2	13,6	7,3	-	7,3	2	1	3	0	0	0	2	0	0,352 (18,4)	27,5 (23,5)	22,04 (18,01)	8,8 (29,6)	0,0099 (22,34)	40,21 (17,36)*	34,42 (41,10)*
RL19	<i>Peltogyne venosa</i>	14,5	19	14	14	10,6	4,5	2	4	0	1	1	2	0	0,811 (12,3)	51,9 (52,2)	-	-	-	-	-
RL6	<i>Peltogyne venosa</i>	13,6	16,3	8,8	8,8	7,4	8,8	2	3	0	0	0	1	0	0,834 (8,9)	46,4 (14,7)	17,5 (12,67)	18,8 (10,57)	0,01 (21,66)	18,86 (6,70)*	4,99 (9,79)*
RL9	<i>Peltogyne venosa</i>	12	15,3	7,8	7,8	6,5	6	2	2	0	0	1	1	0	0,854 (8,4)	44,7 (13,4)	17,48 (10,37)	19,06 (10,98)	0,0101 (29,09)	-	-
RL1	<i>Recordoxylon speciosum</i>	12	8,9	5,6	5,6	1,4	4,1	2	4	0	0	1	0	0	0,791 (12,4)	55,1 (32,8)	-	-	-	-	-
RL2	<i>Recordoxylon speciosum</i>	11,5	9	4	4	2,8	3,9	2	4	0	1	0	0	0	0,808 (10,2)	51,9 (22,4)	18,75 (7,07)	18,26 (9,61)	0,0069 (12,98)	16,61 (16,20)	4,50 (19,87)
RL5	<i>Recordoxylon speciosum</i>	11,7	12,5	9,4	9,4	6,9	3,2	1	4	0	1	0	0	0	0,758 (11,6)	58,4 (26,1)	22,64 (8,59)	21,96 (12,25)	0,0063 (13,6)	-	-
RL3	<i>Swartzia panacoco</i>	12	15	6	6	6	3	3	5	0	0	1	0	0	0,825 (11,6)	46,1 (26,1)	-	-	-	-	-
RL4	<i>Swartzia panacoco</i>	13,5	16	8,2	8,2	8,2	3,2	3	5	0	0	0	0	0	0,777 (14,7)	52,0 (35,1)	22,27 (12,33)	22,59 (18,63)	0,0097 (24,13)	9,79 (1,83)	13,82 (14,88)
SV14	<i>Swartzia panacoco</i>	12,3	8	5,3	5,3	4,2	4,2	2	5	0	0	0	0	0	0,831 (9,4)	45,1 (20,7)	24,31 (14,42)	23,37 (18,93)	0,0093 (35,42)	-	-
SV15	<i>Swartzia polyphylla</i>	11,2	14,7	10,7	10,7	10,7	1,4	1	2	0	0	0	2	0	0,713 (6,2)	54,2 (10,3)	-	-	-	-	-
RL23	<i>Tachigali guianensis</i>	14,5	16,6	9	9	5	3,6	2	3	0	0	1	1	0	0,496 (16,5)	76,5 (40,8)	26,22 (11,77)	12,85 (15,81)	0,0075 (14,66)	-	-
RL8	<i>Tachigali guianensis</i>	14	19,7	16,5	16,5	16,4	3,1	2	3	0	1	2	1	0	0,425 (28,3)	62,6 (28,5)	25,89 (8,56)	10,45 (9,74)	0,0067 (13,78)	34,53 (33,95)	10,65 (60,09)
RL15	<i>Vouacapoua americana</i>	13	16	9,2	-	9,2	3,5	1	3	0	3	1	1	1	0,766 (9,3)	57,0 (22,7)	23,41 (11,46)	22,26 (13,4)	0,0067 (14,54)	16,6	5,6
RL18	<i>Zygia tetragona</i>	12	16	6,4	6,4	6,4	3	2	2	0	2	3	2	0	0,99 (8,4)	32,7 (19)	24,53 (7,11)	30,43 (10,88)	0,0061 (12,94)	-	-
RL21	<i>Zygia tetragona</i>	12	15,6	10	10	7	3,5	2	2	0	1	2	1	0	1,015 (6,9)	29,6 (13,4)	21,88 (10,84)	27,59 (14,58)	0,007 (16,44)	-	-

## 7. Positionnement des espèces sur le continuum héliophile-sciaphile

Les bases de données au sujet du tempérament des espèces vis-à-vis de la lumière sont pauvres et souvent basées sur des critères qualitatifs (Base de données Mariwenn, <http://www.ecofog.gf/mariwenn/>). Ici, l'effort a été porté sur l'établissement d'une variable quantitative positionnant l'espèce sur le continuum héliophile-sciaphile. Pour ce faire, 3 variables liées au tempérament écologique vis-à-vis de la lumière ont été calculées sur les données issues du réseau GUYAFOR. Ces 3 variables sont :

- Le quantile 0.95 du taux de croissance en diamètre (RGR95), reflétant les capacités de croissance maximale de l'espèce.
- Le taux de mortalité (MR), reflétant la capacité de l'essence à pérenniser sa position dans la forêt.
- Le DBH maximum de l'espèce (DBHmax)

Nous sommes partis de l'apriori que les essences à croissance et mortalité fortes sont généralement des espèces de début de succession (i.e. pionnières, héliophile), alors que les essences à croissance et mortalité faibles sont des espèces de fin de succession (i.e. tolérantes à l'ombre, sciaphiles). Les essences de milieu de succession (i.e. héliophiles longévives, hémitolérantes) se placent en position intermédiaire. Le DBH maximal de l'espèce semble également lié à son statut successional : une essence à croissance rapide produira un tronc plus volumineux pour contrecarrer le désavantage mécanique d'une faible densité, alors que les essences à croissance faible produiront des troncs de plus petits diamètres et de fortes densités suffisant pour assurer la stature mécanique.

### a. Calcul du DBHmax, RGR95, MR

Le DBHmax n'est autre que le DBH maximal mesuré de l'espèce.

Pour calculer RGR95 par espèce, nous avons d'abord calculé le taux de croissance moyen sur les 30 dernières années de chaque arbre de la même espèce (données provenant de la base GUYAFOR restreinte au site de Paracou). Dans cette distribution des taux de croissance pour une espèce donnée, nous avons calculé le quantile 0.95 constituant RGR95.

Le taux de mortalité (MR) représente le nombre d'arbres morts par an. Tous les arbres vivants pendant l'année 1984 ont été sommés. Les arbres recrutés après 1984 ont été supprimés. MR a été calculé comme suit :

$$\text{MR de l'espèce } i = (N_i \text{ arbre vivant à } t_1 - N_i \text{ arbres vivants à } t_2) / (t_2 - t_1)$$

### b. Détermination d'une variable synthétique

Les 3 variables espèce-dépendantes décrites précédemment ont été utilisées conjointement dans une analyse des composante principale (ACP), afin d'établir une variable synthétique. Les résultats de l'ACP ont produit une première composante expliquant 56 % de la variation rencontrée (Figure 42). Cette composante oppose des essences à forte densité (*Zygia*, *Bocoa*) à des essences à faible densité (*Tachigali*, *Parkia*). Les Wapas (genre *Eperua*) occupent une position intermédiaire et sont généralement considérés comme des essences hémitolérantes ou tolérantes. Sur la base des essences dont le comportement est connu, l'ordination produite par l'ACP semble correcte. La valeur de chacune des espèces sur cet axe sera utilisée comme valeur de trait décrivant le tempérament de l'essence vis-à-vis de la lumière (valeur très négative pour les sciaphiles, valeurs très positives pour les héliophiles).

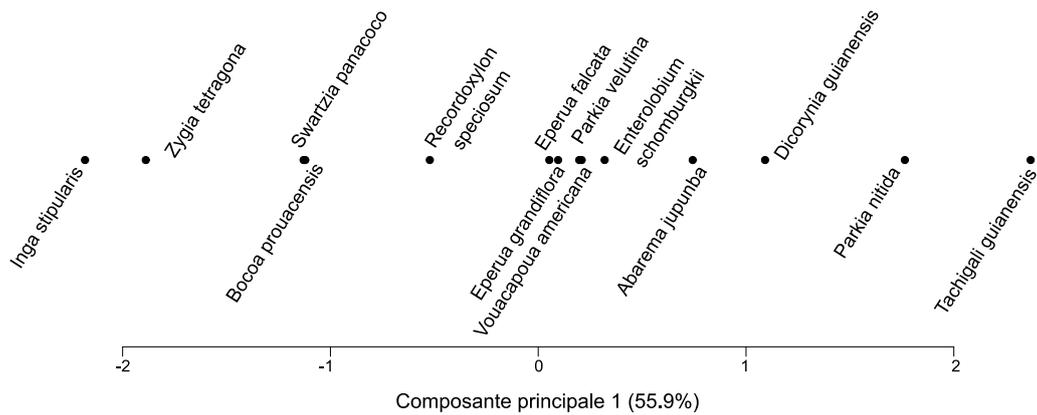


Figure 42 : Ordination des espèces étudiées sur la première composante d'une ACP incluant RGR95, DBHmax et MR.

### III. Résultats

#### 1. Infradensité

##### a. Variation interspécifique et intra-individuelle entre le tronc et la couronne de l'infradensité

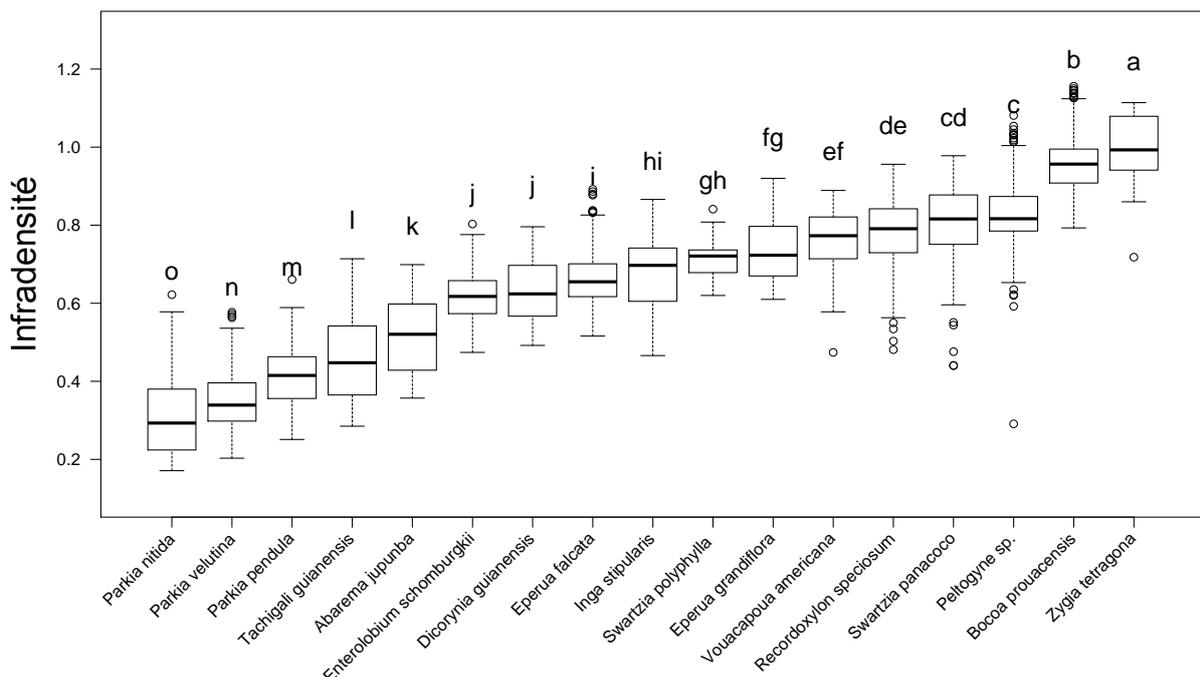


Figure 43 : Variation d'infradensité chez les espèces échantillonnées.

Le graphique inclut toutes les hauteurs de mesures. Les groupements ont été établis par un test de Tukey, suivant un test de Kruskal Wallis (Kruskal-Wallis  $\chi^2 = 2421.122$ , ddl = 16,  $p < 0.001$ ).

L'échantillonnage réalisé à l'échelle interspécifique couvre une vaste gamme de valeurs d'ID, allant d'une valeur moyenne de 0.314 chez *Parkia nitida* (CV%) à 1.00 (CV%) chez *Zygia tetragona* (Figure 43). La valeur d'ID moyenne de l'échantillonnage est de 0.677. La gamme de valeurs s'étend de 0.17 à 1.15. Cette gamme de variation est bien supérieure à celle obtenue

pendant le projet BRIDGE (i.e. 0,237 à 0.976, 105 espèces, 431 individus) est similaire à celle de Chave *et al.* (2014) (0,09 à 1,20, 4000 individus, 58 sites).

Afin de tester la différence d'ID entre le tronc et la couronne de chaque individu et de ne pas biaiser l'analyse par le nombre d'éprouvettes de bois plus faible provenant de la couronne, nous avons sélectionné toutes les éprouvettes provenant de la couronne et nous les avons comparé à un même nombre d'éprouvettes provenant du tronc tirées aléatoirement (Table 14).

On peut dégager la tendance générale que les individus à faible ID moyenne ont une ID moyenne de la couronne significativement plus forte que celle du tronc (i.e. le genre *Parkia*, *Tachigali guianensis*, *Abarema jupumba* et un arbre de l'espèce *Dicorynia guianensis*). A contrario, les individus à forte ID moyenne, ont une ID moyenne de couronne significativement plus faible que celle du tronc (i.e *Zygia tetragona*, *Bocoa prouacensis*, *Peltogyne venosa*, *Swartzia panacoco*, *Voucapoua americana*, et un arbre de l'espèce *Recordoxylon speciosum* ainsi qu'un arbre de l'espèce *Eperua grandilifera*). Les espèces à ID intermédiaire (~ 0.6-0.7), ne présentent pas de différences significatives entre tronc et couronne (*Enterolobium schomburgkii*, *Inga stipularis*, *Eperua falcata*, *Swartzia polyphylla*, 2 arbres de l'espèce *Dicorynia guianensis*, *Eperua falcata*, *Recordoxylon speciosum*). Toutes espèces confondues, l'ID moyenne de la couronne est similaire à celle du tronc (i.e. 0.651 et 0.665 respectivement), cependant la gamme de variation est plus faible dans la couronne que dans le tronc (i.e. 0.35-0.95 et de 0.28-1.03 respectivement) (Figure 44).

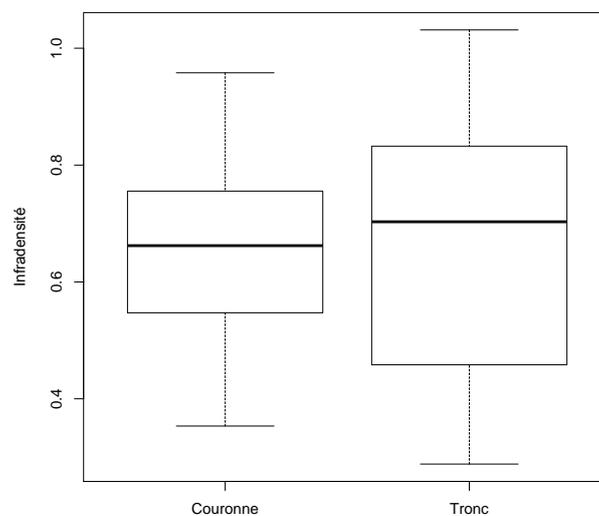


Figure 44 : Infradensité du tronc et de la couronne toutes espèces confondues.

#### b. Le gradient radial de l'ID

La Table 15 présente les valeurs des ratios entre l'ID moyenne à cœur ( $\mu ID_{old}$ ) et l'ID moyenne sous écorce ( $\mu ID_{new}$ ) ( $\mu ID_{new}/\mu ID_{old}$ ) pour chaque individu. Une tendance générale montre que les arbres à faible ID moyenne, ont des ratios  $\mu ID_{new}/\mu ID_{old}$  supérieurs à 1, et donc que l'ID sous écorce est plus forte que l'ID à cœur. Les arbres à forte ID moyenne, ont une ID à cœur plus forte que l'ID sous-écorce ( $\mu ID_{new}/\mu ID_{old} < 1$ ).

Chez quelques arbres des espèces *Dicorynia guianensis*, *Eperua falcata* et *Swartzia polyphylla*, le ratio n'est pas significativement supérieur ou inférieur à 1, l'ID sous écorce et à cœur est donc similaire.

Les valeurs des ratios de l'ID corrigée ( $\mu\text{IDc}_{\text{new}}/\mu\text{IDc}_{\text{old}}$ ) n'ont été calculées que pour les individus présentant du duramen coloré. Les espèces à ID très forte (*Zygia tetragona* et *Bocoa*

Table 14 : ID moyenne de l'arbre, du tronc et de la couronne pour chaque individu échantillonné.

La p. value indique une différence significative de l'ID entre le tronc et la couronne (test de Kruskal Wallis). n représente le nombre de valeurs provenant du tronc tirées aléatoirement et utilisées dans le test de Kruskal Wallis ('\*\*\*'  $P \leq 0,001$ , '\*\*'  $P \leq 0,01$ , '\*'  $P \leq 0,05$ , ' '  $P > 0,05$ )

Ind	Taxon	$\mu\text{ID}$	$\mu\text{ID}$ tronc	$\mu\text{ID}$ couronne	n	p.v	Sig
SV10	<i>Parkia nitida</i>	0,297	0,288	0,353	8	0.000	***
SV5	<i>Parkia nitida</i>	0,316	0,301	0,405	8	0.000	***
RL17	<i>Parkia nitida</i>	0,328	0,305	0,434	14	0.000	***
RL26	<i>Parkia velutina</i>	0,331	0,314	0,454	7	0.000	***
SV7	<i>Parkia pendula</i>	0,349	0,334	0,449	8	0.000	***
RL22	<i>Parkia velutina</i>	0,351	0,342	0,382	13	0.000	***
SV11	<i>Parkia velutina</i>	0,370	0,351	0,472	8	0.000	***
RL8	<i>Tachigali guianensis</i>	0,431	0,384	0,615	16	0.000	***
RL25	<i>Parkia pendula</i>	0,444	0,433	0,518	8	0.000	***
RL24	<i>Parkia pendula</i>	0,447	0,431	0,528	8	0.000	***
RL23	<i>Tachigali guianensis</i>	0,496	0,484	0,583	10	0.000	***
RL7	<i>Abarema jupunba</i>	0,511	0,509	0,521	12	0.000	***
RL16	<i>Dicorynia guianensis</i>	0,603	0,614	0,567	19	0.011	*
SV8	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	0,622	0,625	0,602	8	0.174	
SV13	<i>Inga stipularis</i>	0,642	0,638	0,661	11	0.203	
RL14	<i>Dicorynia guianensis</i>	0,644	0,650	0,620	16	0.609	
RL20	<i>Dicorynia guianensis</i>	0,644	0,664	0,570	15	0.302	
SV6	<i>Eperua falcata</i>	0,666	0,673	0,616	6	0.549	
RL10	<i>Eperua falcata</i>	0,673	0,698	0,566	15	0.172	
SV12	<i>Eperua falcata</i>	0,679	0,683	0,661	9	0.205	
RL11	<i>Eperua grandiflora</i>	0,711	0,721	0,672	14	0.728	
SV15	<i>Swartzia polyphylla</i>	0,713	0,718	0,663	7	0.184	
SV4	<i>Inga stipularis</i>	0,713	0,708	0,740	10	0.212	
RL13	<i>Eperua grandiflora</i>	0,716	0,728	0,669	14	0.106	
RL5	<i>Recordoxylon speciosum</i>	0,758	0,779	0,678	13	0.001	**
RL15	<i>Vouacapoua americana</i>	0,769	0,785	0,701	15	0.006	**
RL4	<i>Swartzia panacoco</i>	0,781	0,806	0,680	15	0.001	**
RL1	<i>Recordoxylon speciosum</i>	0,798	0,803	0,773	9	0.153	
SV1	<i>Eperua grandiflora</i>	0,801	0,810	0,751	9	0.004	**
RL2	<i>Recordoxylon speciosum</i>	0,815	0,824	0,706	3	0.194	
RL3	<i>Swartzia panacoco</i>	0,821	0,840	0,753	15	0.002	**
SV14	<i>Swartzia panacoco</i>	0,831	0,845	0,774	15	0.000	***
RL19	<i>Peltogyne venosa</i>	0,831	0,840	0,790	17	0.000	***
RL6	<i>Peltogyne venosa</i>	0,834	0,853	0,758	17	0.000	***
RL9	<i>Peltogyne venosa</i>	0,855	0,870	0,790	14	0.000	***
SV9	<i>Bocoa prouacensis</i>	0,926	0,936	0,878	12	0.000	***
RL12	<i>Bocoa prouacensis</i>	0,969	0,981	0,917	15	0.000	***
SV3	<i>Bocoa prouacensis</i>	0,992	1,000	0,922	8	0.000	***
RL18	<i>Zygia tetragona</i>	0,994	1,020	0,900	18	0.000	***
RL21	<i>Zygia tetragona</i>	1,015	1,031	0,958	18	0.000	***

Table 15 : Le gradient radial d'ID et d'IDc des rondelles récoltée à la base du tronc.

$\mu$ ID et  $\mu$ IDc, moyenne d'ID et d'IDc.  $\mu$ ID<sub>old</sub>,  $\mu$ IDc<sub>old</sub>,  $\mu$ ID<sub>new</sub> et  $\mu$ IDc<sub>new</sub>, moyenne d'ID et d'IDc à cœur et moyenne d'ID et d'IDc sous écorce.  $\mu$ ID<sub>new</sub>/ $\mu$ ID<sub>old</sub> et  $\mu$ IDc<sub>new</sub>/ $\mu$ IDc<sub>old</sub>, ratios des variables précédentes. Sig, significativité des ratios par test t de Student entre  $\mu$ ID<sub>new</sub> et  $\mu$ IDc<sub>old</sub> et  $\mu$ IDc<sub>new</sub> et  $\mu$ IDc<sub>old</sub> ('\*\*\*' P ≤ 0,001, '\*\*' P ≤ 0,01, '\*' , P ≤ 0,05, ' ' , P > 0,05).

Ind	Taxon	$\mu$ ID	$\mu$ ID <sub>old</sub>	$\mu$ ID <sub>new</sub>	$\mu$ ID <sub>new</sub> / $\mu$ ID <sub>old</sub>	Sig	$\mu$ IDc	$\mu$ IDc <sub>old</sub>	$\mu$ IDc <sub>new</sub>	$\mu$ IDc <sub>new</sub> / $\mu$ IDc <sub>old</sub>	Sig
SV10	<i>Parkia nitida</i>	0,275	0,204	0,404	1,977	***	-	-	-	-	-
SV5	<i>Parkia nitida</i>	0,280	0,198	0,411	2,073	***	-	-	-	-	-
SV7	<i>Parkia pendula</i>	0,317	0,277	0,375	1,357	***	-	-	-	-	-
RL26	<i>Parkia velutina</i>	0,343	0,290	0,457	1,580	**	-	-	-	-	-
RL17	<i>Parkia nitida</i>	0,349	0,213	0,544	2,549	***	-	-	-	-	-
SV11	<i>Parkia velutina</i>	0,353	0,308	0,407	1,320	***	-	-	-	-	-
RL22	<i>Parkia velutina</i>	0,360	0,298	0,458	1,537	***	-	-	-	-	-
RL8	<i>Tachigali guianensis</i>	0,371	0,361	0,394	1,090	*	-	-	-	-	-
RL25	<i>Parkia pendula</i>	0,437	0,390	0,498	1,276	***	0,434	0,376	0,498	1,326	***
RL24	<i>Parkia pendula</i>	0,438	0,403	0,526	1,307	**	-	-	-	-	-
RL23	<i>Tachigali guianensis</i>	0,510	0,460	0,564	1,226	***	-	-	-	-	-
RL7	<i>Abarema jupunba</i>	0,630	0,573	0,689	1,204	***	-	-	-	-	-
SV8	<i>Enterobium schomburgkii</i>	0,652	0,583	0,757	1,300	***	-	-	-	-	-
SV13	<i>Inga stipularis</i>	0,680	0,606	0,745	1,229	***	-	-	-	-	-
RL16	<i>Dicorynia guianensis</i>	0,707	0,696	0,725	1,042	*	0,672	0,649	0,696	1,072	**
RL14	<i>Dicorynia guianensis</i>	0,714	0,700	0,727	1,038		0,682	0,653	0,698	1,068	**
SV6	<i>Eperua falcata</i>	0,726	0,768	0,701	0,913		0,703	0,700	0,701	1,002	
RL20	<i>Dicorynia guianensis</i>	0,726	0,677	0,779	1,151	***	0,693	0,631	0,747	1,184	***
SV12	<i>Eperua falcata</i>	0,728	0,740	0,717	0,968		0,728	0,740	0,717	0,968	
SV15	<i>Swartzia polyphylla</i>	0,732	0,708	0,760	1,074		-	-	-	-	-
SV4	<i>Inga stipularis</i>	0,735	0,617	0,838	1,358	***	-	-	-	-	-
RL10	<i>Eperua falcata</i>	0,765	0,776	0,649	0,836	***	0,675	0,645	0,649	1,006	
RL11	<i>Eperua grandiflora</i>	0,770	0,873	0,727	0,832	***	0,727	0,726	0,727	1,001	
RL13	<i>Eperua grandiflora</i>	0,801	0,837	0,713	0,851	***	0,717	0,695	0,713	1,025	
RL15	<i>Vouacarpoua americana</i>	0,828	0,843	0,814	0,967	**	0,671	0,640	0,695	1,086	
RL5	<i>Recordoxylon speciosum</i>	0,830	0,788	0,871	1,105	***	-	-	-	-	-
SV1	<i>Eperua grandiflora</i>	0,854	0,865	0,814	0,941	**	0,772	0,719	0,814	1,133	***
RL1	<i>Recordoxylon speciosum</i>	0,863	0,797	0,941	1,181	***	-	-	-	-	-
RL4	<i>Swartzia panacoco</i>	0,863	0,766	0,943	1,230	***	-	-	-	-	-
RL3	<i>Swartzia panacoco</i>	0,885	0,800	0,968	1,209	***	-	-	-	-	-
RL2	<i>Recordoxylon speciosum</i>	0,886	0,857	0,925	1,079	***	-	-	-	-	-
SV14	<i>Swartzia panacoco</i>	0,891	0,820	0,958	1,168	***	-	-	-	-	-
RL9	<i>Peltogyne venosa</i>	0,913	1,023	0,876	0,856	***	0,882	0,907	0,876	0,966	
RL19	<i>Peltogyne venosa</i>	0,917	1,002	0,888	0,886	***	0,867	0,867	0,888	1,025	
RL6	<i>Peltogyne venosa</i>	0,920	0,988	0,895	0,906	***	0,882	0,854	0,895	1,048	**
SV9	<i>Bocoa prouacensis</i>	0,997	1,056	0,964	0,913	*	0,950	0,990	0,924	0,933	**
RL12	<i>Bocoa prouacensis</i>	1,033	1,118	0,988	0,884	***	0,989	1,035	0,946	0,914	***
SV3	<i>Bocoa prouacensis</i>	1,046	1,121	1,018	0,908	***	0,994	1,039	0,976	0,939	***
RL18	<i>Zygia tetragona</i>	1,053	1,080	0,967	0,896	***	1,021	1,036	0,942	0,909	***
RL21	<i>Zygia tetragona</i>	1,056	1,093	0,968	0,885	***	1,025	1,059	0,943	0,890	***

*prouacensis*) montrent la même tendance, une ID plus faible sous écorce qu'à cœur, malgré le calcul de l'IDc.

Cependant chez *Vouacapoua americana*, *Peltogyne venosa* et le genre *Eperua*, la prise en compte de l'IDc a supprimé la significativité d'un ratio inférieur à 1, suggérant que l'IDc à cœur est de même valeur que l'IDc sous écorce. On n'observe pas d'inversion significative du ratio après calcul de l'IDc, excepté chez un arbre de l'espèce *Eperua grandiflora* (SV1).

#### c. Le gradient vertical à cœur de l'ID

La Table 16 présente les valeurs des ratios entre les ID moyennes à cœur de la rondelle prélevée à la base du tronc (R1) et sous la fourche (R3) ( $\mu\text{IDR1}_{\text{old}}/\mu\text{IDR3}_{\text{old}}$ ) pour chaque individu. Comme pour le gradient radial, la tendance générale montre que les arbres à faible ID moyenne, ont des ratios  $\mu\text{IDR1}_{\text{old}}/\mu\text{IDR3}_{\text{old}}$  supérieurs à 1, et donc que l'ID à cœur sous la fourche est plus forte que l'ID à cœur à la base du tronc. Les arbres à forte ID moyenne, ont une ID à cœur sous fourche plus faible que l'ID à cœur à la base du tronc ( $\mu\text{IDR1}_{\text{old}}/\mu\text{IDR3}_{\text{old}} < 1$ ).

Chez quelques arbres des espèces *Parkia velutina*, *P. pendula*, *Tachigali*, et *Inga*, le ratio n'est pas significativement supérieur ou inférieur à 1, l'ID à cœur sous fourche et à la base du tronc est donc similaire.

Les espèces à ID forte (*Zygia tetragona*, *Bocoa prouacensis* et *Peltogyne venosa*) montrent la même tendance : une ID plus faible à cœur sous fourche, qu'à la base du tronc, malgré la prise en compte de l'IDc.

Cependant chez *Vouacapoua americana* et deux arbres de l'espèce *Eperua grandiflora*, la prise en compte de l'IDc a supprimé la significativité d'un ratio inférieur à 1, suggérant que l'IDc à cœur à la base du tronc et sous la fourche sont similaires.

#### d. Le lien entre le gradient radial à la base et le gradient vertical à cœur de l'ID

La mise en relation des gradients verticaux et radiaux d'ID, permet d'établir 3 groupements d'espèces : (1) les espèces à ID croissante à la fois sur le rayon et la hauteur (en vert, Figure 45), (2) les espèces à ID croissante sur le rayon et décroissante avec la hauteur (en bleu, Figure 45), ainsi que (3) les espèces à ID décroissante à la fois sur le rayon et sur la hauteur (en orange, Figure 45). Ces 3 groupements correspondent respectivement aux espèces à faible, intermédiaire et forte ID moyenne.

Néanmoins, la prise en compte de l'IDc vient quelque peu modifier les groupements précédemment établis (Figure 45). *Zygia* et *Bocoa* restent des espèces appartenant au 3ème groupement alors que *Peltogyne* et le genre *Eperua* se retrouvent à la frontière entre le groupement 2 et 3 et que *Vouacapoua* se retrouve à la frontière entre le groupement 1 et 2. *Peltogyne* et le genre *Eperua* expriment un gradient vertical décroissant significatif (Table 16) alors que son gradient radial n'est pas significatif (Table 15). Ces espèces forment un 4ème groupement à ID décroissante avec la hauteur à cœur et stable sur le rayon. *Vouacapoua americana* peut former un 5ème groupement ne présentant aucune variation sur la hauteur comme sur le rayon.

Table 16 : Le gradient vertical d'ID et d'IDc entre les rondelles récoltées à la base du tronc et sous la fourche.

$\mu$ ID et  $\mu$ IDc, moyenne d'ID et d'IDc de l'arbre.  $\mu$ IDR1<sub>old</sub>,  $\mu$ IDR1c<sub>old</sub>,  $\mu$ IDR3<sub>old</sub> et  $\mu$ IDR3c<sub>old</sub>, moyenne d'ID et d'IDc à cœur de la rondelle à la base et sous fourche.  $\mu$ IDR1<sub>old</sub>/ $\mu$ IDR3<sub>old</sub> et  $\mu$ IDcR1<sub>old</sub>/ $\mu$ IDcR3<sub>old</sub>, ratios des variables précédentes. Sig, significativité des ratios par test de Student entre  $\mu$ IDR1<sub>old</sub> et  $\mu$ IDR3<sub>old</sub> et  $\mu$ IDcR1<sub>old</sub> et  $\mu$ IDcR3<sub>old</sub> (\*\*\*\*, P ≤ 0,001, \*\*\*, P ≤ 0,01, \*\*, P ≤ 0,05, ' ', P > 0,05).

Ind.	Taxon	$\mu$ ID	$\mu$ IDR1 <sub>old</sub>	$\mu$ IDR3 <sub>old</sub>	$\mu$ IDR1 <sub>old</sub> / $\mu$ IDR3 <sub>old</sub>	Sig	$\mu$ IDc	$\mu$ IDcR1 <sub>old</sub>	$\mu$ IDcR3 <sub>old</sub>	$\mu$ IDcR1 <sub>old</sub> / $\mu$ IDcR3 <sub>old</sub>	Sig
SV10	<i>Parkia nitida</i>	0,297	0,204	0,452	2,212	*	-	-	-	-	-
SV5	<i>Parkia nitida</i>	0,316	0,198	0,389	1,959	***	-	-	-	-	-
RL17	<i>Parkia nitida</i>	0,328	0,213	0,311	1,455	*	-	-	-	-	-
RL26	<i>Parkia velutina</i>	0,331	0,290	0,324	1,118	*	-	-	-	-	-
SV7	<i>Parkia pendula</i>	0,349	0,277	0,400	1,445	***	-	-	-	-	-
RL22	<i>Parkia velutina</i>	0,351	0,298	0,357	1,198		-	-	-	-	-
SV11	<i>Parkia velutina</i>	0,370	0,308	0,373	1,212	***	-	-	-	-	-
RL8	<i>Tachigali guianensis</i>	0,431	0,361	0,449	1,243	*	-	-	-	-	-
RL25	<i>Parkia pendula</i>	0,444	0,390	0,475	1,215	**	0,443	0,376	0,475	1,263	**
RL24	<i>Parkia pendula</i>	0,447	0,403	0,449	1,115		-	-	-	-	-
RL23	<i>Tachigali guianensis</i>	0,496	0,460	0,515	1,118		-	-	-	-	-
RL7	<i>Abarema jupunba</i>	0,511	0,573	0,480	0,838	*	-	-	-	-	-
RL16	<i>Dicorynia guianensis</i>	0,603	0,696	0,536	0,770	***	0,580	0,649	0,525	0,809	***
SV8	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	0,622	0,583	0,668	1,146	***	-	-	-	-	-
SV13	<i>Inga stipularis</i>	0,642	0,606	0,592	0,976		-	-	-	-	-
RL14	<i>Dicorynia guianensis</i>	0,644	0,700	0,557	0,795	**	0,617	0,653	0,535	0,818	**
RL20	<i>Dicorynia guianensis</i>	0,644	0,677	0,535	0,790	***	0,617	0,631	0,513	0,813	***
SV6	<i>Eperua falcata</i>	0,666	0,768	0,606	0,788	***	0,655	0,700	0,606	0,865	**
RL10	<i>Eperua falcata</i>	0,673	0,776	0,638	0,821	**	0,627	0,645	0,638	0,989	
SV12	<i>Eperua falcata</i>	0,679	0,740	0,631	0,852	**	0,679	0,740	0,631	0,852	**
RL11	<i>Eperua grandiflora</i>	0,711	0,873	0,683	0,781	***	0,694	0,726	0,683	0,941	***
SV15	<i>Swartzia polyphylla</i>	0,713	0,708	0,655	0,925		-	-	-	-	-
SV4	<i>Inga stipularis</i>	0,713	0,617	0,650	1,052		-	-	-	-	-
RL13	<i>Eperua grandiflora</i>	0,716	0,837	0,666	0,796	***	0,681	0,695	0,666	0,958	
RL5	<i>Recordoxylon speciosum</i>	0,758	0,788	0,639	0,810	***	-	-	-	-	-
RL15	<i>Vouacapoua americana</i>	0,769	0,843	0,774	0,919	**	0,636	0,640	0,635	0,992	
RL4	<i>Swartzia panacoco</i>	0,781	0,766	0,692	0,904	***	-	-	-	-	-
RL1	<i>Recordoxylon speciosum</i>	0,798	0,797	0,669	0,840	**	-	-	-	-	-
SV1	<i>Eperua grandiflora</i>	0,801	0,865	0,742	0,858	***	0,758	0,719	0,742	1,033	
RL2	<i>Recordoxylon speciosum</i>	0,815	0,857	0,756	0,881	***	-	-	-	-	-
RL3	<i>Swartzia panacoco</i>	0,821	0,800	0,737	0,921	*	-	-	-	-	-
SV14	<i>Swartzia panacoco</i>	0,831	0,820	0,758	0,924	**	-	-	-	-	-
RL6	<i>Peltogyne venosa</i>	0,834	0,988	0,794	0,803	***	0,815	0,854	0,773	0,906	***
RL19	<i>Peltogyne venosa</i>	0,837	1,002	0,782	0,781	***	0,815	0,867	0,782	0,903	***
RL9	<i>Peltogyne venosa</i>	0,855	1,023	0,819	0,800	***	0,841	0,907	0,819	0,903	**
SV9	<i>Bocoa prouacensis</i>	0,926	1,056	0,865	0,819	***	0,889	0,990	0,828	0,837	***
RL12	<i>Bocoa prouacensis</i>	0,969	1,118	0,883	0,790	***	0,929	1,035	0,846	0,817	***
SV3	<i>Bocoa prouacensis</i>	0,992	1,121	0,906	0,808	***	0,950	1,039	0,874	0,841	***
RL18	<i>Zygia tetragona</i>	0,994	1,080	1,045	0,968	*	0,967	1,036	1,006	0,971	*
RL21	<i>Zygia tetragona</i>	1,015	1,093	1,075	0,984	*	0,987	1,059	1,032	0,975	

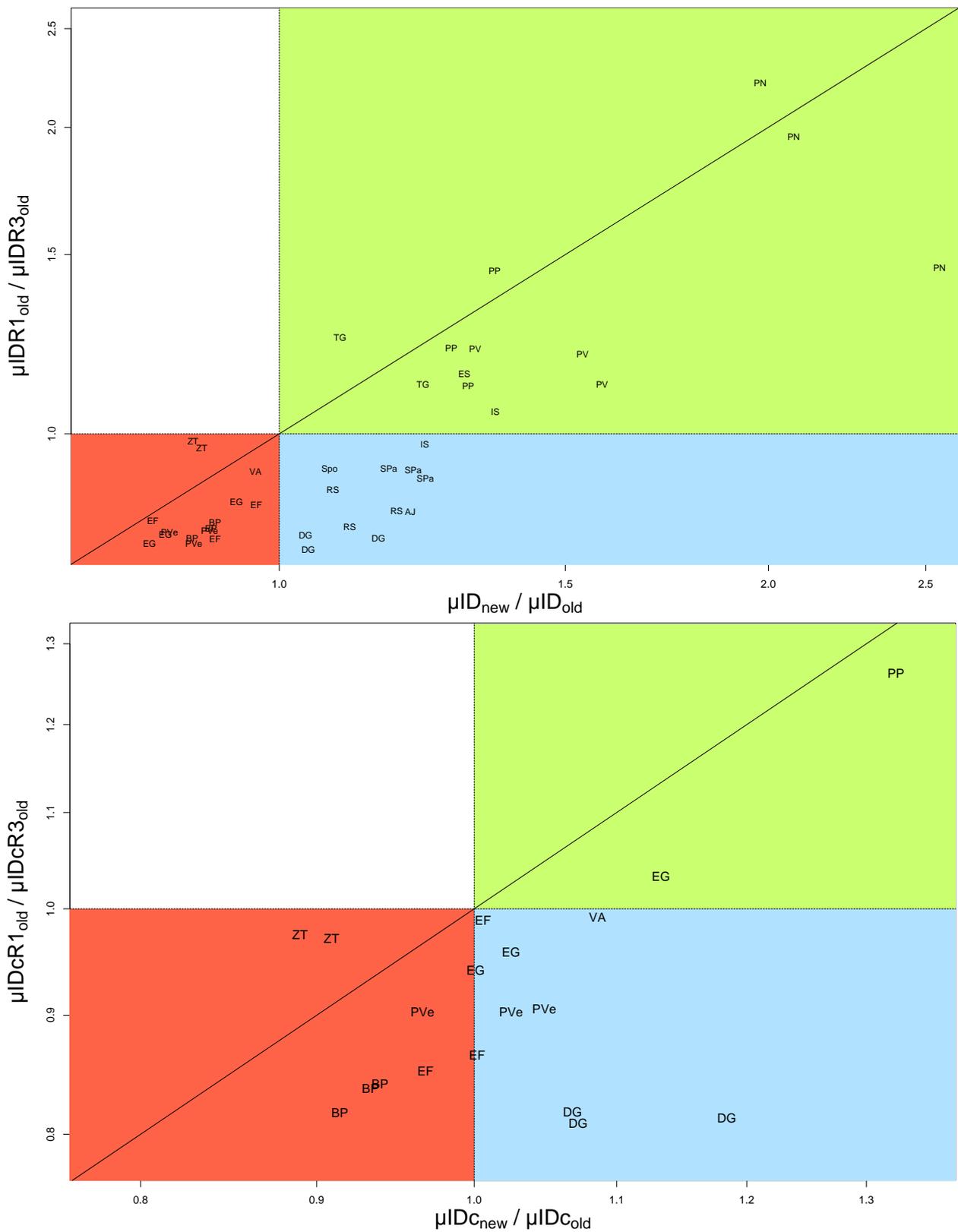


Figure 45 : Combinaison entre le gradient radial et le gradient vertical à cœur d'ID (en haut) et d'IDc (en bas).

Les arbres dans la zone verte présentent une ID ou IDc croissante sur le rayon et avec la hauteur, ceux de la zone bleu présentent une ID ou IDc croissante sur le rayon et décroissante sur la hauteur alors que les arbres de la zone rouge ont une ID ou IDc décroissante sur le rayon et la hauteur. La droite médiane matérialise un investissement similaire dans l'ID sur le rayon et sur la hauteur. Le graphique du bas a été centré sur les individus présentant un duramen coloré.

e. Description qualitative des profils d'ID observés à la base de l'arbre

D'un point de vue qualitatif, nous avons établi trois types de profils radiaux d'ID (Figure 46) :

- (1) Les profils 'en V' présentent une ID faible à cœur qui augmente linéairement de part et d'autre de la moelle en direction de l'écorce (*Recordoxylon Swartzia panacoco*, *Abarema*). Ce profil correspond également à celui de *Dicorynia* (cf. Chapitre II) et *Tachigali* (Annexe 4).
- (2) Les profils 'en U' présentent également une densité très faible à cœur et qui reste faible de part et d'autre de la moelle sur plusieurs centimètres pour finalement augmenter en direction de l'écorce (*Parkia nitida*, *Inga*, *Enterolobium*). Ce profil correspond également à celui du genre *Parkia* (Annexe 4).
- (3) Les profils 'en bosse' présentent une ID plus forte à cœur que sous-écorce. L'ID à cœur est relativement stable chez *Zygia*, alors qu'elle augmente légèrement chez *Eperua falcata*, et décroît chez *Peltogyne*. Ces 3 essences présentent une diminution abrupte de l'ID au niveau de la zone de transition aubier-duramen. L'ID plus forte dans le duramen est une conséquence de l'accumulation d'extractibles lors de sa formation. Ce type de variation est également présent chez *Eperua grandiflora* et *Voucapoua americana*. (Annexe 4).

Quelle que soit l'espèce considérée, on observe que le duramen coloré (lorsque celui est présent) est toujours très chargée en eau contrairement à l'aubier. Ceci se caractérise visuellement par la finesse de la zone grise séparant les courbes d'humidité (vert) et d'humidité maximale (bleu) (très bien illustrée chez *Eperua falcata* et *Peltogyne* (Figure 46).

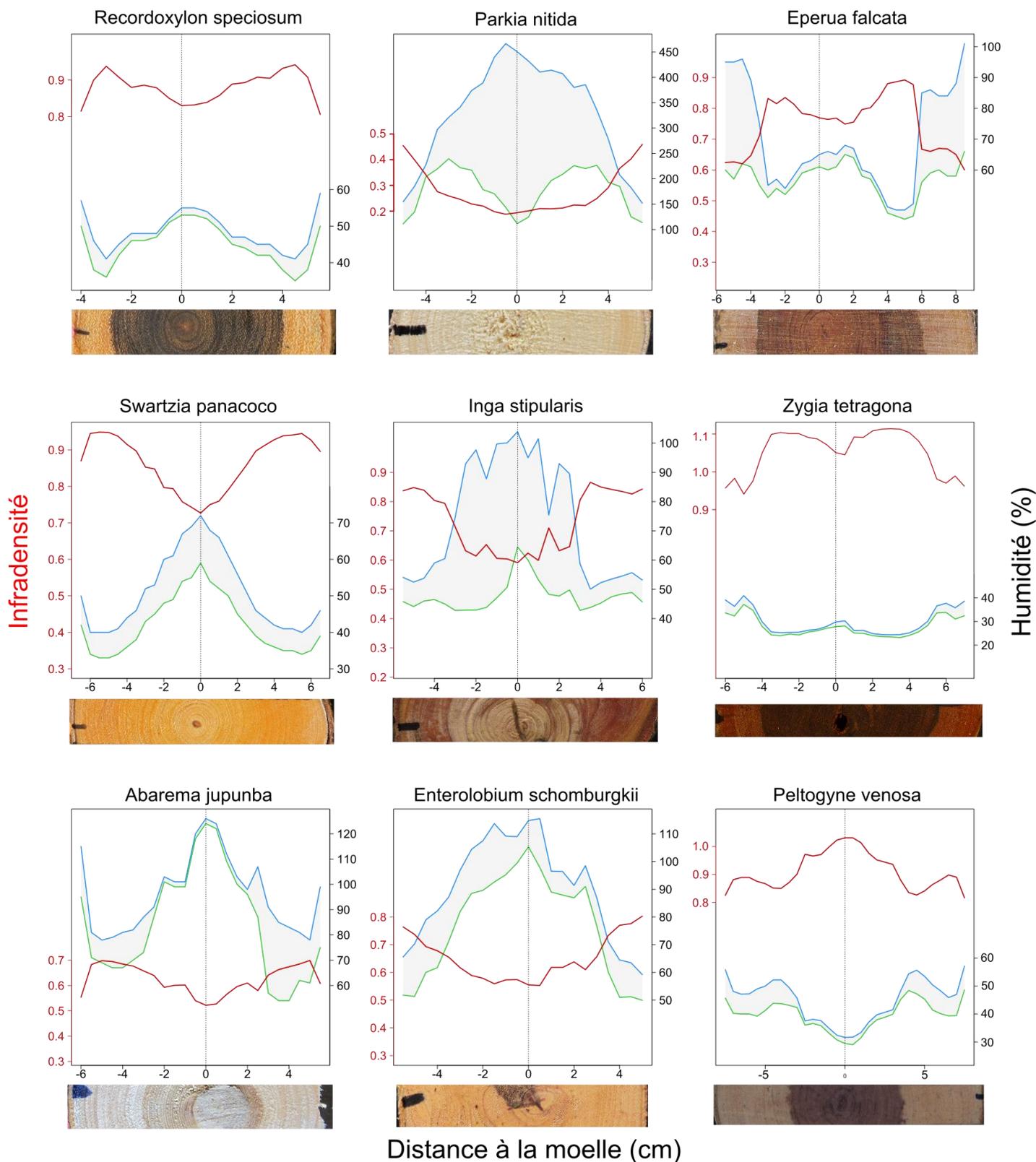


Figure 46 : Vue générale et qualitative des profils radiaux d'ID.

La colonne de gauche présente des exemples du profil 'en V', celle du milieu des exemples du profil 'en U' et celle de droite des exemples du profil 'en bosse'. Chaque profil est présenté en lien avec le diamètre de bois mesuré. L'infradensité (ID) est représentée par la courbe rouge, alors que l'humidité verte et l'humidité saturée du bois sont représentées respectivement par les courbes vertes et bleues. La bande grise séparant les courbes vertes et bleues correspond au volume vide du bois non occupée par l'eau (i.e. occupée par les gaz) à l'état vert. Par soucis de clarté, les échelles sont adaptées à chaque profil.

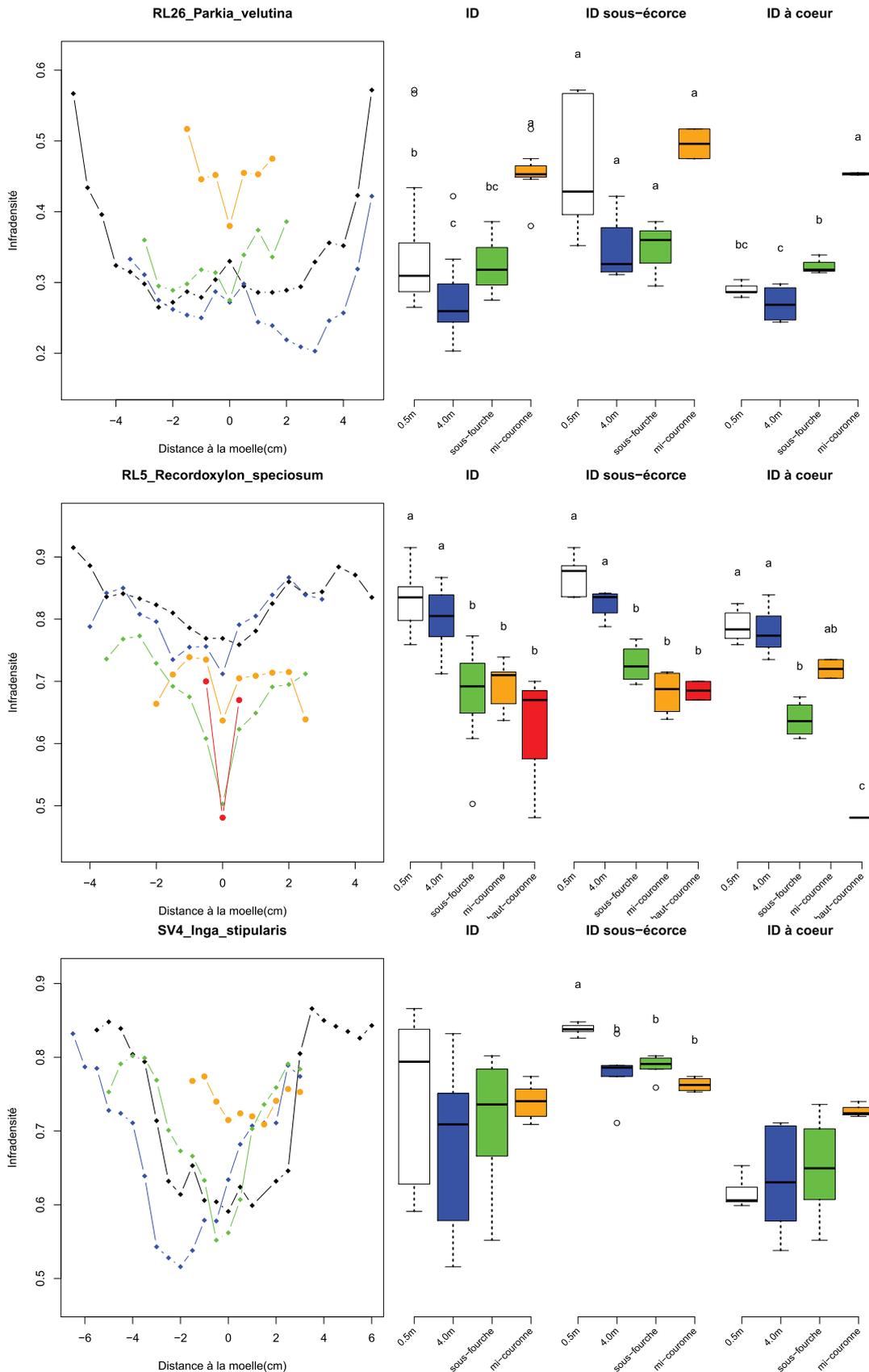


Figure 47 : Les tendances générales de la variation verticale d'ID chez les espèces à duramen clair ou pour lesquelles, la quantité d'extraits est inconnue. Les profils des différentes hauteurs sont présentés sur la gauche (losange, dans le tronc ; rond, dans la couronne). Les groupements issues du test de Tukey sont présentés pour l'ID moyenne (ID), l'ID sous-écorce et l'ID à cœur. Les couleurs des boxplots et des profils correspondent aux différentes hauteurs.

#### f. Tendances générales de la variation verticale d'ID

Concernant les essences ne présentant pas de duramen coloré (ou pas encore duraminisé), on observe 3 tendances de variation verticales d'ID du bas vers le haut. Les essences à bois peu dense, ont généralement une ID moyenne plus forte à la base qui décroît jusqu'à 4m puis ré-augmente dans les parties les plus hautes de l'arbre (e.g. *Parkia velutina*, Figure 47). Ce patron s'observe également pour l'ID à cœur, et est suggéré pour l'ID sous-écorce sans être significative. C'est le cas du genre *Parkia*, de *Tachigali*, *Abarema*, *Enterolobium* et *Dicorynia* (2 arbres) (Annexe 5).

Le cas de *Recordoxylon* (Figure 47) met en évidence un autre patron de variation avec la hauteur. Quelle que soit l'ID considérée (sous-écorce, à cœur ou moyenne), on observe une tendance à la décroissance de l'ID depuis la base du tronc vers la couronne. C'est également le cas de *Swartzia* et d'un arbre chez *Dicorynia* (Annexe 5).

Le troisième type de variation avec la hauteur est exclusif à l'espèce *Inga stipularis* (Figure 47) pour laquelle, on n'observe pas ou très peu de variation d'ID avec la hauteur, quelle que soit l'ID considérée. Le genre *Eperua* présente un type de variation similaire, la seule différence étant due à une chute importante de l'ID depuis la base jusqu'à 4m qui se stabilise ensuite dans les parties plus hautes de l'arbre (Annexe 5).

A la vue des différents types de profils décrits précédemment et au possible investissement important en extractibles chez certaines espèces à duramen coloré (Figure 46), le même type d'analyse a été effectué sur les essences à profils 'en bosse', prenant en compte à la fois l'ID et l'IDc (Figure 48). Cette IDc a pu être calculée à partir de valeur de quantité d'extractibles connues et issues de la bibliographie. Lorsque l'on considère seulement l'ID, les essences à bois très dense (Figure 48), présentent la même décroissance d'ID du bas vers le haut illustrée chez *Recordoxylon*. La prise en compte de l'IDc diminue la densité moyenne de l'arbre, mais réduit également la variation rencontrée dans les différentes hauteurs du tronc car ce dernier contient du duramen. Malgré la correction de l'ID, la décroissance du bas vers le haut est toujours observée. Le même patron s'observe chez *Voucapoua* (Annexe 4).

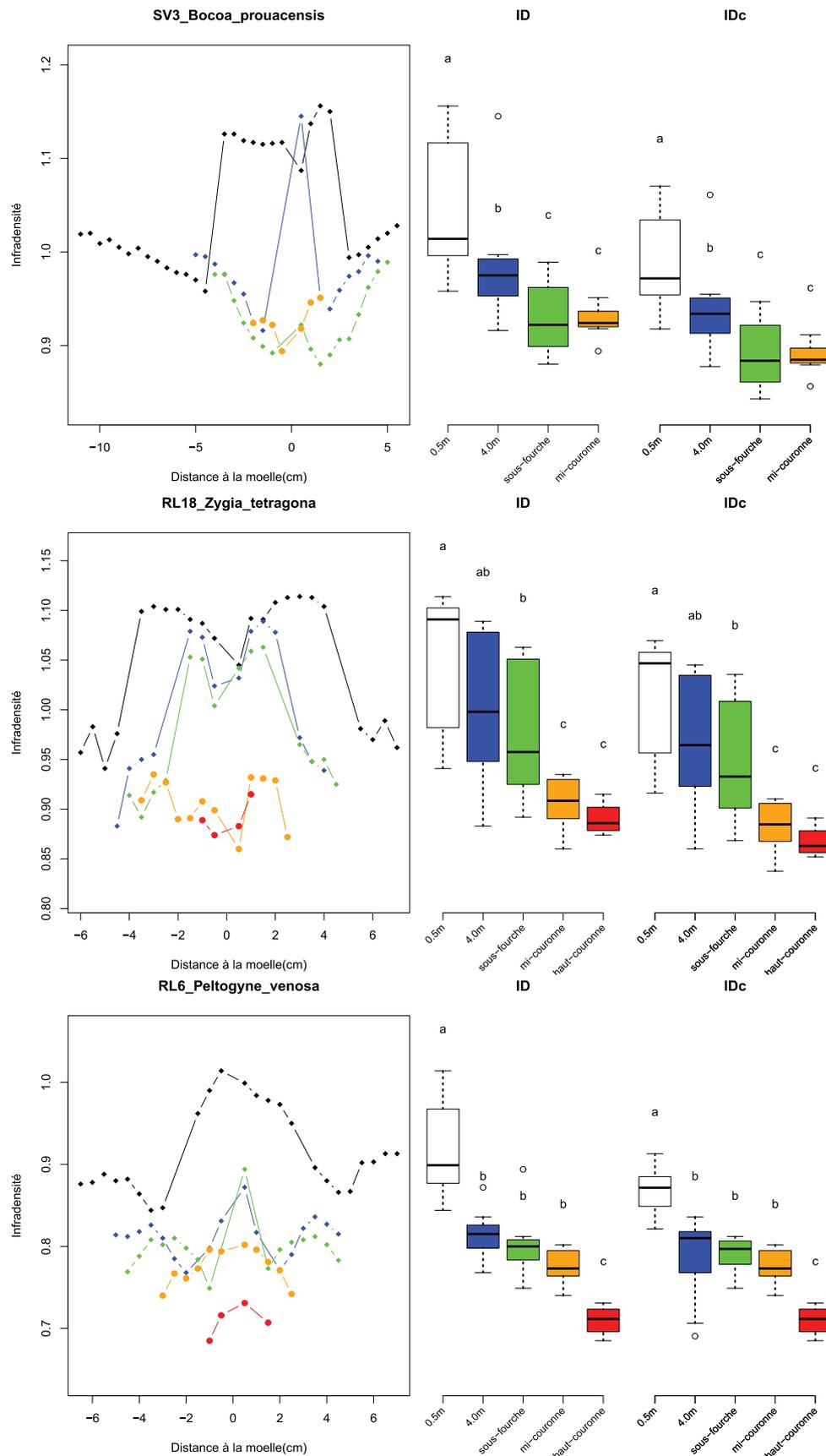


Figure 48 : Les tendances générales de la variation verticale d'ID et de l'IDc chez les espèces avec duramen coloré et pour lesquelles la quantité d'extraits est connue et issue de la bibliographie. Les profils d'ID des différentes hauteurs sont présentés sur la gauche (losange, dans le tronc ; rond plein, dans la couronne). Les groupements issus du test de Tukey sont présentés pour l'ID moyenne (ID), et l'IDc moyenne. Les couleurs des boxplot et des profils correspondent aux différentes hauteurs.

## g. Modélisation des variations radiale d'ID

### Les essences à duramen clair et les essences pour lesquelles, le taux d'extraits est inconnu

Les Figure 49 à 51, ainsi que l'Annexe 6 présentent les résultats des modèles linéaires mixtes ajustés à l'échelle spécifique sur les essences ne présentant pas de duramen coloré ou pour lesquelles, le taux d'extrait n'est pas connu. Les ajustements ont visé à modéliser l'ID mesurée chez ces espèces, prenant en compte l'effet individuel, l'effet de la hauteur et celui du rayon de mesure comme des variables qualitatives à effets aléatoires.

Pour toutes les espèces étudiées, les modèles prenant en compte un effet aléatoire de la hauteur de mesure sur l'intercept ont été sélectionnés, validant les résultats précédents au sujet de l'effet de la hauteur de coupe sur la densité mesurée près de la moelle. Chez *Inga stipularis*, un modèle linéaire complet incluant les effets liés à l'individu, à la hauteur de coupe et au rayon de mesure a été sélectionné (Figure 49, Annexe 6) et suggère que l'augmentation d'ID par unité de distance est identique quelle que soit la position sur le rayon, mais qu'elle va être dépendante du rayon de mesure, ainsi que de la hauteur de coupe et de l'individu considéré.

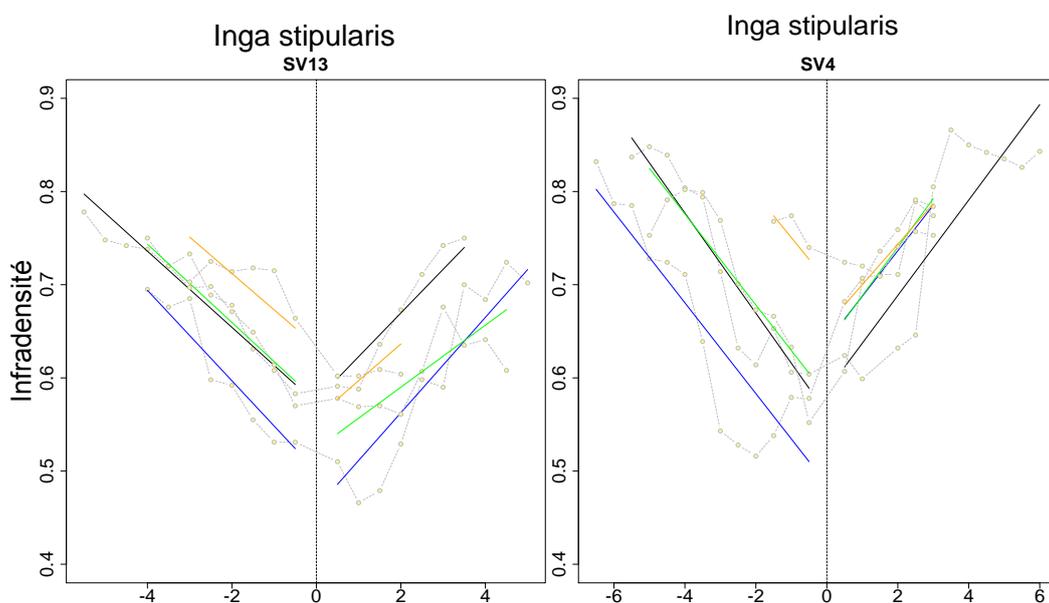


Figure 49 : Accroissement linéaire de l'ID chez *Inga stipularis*.

Les droites de régressions correspondent à l'ajustement du modèle linéaire mixte linéaire complet (Annexe 6) pour les différents rayons et hauteurs de mesures. 50cm, noir ; 4m, bleu ; sous-fourche, vert ; mi-couronne, orange.

Chez tous les représentants du genre *Parkia*, un modèle curvilinéaire convexe sans effet individuel sur l'intercept a été sélectionné, suggérant que l'ID moyenne à cœur ne varie pas en fonction de l'individu. Chez *Parkia velutina* et *P. nitida*, deux modèles très similaires ont été sélectionnés (Annexe 6). Le modèle sélectionné chez *P. pendula* est cependant plus simple puisqu'il n'inclut aucun effet du rayon de mesure sur les coefficients du modèle. Le modèle curvilinéaire convexe suggère que l'ID reste relativement faible jusqu'à une certaine distance de la moelle, puis s'accroît plus rapidement en périphérie de la section. *Enterolobium* suit le même type de profil (Annexe 6). Dans certains cas, on observe tout d'abord une légère décroissance de l'ID près de la moelle et en direction de l'écorce puis une augmentation de l'ID en périphérie (Figure 50, RL17). Il est intéressant de noter que chez le genre *Parkia*, on constate très souvent une inversion du patron de

variation dans les parties hautes de l'arbre, avec une ID plus forte à cœur qui décroît en direction de l'écorce (Figure 50, Annexe 6).

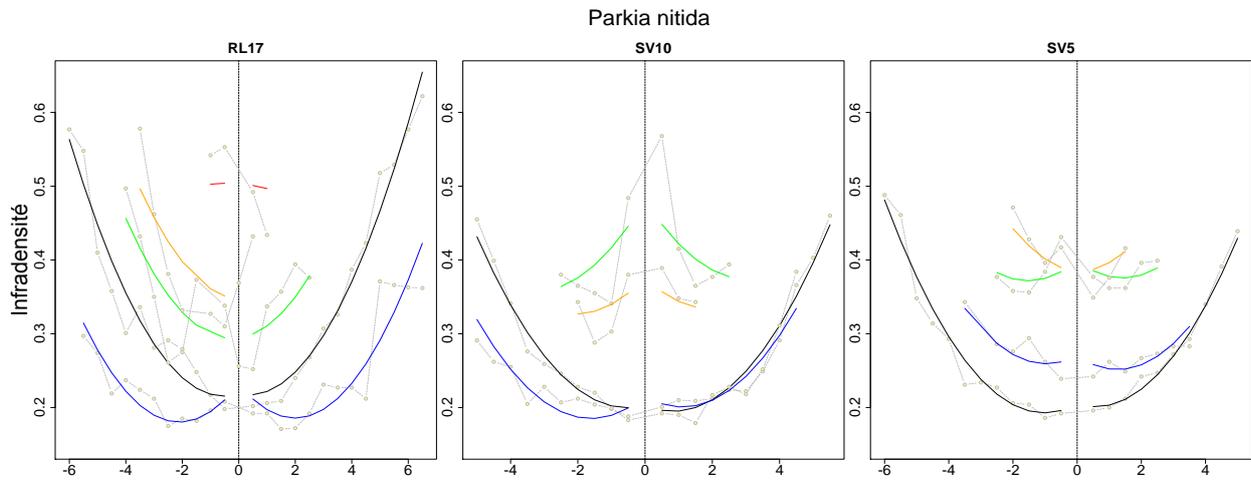


Figure 50 : Accroissement curvilinéaire linéaire convexe de l'ID chez *Parkia nitida*. Les droites de régressions correspondent à l'ajustement du modèle polynomial mp4 (Annexe 6) pour les différents rayons et hauteurs de mesures. Même couleur qu'en (Figure 49).

Chez *Swartzia*, le modèle polynomial concave complet a été sélectionné, incluant un effet aléatoire significatif de la part de l'individu, de la hauteur de coupe et du rayon de mesure sur tous les coefficients du modèle, suggérant un effet de ces 3 niveaux de mesure sur l'ID à cœur et sur l'évolution de l'ID en direction de l'écorce. Le modèle polynomial concave se différencie d'un modèle linéaire simple par le fait que l'augmentation d'ID par unité de distance va être plus forte à proximité du centre de la section que dans sa périphérie, dans laquelle l'ID évolue toujours de manière croissante mais très faiblement par unité de distance, suggérant une quasi-stabilisation de l'ID à une certaine distance du centre de la section. Le même type de modèle a été retenu pour décrire l'évolution de l'ID le long du rayon chez *Recordoxylon* (Annexe 6).

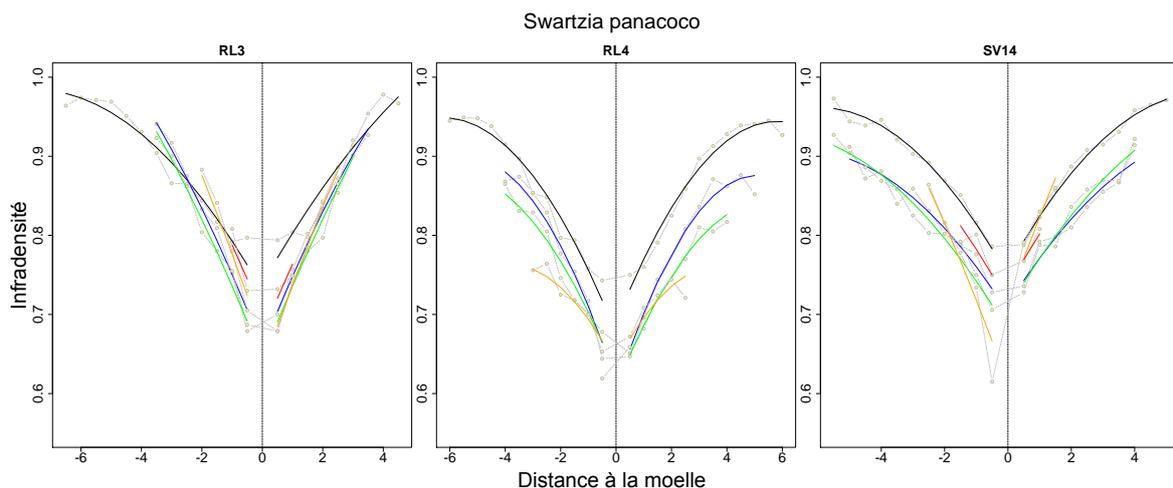


Figure 51 : Accroissement curvilinéaire linéaire concave de l'ID chez *Swartzia panacoco*. Les droites de régressions correspondent à l'ajustement du modèle polynomial complet (Annexe 6) pour les différents rayons et hauteurs de mesures. Mêmes couleurs qu'en Figure 49.

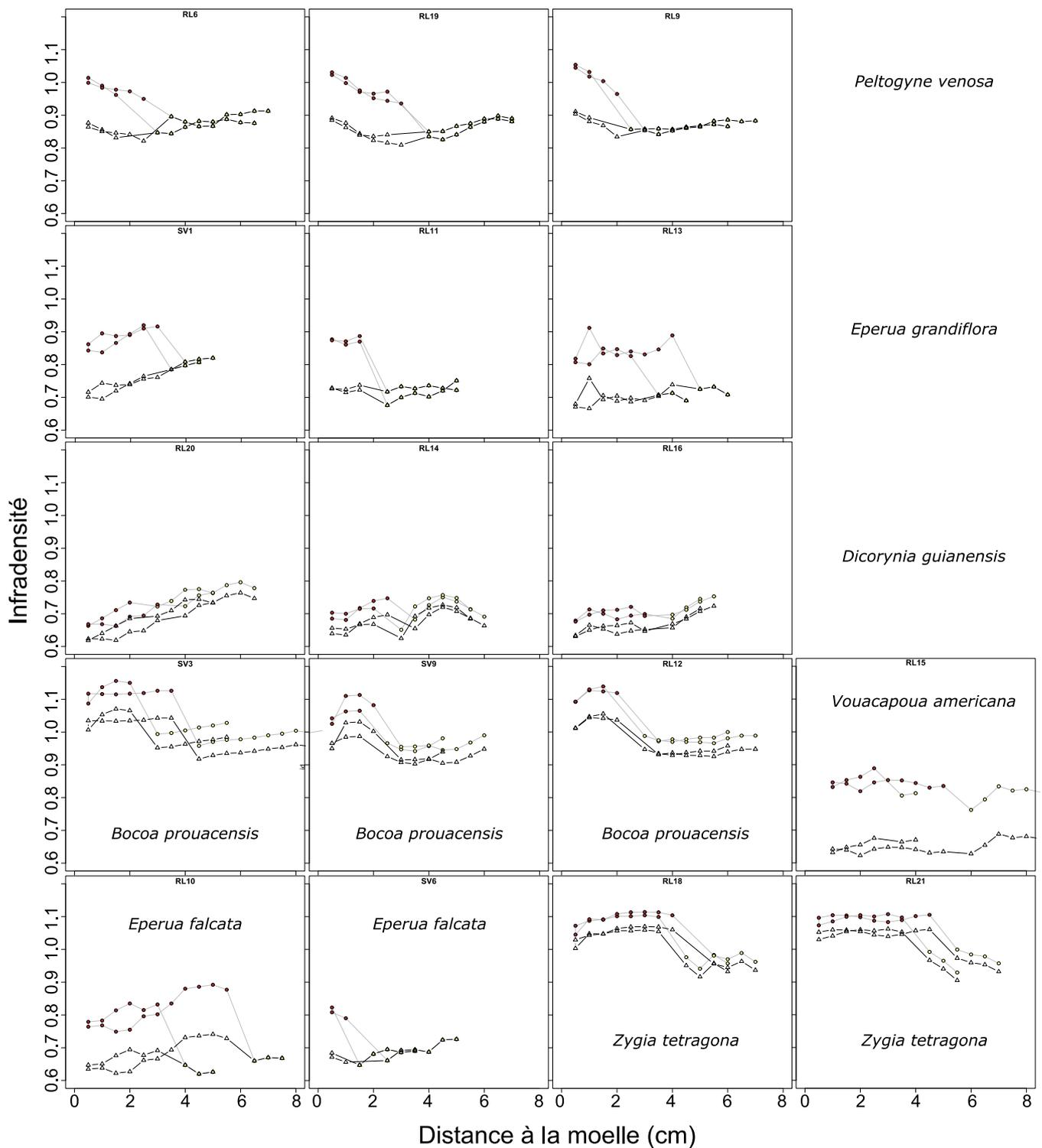


Figure 52 : Comparaison des profils radiaux d'ID mesurée et d'ID corrigée. Les points colorés sont les valeurs d'ID mesurée (marron, duramen ; jaune, aubier). Les triangles correspondent aux mêmes donnée après correction de l'ID par la teneur en extractibles. Pour plus de clarté, les profils sont représentés en position radiale absolues, chaque série de point liés par la même ligne représente le rayon de mesure.

### Comparaison de l'ID et de l'IDc sur le rayon

Avant de modéliser les variations d'ID dans l'arbre chez les essences pour lesquelles les taux d'extraits du bois sont connus, nous avons vérifié la validité de la correction de l'ID en comparant visuellement les séries de données radiales de l'ID et de l'IDc (Figure 52). Dans le cas de *Peltogyne*, *Eperua grandiflora*, *E. falcata* et *Vouacapoua*, la correction de l'ID du duramen conduit à un profil radial stable avec une ID peu ou pas variable de la moelle vers l'écorce. Cependant, chez *Bocoa* et *Zygia*, même après correction, on observe toujours une diminution franche de l'ID au niveau de la transition aubier-duramen. Il paraît peu probable que cette cassure existe sans la présence de duramen. Il est cependant probable que la variabilité inter-individuelle de la teneur en extractibles ou sa sous-estimation dans les bases de données actuelles soient responsable de la présence de cette cassure. L'étude de jeunes individus peu ou pas duraminisés près de la moelle est donc nécessaire.

### Etude du bois non duraminisé près de la moelle chez *Bocoa prouacensis*, *Zygia tetragona* et *Eperua grandiflora*

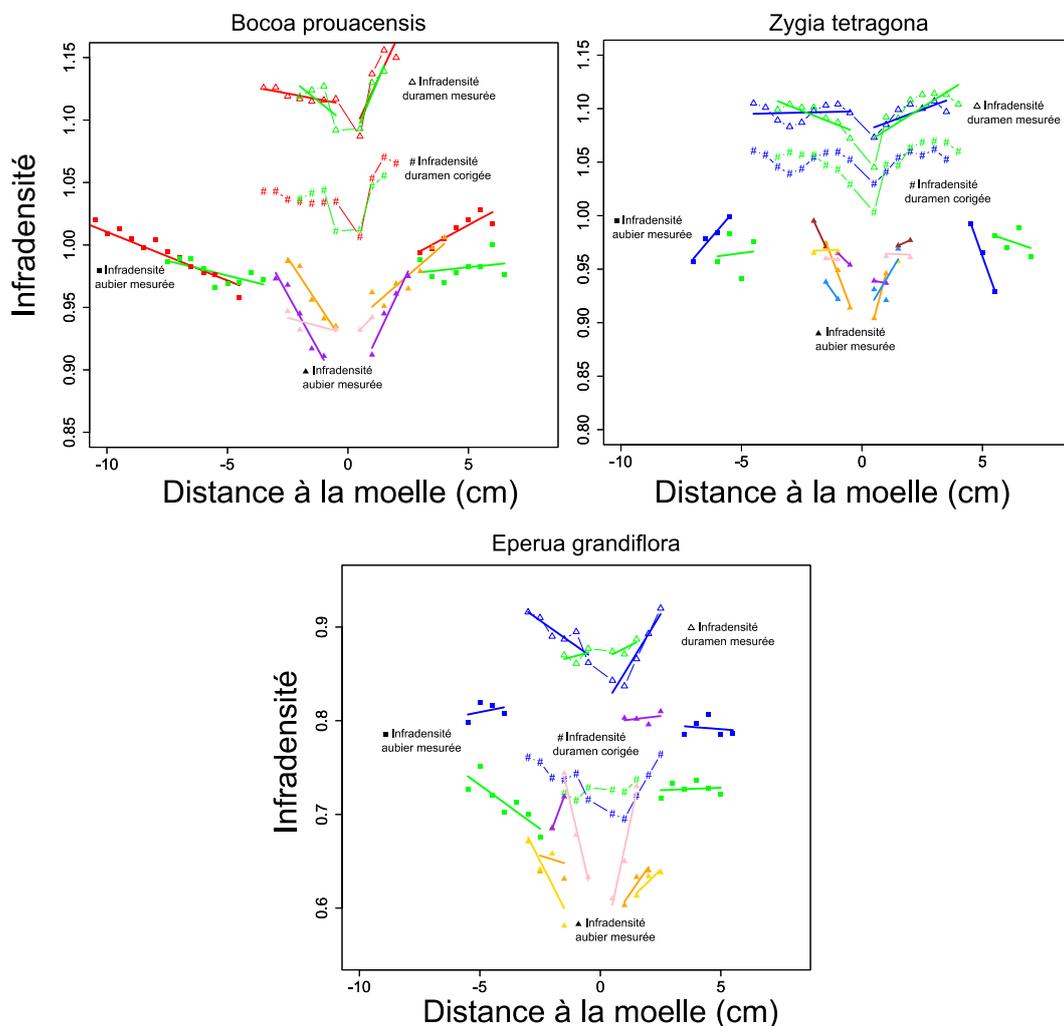


Figure 53 : Positionnement des petits arbres peu ou pas duraminisés chez *Bocoa prouacensis*, *Zygia tetragona* et *Eperua grandiflora*.

Une couleur représente un individu. Les carrés pleins et les triangles vides correspondent respectivement à l'aubier et au duramen mesuré, les dièses correspondent à l'ID corrigée du duramen chez les plus gros arbres. Les triangles pleins correspondent à l'aubier des petits arbres.

L'échantillonnage de petits arbres peu ou pas duraminisés permet la comparaison de l'ID de l'aubier à cœur avec celle de l'aubier en périphérie (Figure 53). Dans le cas de *Bocoa*, l'IDc du duramen à cœur est supérieure à l'ID mesurée de l'aubier à cœur chez de jeunes arbres. Qui plus est, les données d'ID de l'aubier mesurées à proximité de la moelle chez les petits individus se positionnent correctement en rapport à l'aubier mesuré en périphérie chez les plus gros arbres. De simples régressions linéaires (Figure 53), suggèrent que l'ID chez *Bocoa* croît depuis la moelle vers la périphérie. En effet, un modèle polynomial (Figure 54) est adapté pour décrire la variation d'ID en fonction de la distance à la moelle.

Chez *Zygia*, l'IDc du duramen à cœur est supérieure à l'ID mesurée de l'aubier à cœur chez de jeunes arbres (Figure 53). A nouveau, les données d'ID de l'aubier mesurées à proximité de la moelle chez les petits individus se positionnent correctement en rapport à l'aubier mesuré en périphérie chez les plus gros arbres.

De simples régressions linéaires (Figure 53), suggèrent que l'ID chez *Zygia* croît depuis la moelle vers la périphérie atteint une valeur maximale à environ 4 cm de la moelle puis décroît en direction de l'écorce. En effet, un modèle polynomial (Figure 54) est adapté pour décrire la variation d'ID en fonction de la distance à la moelle avec une première phase croissante, puis une seconde phase décroissante.

Chez *Eperua grandiflora*, l'IDc est à nouveau supérieure à celle mesurée chez de jeunes arbres (Figure 53). Cependant, les données d'ID de l'aubier mesuré à proximité de la moelle chez les petits individus se positionnent correctement en rapport à l'aubier mesuré en périphérie chez les plus gros arbres, tout comme les données d'IDc des plus gros arbres. Cependant, la prise en compte des valeurs d'aubier mesurée chez les petits arbres permet de montrer que l'ID chez *Eperua grandiflora* est linéairement croissante depuis la moelle vers l'écorce (Figure 54), alors que l'on peut la considérer relativement stable si l'on conserve l'IDc des valeurs de duramen des gros arbres (Figure 53).

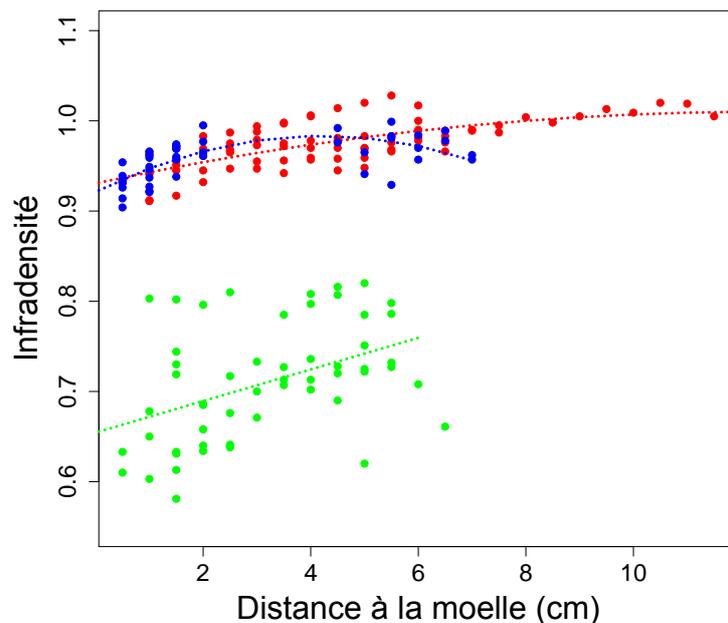


Figure 54 : Variations radiales chez *Bocoa prouacensis*, *Zygia tetragona* et *Eperua grandiflora*.

Le jeu de données est composé uniquement de données d'ID d'aubier provenant des petits et des plus gros arbres. Modèles polynomiaux chez *Bocoa* (rouge) ( $ID = 0.013 * Dist^{-5} * 10^{-3} * Dist^2 + 0.93$ ,

$R^2=0.53$ ) et *Zygia* (bleu) ( $ID = 0.029*Dist - 3*10^{-3}*Dist^2 + 0.92$ ,  $R^2=0.42$ ) et modèle linéaire simple chez *Eperua grandilora* (vert) ( $ID = 0.017*Dist + 0.65$ ,  $R^2 = 0.18$ ).

#### Les essences duraminisées : modélisation de l'infradensité corrigée

La Figure 55 et la table en (Annexe 7) présentent les résultats des modélisations de l'IDc chez *Dicorynia*, *Peltogyne* et *Eperua falcata*.

Chez *Dicorynia*, un modèle polynomial complet a été sélectionné. Néanmoins, les diverses formes des ajustements (Figure 55) confirment la variabilité (présenté dans le chapitre II) du profil chez cette essence. Les individus présentent tous une augmentation de l'IDc du cœur vers l'écorce, mais avec des types de profil différents (i.e. linéaire, curviligne concave ou convexe). Pour les sections prélevées à 4 m, le profil n'est pas monotone, on observe une légère diminution puis une augmentation de l'IDc en direction de l'écorce.

A la différence de *Dicorynia*, chez *Peltogyne* un modèle polynomial plus simple, n'incluant pas d'effet individuel et d'effet du rayon sur l'intercept a été sélectionné. Le profil à la base n'est pas monotone, avec une IDc qui diminue, puis ré-augmente le long du rayon, alors qu'à 4m, il est clairement croissant et monotone. Comme chez le genre *Parkia*, on dénote une inversion du profil d'ID dans la couronne, avec une IDc plus forte à cœur qu'en périphérie. Néanmoins, à la différence du genre *Parkia*, l'ID de la couronne est clairement plus faible que celle du tronc.

Chez *Eperua falcata* (Figure 55), le même modèle que chez *Peltogyne* a été sélectionné, mais dans sa forme linéaire. Chez deux individus, le profil est croissant depuis la moelle vers l'extérieur avec une ID plus forte à la base de l'arbre. Un autre arbre montre un profil décroissant du cœur vers l'écorce excepté sur un rayon de la rondelle prélevée à la base.

Pour les espèces représentées par un seul individu, nous avons ajusté les mêmes types de modèles n'incluant pas d'effets individuels (Annexe 7). L'évolution de l'IDc sur le rayon est bien décrite par un modèle linéaire sans effet du rayon de mesure sur l'intercept chez *Vouacapoua* (Annexe 7). Chez cette espèce l'augmentation de l'IDc sur le rayon est assez faible pour les rondelles prélevées en bas du tronc, alors qu'elle est beaucoup plus forte dans les parties plus hautes de l'arbre malgré une IDc plus faible (Annexe 7).

Chez *Enterolobium*, un modèle polynomial sans effet du rayon sur l'intercept, et sans effet du rayon et de la hauteur de coupe sur le terme au carré décrit au mieux l'ID sur le rayon. Malgré une ID plus faible à 4m, les profils d'ID à la base du tronc sont très similaires. Néanmoins sous la fourche, le profil semble non-monotone. A ce niveau, la densité décroît, puis augmente en direction de la périphérie malgré une variation d'ID très faible.

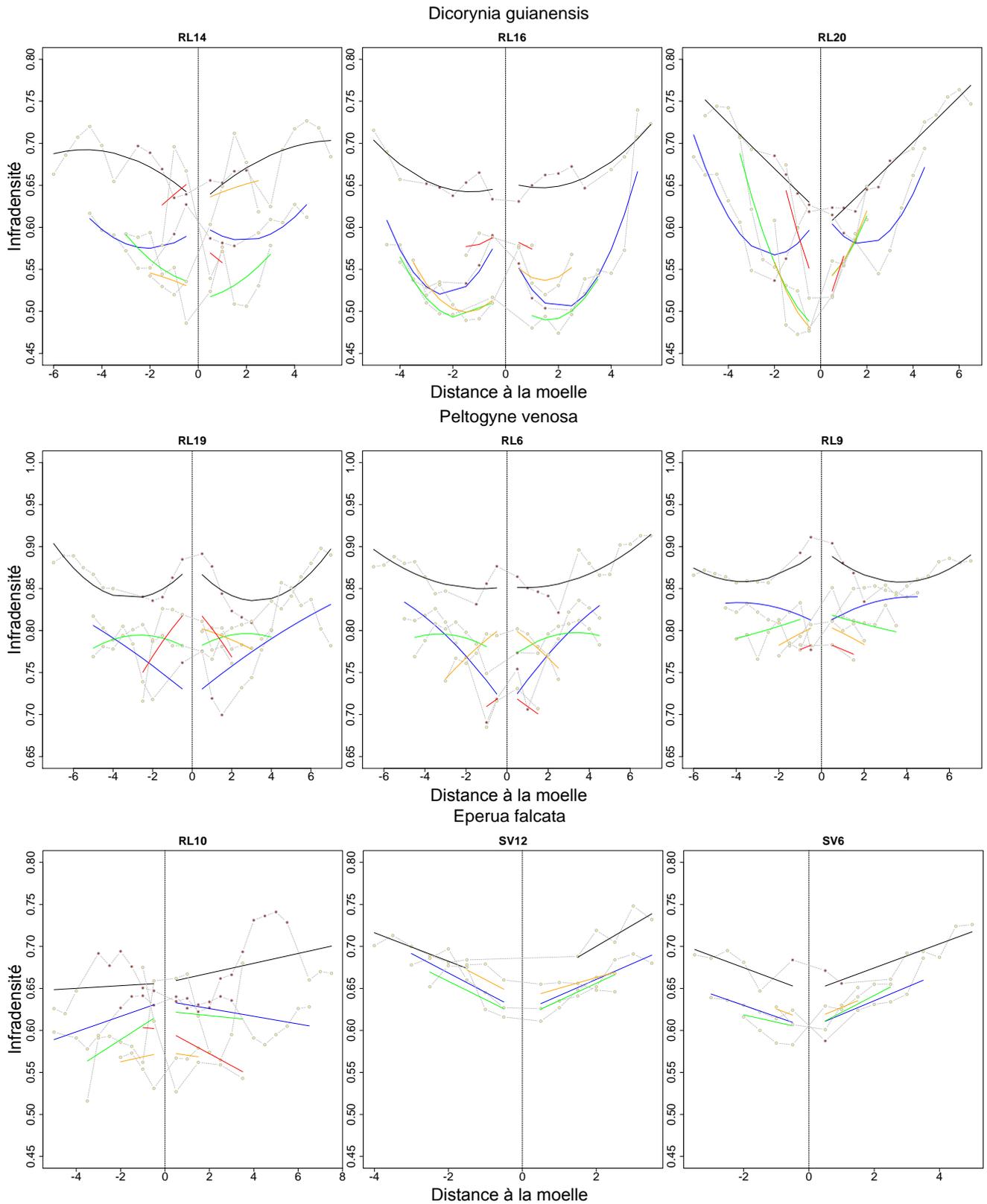


Figure 55 : Modélisation de l'IDc chez *Dicorynia guianensis*, *Peltogyne venosa* et *Eperua falcata*.  
 Les droites de régressions correspondent respectivement aux ajustements du modèle polynomial complet, du mp4 et du mp2 (Annexe 7) pour les différents rayons et hauteurs de mesures. 50cm, noir ; 4m, bleu ; sous-fourche, vert, mi-couronne, orange ; rouge, haut-couronne.

### Partitionnement de la variance intra- spécifique

L'établissement d'un modèle sans effet fixe a permis de partitionner la variance en fonction des différents niveaux de mesure par espèce (Figure 56). Pour les espèces représentées par un seul individu, la variance a été partitionnée à l'échelle individuelle.

D'un point de vue général, la variation attribuée à l'individu est négligeable (très proche de 0%) excepté chez *Inga* où elle atteint 26%. La hauteur est généralement un facteur expliquant une grande part de la variation rencontrée à l'échelle spécifique (30 à 60 %), malgré une part très faible attribuée à la hauteur chez *Inga*. A l'autre extrême, 78% de la variation sont expliqués par la hauteur chez *Tachigali*. La part de variation expliquée par le rayon de mesure est généralement négligeable, excepté chez *Tachigali*, *Inga* et *Dicorynia* chez qui, elle représente respectivement 5.3, 4.9 et 7.3 %. La variation expliquée à l'intérieur du rayon de mesures est également très importante, de 16.3% chez *Tachigali* à 65% chez *Inga stipularis*. Chez toutes les espèces échantillonnées, la variation liée à la hauteur et à l'intérieur du rayon permet d'expliquer au minimum 70% de la variation de l'ID à l'échelle spécifique.

Le partitionnement de la variance chez les essences représentées par un seul individu fournit des résultats similaires aux précédents avec 34 à 57% de la variation expliquée par la hauteur et de 42 à 65% expliquée par la variation intra-rayon.

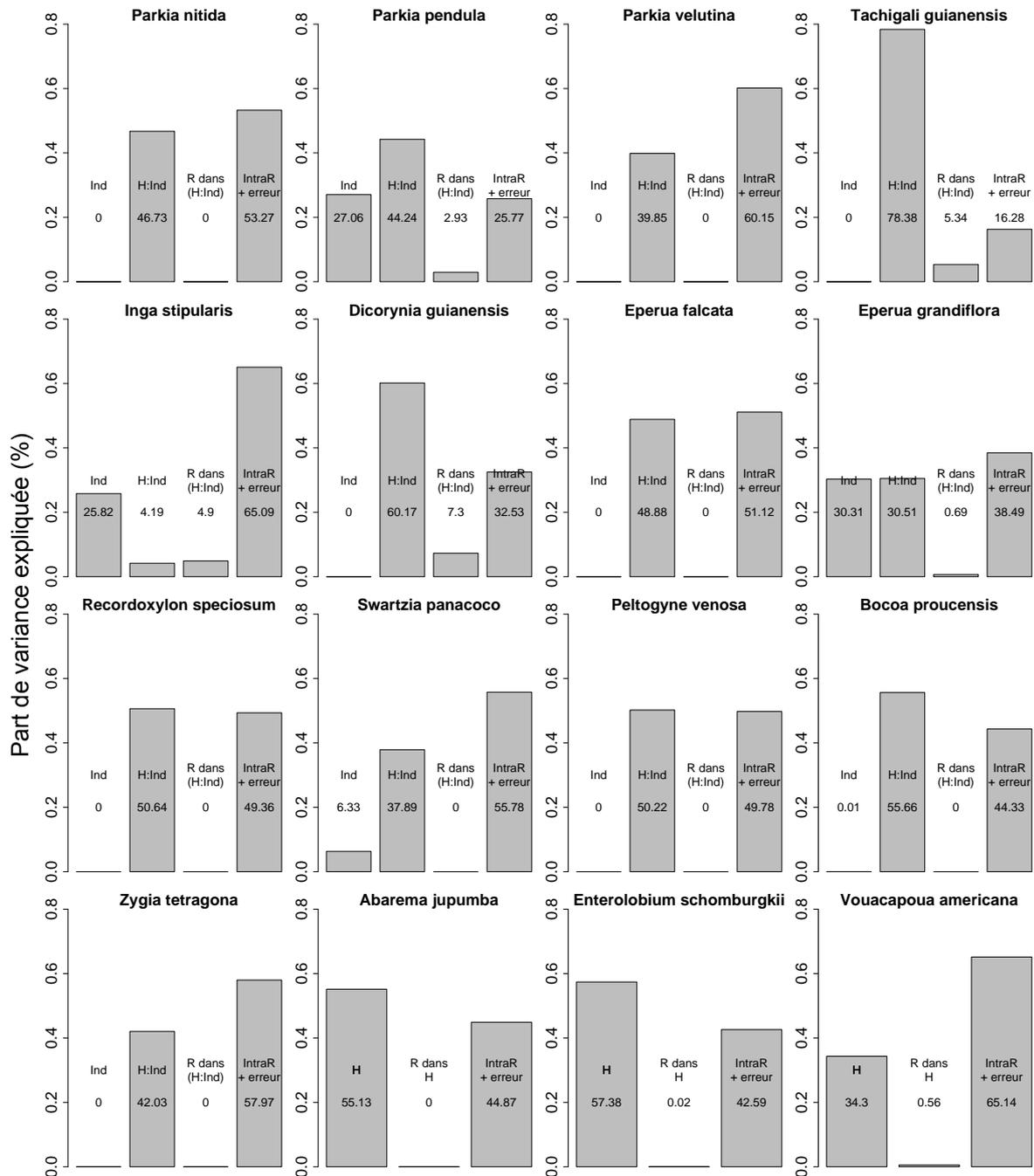


Figure 56 : Partitionnement de la variance de l'ID chez les espèces échantillonnées.

Les proportions de variance expliquée par chaque facteur (Ind, individu ; H : Ind, hauteur dans individu ; R dans (H :Ind), rayon dans hauteur ; IntraR+ erreur, Intra-rayon + erreur de mesure) sont mentionnées. Lorsqu'il n'y a qu'un seul arbre échantillonné par espèce, le facteur 'Individu' a été supprimé.

#### h. Partitionnement de la variance inter spécifique

Lorsque la variance est partitionnée à l'échelle interspécifique, l'espèce explique 84% de la variation de l'ID. La part de variation attribuée à l'individu et au rayon de mesure est quasi nulle (~0%), tandis que la variation attribuée à la hauteur ou le long du rayon représente environ 8% chacun (Figure 57).

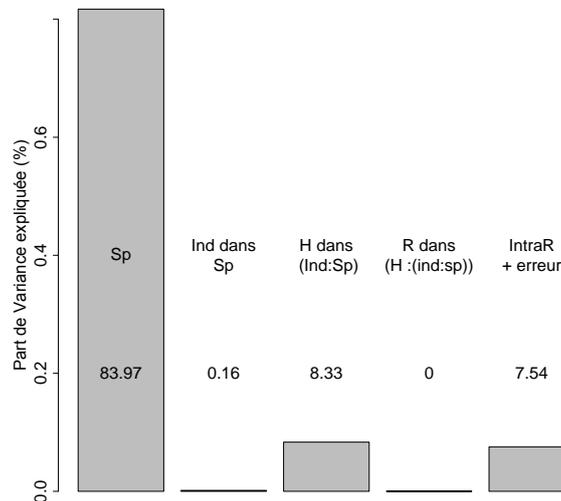


Figure 57 : Partitionnement de la variance de l'ID à l'échelle interspécifique. Les espèces représentées par un seul individu n'ont pas été incluses.

## 2. Variations d'ID et répartition sur le gradient héliophile-sciaphile

### a. Lien entre combinaisons de variations radiales-verticales et degré d'héliophilie

Les essences les plus héliophiles présentent une augmentation radiale et verticale de l'ID (on notera la position d'outlier d'*Inga stipularis*), alors que les essences les plus sciaphiles ne présentent pas de variation sur le rayon, mais une diminution avec la hauteur. Les essences présentant à la fois une augmentation sur le rayon et une diminution avec la hauteur occupent une position intermédiaire (Figure 58).

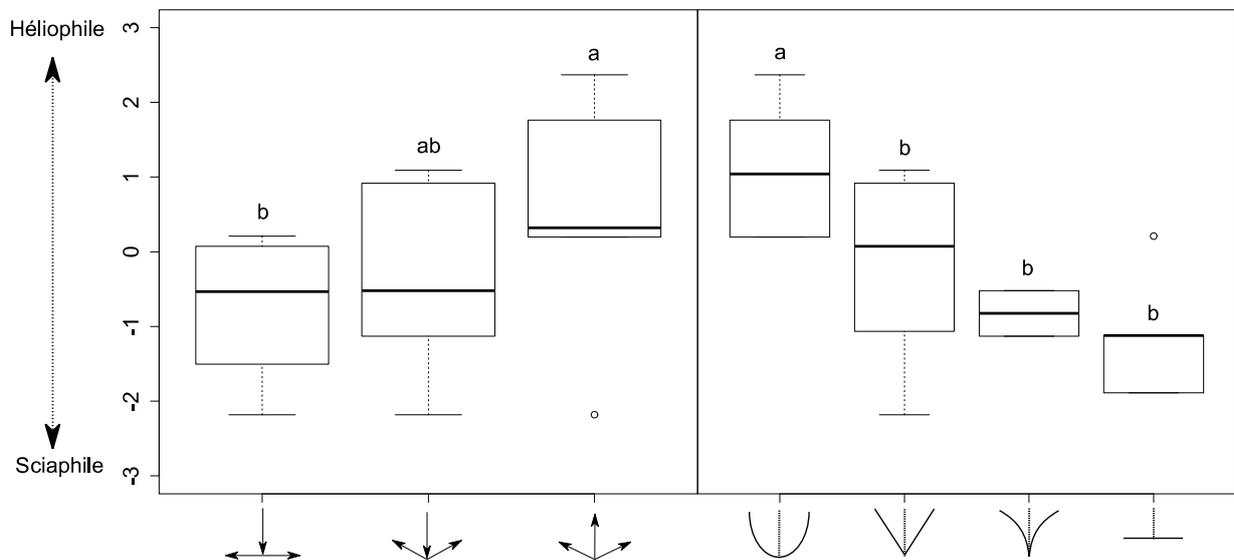


Figure 58 : Lien entre combinaisons de variations d'ID/type de profil et degré d'héliophilie. (Test de Kruskal-Wallis  $\chi^2 = 7.44$ , ddl = 2, p-v = 0.02 et  $\chi^2 = 13.98$ , ddl = 3, p-v = 0.002).

### b. Lien entre profil de variations radiales et degré d'héliophilie :

Les essences à profil en 'U' sont significativement plus 'héliophiles' que les autres essences. Les essences présentant d'autres types de profils n'occupent pas de places significativement différentes entre elles. Malgré cela, on observe une tendance à la sciaphilie de plus en plus prononcée des profils en 'V' jusqu'au profil plat en passant par le profil en 'V incurvé' (Figure 58).

### 3. Variation intra- et inter-spécifique du module spécifique ( $E/\rho$ )

Les espèces échantillonnées couvrent une large gamme de module spécifique ( $E/\rho$ ) (7.14 à 35.1 GPa, moyenne 21.5 GPa) (Figure 59). *Inga* et *Bocoa* sont les essences qui présentent le bois à la plus forte rigidité spécifique avec pour moyennes respectives 27.2 et 26.9 GPa, alors que le bois de *Parkia pendula* présente les valeurs les plus faibles avec pour moyenne 11.9 GPa. Néanmoins  $E/\rho$  est variable au sein de la position sur le rayon de bois. Chez de nombreuses essences,  $E/\rho$  dans les 2 cm les plus proches de la moelle est significativement plus faible que dans la zone périphérique (e.g. *Inga*, *Bocoa*, *Eperua*, *Swartzia*, *Dicorynia*, *Parkia*). *Enterolobium* et *Abarema* sont les seules essences à présenter le patron inverse, avec  $E/\rho$  significativement plus fort à cœur. Chez d'autres essences telles que *Vouacapoua*, *Zygia* et *Recordoxylon*, on ne détecte aucune différence significative. Il est intéressant de noter aussi que *Parkia pendula* qui a un développement plagiotrope (modèle de Troll) a aussi un module spécifique significativement inférieur à celui de *P. velutina* qui a un mode de développement orthotrope (modèle de Rauh). De la même manière, *Eperua falcata* qui a un développement plagiotrope (modèle de Troll), a aussi un module spécifique significativement inférieur à celui d'*E. grandiflora* qui a un développement architectural plus érigé.

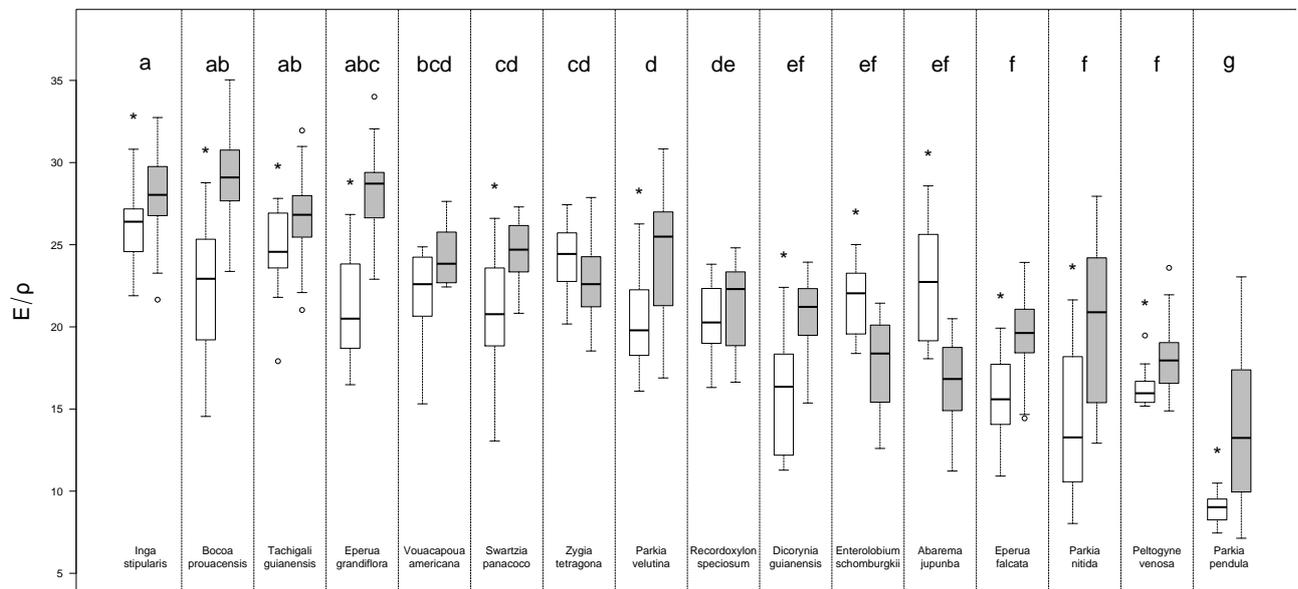


Figure 59 : Variation du module d'élasticité spécifique ( $E/\rho$ ) en fonction de l'espèce et de la position radiale.

Les lettres représentent les groupements établis à la suite d'un test de Kruskal-Wallis significatif (ref) sans prises en compte de la position dans la tige. Les étoiles correspondent à des différences significatives entre le bois du centre (blanc) et celui de la périphérie (gris).

### 4. Variation du module d'élasticité spécifique ( $E/\rho$ ) le long du rayon

La forme de la relation entre  $E/\rho$  et la position radiale varie en fonction de l'espèce considérée (Figure 60). Chez *Bocoa* et *Swartzia*, la relation est bien décrite par un modèle hyperbolique présentant une première phase d'augmentation forte d' $E/\rho$  dans les premiers centimètres après la moelle suivie par une phase de stabilisation. Chez *Dicorynia*, *Recordoxylon*, *Inga* et le genre *Eperua*, un modèle hyperbolique ajuste également bien les données. Cependant chez ces espèces, la phase d'augmentation d' $E/\rho$  est effective sur une plus grande distance par rapport à la moelle. Chez *Vouacapoua*, *Peltogyne*, *Parkia velutina* et un individu de l'espèce *Parkia nitida*, la relation est mieux décrite par une droite, suggérant une augmentation de  $E/\rho$  proportionnelle à la distance à la

moelle. Néanmoins chez *Voucapoua*, l'ajustement d'une régression locale suggère une augmentation rapide d' $E/\rho$  dans les premiers centimètres après la moelle plutôt qu'une augmentation proportionnelle à la distance, ce qui rapproche finalement le profil de cette espèce à celui de *Recordoxylon*. Chez *Zygia*, *Enterlobium* et *Abarema*, une droite décroissante ajuste au mieux les données. Cependant chez les deux dernières espèces citées, la régression locale suggère une première phase brève d'augmentation d' $E/\rho$  puis une diminution.

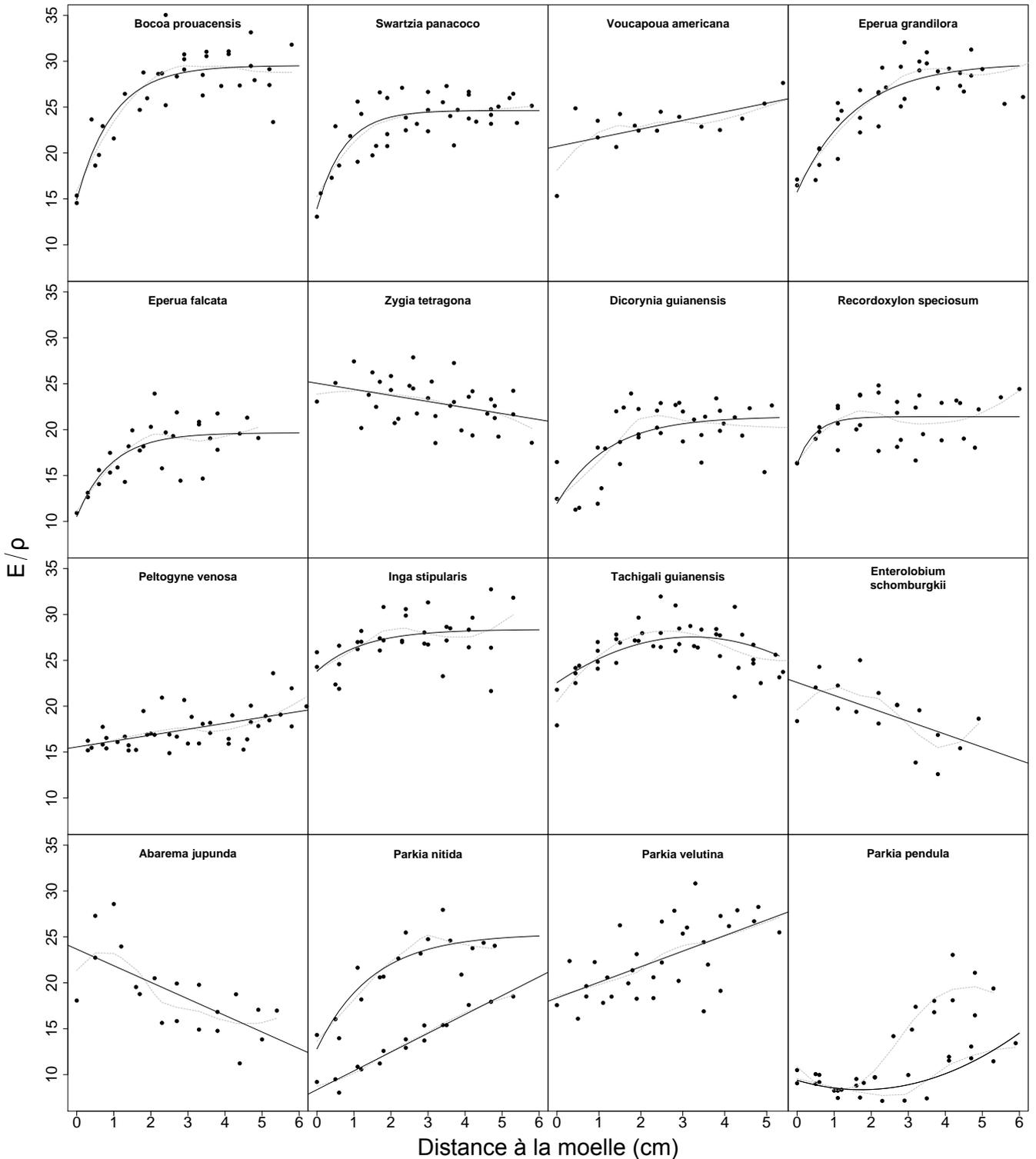


Figure 60 : Variation radiale du module d'élasticité spécifique ( $E/\rho$ ) à l'échelle spécifique. Les droites et courbes de régression représentent les meilleurs ajustements. Des modèles linéaires, polynomiaux et hyperboliques ont été testés. Les courbes grises en pointillés sont issues de régressions

locales et permettent de visualiser les variations non prises en compte par les régressions classiques. Lorsque les différents individus de la même espèce présentait des profils distincts, ces derniers ont été ajustés séparément.

### 5. Lien entre module d'élasticité spécifique ( $E/\rho$ ) et héliophilie

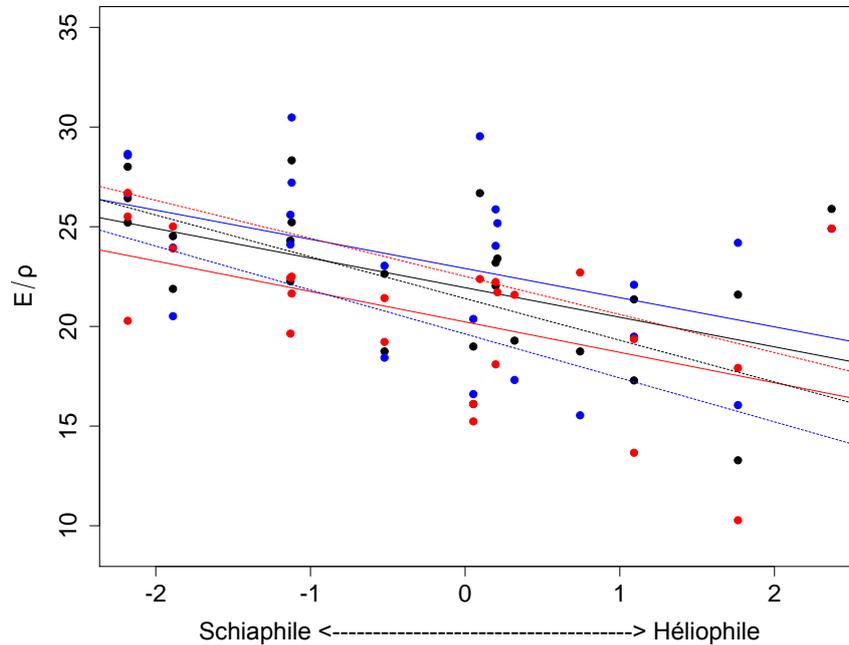


Figure 61 : Régressions linéaires entre les variables liées à ( $E/\rho$ ) et le degré d'héliophilie. Moyenne du module spécifique ( $\mu E/\rho$ ) en noir, moyenne du module spécifique en périphérie ( $\mu E/\rho_{New}$ ) en bleu et moyenne du module à cœur  $\mu E/\rho_{Old}$  en rouge. Les mêmes régressions n'incluant pas *Inga stipularis* sont représentées par les tirets. Voir Table 17.

On observe une relation négative entre le degré d'héliophilie et  $\mu E/\rho$ ,  $\mu E/\rho_{New}$ ,  $\mu E/\rho_{Old}$  (Figure 61, Table 17). Les pentes des 3 régressions sont similaires, mais différent par leur intercepts. Le gradient radial de  $E/\rho$  ( $(\mu E/\rho_{New})/(\mu E/\rho_{Old})$ ) n'est cependant pas expliqué par le degré d'héliophilie (Table 17).

Etant donnée la position originale d'*Inga stipularis*, les régressions ont également été conduites sans cette espèce et sont meilleures. Avec ou sans *Inga stipularis*, le degré d'héliophilie explique mieux  $\mu E/\rho$  et  $\mu E/\rho_{Old}$  (Table 17) que  $\mu E/\rho_{New}$ , suggérant que plus une espèce tend vers l'héliophilie, plus les variables liées à  $E/\rho$  sont faibles, avec cependant un effet moindre sur  $\mu E/\rho_{New}$  et  $\mu E/\rho_{Old}$ .

Table 17 : Modèles linéaires prédisant les variables liées à  $E/\rho$  en fonction du degré d'héliophilie avec et sans *Inga stipularis*.

$\mu E/\rho$ ,  $\mu E/\rho_{New}$ ,  $\mu E/\rho_{Old}$ , module d'élasticité spécifique moyen de la section, en périphérie et à cœur respectivement ;  $(\mu E/\rho_{New})/(\mu E/\rho_{Old})$ , ratio des module moyen en périphérie et à cœur  
Inter. Intercept ; p-v., p-value ; Sig., Significativité ('\*\*\*'  $P \leq 0,001$ , '\*\*'  $P \leq 0,01$ , '\*'  $P \leq 0,05$ , ' ' ,  $P > 0,05$ ).

Var prédite	Avec <i>Inga stipularis</i>					Sans <i>Inga stipularis</i>				
	Inter	Pente	R <sup>2</sup>	p-v.	Sig	Inter	Pente	R <sup>2</sup>	p-v.	Sig
$\mu E/\rho$	21,94	-1,48	0,26	<0,05	*	21,40	-2,09	0,45	<0,001	***
$\mu E/\rho_{New}$	22,91	-1,46	0,20	<0,05	*	22,51	-1,91	0,28	<0,01	**
$\mu E/\rho_{Old}$	20,23	-1,53	0,27	<0,01	**	19,62	-2,20	0,49	<0,001	***
$(\mu E/\rho_{New})/(\mu E/\rho_{Old})$	1,16	0,03	0,03	0,44		1,17	0,05	0,07	0,24	

Les différentes essences se sont vues attribuées un type de profil de  $E/\rho$  (variable qualitative à 3 états : croissant, décroissant et asymptotique) en fonction des régressions de la Figure 60. Néanmoins, il existe aucune relation entre le type de profil de  $E/\rho$  et le degré d'héliophilie (Test de Kruskal-Wallis  $\chi = 4.09$ , ddl = 2, p-v = 0.1296).

## 6. Durabilité

### a. Test des effets liés au bac

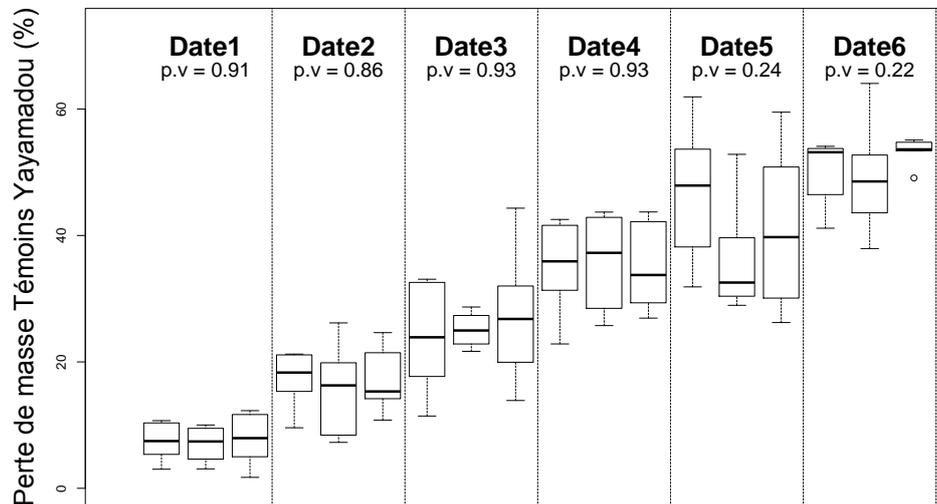


Figure 62 : Test de potentiels effets liés au bac de mesure sur la perte de masse des éprouvettes témoins.

Le graphique présente les résultats d'un test de Kruskal-Wallis entre les 3 bacs de réplifications utilisés par date de récolte.

Aucun effet lié au bac de mesure n'a été détecté par l'analyse de la dégradation des éprouvettes témoins (Figure 62). Ainsi la mesure de la dégradation des éprouvettes testées est considérée sans biais liés au bac.

### b. Variabilité de la durabilité naturelle en fonction de l'espèce et du type de bois

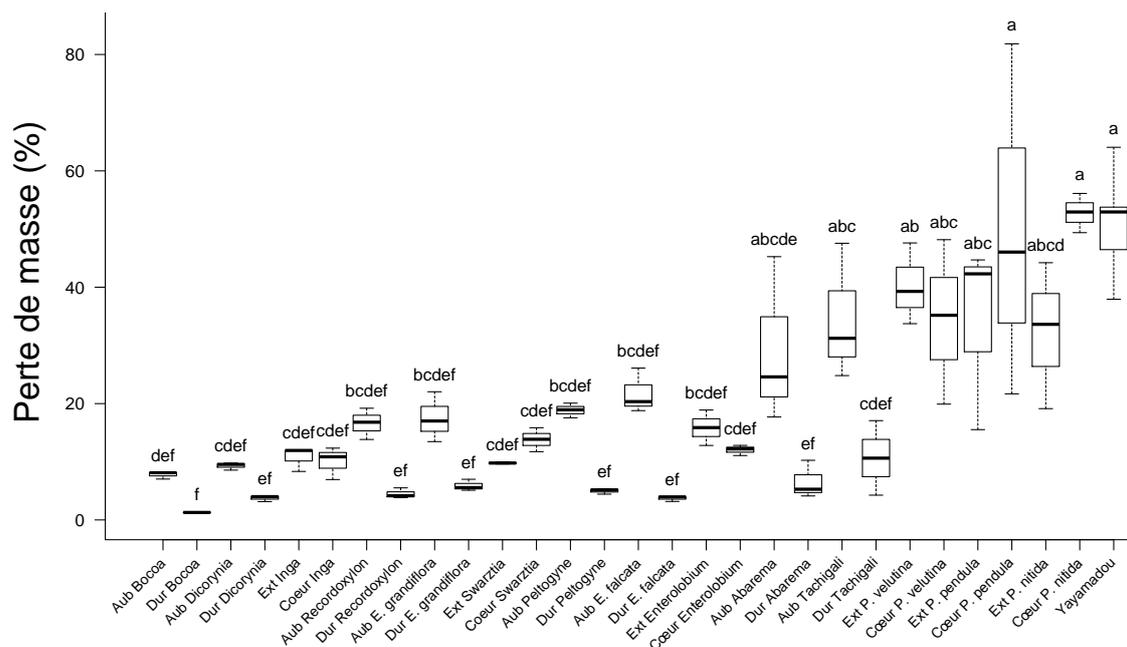


Figure 63 : Perte de masse après 6 mois de dégradation.

Les groupements sont issues d'un teste de Tukey. Aub : aubier, Dur : duramen, Ext : aubier des bois clairs, Cœur : duramen des bois clairs.

Les mesures de perte de masse présentent une grande variabilité en fonction de l'espèce et du type de bois. La perte de masse varie de 1.3% en moyenne, chez le duramen de *Bocoa*, à 52.8% dans le duramen de *Parkia nitida*. Les éprouvettes témoins de Yayamadou présentent une perte de masse moyenne de 50.8%. Les essences présentant un duramen coloré ont un aubier moins durable que le duramen (*Bocoa*, *Dicorynia*, *Eperua*, etc ...) (Figure 63 et Table 18). Au sein de ces essences on dénote cependant de fortes différences de perte de masse entre l'aubier et le duramen, avec plus de 20% d'écart chez *Tachigali* et *Abarema*, entre 10 et 20% d'écart chez *Eperua*, *Peltogyne*, *Recordoxylon*, et entre 5 et 10% chez *Bocoa*, *Vouacapoua* et *Dicorynia*. Chez les essences ne présentant pas de duramen coloré, l'aubier est légèrement moins durable chez *Parkia velutina* et *Enterolobium schomburgkii* avec respectivement 5.8 et 3.8% d'écarts. Chez *Inga*, l'aubier et le duramen présentent la même perte de masse (environ 10%). *Swartzia*, *Parkia nitida* et *P. pendula*, sont les seules essences à présenter un duramen moins durable que l'aubier (Table 18). Néanmoins, *Swartzia* et *Enterolobium* sont connues pour présenter un duramen coloré, mais absent dans notre échantillonnage en raison de la petite taille des arbres. Les duramens de ces deux essences présentent des pertes de masse respectives de 1.7 et 4.7% d'après la base de données du Cirad, qui sont plus faibles que celles de l'aubier de 8.1 et 11.1 % respectivement. Il n'y a pas de données existantes au sujet du duramen de *Zygia*, mais son aubier présente une perte de masse de 6% (Base de données du Cirad). L'étude de la cinétique de la dégradation des bois de chaque type et de chaque espèce est également disponible en (Annexe II).

Table 18 : Perte de masse moyenne de l'aubier et du duramen et différences de perte de masse entre ces deux tissus.

Les espèces sont ordonnées par différence de perte de masse décroissante. (\*) : données issues de la base de données du Cirad.

Taxon	Perte de masse moyenne de l'Aubier	Perte de masse moyenne du Duramen	Différence de perte de masse moyenne entre Aubier et Duramen	Duramen coloré
<i>Tachigali guianensis</i>	34,53	10,65	23,88	*
<i>Abarema jupunba</i>	29,18	6,56	22,63	*
<i>Eperua falcata</i>	21,75	3,71	18,03	*
<i>Peltogyne venosa</i>	18,86	4,99	13,87	*
<i>Recordoxylon speciosum</i>	16,61	4,50	12,11	*
<i>Eperua grandiflora</i>	17,50	5,89	11,61	*
<i>Vouacapoua americana</i>	16,60*	5,60*	9,0	*
<i>Bocoa prouacensis</i>	7,78	1,32	6,46	*
<i>Parkia velutina</i>	40,21	34,42	5,79	
<i>Dicorynia guianensis</i>	9,30	3,77	5,53	*
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	15,86	12,03 (4,74*)	3,83 (11,12*)	(*)
<i>Inga stipularis</i>	10,77	10,04	0,73	
<i>Swartzia panacoco</i>	9,79	13,82 (1,68*)	-4,02 (8,1*)	(*)
<i>Parkia pendula</i>	34,17	49,84	-15,67	
<i>Parkia nitida</i>	32,32	52,81	-20,49	
<i>Virola surinamensis</i> (Yaya)	50,77	-	-	
<i>Zygia tetragona</i>	5,99*			*

## 7. Corrélation entre les traits étudiés

La Table 19 présente la corrélation entre les traits étudiés. Le degré d'héliophilie est très corrélé aux variables mettant en jeu l'infradensité et l'élasticité. Plus l'arbre sera héliophile, plus son infradensité (ID) et son module d'élasticité spécifique ( $E/\rho$ ) seront faibles. La variation d' $E/\rho$  n'est pas corrélée à l'héliophilie, alors que cette dernière est bien corrélée à la variation d'ID. La perte de masse de l'aubier est également positivement corrélée à l'héliophilie. Étonnamment, l'héliophilie n'est pas corrélée à la perte de masse du duramen. Mais la corrélation a également été effectuée en retirant *Inga stipularis*, et cette fois-ci, elle s'avère significative (Corrélation de Spearman,  $\rho=0.68$ ,  $S=86$ , p.v. = 0.01).

D'un point de vue général, les variables affiliées à la durabilité du bois sont très bien corrélées avec les variables affiliés à l'ID. La perte de masse du duramen comme de l'aubier est fortement négativement corrélée à l'ID moyenne, à cœur et sous-écorce. La perte de masse du duramen est cependant positivement corrélée au gradient d'ID dans l'arbre (Corrélation de Spearman,  $\rho > 0.79$ , p.v  $< 0.001$ ) alors que les relations entre ces variables et la perte de masse de l'aubier ne sont pas significatives (Corrélation de Spearman,  $\rho < 0.63$ , p.v  $> 0.05$ ).

Les variables structurelles simples (H; DBH, H/D) corrént peu avec les autres variables. Néanmoins, on dénote une corrélation négative entre H et H/D avec le gradient vertical d'ID ( $\mu_{OldR3}/\mu_{OldR1}$ ), suggérant que plus l'arbre est grand et élancé, plus la variation verticale d'ID sera faible. H et DBH sont également marginalement négativement corrélés avec la perte de masse du duramen.

L'analyse des relations entre les variables du même groupe révèle que toutes les variables liées à l'ID sont fortement corrélées entre elles. Les fortes ID à cœur, sous écorce ou moyennes impliquent de faibles variations radiales et verticales d'ID. Dans le cas d' $E/\rho$ , le constat est quelque peu différent.  $E/\rho$  à cœur corréle bien avec le gradient radial d' $E/\rho$ , alors qu'il n'est pas corrélé avec  $E/\rho$  sous écorce, suggérant qu'un fort gradient d' $E/\rho$  le long du rayon est la conséquence d'un très faible  $E/\rho$  à cœur indépendamment de la valeur d' $E/\rho$  sous-écorce.

Table 19 : Table des corrélations de Spearman des traits mesurés.  
 ('\*\*\*' P ≤ 0,001, '\*\*' P ≤ 0,01, '\*' P ≤ 0,05, ' ' P > 0,05).

Infradensité				Module d'élasticité spécifique E/ρ				Durabilité		Structure			Héliophilie			
μOldc	μNewc	μNewc/μOldc	μOldR3/μOldR1	μ	μOld	μNew	μNew/μOld	PMA	PMD	H	DBH	H/D	SLA	Héliophilie		
0,98***	0,94***	-0,69***	-0,7***	0,39*	0,41*	0,29	-0,32.	-0,82***	-0,78***	0,18	0,11	0,17	0,05	-0,72***	μ	
	0,95***	-0,75***	-0,77***	0,31	0,37.	0,19	-0,37*	-0,82***	-0,83***	0,16	0,1	0,16	0,08	-0,69***	μOldc	
		-0,56***	-0,69***	0,37.	0,43*	0,25	-0,38*	-0,86***	-0,78***	0,1	0,16	0,05	-0,08	-0,72***	μNewc	Infradensité
			0,8***	-0,23	-0,3	-0,12	0,33.	0,43	0,79***	-0,12	0,07	-0,2	-0,14	0,48**	μNewc/μOldc	
				-0,28	-0,31.	-0,18	0,3	0,63.	0,89***	-0,32*	-0,05	-0,38*	-0,23	0,48**	μOldR3/μOldR1	
				0,89***		0,93***	-0,29	-0,4	-0,59.	0,22	0,27	0,14	-0,43*	-0,51**	μ	
						0,67***	-0,66***	-0,32	-0,65**	0,14	0,25	0,06	-0,41*	-0,52**	μOldc	Module d'élasticité spécifique E/ρ
						0,06		-0,38	-0,43	0,21	0,22	0,15	-0,37.	-0,44*	μNewc	
								0,08	0,49.	0,02	-0,07	0,04	0,11	0,16	μNewc/μOldc	
									0,72**	-0,15	-0,3	-0,07	0,02	0,64*	PMA	Durabilité
										-0,46.	-0,47.	-0,39	0,06	0,4	PMD	
										0,64***	0,93***		0,31.	0,14	H	Structure
												0,31.	-0,04	0,13	DBH	
												0,4*	0,11	0,11	H/D	
													0,24		SLA	