



# Identification d'Essences à Haut Potentiel de Valorisation (EHPVAL)

Rapport semestriel n°1 : Février – Juillet 2019

Robin Doucet, Gaël Bibang Bengono, Thomas de Meeus, Alain Souza, Christian Moupela, Patrick Martin, Aurore Richel, Benoit Jourez, Philippe Lejeune, Jean-Louis Doucet

16/09/2019



PRECIOUS WOODS



PALLISCO



## Sommaire

---

1. Contexte .....	3
2. Activités réalisées .....	5
3. Tableau synthétique de la progression du projet .....	26
4. Activités prévues pour la 2ème période .....	27
5. Conclusion .....	29

## 1. Contexte

---

Dans le Bassin du Congo, un peu moins de 5 millions d'hectares sont certifiés par le Forest Stewardship Council (FSC). La traduction des 10 principes du FSC en standards régionaux précise que le gestionnaire doit maintenir les capacités de production des écosystèmes forestiers (indicateur 5.1.2). Dans cette optique, un taux de prélèvement est calculé pour chaque essence afin d'assurer la reconstitution du stock forestier au cours d'une rotation (entre 25 et 30 ans selon le plan d'aménagement). Bien que ce taux soit censé garantir la pérennité des ressources (critère 5.6), il n'est calculé que sur une seule rotation et une valeur inférieure à 100 % est tolérée par les législations forestières actuelles. Or le faible taux de régénération de certaines essences ne permet pas la reconstitution du stock à long terme et l'on assiste à une perte importante du potentiel de production de certaines essences forestières. Cette perte est très préoccupante pour deux raisons principales. Premièrement, la biodiversité forestière s'en trouve menacée car le cortège floristique et faunistique associé aux espèces exploitées est perturbé. Deuxièmement, elle met en péril la viabilité économique des entreprises.

L'abandon récent des concessions certifiées de grands groupes (Wijma, Rougier) est à ce titre très interpellant. Les conséquences sont multiples : (i) il en résulte une diminution des superficies certifiées, (ii) cet abandon questionne un modèle de concession jugé « exemplaire » pendant deux décennies, (iii) il ouvre la porte à des pratiques d'exploitation non durables. Il est donc extrêmement urgent de garantir la viabilité des concessions forestières au-delà de la première rotation. Pour ce faire, il convient de valoriser mieux et plus d'essences.

Parmi les options de valorisation, figure deux possibilités majeures : (i) mettre sur le marché des nouvelles essences dont les propriétés technologiques et de durabilité demeurent peu connues, (ii) valoriser de façon éco-efficace et directement sur les sites de transformation les coproduits actuellement non utilisés par l'industrie du bois. Cette chimie « fine » du bois peut cibler des marchés de niche et se caractériser par la production de petits volumes à haute, voire très haute valeur ajoutée (par exemple production de pycnogenol, un antioxydant naturel extrait des écorces de pin maritime). Une telle filière peut s'intégrer de manière harmonieuse dans la filière bois, en s'insérant dans la chaîne de valorisation existante et sans perturber la valorisation des autres coproduits. En Europe, ce secteur est en plein essor (voir par exemple le projet EXTRA FOR EST). Vouloir le développer en Afrique est une évidence compte tenu de la diversité des molécules présentes dans les arbres tropicaux.

En conséquence, le présent projet vise à identifier et à valoriser des essences à haut potentiel, tant sur le plan ligneux qu'en termes d'extraction de biomolécules à haute valeur ajoutée. L'objectif est donc d'augmenter la liste des essences commerciales actuelles et de diversifier les produits en mettant l'accent sur des essences dont l'exploitation est rentable économiquement et dont la régénération garantit la pérennité de la ressource. Ce faisant, le projet ambitionne de réduire les prélèvements sur des essences « classiques » dont la régénération n'est pas garantie.

Le projet s'articule autour de quatre axes :

- i) Sélection d'essences candidates sur la base de leurs structures de population (indicatrices de la régénération), de leur dynamique des populations, des données dendrométriques (morphologie) et des données bibliographiques (composés chimiques) ;
- ii) Création d'une database des molécules présentes dans les produits ligneux connexes issus du sciage et identification des usages potentiels ;
- iii) Caractérisation des propriétés physiques, technologiques et de durabilité naturelle du bois des essences considérées ;
- iv) Identification des contraintes techniques et commerciales et proposition de solutions pour que la transformation de ces essences soit économiquement viable.



Figure 1 : L'eyoum, *Dialium angolense*, une espèce phare du projet

## 2. Activités réalisées

---

Les activités réalisées au cours du premier semestre sont présentées en suivant le cadre logique.

**Résultat 1 : Cinq essences candidates sont identifiées en concertation avec les industriels, sur la base de leurs structures de population (indicatrices de la régénération), de leurs dynamiques de population, des données dendrométriques disponibles et de leur morphologie.**

**Activité 1.1 : Analyse des structures de populations issues des plans d'aménagement de CEB-PWG et Pallisco-CIFM**

### Descriptif de l'activité

Une analyse des structures de populations d'espèces peu connues potentiellement valorisables (LKTS) a été réalisée pour deux types représentatifs des forêts d'Afrique centrale (forêts sempervirentes et semi-décidues).

Les espèces étudiées sont des espèces répondant à un ou plusieurs des critères suivants : (i) intérêt marqué de la société forestière partenaire, (iii) propriétés du bois peu connues, (iv) présence supposée de molécules intéressantes compte tenu de caractéristiques particulières (présence de latex, gomme, résine,...)

L'analyse a permis d'évaluer (i) le potentiel de régénération naturelle de l'espèce, (ii) la densité de pieds exploitables ainsi que (iii) la nécessité de mettre en place des mesures sylvicoles particulières dans le cas où l'espèce serait exploitée.

### Principaux résultats

L'analyse a été conduite pour les concessions de CEB- Precious Woods (forêt sempervirente) et de Pallisco (forêt semi-décidue) (Figure 2).

Pour la concession CEB-Precious Wood Gabon, les espèces prioritaires identifiées sont :

- L'Eyoum (Omvong, *Dialium angolense* et *D. lopense*) qui possède une très bonne régénération naturelle et une densité de pied exploitable ( $\varnothing > 70$  cm) de 0,25 pieds/ha ;
- L'Ossoko (Sorro, *Scyphocephalum mannii*) dont la densité de pieds exploitables ( $\varnothing > 60$  cm) est très élevée avec 4,21 pieds/ha. Il présente néanmoins un ralentissement de la régénération naturelle. Des mesures sylvicoles particulières devraient donc être mises en place si l'espèce était exploitée ;
- L'Ozigo (*Dacryodes buettneri*) qui a une très bonne régénération naturelle et une densité de ( $\varnothing > 70$  cm) de 0,24 pied exploitable par ha ;
- L'Andoung 66 (*Bikinia grisea*) qui présente une bonne régénération mais une densité assez faible de 0,12 pied exploitable ( $\varnothing > 70$  cm) par ha ;
- L'Awoura (Béli, *Julbernardia pellegriniana*) dont la régénération naturelle est « satisfaisante ». La densité de pieds exploitables ( $\varnothing > 70$  cm) est assez élevée avec 0,39 pied/ha ;
- L'Eveuss (*Klainedoxa gabonensis* et *K. trilesii*) : dont la régénération naturelle est « satisfaisante » avec une densité de pieds exploitables ( $\varnothing > 70$  cm) de 0,15 pied/ha.

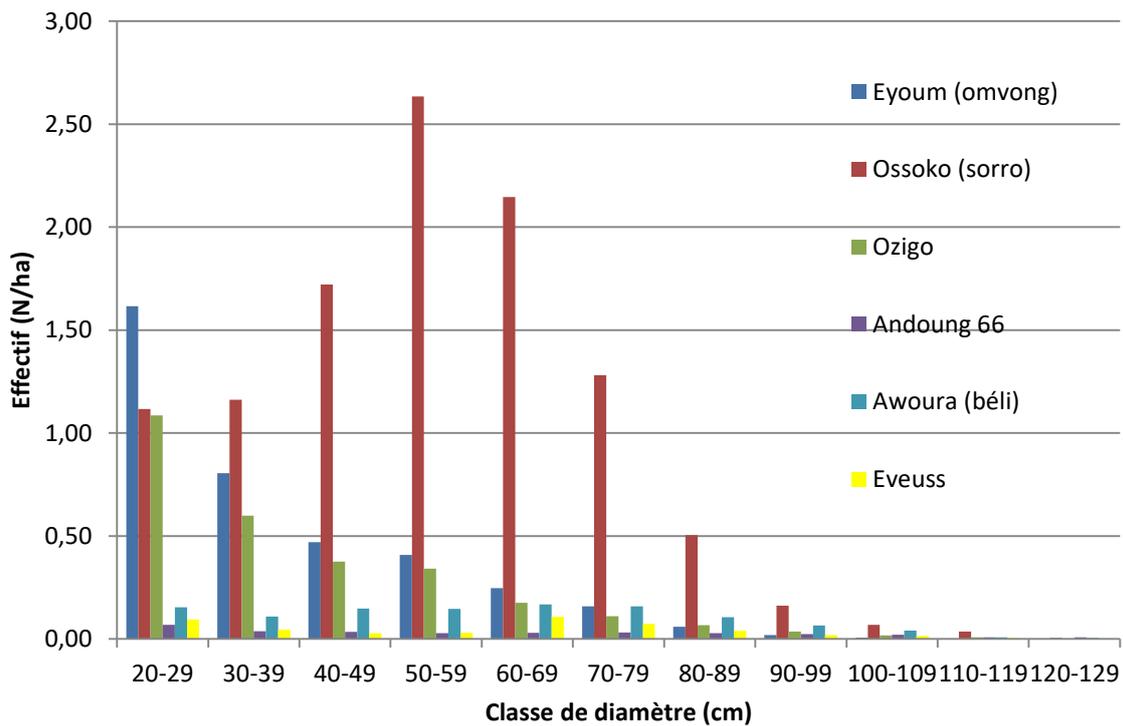


Figure 2 : Structures de population des espèces présentes à CEB-PWG (2 = 20 à 29,9 cm ; ...)

Pour la concession de Pallisco-CIFM (forêt semi-décidue), deux espèces ont été retenues (Figure 3) :

- L'Eyek (*Pachyelasma tessmannii*) qui atteint de gros diamètre mais qui possède une structure de population plutôt erratique et donc une faible régénération naturelle. Dans le cas d'une exploitation industrielle des mesures sylvicoles particulières devraient être appliquées. Le nombre de pieds exploitables à l'hectare ( $\varnothing > 50$  cm) est assez faible avec 0,13 pied/ha.
- Le Mubala (*Pentaclethra macrophylla*) qui a une bonne régénération naturelle et une bonne densité de pieds exploitables ( $\varnothing > 50$  cm) de 1,9 par ha.

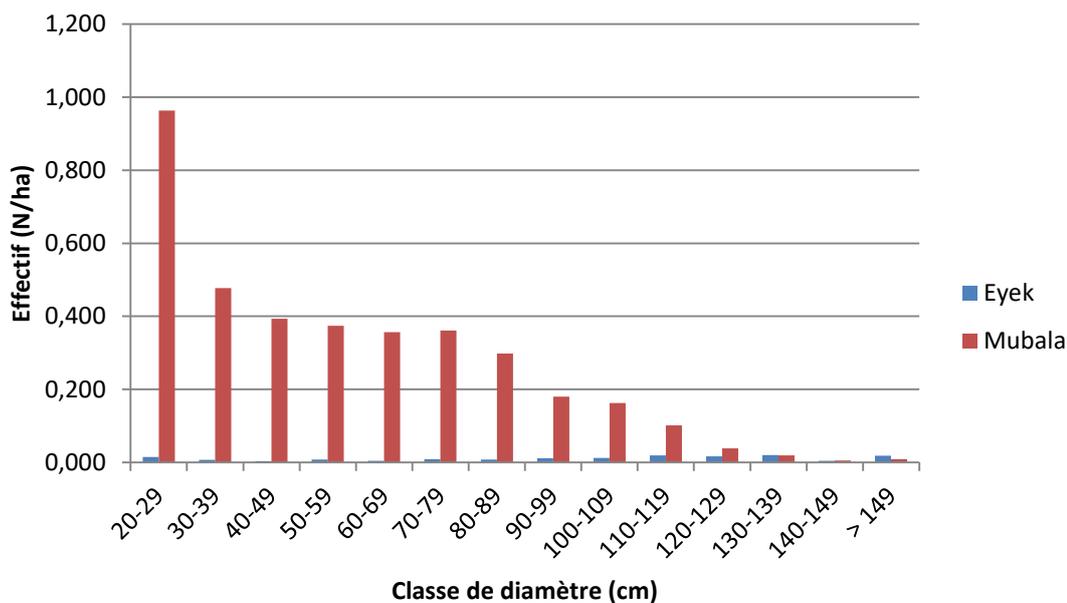


Figure 3 : Structures de populations des espèces présentes à Pallisco-CIFM (2 = 20 à 29,9 cm ; ...)

#### Taux de réalisation et prochaines étapes

Cette activité est terminée, le taux de réalisation est donc de 100 %.

#### **Activité 1.2. : Modélisation de l'évolution de ces structures en intégrant les paramètres de dynamique issus du projet P3FAC**

##### Descriptif de l'activité

L'évolution des populations sur le long terme devrait pouvoir être modélisée sur base des paramètres démographiques (croissance, mortalité, recrutement) obtenus dans le cadre du projet P3FAC.

##### Résultats obtenus

Le dispositif est toujours en phase d'installation à CEB-PW, les premières données ne seront donc disponibles qu'en fin de projet.

#### Taux de réalisation et prochaines étapes

Le taux de réalisation est actuellement de 0 % pour cette activité.

### **Activité 1.3 : Sélection des espèces candidates**

#### Descriptif de l'activité

La sélection des espèces candidates a été opérée sur base de l'activité 1.1 et des attentes et besoins des deux concessions forestières partenaires du projet.

#### Résultats obtenus

Les espèces prioritaires du projet qui ont été sélectionnées sont les suivantes :

- ***Dialium angolense* (Eyoum, Omvong)** : Espèce abondante dans les concessions forestière de CEB-PW et régénération naturelle très importante. Arbres à contreforts mais avec des fûts droits et valorisables. Nécessité de la différencier de *Dialium lopense*.
- ***Scyphocephalium manni* (Sorro, Ossoko)** : Densité de pieds exploitables de pied à l'hectare très importante à CEB-PW. Structure de population montrant un déficit de régénération donc nécessité d'adapter les méthodes sylvicole. Tronc présentant d'importantes cannelures, une estimation du volume sur pied, sous cannelure, est nécessaire.
- ***Klainedoxa gabonensis* (Eveuss)** : Fut cylindrique et bois aux propriétés mécaniques a priori très intéressantes. Etude radiale de la durabilité du bois nécessaire car premiers essais par Wijma peu concluants. Nécessité de différencier *K. gabonensis* de *K. trillesii*.
- ***Pentaclethra macrophylla* (Mubala)** : Densité de pieds à l'hectare importante à Pallisco. Bois aux propriétés physico-mécanique et de durabilité naturelle très intéressantes. Fût moyennement conformés, étude de rendement de transformation nécessaire.
- ***Pachyelasma tessmannii* (Eyek)** : Densité très faible mais diamètres important et propriétés du bois inconnues.

A celle-ci s'ajoute les espèces commerciales habituelles dans le cadre de la valorisation des molécules. Au cours de ce premier semestre, c'est l'iroko qui a été étudié. :

- ***Milicia excelsa* (Iroko)** : Espèce commerciale dont les populations régressent, étude de la valorisation des coproduits pour augmenter les rendements matière au sciage.

#### Etat d'avancement

Cette activité est terminée et donc réalisée à **100%**

## Résultat 2 : Des molécules présentes dans les produits connexes ligneux issus de la transformation sont identifiées et leurs usages déterminés

### **Activité 2.1. : Sélection des coproduits à valoriser**

#### Descriptif de l'activité

Cette activité vise à identifier les types de coproduits valorisables pour l'extraction de molécules à haut potentiel dans les concessions forestières.

#### Résultats obtenus

Les coproduits potentiellement valorisables sont :

- La sciure ;
- Les dosses ;
- Les écorces ;
- Le bois de cœur ;
- Les chutes d'ébouttage ;
- Les branches et feuilles.

Afin d'étudier le potentiel de valorisation de ces coproduits, il est nécessaire d'étudier la variabilité lors de l'extraction entre les compartiments suivants :

- L'aubier ;
- Le bois de cœur ;
- L'écorce ;
- Le duramen.

#### Taux de réalisation et prochaines étapes

L'identification étant terminée, cette activité est réalisée à **100%**.

### **Activité 2.2 : Analyse de la composition chimique (database)**

#### Descriptif de l'activité

Avant d'envisager la valorisation d'un quelconque produit, il convient d'identifier les molécules qui pourraient faire l'objet d'une utilisation industrielle. Cette identification se fait sur base d'une synthèse des connaissances actuelles, d'enquêtes ethnobotaniques et d'analyses chimiques.

#### Résultats obtenus

Dans le cadre de sa thèse de doctorat, Gael Bibang Bengono (USTM) a réalisé des fiches résumant les connaissances actuelles sur les espèces prioritaires.

#### Taux de réalisation et étapes ultérieures

Gael Bibang Bengono ayant obtenu un financement ERASMUS, il sera présent à Gembloux Agro-Bio Tech lors du prochain semestre. Il travaillera sur le criblage des molécules présentes dans les différents compartiments de l'Eyoum et de l'Eveuss. Il finalisera aussi un article pour la revue

*Biosphère Agriculture Société et Environnement (BASE)* sur la synthèse des connaissances relatives à cette espèce.

La recherche bibliographique étant terminée, le taux de réalisation peut être estimé à 10 %.

### **Activité 2.3 : Extraction et caractérisation des molécules**

#### Descriptif de l'activité

Les molécules potentiellement valorisables doivent être extraites des coproduits. Dans cette optique, différents solvants doivent être testés et les rendements d'extraction comparés.

#### Résultats obtenus

##### A. L'Iroko

Thomas de Meeûs, lors de son mémoire de master, a travaillé sur la caractérisation des composés phénoliques et l'analyse du latex de l'iroko. Son objectif était de caractériser les composés phénoliques extraits des feuilles, de l'écorce, du duramen et de l'aubier en fonction de la hauteur d'échantillonnage et de deux modalités de stockage de grumes d'iroko. Les hauteurs d'échantillonnage correspondaient à la base de la grume (H1), au haut de la grume (H2) et aux branches du houppier (H3). Tandis que les deux modalités de stockage correspondaient à des échantillons prélevés sur des arbres fraîchement abattus et des grumes stockées sur parc durant une durée minimum d'un mois.

Par ailleurs, une analyse du comportement thermique du latex a aussi été réalisée. Le comportement thermique est la caractéristique la plus importante lorsque l'on envisage une valorisation d'un polymère comme biomatériau.

Ce travail a été réalisé en collaboration avec l'entreprise ALPICAM-GRUMCAM.

Les principaux résultats sont décrits ci-après. L'entièreté du travail sera prochainement disponible sur le site [matheo.uliege.be](http://matheo.uliege.be).

##### (i) Différenciation des organes :

- Le duramen possède de manière générale des taux d'extraction matière bien supérieur à l'écorce et à l'aubier ;
- On observe également que le duramen possède les plus fortes concentrations en polyphénols, suivis par l'écorce et l'aubier. On peut conclure que le duramen de l'Iroko est composé de molécules aux propriétés hautement anti-oxydantes ;
- Concernant les flavonoïdes, les écorces présentent des taux d'extraction supérieurs à l'aubier qui lui-même possède des concentrations supérieurs au duramen ;
- Le dosage des flavonoïdes totaux des feuilles met en évidence que la teneur est significativement plus élevée que dans les autres organes (aubier, duramen, écorce) par contre le dosage des polyphénols totaux renseigne des concentrations en polyphénols très faibles.

- (ii) Effet de la hauteur de prélèvement :
  - L'étude n'identifie pas de différences significatives entre les hauteurs de prélèvement sur les rendements matières sèche, le dosage des polyphénols totaux et le dosage des flavonoïdes totaux.
  
- (iii) Effet du stockage des grumes :
  - Même si les différences observées pour le duramen et l'écorce ne sont pas significatives, les échantillons frais présentent toujours des résultats, pour le rendement en extractibles et le dosage des polyphénols totaux, supérieurs aux échantillons stockés. A l'inverse, l'aubier présente des différences parfois significatives entre les échantillons stockés et frais. Dans ce cas, les résultats du rendement en extractibles ainsi que du dosage des polyphénols totaux sont toujours inférieurs pour les échantillons frais. Le stockage semble donc avoir un effet positif sur la disponibilité des extractibles présents dans l'aubier ;
  - La composition en flavonoïdes totaux ne semble pas affectée par le stockage.
  
- (iv) Identification par HPLC-UV des molécules phytochimiques :
  - Duramen :
    - a. Les extraits acétoniques de duramen frais présentent de l'acide rosmarinique (AR), un acide phénolique aux propriétés antivirales, antibactériennes, anti-inflammatoires et antioxydantes. Cette molécule est de loin la plus abondante. Une étude quantitative serait cependant nécessaire avant d'envisager une valorisation industrielle.
    - b. Des molécules dérivées du resvératrol ont également été identifiées.
  - Aubier :
    - a. Les chromatogrammes des extraits acétoniques d'aubier ont une structure similaire aux extraits de duramen.
    - b. Le stockage influence également fortement la présence de l'AR et du resvératrol. L'AR semble présent dans tous les échantillons stockés alors qu'il est quasiment absent des échantillons frais. Il en va de même pour le resvératrol.
  - Ecorce :
    - a. Les chromatogrammes des extraits d'écorce montrent une plus large gamme de molécules au vu du nombre de pics. Les molécules phytochimiques présentes dans l'écorce semblent très diverses, et leur nature ainsi que leurs concentrations dépendent des facteurs externes n'ayant pu être contrôlés dans cette étude.
  
- (v) Dosage protéique du latex :
  - Le latex d'Iroko présente un taux de protéines élevé, plus élevé que celui de l'Hévéa, ce qui peut être problématique car les protéines peuvent être allergènes.
  - L'extraction à l'acétone du latex permet cependant d'équilibrer cette différence.
  
- (vi) Comportement thermique du latex :
  - La courbe de perte de masse du latex en fonction de la température est assez semblable entre le latex pur d'Iroko, le latex extrait à l'acétone et le latex d'Hévéa.

- La température de transition vitreuse ( $T_g$ ) est en moyenne de  $7,5^\circ\text{C} \pm 0,6$  pour le latex d'iroko, de  $5,4^\circ\text{C} \pm 4,5$  pour les extraits acétoniques du latex d'iroko et de  $-63^\circ\text{C}$  pour le caoutchouc d'hévéa.

En résumé, deux molécules potentiellement intéressantes ont été mises en évidence dans le cadre de ce travail : le resvératrol et l'acide rosmarinique. Toutes deux possèdent des propriétés anti-oxydantes et peuvent être valorisées industriellement (Figure 4). Toutefois, cet intérêt est à relativiser car ces molécules sont déjà présentes en fortes concentration dans les raisins (resvératrol) ou dans le romarin (acide rosmarinique). Il faudrait donc doser les quantités présentes dans les coproduits issus de la transformation de l'iroko.



Figure 4 : Exemple de valorisation des molécules mises en évidence dans les différents organes de l'iroko

## B. Le Mubala et l'EyeK

L'étude réalisée par des étudiants de Gembloux Agro-Bio Tech, sous la supervision du prof. A Richel avait pour objectifs : (i) de tester différentes modalités d'extraction des écorces de *Pentaclethra macrophylla* (Mubala) et de *Pachyelasma tessmannii* (EyeK) et de calculer leurs rendements, (ii) d'évaluer la nature des familles de molécules extraites et, dans la mesure du possible, les quantifier.

Les principales étapes ont été les suivantes :

- Extractions statiques : Les extractions statiques ont été réalisées pendant 48h à l'aide de 4 solvants différents (eau, méthanol, éthanol et cyclohexane). Pour 6 individus (3 individus par espèces), chaque extraction a été réalisée 3 fois.
- Extractions soxhlet : Les extractions soxhlet ont été réalisées pendant 5h avec les 4 mêmes solvants que les extractions statiques. Pour cette extraction, une seule répétition a été menée.
- Estimation du contenu en métabolites secondaires via CCM : Pour chacun des 96 extraits préalablement réalisés, 4 types de chromatographie sur couche mince (CMM) ont été

réalisées. Chacune des 4 CCM avait pour but de mettre en évidence une famille de molécule chimique différente : Alcaloïdes, Flavonoïdes, Phénols et Terpénoïdes.

- Dosage du contenu phénolique total via la méthode de Folin Ciocalteu : Pour chacun des 96 extraits précédemment réalisés, le contenu en composé phénolique a été estimé en équivalent d'acide gallique.

De manière synthétique, il s'est avéré que :

- L'extraction de type « soxhlet » permet d'obtenir des rendements d'extraction supérieurs à l'extraction statique ;
- Le Mubala présente des taux d'extractibles supérieurs à l'EyeK pour chaque modalité d'extraction/solvant, mis à part pour l'extraction soxhlet /cyclohexane ;
- Le solvant méthanol extrait le plus de composés pour chaque espèce et pour chacune des deux méthodes d'extraction.
- Trois classes de métabolites secondaires ont été détectées, à savoir des polyphénols, des terpènes/terpénoïdes et des alcaloïdes. ;
- Le cyclohexane permet d'extraire sélectivement les terpènes alors que le méthanol et l'éthanol (polaires) permettent l'extraction des 3 classes de métabolites secondaires sans impact sur la sélectivité. L'eau (polaire protique) permet l'extraction de polyphénols et d'alcaloïdes sans co-extraction des terpènes ;
- La teneur en alcaloïdes est très importante (supérieure aux valeurs classiques dans des feuillus/résineux d'Europe par exemple) avec des valeurs pouvant atteindre plus de 1 g/L d'extrait (pour les extraits à l'eau, méthanol ou éthanol) ;
- Le mubala est plus riche en alcaloïdes que l'eyeK. La teneur y est environ 3-4 fois supérieure.
- Les deux essences sont très riches en polyphénols avec des teneurs supérieures dans les extraits à 3 g/L (sans optimisation). Des analyses qualitatives ont mis en évidence la présence de tanins, de flavonoïdes et de saponines ;
- Une variabilité de composition chimique entre les lots au sein d'une même essence est jugée significative. Cette variation peut être liée à des paramètres intrinsèques (ex. stade de croissance de l'arbre au moment de l'échantillonnage, etc.) ou bien de stockage ultérieur.

En résumé :

- L'extraction de type « soxhlet » est toujours plus performante que l'extraction statique ;
- L'eau permet d'extraire le plus de composés chimique possédant une activité anti-oxydante (polyphénols). ;
- L'activité anti-oxydante de ces extraits est relativement élevée mais doit être corrigée. En effet, les procédures d'extraction ont permis également la co-extraction d'impuretés de type « glucides » (essentiellement D-Glucose) ;
- Tant le Mubala que l'EyeK comportent des teneurs en métabolites secondaires largement supérieures à des essais préliminaires sur d'autres échantillons notamment le chêne, le hêtre ou même encore le robinier ;
- Les teneurs en métabolites secondaires se rapprochent en première approximation des teneurs dans certaines plantes « médicinales » ou exploitées pour le cosmétique.

### Taux de réalisation et étapes ultérieures

Considérant que trois essences sur cinq prévues par le projet ont été partiellement étudiées, on peut estimer le taux de réalisation de cette activité à 30 %.

L'Eyek n'ayant pas des propriétés technologiques très intéressantes (voir activité 3.2.), il est décidé de ne pas poursuivre les travaux sur cette espèce.

Par contre pour le Mubabla, il a été décidé de poursuivre les travaux sur les propriétés anti-oxydantes.

### **Résultat 3 : Les propriétés physiques, technologiques et de durabilité naturelle du bois des essences considérées sont identifiées**

#### **Activité 3.1 : Découpe et transport de plateaux**

##### Descriptif de l'activité

Afin d'étudier les propriétés des bois, des essais standardisés doivent être menés. Ceux-ci reposent sur des normes précisant les dimensions des échantillons.

##### Résultats obtenus

Dans le cadre de sa thèse de doctorat, Robin Doucet, en collaboration avec CEB-PWG a identifié 5 individus de *Dialium angolense*, 5 de *Dialium lopense* et 4 de *Klainedoxa gabonensis*. Les arbres ont été abattus et transformés en différentes sections car l'exportation de plateaux n'est pas autorisée à partir du Gabon (figures 5 et 6). Les lots sont prêts pour l'export mais les autorisations doivent encore être accordées.

Ce matériel sera notamment utilisé pour :

- a. Etudier les propriétés physico-mécaniques et de durabilité naturelle du bois ainsi que la variation de celles-ci au sein des différents compartiments : aubier, duramen, bois de cœur, bois duramenisé coloré ;
- b. Attribuer un classement mécanique CE aux espèces du genre *Dialium* ;
- c. Etudier l'activité anti-oxydante des extraits d'aubier, duramen, bois de cœur, bois duramenisé coloré et des écorces en évaluant l'impact de la hauteur de prélèvement sur cette activité ;
- d. Réaliser un criblage phytochimique permettant de mettre en évidence les grands groupes chimiques constitutifs dans les différents compartiments ;
- e. Réaliser des études phytochimiques et pharmacologiques sur le *Plasmodium falciparum* et les microfilaries (*Loa loa*) pour caractériser les biomolécules et évaluer leurs propriétés antiparasitaires ;
- f. Etudier l'Accroissement Annuel Moyen (AAC).



Figure 5 : Préparation des échantillons à CEB-PW



Figure 6 : Empilage des échantillons du marquage CE de *Dialium lopense*

Les plateaux de mubala et d'eyek, en provenance de Pallisco, sont déjà été stockés au CRAW.

#### Taux de réalisation et étapes ultérieures

Le taux de réalisation peut être estimé à 50 % (2 essences sur 5 déjà disponibles, 3 autres essences prêtes pour l'export). Des lettres ont été adressées au Ministre des Forêts du Gabon pour obtenir l'autorisation d'exportation.

Dès que les lots auront pu être réceptionnés, il sera procédé :

- A la découpe des planches et chevrons pour obtenir les éprouvettes normalisées ;
- Au séchage des échantillons pour atteindre 12% d'humidité d'équilibre du bois.

### **Activités 3.2 et 3.3 : Etude des propriétés physico-mécaniques et de durabilité naturelle**

#### Descriptifs des activités

Afin d'évaluer les potentialités de valorisation du bois des essences peu connues, les propriétés physico-mécaniques et de durabilité naturelle ainsi que de durabilité conférée de son bois doivent être étudiées.

Les propriétés retenues sont les suivantes :

#### Propriétés macroscopiques :

- Aspect de la grume
- Couleur d'aubier et duramen
- Texture du bois
- Fil
- Caractéristique observables sur la face transversale

#### Propriétés physiques :

- Masse volumique,  $\rho_{12}$  (kg/m<sup>3</sup>)
- Retrait volumique,  $\beta_{vol}$  (%)
- Coefficient de retrait volumique, VS (%/%)
- Retrait linéaires,  $\beta_{linR}$  et  $\beta_{linT}$  (%)
- Ratio d'anisotropie,  $\beta_{linT} / \beta_{linR}$
- Point de saturation de la fibre, PSF (%)
- Coefficient de retrait volumique,  $\beta_{vol}$  (%)

#### Propriétés mécaniques :

- Module d'élasticité, E (Mp)
- Contrainte de rupture en flexion statique,  $\sigma_f$  (Mp)
- Contrainte de rupture en flexion dynamique, K (kg/cm<sup>2</sup>)
- Contrainte de rupture en compression axiale,  $\sigma_c$  (Mp)
- Dureté de Monnin, N

Durabilité naturelle :

- Sensibilité basidiomycètes : *Coniophora puteana*,  $d_{Coniop.}$  (%) ;
- Sensibilité basidiomycètes : *Coriolus versicolor*,  $d_{Coriolus v.}$  (%)

Résultats

A. L'EyeK

Les tests ont été réalisés sur 4 arbres issus de la concession forestière Pallisco-CIFM. Afin de définir les emplois potentiels du bois d'EyeK, une liste des propriétés des bois des 98 espèces d'arbre d'Afrique centrale mentionnés par les fiches Tropix du Cirad a été dressée. Sur cette base, une analyse en composante principale a été réalisée en reprenant toute les propriétés testées afin d'identifier les espèces possédant un bois similaire à celui de l'EyeK.

(i) Propriétés macroscopique et visuelle du bois et de la grume :

- Grume : Bien droite présentant parfois des roulures ou fentes de cœur ;
- Aubier : Blanc distinct avec une largeur moyenne de 9,8 cm ;
- Duramen : Parfois rose clair sinon brun rosé à brun rougeâtre (Figure 7);
- Texture : Gros grain ;
- Fil : Contrefil, fil ondé ;
- Aspect macroscopique de la section transversale :
  - Porosité diffuse (Figure 8);
  - Vaisseaux de grandes dimensions visibles à l'œil nu (5 par mm<sup>2</sup>, isolés ou groupés généralement par 2 ou 3) ;
  - Parenchyme axial en bande, aliforme et confluent.



**Figure 7** : Aspect d'une planche de d'eyeK sur quartier.



Figure 8 : Aspect macroscopique de la face transversale d'eyek.

(ii) Propriétés du bois et différence entre les compartiments :

Les propriétés du bois sont présentées dans le Tableau I. Les compartiments significativement différents entre eux se voient classés dans des groupes différents (a, b ou c). La lettre est mise en composant à côté de la valeur moyenne de chaque compartiment.

Tableau I : Valeurs des propriétés physico-mécanique et de durabilité naturelle moyenne et selon les différents compartiments : aubier, duramen, bois de coeur

Propriétés	Moyenne	Humidité (%)	Aubier	Duramen	Bois de coeur
E (Mp)	16.304 ± 3.331	12	14.170 <sup>b</sup> ± 2.855	16.612 <sup>a</sup> ± 3.377	17.314 <sup>a</sup> ± 2.881
σ <sub>f</sub> (Mp)	73 ± 20	15,3	73 <sup>a</sup> ± 22	79 <sup>a</sup> ± 19	59 <sup>b</sup> ± 16
K (kg/cm <sup>2</sup> )	0,24 ± 0,13	13	0,29 <sup>a</sup> ± 0,08	0,26 <sup>a</sup> ± 0,14	0,15 <sup>b</sup> ± 0,08
σ <sub>c</sub> (Mp)	55 ± 7	12	52 <sup>a</sup> ± 8	55 <sup>a</sup> ± 7	55 <sup>a</sup> ± 6
N	4,3 ± 0,9	14,6	5,1 <sup>a</sup> ± 0,8	4,2 <sup>b</sup> ± 0,7	3,7 <sup>c</sup> ± 0,8
ρ <sub>12</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	827 ± 64	12	866 <sup>a</sup> ± 60	830 <sup>a</sup> ± 52	788 <sup>b</sup> ± 79
β <sub>vol</sub> (%)	13,85 ± 2,08	-	12,27 <sup>c</sup> ± 1,23	13,76 <sup>b</sup> ± 2,04	15,18 <sup>a</sup> ± 1,83
β <sub>linR</sub> (%)	4,24 ± 0,69	-	-	-	-
β <sub>linT</sub> (%)	9,29 ± 1,22	-	-	-	-
β <sub>linT</sub> / β <sub>linR</sub>	2,19	-	-	-	-
PSF (%)	26,1	-	-	-	-
V <sub>s</sub> (%/%)	0,53	-	-	-	-
d <sub>Coriolus v.</sub> (%)	8,71 (médiane)	15,4	16,1 <sup>a</sup>	5,48 <sup>b</sup>	14,07 <sup>a</sup>
d <sub>Coniophora p.</sub> (%)	1,65 (médiane)	15,4	3,72 <sup>a</sup>	0,62 <sup>b</sup>	2,85 <sup>a</sup>

L'analyse en composante principale (ACP), permettant d'ordonner les espèces les unes par rapport aux autres en fonction de leurs propriétés physico-mécaniques et de les regrouper en fonction de leurs classes de durabilité naturelle face aux champignons basidiomycètes, est présentée à la Figure 9.

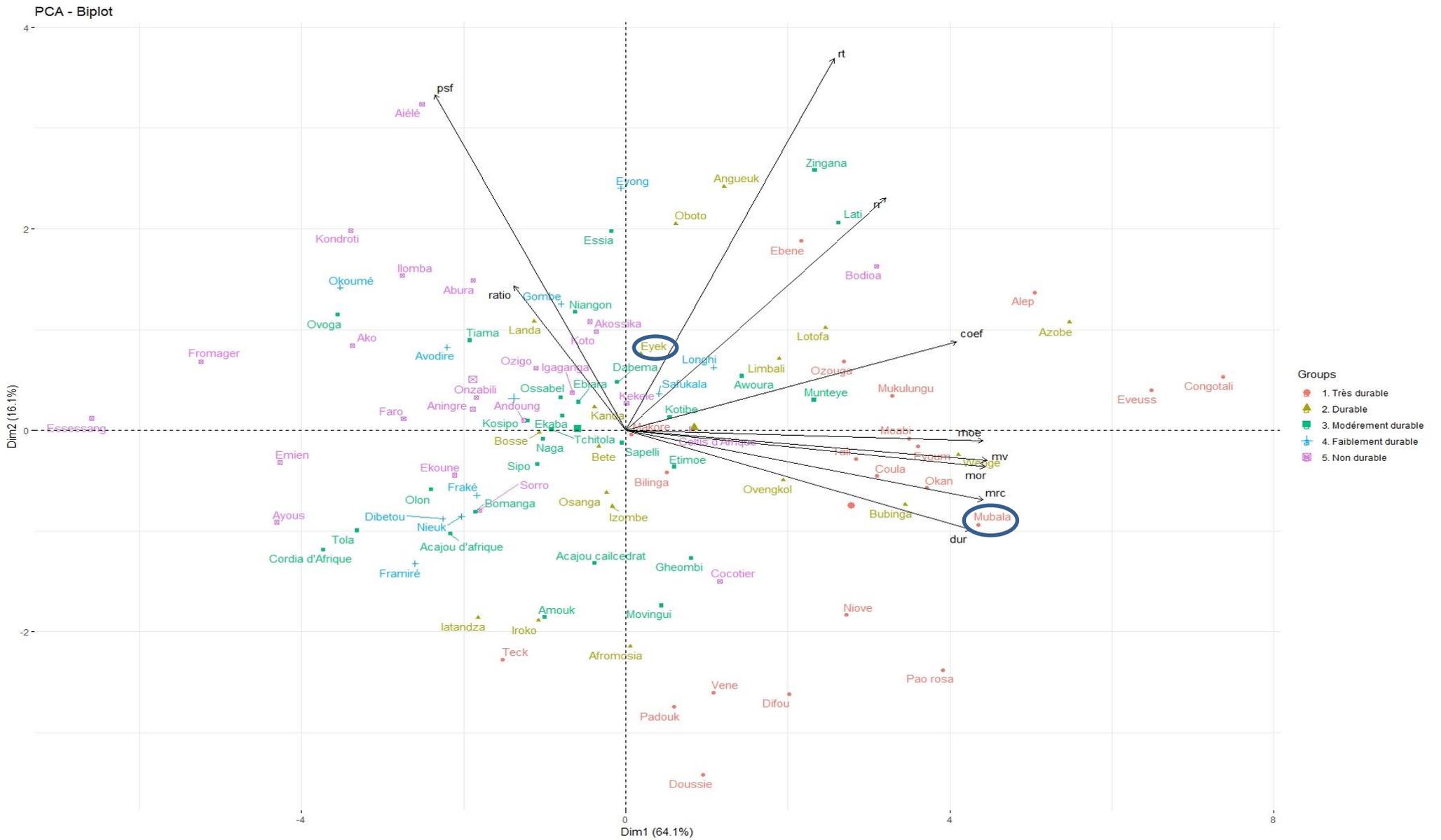


Figure 9 : Représentation graphique de la répartition des espèces selon les dimensions 1 et 2 de l'ACP. Les espèces sont groupées selon leur classe de durabilité naturelle face aux attaques de champignons basidiomycètes sur bois sec.

Le bois d'EyeK serait assez proche des espèces présentées dans le Tableau II et peut donc être soumis à des emplois similaires :

**Tableau II** : Utilisations habituelles des espèces dont le bois est similaire à celui de l'EyeK

Dabéma	Charpente lourde ; Fond de véhicules ou conteneur ; Parquet (lourd ou industriels) ; Lamellé-collé ; Intérieur de contreplaqué.
Safukala	Intérieur de contreplaqué ; Panneau latté ; Menuiserie intérieure ; Emballage-caisserie ; Ossature.
Kekele	Allumettes ; Meuble courant ; Ebénisterie ; Intérieur de contreplaqué ; Emballage-caisserie ; Ossature.
Eyong	Face ou contreface de contreplaqué ; Coffrage ; Menuiserie intérieure ; Parquet ; Placage tranché.
Koto	Placage tranché ; Menuiserie intérieure ; Meuble courant ; Panneau latté ; Ossature.

A noter que, sa durabilité étant supérieure, il pourrait convenir à des emplois soumis à des conditions d'humidité plus importante que les autres espèces. Cette espèce possède néanmoins le désavantage majeur de présenter des propriétés mécaniques moyennes voir faible pour une masse volumique élevée. Cette perte de résistance pourrait être due à la présence d'un fil ondulé qui change l'orientation des fibres du bois.

#### B. Le Mubala

- (i) Propriétés macroscopique et visuelle du bois et de la grume :
- Grume : Assez tortueuse, présentant parfois des galeries d'insectes, des fentes de cœur, de la déviation de fil et des noeuds ;
  - Aubier : Blanc-grisâtre distinct avec une largeur moyenne de 4.9 cm ;
  - Duramen : Brun foncé à brun orangé (figure 10) ;
  - Texture : Gros grain ;
  - Fil : Contrefil accusé de faible largeur ;
  - Aspect macroscopique de la section transversale (figure 11) :
    - Porosité diffuse ;
    - Vaisseaux de grandes dimensions visibles à l'œil nu (3-5 par mm<sup>2</sup>, isolés ou groupés généralement par 2 ou 3) ;
    - Parenchyme en manchon ou en losange autour des vaisseaux.
- (ii) Propriétés du bois et différence entre les compartiments :

Les propriétés du bois sont présentées dans le Tableau III. Les compartiments significativement différents entre eux se voient classer dans des groupes différents (a, b ou c). La lettre est mise en composant à côté de la valeur moyenne de chaque compartiment.



Figure 10 : Aspect d'une planche de mubala sur quartier

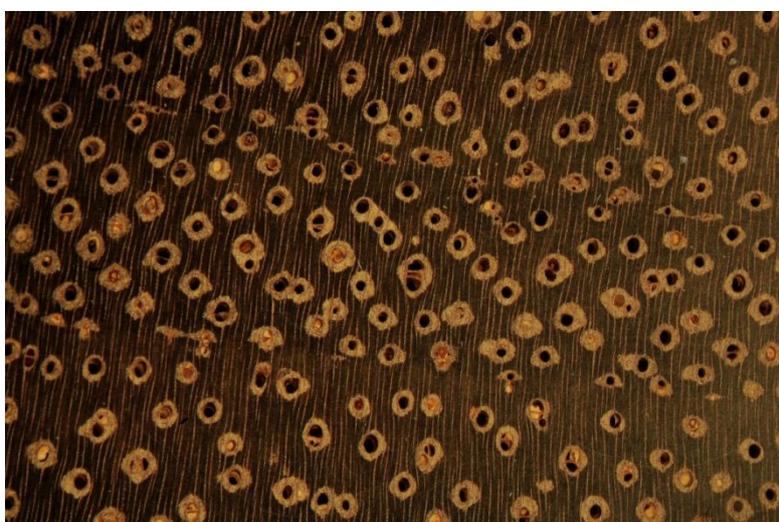


Figure 11 : Aspect macroscopique de la face transversale de mubala

Tableau III : Valeurs des propriétés physico-mécanique et de durabilité naturelle moyenne et selon les différents compartiments : aubier, duramen, bois de cœur

Propriétés	Moyenne	Humidité (%)	Aubier	Duramen	Bois de cœur
E (Mp)	<b>24.058 ± 2.490</b>	12	<b>23.091<sup>a</sup> ± 2.371</b>	<b>24.408<sup>a</sup> ± 2.397</b>	<b>23.438<sup>a</sup> ± 2.756</b>
$\sigma_f$ (Mp)	<b>140 ± 26</b>	15,5	<b>133<sup>ab</sup> ± 23</b>	<b>148,48<sup>a</sup> ± 21</b>	<b>119,79<sup>b</sup> ± 40</b>
K (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>0,58 ± 0,21</b>	12,9	<b>0,64<sup>ab</sup> ± 0,16</b>	<b>0,64<sup>a</sup> ± 0,15</b>	<b>0,41<sup>b</sup> ± 0,26</b>
$\sigma_c$ (Mp)	<b>87 ± 8</b>	12	<b>79<sup>b</sup> ± 10</b>	<b>88<sup>a</sup> ± 7</b>	<b>86<sup>ab</sup> ± 9</b>
N	<b>9 ± 1,7</b>	14,6	<b>8,4<sup>ab</sup> ± 2,1</b>	<b>9,5<sup>a</sup> ± 1,3</b>	<b>7,93<sup>b</sup> ± 2,1</b>
$\rho_{12}$ (kg/m <sup>3</sup> )	<b>997 ± 48</b>	12	<b>977<sup>ab</sup> ± 59</b>	<b>1008<sup>a</sup> ± 27</b>	<b>950<sup>b</sup> ± 57</b>
$\beta_{vol}$ (%)	<b>14,16 ± 0,8</b>	-	<b>14,59<sup>a</sup> ± 0,54</b>	<b>13,96<sup>a</sup> ± 0,8</b>	<b>14,47<sup>a</sup> ± 0,74</b>
$\beta_{linR}$ (%)	<b>4,63 ± 0,34</b>	-	-	-	-
$\beta_{linT}$ (%)	<b>8,47 ± 0,58</b>	-	-	-	-
$\beta_{linT} / \beta_{linR}$	<b>1,83</b>	-	-	-	-
PSF (%)	<b>20,4</b>	-	-	-	-
Vs (%/%)	<b>0,69</b>	-	-	-	-
$d_{Coriolus v.}$ (%)	<b>0,34 (médiane)</b>	15,4	-	-	-
$d_{Coniophora p.}$ (%)	<b>0 (médiane)</b>	15,4	-	-	-

Selon la figure 9, le Mubala peut être considéré comme un des bois les plus résistants aux contraintes mécaniques d’Afrique, juste après le Congotali, l’Eveuss, l’Azobé et l’Alep. Il se trouve néanmoins éloigné de ces derniers sur le graphique. C’est en partie dû à son point de saturation de la fibre très faible (20%) qui permet d’envisager la pose du bois vert pour des utilisations soumise à de fortes humidités. Les trois espèces les plus proches du Mubala ainsi que leurs utilisations habituelles sont présentées au tableau IV.

**Tableau IV** : Utilisations habituelles des espèces dont le bois est similaire à celui du Mubala

Wengue	Parquet ; Placage tranché ; Menuiserie intérieure ; Lambris ; Sculpture ; Ebénisterie.
Okan	Travaux hydrauliques ; Traverses ; Charpente lourde ; Sculpture ; Ponts ; Parquet ; Poteaux.
Bubinga	Ebénisterie ; Lambris ; Escaliers ; Meuble courants ; Sièges ; Traverses ; Fond de véhicules.

Le Mubala n’ayant pas de propriétés visuelles très intéressantes, il est raisonnable de penser qu’il s’inscrira plutôt dans le type d’utilisation de l’Okan.

#### Taux de réalisation et étapes ultérieures

Concernant l’Eyek et le Mubala, il convient de finaliser les tests d’imprégnation du bois par sulfate du cuivre afin d’évaluer la capacité du bois à être imprégné par des produits de préservation.

Par ailleurs, les résultats obtenus sur le Mubala étant prometteurs, il est nécessaire d’évaluer la durabilité de la production, dans cette optique, une étude de l’Accroissement Annuel Moyen (AAC) de l’espèce sera menée sur la base la méthode « *C<sup>14</sup> bomb peak* »

Les résultats obtenus sur ces deux espèces seront valorisés par deux articles :

- « Wood description of *Pachyelasma tessmannii* (Harms) Harms» pour le journal *Wood science and technology* (WST).
- « Faisabilité de la valorisation de *Pentaclethra macrophylla* Benth. : cas de la concession Pallisco, Est Cameroun » pour le journal *Bois et forêt des tropiques* (BFT).

Dans les mois à venir, les propriétés des deux espèces d’eyoum et d’eveuss seront étudiées.

Le taux de réalisation de l’activité peut être estimé à 40 %.

## Résultat 4 : Les contraintes techniques et commerciales liées à la valorisation de nouvelles espèces sont identifiées et résolues

### Activité 4.1. Identification des contraintes techniques dans les unités de transformation

#### Descriptif de l'activité

Cette activité vise à identifier et quantifier les contraintes liées à la transformation des espèces étudiées en scierie.

#### Résultats

Le principal frein à la valorisation des eyoum est leur effet désaffutant. Cependant, l'évolution des technologies de sciage pourrait éliminer ce frein. L'efficacité des lames de scies à ruban préparées au carbure de tungstène pour la première transformation a été testée. Elle a également permis d'évaluer la pertinence de différencier *Dialium angolense* de *Dialium lopense* lors des phases d'inventaire d'exploitation en comparant les différences de rendement matière pour ces deux espèces.

Les différentes étapes suivies ont été (figure 11) :

- Sciage réalisé sur une unité de 1<sup>ère</sup> transformation de bois composée de : 1 scie de tête à retournement sur laquelle a été placée la lame carbure, 1 déligneuse et 1 ébouteuse ;
- Dimension de sciage fixe de 53 x 155 x 3050 mm ;
- Préparation des courçons sur parc à 3200 mm de longueur ;
- Cubage sur aubier et sous aubier afin de calculer la largeur d'aubier et son impact sur le rendement.

Les résultats de rendement sont présentés dans le tableau V :

Tableau V : Paramètres mesurés sur parc et rendements

Espèce	Diamètre moyen courçons (cm)	Largeur moyenne d'aubier (cm)	Nombre de courçons	Volume sur parc (m <sup>3</sup> )	Volume sciage total (m <sup>3</sup> )	Rendement (%)
<i>Dialium lopense</i>	67,7	7,0	18	25,3	5	19,8
<i>Dialium angolense</i>	79,6	6,6	16	30	8,8	29,3

Le rendement sciage de *Dialium lopense* est prêt de 10% moins bon que *Dialium angolense* qui présente un rendement satisfaisant pour un contrat à largeur fixe. Les contrats à largeur fixe étant les plus contraignants, il est raisonnable de penser que le rendement sciage peut atteindre 35%, dans le cas de *Dialium angolense*, pour des contrats classiques.

La différence de rendement entre les deux espèces peut être expliquée d'une part, par une largeur d'aubier supérieure de *Dialium lopense*, et de l'autre, des diamètres moyens supérieurs pour *Dialium*

angolense. Si ces deux paramètres sont constants (aubier de *Dialium lopense* plus large et diamètre inférieur), il peut s'avérer nécessaire de différencier les deux espèces lors de l'inventaire forestier.



Figure 7 : Découpe d'un courçon de *Dialium lopense* avec la lame carbure

#### Taux de réalisation et étapes ultérieures

Dans les mois à venir, il conviendra de quantifier les contraintes liées à la transformation du mubala (tronc peu régulier, souvent creux) et du sorro (tronc souvent cannelé).

Le taux de réalisation de cette activité est de 40 % (deux essences étudiées sur cinq).

#### **Activité 4.2 : Mise en œuvre de solutions techniques**

##### Descriptif de l'activité

Après avoir identifié les contraintes liées à la valorisation, il convient de proposer des solutions techniques.

##### Résultats

L'efficacité de l'alliage au carbure de tungstène a pu être démontrée lors du sciage de l'eyoum. Le constat est effectivement sans appel, là où une lame classique ne permettait pas de scier plus d'un courçon, la lame au carbure a permis de scier les 55,3 m<sup>3</sup> sans interruption. Cette technologie est sans nul doute la solution à la valorisation industrielle du bois d'Omvong.

#### Taux de réalisation et étapes ultérieures

Cette activité étant étroitement liée à la précédente, le taux de réalisation est également de 40 %.

### **Activité 4.3. Actions de promotion**

#### Descriptif de l'activité

Après avoir identifié des usages intéressants et économiquement rentables, il convient de vulgariser les résultats et de promouvoir les essences ou les usages nouveaux.

#### Résultat

Cette activité devant se dérouler en fin de projet, elle n'a pas encore débuté.

#### Taux de réalisation

Le taux est de 0 %.



## 4. Activités prévues pour la 2ème période

---

Les activités prévues pour le second semestre sont synthétisées ci-après.

### **Activité 2.2 : Analyse de la composition chimique**

2.2.1 : Rédaction d'une monographie des espèces cibles

Rédaction d'un article de synthèse des connaissances sur les *Dialium* et soumission à la revue *Biosphère Agriculture Société et Environnement* (BASE)

2.2.2 : Criblage phytochimique des extraits de *Dialium lopense*, *Dialium angolense*, *Klainedoxa gabonensis*

Criblage phytochimique des extraits de *Dialium lopense* (Omvong), *Dialium angolense* (Omvong) et *Klainedoxa gabonensis* (Eveuss) dans le but de mettre en évidence les grands groupes chimiques constituants des extraits en suivant les étapes suivantes :

- Préparation des échantillons et broyage pour l'extraction ;
- Extraction des différents compartiments;
- Réalisation du criblage phytochimique ;
- Rédaction d'un article scientifique.

### **Activité 2.4 : Etude des propriétés des molécules (fonctionnalisation)**

Etude de l'activité anti-oxydante des extraits de *Dialium lopense* (Omvong), *Dialium angolense* (Omvong) et *Klainedoxa gabonensis* (Eveuss) et quantification de l'effet de la hauteur de prélèvement des différents compartiments sur l'activité étudiée. Les différentes étapes seront :

- Préparation des échantillons et broyage pour l'extraction ;
- Extraction des différents compartiments ;
- Réalisation du test de l'activité anti-oxydante selon la méthode de Folin Ciocalteu ;
- Préparation d'un article.

### **Activité 3.1 : Découpe et transport de plateaux**

Importation des échantillons de bois d'Omvong et d'Eveuss pour la réalisation des tests.

### **Activité 3.2 et 3.3 : Etude des propriétés physico-mécaniques et de durabilité naturelle**

3.2.1 : Evaluation des potentialités de valorisation du bois d'eyek

- Finalisation du test d'imprégnation du bois par sulfate du cuivre afin d'évaluer la capacité du bois à être imprégné par des produits de préservation ;
- Rédaction d'un article scientifique : « Wood description of *Pachyelasma tessmannii* (Harms) Harms» pour le journal *Wood science and technology* (WST).

### 3.2.2 : Evaluation des potentialités de valorisation du bois de *Pentaclethra macrophylla*

- Finalisation du test d'imprégnation du bois par sulfate de cuivre afin d'évaluer la capacité du bois à être imprégné par des produits de préservation ;
- Etude de l'Accroissement Annuel Moyen (AAC) de l'espèce sur la base la méthode «  $C^{14}$  bomb peak » ;
- Rédaction d'un article scientifique : « Faisabilité de la valorisation de *Pentaclethra macrophylla* Benth. : cas de la concession Pallisco, Est Cameroun » pour le journal *Bois et forêt des tropiques* (BFT).

## 5. Conclusion

---

Globalement, la première période, présente une bonne progression.

Le premier résultat est quasiment atteint, cependant sa progression se verra entravée durant les prochaines périodes car l'activité 1.2 est dépendante des résultats du dispositif de suivi de la dynamique forestière (P3FAC). Les données ne seront pas disponibles avant la 8<sup>ème</sup> et dernière période du projet.

Le second résultat affiche une progression d'environ 35 % notamment grâce à la finalisation de l'activité 2.1. Ce résultat fera l'objet de la plupart des activités prévues pour les 6 prochains mois. Une nette progression devrait donc être enregistrée dans les rapports de la 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> période. Notamment au niveau de l'activité 2.4 qui va largement être abordée.

Le troisième résultat affiche une bonne progression également. Cette progression est notamment due à la réalisation préalable des tests physico-mécaniques et de durabilité naturelle de *Pachyasma tessmannii* et *Pentaclethra macrophylla*. L'évolution des activités de ce résultat dépend en grande partie de la durée d'acheminement des échantillons de bois prélevés à l'activité 3.1.1 et du séchage des échantillons. C'est pourquoi une progression concernant ce résultat devrait être observée dans les rapports de la 5<sup>ème</sup> et de la 6<sup>ème</sup> période.

Le quatrième résultat est celui qui à le moins été abordé durant le début de ce projet. L'avancement des activités dépendant majoritairement de l'attente des utilisateurs de la filière bois, il n'est actuellement pas possible de prévoir la tendance de progression de ce résultat. Les activités le concernant seront réparties sur les 7 périodes restantes.