

# Wood species Eye 1 à 4

## Développement d'un automate de reconnaissance d'essences à destination de la menuiserie

### Rapport final Xylorix Inspector

Du 18 Novembre 2021

**Siège social**  
10, rue Galilée  
77420 Champs-sur-Marne  
Tél +33 (0)1 72 84 97 84  
[www.fcba.fr](http://www.fcba.fr)

Siret 775 680 903 00132  
APE 7219Z  
Code TVA CEE : FR 14 775 680 903

**Institut technologique FCBA :**  
Forêt, Cellulose, Bois – Construction,  
Ameublement

**Didier Reuling<sup>(1)</sup> – Nathalie Passedat<sup>(2)</sup>**

**Comité de pilotage du projet :**

**David Amadon ; Sabine Boury ; Baptiste de Sutter  
Olivier Hugon-Nicolas ; Amine Lahouar; Gilles Marmoret  
Rodolphe Maufont; Ludivine Menez ; Adrien Parquier  
Clement Quineau ; Marc Sigrist; Stanislas Stachura**

**Partenaires**

**Avec le soutien**



# SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>Contexte.....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Objectifs.....</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Rappel sur le matériel de vision XYLOTRON .....</b>	<b>6</b>
	3.1 Le projet Xylotron .....	6
	3.2 Collaboration avec FPL .....	6
<b>4.</b>	<b>Description du matériel de vision Xylorix.....</b>	<b>6</b>
	4.1 Le matériel .....	6
	4.2 Le principe de fonctionnement.....	7
	4.3 Le coût d'achat .....	9
<b>5.</b>	<b>Méthode d'identification de l'automate .....</b>	<b>9</b>
	5.1 Classification générale des textures .....	9
	5.2 Prise en compte de l'orientation de la photographie .....	10
	5.3 Méthode d'identification de l'automate : La vérification .....	11
	5.4 Méthode d'identification de l'automate : Finalisation .....	11
<b>6.</b>	<b>Constitution des modèles Xylorix Inspector .....</b>	<b>11</b>
	6.1 Les échantillons de bois utilisés.....	11
	6.2 Les photographies.....	12
	6.3 Les essences anatomiquement proches.....	13
	6.4 Evaluation des modèles de reconnaissance .....	14
	6.4.1 Résultat du modèle chêne européen.....	17
	6.4.2 Résultat du modèle Bosse.....	17
	6.4.3 Résultat du modèle Sipo.....	18
	6.4.4 Résultat du modèle Sapelli .....	19
	6.4.5 Résultat du modèle Douglas .....	20
	6.4.6 Résultat du modèle Mélèze .....	21
	6.4.7 Résultat du modèle Pin.....	22
	6.4.8 Résultat du modèle Epicéa.....	23
	6.4.9 Résultat du modèle Sapin.....	24
	6.4.10 Conclusion de l'analyse statistique : .....	24
<b>7.</b>	<b>Mode opératoire .....</b>	<b>25</b>
	7.1 Installation de l'application Xylorix Inspector.....	25
	7.1.1 1ere Connexion à Xylorix Inspector : .....	25
	7.1.2 Première utilisation : .....	25
	7.2 Installation de l'objectif macroscopique x24 .....	25
	7.3 Installation de l'application PocketWood.....	26
<b>8.</b>	<b>Suivi technique – Analyse des tests entreprises .....</b>	<b>26</b>
	8.1 Mise à disposition du matériel .....	26
	8.2 Les bêta-testeurs.....	26

8.3	Les téléphones utilisés .....	27
8.4	Objectifs du beta-testing .....	27
8.5	L'analyse des photos des bêta-testeurs.....	27
8.5.1	Retours sur les images ne pouvant être analysés correctement par les modèles .....	28
8.5.2	Focus sur les images chêne reçues et analysées.....	29
8.5.3	Focus sur les images bossé reçues et analysées.....	29
8.5.4	Focus sur les images Sipo et Sapelli reçues et analysées .....	30
8.5.5	Focus sur les images des résineux reçues et analysées .....	31
8.6	Bilan des retours d'expériences des bêta-testeurs .....	31
8.6.1	Performances des modèles .....	31
8.6.2	Les améliorations proposées.....	31
8.6.3	Seuils de validation du résultat par modèles .....	32
8.6.4	Préparation de l'échantillon avant prise de photo .....	32
8.6.5	Adéquation poste et application .....	32
8.6.6	Conditions limite d'utilisation .....	33
8.6.7	Utilisation de l'objectif macroscopique.....	33
8.7	Protocole d'utilisation retenu suite aux bêta-tests .....	33
8.7.1	Calibration avec échantillon(s) de référence .....	33
8.7.2	Exploitation du résultat du test de validation .....	34
8.7.3	Réalisation de l'identification de l'échantillon à tester .....	34
<b>9.</b>	<b>Offre commerciale Agritix (plateforme Xylorix).....</b>	<b>34</b>
9.1	Le service de conception des modèles Xylorix (MBS) .....	34
9.2	Le service d'hébergement de modèles Xylorix (MHSS) .....	34
9.2.1	Principe .....	34
9.2.2	Le coût .....	35
9.3	Le service de partage de modèles Xylorix (MSS) .....	35
9.3.1	Principe .....	35
9.3.2	Le coût .....	35
<b>10.</b>	<b>Enquêtes et actions de communications .....</b>	<b>36</b>
10.1	Enquête (Juin 2020) et document technico-commercial .....	36
10.2	Webinaire et sondage (Juin 2021).....	38
10.3	Salon ARTIBAT .....	39
<b>11.</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>40</b>
<b>12.</b>	<b>Perspectives .....</b>	<b>40</b>
	<b>Annexe 1 : Exemples de Smartphones utilisables.....</b>	<b>42</b>
	<b>Annexe 2 : fiche anatomique Quercus spp. (Chêne blanc) .....</b>	<b>43</b>
	<b>Annexe 3 : fiche anatomique Guarea spp (Bossé).....</b>	<b>45</b>
	<b>Annexe 4 : fiche anatomique Entandrophragma cylindricum (Sapelli) .....</b>	<b>47</b>
	<b>Annexe 5 : fiche anatomique Entandrophragma utile (Sipo) .....</b>	<b>49</b>
	<b>Annexe 6 : fiche anatomique Picea abies (Epicéa commun) .....</b>	<b>51</b>
	<b>Annexe 7 : fiche anatomique Abies alba (Sapin blanc) .....</b>	<b>52</b>
	<b>Annexe 8 : fiche anatomique Larix decidua (Mélèze d'Europe) .....</b>	<b>53</b>
	<b>Annexe 9 : fiche anatomique Pinus sylvestris (Pin sylvestre) .....</b>	<b>54</b>

<b>Annexe 10 : fiche anatomique Pinus nigra var austriaca (Pin noir d’Autriche), Pinus nigra subsp. Laricio (Pin noir laricio) .....</b>	<b>55</b>
<b>Annexe 11 : fiche anatomique Pseudotsuga menziesii (Mirb. Franco).....</b>	<b>56</b>
<b>Annexe 12 : Présentation de l’application Xylorix Inspector .....</b>	<b>57</b>
<b>Annexe 13 : Document technique commercial (version française) .....</b>	<b>58</b>
<b>Annexe 14 : Présentation du manuel d’utilisation .....</b>	<b>59</b>
<b>Annexe 15 : Présentation de l’objectif macroscopique .....</b>	<b>62</b>
<b>Annexe 16 : Questions de l’enquête réalisée en juin 2020 .....</b>	<b>64</b>
<b>Annexe 17 : Résultats sondages de juin 2021.....</b>	<b>65</b>
<b>Annexe 18 : Xylorix Inspector Nouveauté ARTIBAT 2021 .....</b>	<b>67</b>
<b>Annexe 19 : Xylorix Inspector à travers le monde .....</b>	<b>68</b>

## Table des illustrations

Figure 1 : Rétrospective des faits marquants du projet.....	5
Figure 2 : Samsung galaxy S9 avec macro objectif et application Xylorix.....	7
Figure 3 : Représentation des différentes images constituant le réseau de convolution .....	8
Figure 4 : Conceptualisation du réseau de neurones Xylorix à trois couches .....	10
Figure 5 : Illustration des images analysées par les filtres de Gabor .....	10
Figure 6: Nombre d’échantillons bois et de photos utilisés pour la constitution des modèles ....	12
Figure 7: Qu’est-ce qu’une courbe ROC ?.....	16
Figure 8 : Ecran Xylorix Inspector des choix des modèles.....	25
Figure 9 : Matériels mis à disposition pour chaque bêta-testeur .....	26
Figure 10 : Exemple extrait de la plateforme xylorix toolkit : .....	28
Figure 11 : Exemples d’erreurs sur les premières photos de Chêne effectuées .....	28
Figure 12 : Exemples de photos de Chêne non analysables .....	29
Figure 13 : Exemples de photos de Bossé analysables ou pas .....	29
Figure 14 : Exemples de photos de Sipo et Sapelli analysables ou pas .....	30
Figure 15 : Exemples de photos de résineux analysables ou pas.....	31
Figure 16 : Illustration des étapes d’identification .....	33
Figure 17 : Positionnement du téléphone et objectif macroscopique pour la prise de photos ..	34
Figure 18 : Schéma du modèle économique proposé par Agritix.....	36
Figure 19 : Question posée : quelles seraient les essences de bois que vous voudriez identifier rapidement et automatiquement ? .....	37
Figure 20 : Projection du prix de l’abonnement en fonction de l’enquête .....	38
Figure 21 : Communication autour d’ARTIBAT .....	39
Figure 22 : Présence de Xylorix Inspector au salon ARTIBAT .....	39
Figure 23 : Coupe transversale du Quercus spp. (Chêne européen) grossissement x24 (image Xylorix).....	43
Figure 24 : Coupe transversale du Guarea cedrata (Bossé clair) grossissement x24 (image Xylorix).....	45
Figure 25 : Coupe transversale du Entandrophragma cylindricum (Sapelli) grossissement x24 (image Xylorix) .....	47
Figure 26 : Coupe transversale du Entandrophragma utile (Sipo) grossissement x24 (image Xylorix).....	49
Figure 27 : Coupe transversale de Picea abies (Epicéa commun) grossissement x24 (image Xylorix).....	51

Figure 28 : Coupe transversale de <i>Abies alba</i> (Sapin blanc) grossissement x24 (image Xylorix)	52
Figure 29 : Coupe transversale de <i>Larix decidua</i> (Mélèze d'Europe) grossissement x24 (image Xylorix)	53
Figure 30 : Coupe transversale du <i>Pinus spp</i> (Pins) grossissement x24 (image Xylorix)	54
Figure 31 : Coupe transversale de <i>Pinus spp</i> (Pins) grossissement x24 (image Xylorix)	55
Figure 32 : Coupe transversale du <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Douglas vert) grossissement x24 (image Xylorix)	56

## Table des tableaux

Tableau 1 : Prix d'achat de l'appareillage	9
Tableau 2 : Nombre de photos d'apprentissage pour les essences modélisés	13
Tableau 3 : Essences proches des deux Chênes européens	13
Tableau 4 : Essences proches du Sipo, Sapelli et Bossé	13
Tableau 5 : Essences proches des essences résineuses	14
Tableau 6 : Base de données ayant servi à tester les modèles	15
Tableau 7 : Matrice de confusion utilisée pour courbe ROC	16
Tableau 8 : Evaluation des modèles d'après l'analyse statistique	24
Tableau 9 : Typologie des bêta-testeurs	27
Tableau 10 : Smartphones utilisés durant le beta-testing	27
Tableau 11 : Seuils de validation des modèles feuillus développés	32
Tableau 12 : Coût du service MHSS en fonction du nombre de modèles	35
Tableau 13 : Question posée : Est-ce qu'un outil rapide et automatisé vous serait utile pour vérifier les essences ?	37
Tableau 14 : quel format de souscription ?	37
Tableau 15 : Quel prix seriez-vous prêt à mettre ? (sur la base d'un abonnement annuel en précisant le nombre d'essences qui vous intéressent)	38

## 1. Contexte

Suite à l'exigence grandissante de la déclaration d'essences et de leurs origines, renforcée par l'entrée en vigueur du Règlement sur le Bois de l'Union Européenne (RBUE / FLEGT– Mars 2013) les professionnels du bois, en particulier ceux de la menuiserie ont besoin de pouvoir afficher et prouver la provenance de leurs bois, qu'ils soient français ou exotiques.

Cette reconnaissance ou identification d'essences est restée pendant très longtemps une affaire de spécialistes puisqu'elle nécessitait en parallèle la construction d'un référentiel sur la base d'une nomenclature botanique pour intégrer des essences au fur et à mesure de leur découverte. Aujourd'hui, bien que ce référentiel soit toujours en évolution, plusieurs techniques se développent autour de la reconnaissance d'essences, accessibles aux non spécialistes et transférables en entreprises.

A la demande des membres de la commission bois du CODIFAB et plus particulièrement du secteur menuiserie, FCBA a recensé l'ensemble des techniques existantes de reconnaissance d'essence par une veille bibliographique à l'échelle mondiale en 2016.

Suite à cette première étape, le projet Wood species Eye a été initié dans le but d'évaluer deux automates de vision (Xylorix Inspector, Xylotron) capables d'être utilisés dans le secteur Menuiserie.

## 2. Objectifs

Le volet 4 du projet Wood Species Eye se propose sur l'automate de vision identifiant les essences de :

- Déterminer l'efficacité du matériel de reconnaissance d'essence à la fin du développement des algorithmes sur quatre essences utilisées en menuiserie
- Organiser et analyser les tests effectués en entreprises parmi un panel de volontaires beta testeurs
- Proposer un modèle économique pour le développement de l'utilisation professionnelle de ce matériel en France



Figure 1 : Rétrospective des faits marquants du projet

## 3. Rappel sur le matériel de vision XYLOTRON

### 3.1 Le projet Xylotron

Le Forest Products Laboratory (FPL), laboratoire de recherche du Service des forêts américaines travaille sur le territoire national et à l'international pour fournir des outils de lutte contre l'exploitation forestière illégale et le commerce associé. Un prototype de système d'identification automatisé du bois basé sur la vision artificielle (Xylotron) a été mis au point pour permettre aux non-spécialistes d'identifier les bois inconnus. Ce projet se veut un projet collaboratif international en vue de développer la base d'essences reconnaissables par le système. Des prototypes de XyloTron sont utilisés pour la validation du concept dans des laboratoires aux États-Unis, au Brésil, en Allemagne, en Angleterre et en Chine et aujourd'hui en France. Il a été testé sur le terrain dans le port de la Nouvelle-Orléans en 2013. Des améliorations sont apportées en continu au système grâce à son utilisation à travers le monde.

### 3.2 Collaboration avec FPL

Après de nombreuses relances pour obtenir des modèles de reconnaissance d'essences capable d'être évalués après l'envoi d'une base photographique comprenant les photos de Bossé, Sipo, Sapelli et Chêne et de mise à jour infructueuse sur le matériel fourni, le comité de pilotage a décidé d'arrêter la collaboration initiée avec FPL (courant 2018) afin de ne pas retarder plus longtemps le déroulement de ce projet. Nous n'avons donc pas pu évaluer ce matériel et le comparer à celui d'Agritix.

## 4. Description du matériel de vision Xylorix

La Société Agritix Sdn Bhd division Xylorix est une société d'analyse spécialisée dans le développement d'applications mobiles pour le suivi et la gestion des plantations de palmier à huile industriel en Malaisie. La proximité avec le milieu de la forêt et du bois leur a permis de développer une division (Xylorix) spécialisée dans le développement d'une application mobile d'aide à la reconnaissance d'essences. La division est basée à Kuala Lumpur et est dirigée par le Docteur Yong Haur TAY issu de l'Université Technologique de Kuala Lumpur.

### 4.1 Le matériel

Le système d'identification macroscopique du bois proposé par cette société malaisienne utilise la méthode de vision artificielle avec un smartphone standard et un macro-objectif adaptable (grossissement x24). Le smartphone équipé d'une caméra avec un macro-objectif et d'une connectivité Internet permet une acquisition numérique simple d'une image macroscopique sur une coupe transversale de bois. L'image obtenue est immédiatement diffusée sur un serveur cloud via la connexion Internet pour identification. La reconnaissance prend quelques secondes, temps qui peut dépendre de la qualité de la connexion internet.

Après un premier développement uniquement sur le système d'exploitation IOS 10.3 et l'utilisation d'un modèle unique de smartphone (iPhone 6S) la société Xylorix a décidé de travailler sur tous les systèmes d'exploitation IOS ou Android et d'ouvrir son application à tous les types de smartphones ayant une qualité d'optique suffisante (voir liste des téléphones compatibles en annexe 1).

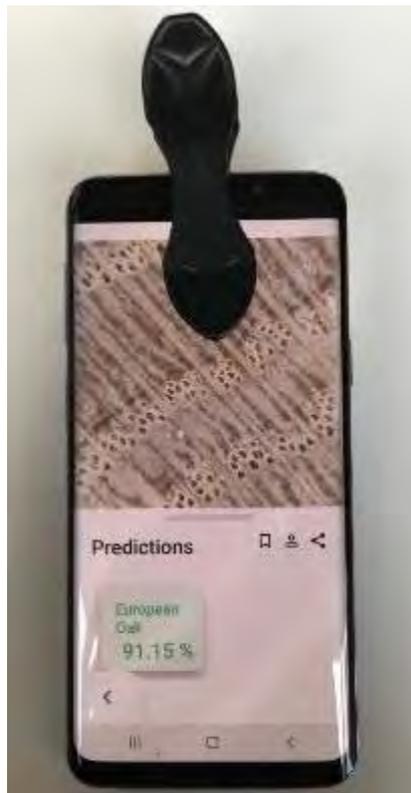


Figure 2 : Samsung galaxy S9 avec macro objectif et application Xylorix

## 4.2 Le principe de fonctionnement

L'idée principale du système est un modèle d'intelligence artificielle formé à partir d'une machine à capacité d'apprentissage correspondant à la précision du niveau humain qui utilise la vitesse et la puissance de l'informatique pour constituer un réseau d'éléments statistiques (réseau de neurones) conduisant à l'identification d'une essence de bois. L'ensemble de ce système est appelé Deep learning.

Un algorithme d'apprentissage automatique par essence à identifier a été développé pour apprendre à partir d'une base de photographies d'échantillons de bois macroscopiques étiquetés et vérifiés par des professionnels à reconnaître une essence à partir de sa texture. Pour pouvoir identifier l'essence sur les photos, l'algorithme doit être en mesure de voir la structure anatomique de l'essence de bois de manière précise.

A partir de cette texture, différentes transformations non linéaires sont calculées constituant le réseau de neurones convolutifs.

Les images brutes de la structure macroscopique du bois sont filtrées, rectifiées et mises en commun pour créer un ensemble d'images rétrécies et filtrées par caractéristiques visibles dans chaque image. Celles-ci peuvent ainsi être filtrées et rétrécies encore et encore. A chaque fois, les caractéristiques deviennent plus grandes et plus complexes, et les images deviennent plus compactes. Cela permet aux couches inférieures de représenter des aspects simples de l'image, tels que les bords et points lumineux. Les couches supérieures quant à elles représentent des aspects beaucoup plus complexes de l'image, tels que des formes et des motifs (patterns). Ceux-ci ont tendance à être facilement reconnaissables.

Ainsi dans le réseau de neurones convolutifs entraîné à reconnaître les essences, les couches supérieures représentent des motifs ou patterns qui s'identifient clairement au plan cellulaire d'une coupe transversale d'une essence de bois et les couches inférieures représentent des successions de forme très dépendantes de l'organisation cellulaire du bois à identifier.

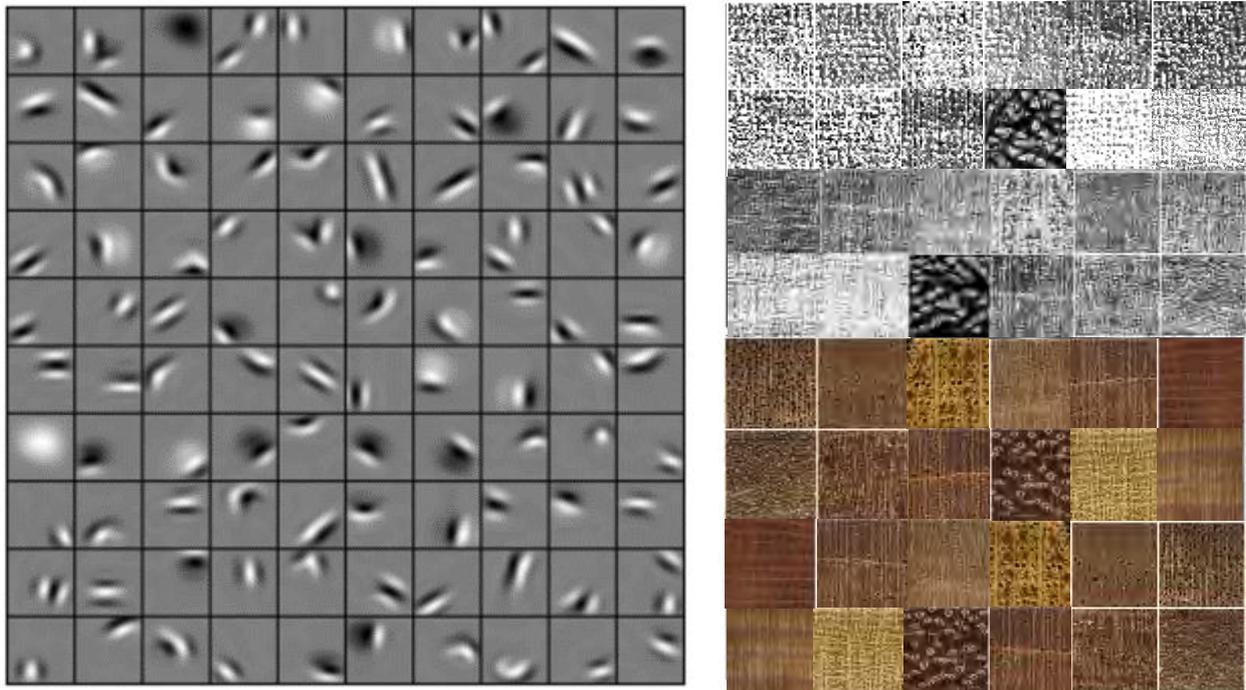


Figure 3 : Représentation des différentes images constituant le réseau de convolution

Les neurones artificiels assignent ensuite un poids aux différents éléments calculés. La couche finale de neurones va alors rassembler les différentes informations pour déduire s'il s'agit ou non de l'essence apprise. Afin d'y parvenir, le réseau de neurones doit être entraîné.

Ainsi, il est nécessaire de compiler un ensemble d'images d'entraînement conséquent et certifiées. Cet ensemble va regrouper un ensemble de photos de l'essence à reconnaître. Chaque image est convertie en données et transféré sur le réseau.

Le réseau de neurones nécessite une phase de vérification qui consiste à comparer ses réponses aux bonnes réponses indiquées par les humains. Si les réponses correspondent, le réseau garde cette réussite en mémoire et s'en servira plus tard pour reconnaître l'essence. Dans le cas contraire, le réseau prend note de son erreur et ajuste le poids placé sur les différents neurones pour corriger son erreur. Le processus est répété des milliers de fois jusqu'à ce que le réseau soit capable de reconnaître l'essence sur une photo :

- Le modèle de reconnaissance de l'essence est constitué.
- Cette technique d'apprentissage est appelée apprentissage supervisé ou «supervised learning».

Il y a trois composantes principales dans le système développé par Xylorix :

- Un algorithme d'apprentissage basé sur un grand nombre de photographies pour une essence qui conduit à créer un modèle d'identification essence (Xylorix Harvester),
- Un algorithme de vérification effectué à partir d'échantillons de bois de l'essence n'ayant pas servi lors de l'apprentissage (Xylorix verifier),
- Un module de test effectué à partir d'échantillons de bois toutes essences pour vérifier le modèle de l'essence développé (Xylorix insider)
- Un module de reconnaissance d'essences composé des différents modèles développés (Xylorix Inspector).

### 4.3 Le coût d'achat

Le prix du matériel :

Matériel	Prix d'achat (TTC)
Smartphone	De 600 à 900 euros
Macro objectif	40 à 80 euros

Tableau 1 : Prix d'achat de l'appareillage

## 5. Méthode d'identification de l'automate

### 5.1 Classification générale des textures

La méthode d'identification des essences est basée sur la classification générale des textures, appelée matrice de cooccurrence des niveaux de gris (GLCM= Grey Level Cooccurrence Matrix). La GLCM est une matrice qui indique, dans une image, le nombre d'apparitions de couples de pixels ayant des niveaux de gris (i, j) selon une direction et un déplacement donné (d = (dx, dy)). Des attributs calculés sur la GLCM permettent de caractériser la régularité, la répétitivité et le contraste des textures.

Le GLCM est calculé comme suit :

Tout d'abord, une image de texture originale D est re-quantifiée en une image G avec un nombre réduit de niveaux de gris, Ng. Une valeur typique de Ng est 16 ou 32. Ensuite, GLCM est calculé à partir de G en balayant l'intensité de chaque pixel et de son voisin, définis par le déplacement d et l'angle  $\theta$ . Un déplacement d prendra une valeur de type 1,2,3, ... n alors que l'angle  $\theta$  est limité à 0, 45, 90 et 135.

Le GLCM P (i, j ; d,  $\theta$ ) est une fonction de densité de probabilité de paires de niveaux de gris dans l'image pour chaque élément de la matrice de cooccurrence en divisant chaque élément par Ng. Enfin, les caractéristiques secondaires scalaires qui seront calculées pour reconnaître l'essence sont extraites des quatre matrices de cooccurrence suivant les angles.

Les caractéristiques secondaires utilisées sont :

$$1 - \text{Energie} : \sum_{i,j} P(i, j)^2$$

Aussi appelé second moment angulaire et qui mesure l'uniformité de la texture

$$2 - \text{Entropie} : - \sum_{i,j} P(i, j) \log P(i, j)$$

Mesure le caractère aléatoire de l'intensité dans l'image

$$3 - \text{Inertie} : \sum_{i,j} (i - j)^2 P(i, j)$$

Représente le contraste d'intensité entre un pixel et son voisinage

$$4 - \text{Corrélation} : - \sum_{i,j} \frac{(i - \mu)(j - \mu)}{\sigma^2} P(i, j)$$

Mesure la corrélation entre un pixel et son voisinage

$$5 - \text{Homogénéité} : \sum_{i,j} \frac{1}{1 + (i - j)^2} P(i, j)$$

Représente l'homogénéité de la texture localement (aussi appelé Moment de différence inverse)

$$\text{ou } \mu = \mu_x = \mu_y = \sum_i i \sum_j P(i, j) = \sum_j j \sum_i P(i, j)$$

$$\text{et } \sigma = \sqrt{\sum_i (i - \mu_x)^2 \sum_j P(i, j) + \sum_j (j - \mu_y)^2 \sum_i P(i, j)}$$

Toutes ces caractéristiques sont ensuite utilisées en tant qu'entrées dans le classificateur de réseau neuronal.

Le réseau de neurones consiste à relier toutes les entrées avec trois couches de neurones au sein desquelles une information circule de la couche d'entrée vers la couche de sortie uniquement. Le poids de nœud (ou synapse) des différentes couches est choisi aléatoirement.

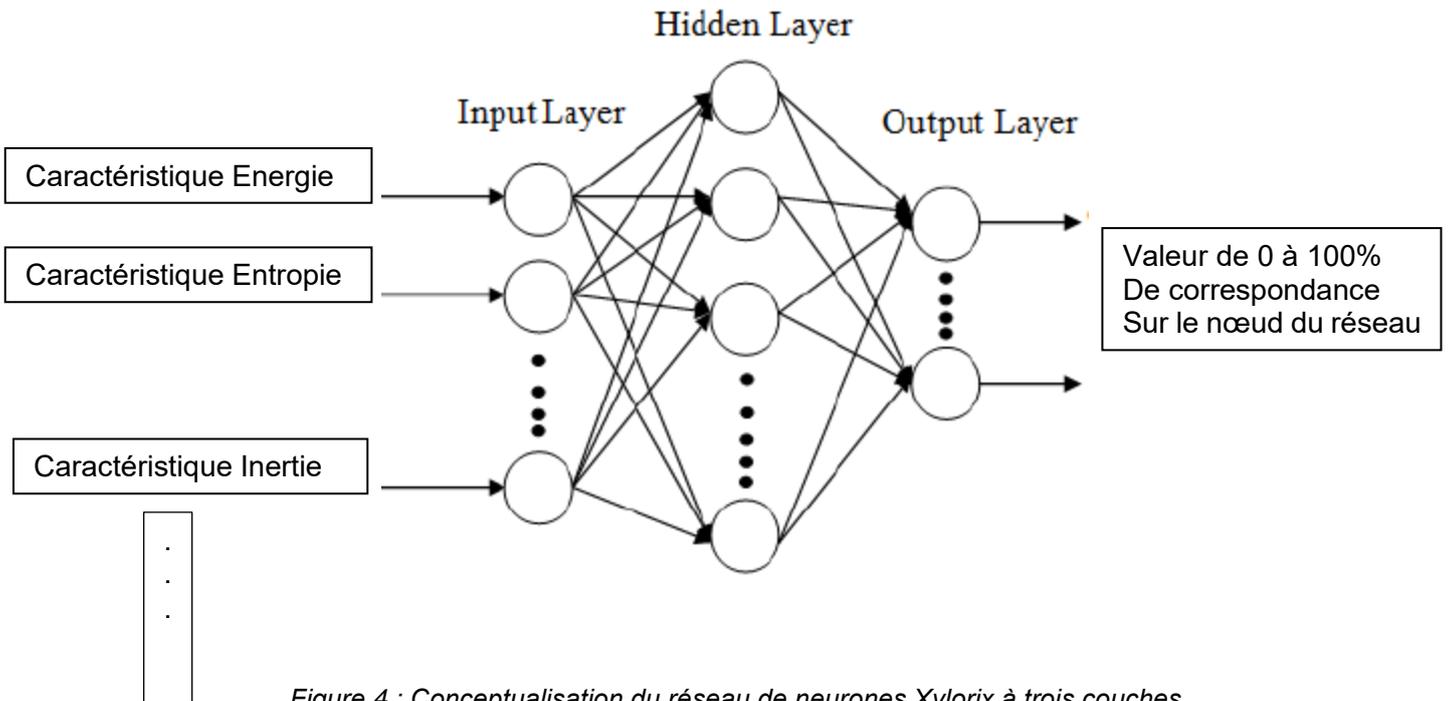


Figure 4 : Conceptualisation du réseau de neurones Xylorix à trois couches

## 5.2 Prise en compte de l'orientation de la photographie

L'image du bois peut être prise dans un sens aléatoire par rapport à l'orientation du plan de croissance de l'arbre. Afin de faire abstraction de l'orientation de la photographie, les fonctionnalités GLCM sont combinées aux filtres de Gabor. Ces filtres de Gabor ont pour objectif d'analyser la fréquence des différentes structures lumineuses dans un angle donné.

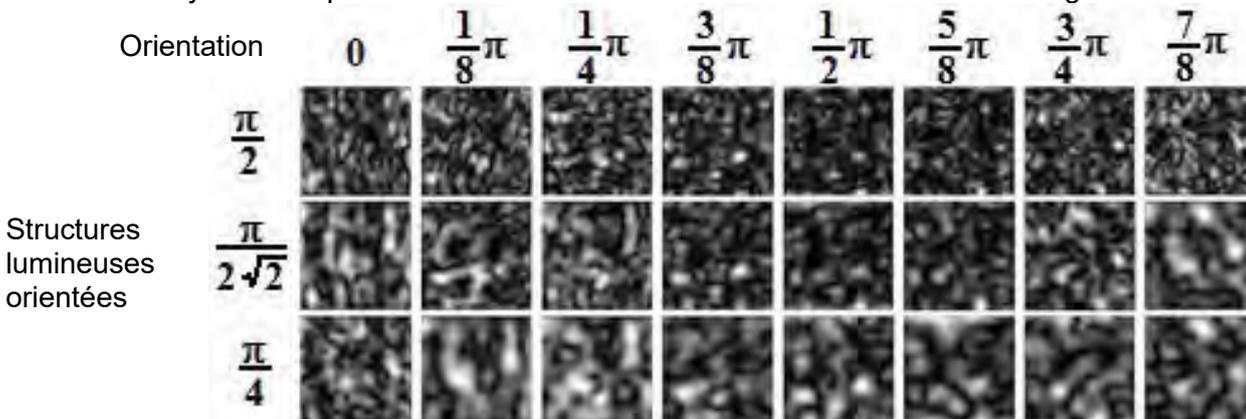


Figure 5 : Illustration des images analysées par les filtres de Gabor

### 5.3 Méthode d'identification de l'automate : La vérification

Une fois l'apprentissage du modèle effectué, une phase de vérification de celui-ci est réalisée sur un petit nombre d'échantillons n'ayant pas servi à l'apprentissage. Le but est de définir une distance seuil qui déterminera si l'échantillon appartient bien à l'essence modélisée. Dans ces échantillons, il est recommandé d'utiliser des échantillons correspondant au modèle que l'on veut mettre en place mais aussi des échantillons de bois qui sont proches anatomiquement.

Sur ces échantillons, la caractéristique secondaire de l'énergie est calculée en tant que distance entre les échantillons de bois ayant servi lors de l'apprentissage :

$$E'(x, y) = \sum_{i=1}^n (f'_x(i) - f'_y(i))^2$$

Une valeur de seuil est calculée pour l'essence modélisée :

$$T(x) = \mu_x(E'_x) - \frac{1}{2} \sigma_x(E'_x)$$

La valeur de l'énergie de l'échantillon qui est retenue correspond à l'énergie minimale obtenue pour les huit directions :

$$E = \sum_{i=1}^n \min_{\theta=0^\circ, \dots, 360^\circ} (f'_x(i) - f_{\theta}(i))^2$$

### 5.4 Méthode d'identification de l'automate : Finalisation

Si l'ensemble des échantillons utilisés durant la phase de vérification donnent les résultats attendus, le modèle peut être considéré comme abouti. Si des erreurs de reconnaissance sont constatées, le poids de chaque synapse du réseau neuronal peut être revu ainsi que la valeur seuil définie lors de la vérification.

## 6. Constitution des modèles Xylorix Inspector

4 modèles de reconnaissance de bois feuillus ont été développés :

- Un modèle pour le Chêne Européen (*Quercus petraea*, *Quercus robur* d'origine France)
- Un modèle pour le Bossé (*Guarea cedrata*, *Guarea thompsonii*, *Guarea laurentii* d'origine continent africain),
- Un modèle pour le Sapelli (*Entandrophragma cylindricum* d'origine continent africain),
- Un modèle pour le Sipo (*Entandrophragma utile* d'origine continent africain)

5 modèles de reconnaissance de bois résineux ont été développés :

- Un modèle pour le Sapin (*Abies alba* d'origine France)
- Un modèle pour l'Epicéa (*Picea abies* d'origine France))
- Un modèle pour le Mélèze (*Larix spp.* d'origine Europe),
- Un modèle pour le Douglas (*Pseudotsuga menziesii*),
- Un modèle pour le Pin (*Pinus sylvestris*, *Pinus pinaster*, *Pinus nigra* subsp. *Laricio* d'origine Europe)

La structure du plan cellulaire de l'ensemble de ces essences sont décrites dans les annexes 2 à 11

### 6.1 Les échantillons de bois utilisés

Trois sources d'approvisionnement ont été utilisées pour réunir les bois nécessaires à la modélisation :

- Echantillons présents dans la Xylothèque FCBA (plaquette de bois de section 60\*10 mm)

- Prélèvement d'échantillons issus de chutes de produits évalués par le laboratoire Essais et Simulations auprès des adhérents CTB-LCA (tris plis de section 85\*63 mm) ou de sciurs
- Echantillons provenant de campagne de caractérisation bois français pour le Chêne (plaquette de section 50\*20 mm)
- Echantillons de bois résineux provenant de plusieurs études de caractérisation mécanique

Le nombre d'échantillons nécessaire par essence a été variable et sera décrit pour chaque essence.

L'état de surface de la coupe transversale du bois demande de voir correctement la structure anatomique. Il y a eu deux modes de préparation qui ont été utilisés :

- La lame de rasoir
- Le polissage

Le prestataire Xylorix nous a donné ses recommandations pour la préparation des échantillons. Ainsi, la lame de rasoir a été privilégiée pour les échantillons. Ce type de rafraichissement de coupe a été utilisé lors du beta-testing.

## 6.2 Les photographies

Plusieurs photographies ont été prises par échantillons pour appréhender la variabilité des textures des bois et prendre en compte l'orientation de l'image. Ainsi nous avons pris :

- 10 photos minimum multi-orientation (luminosité extérieure ou lumière led) par zone rafraichie effectuée. Un échantillon comprenant en général de 2 à 4 coupes à chaque extrémité de la section transversale.

En cours d'apprentissage, nous avons constaté l'influence de la lumière extérieure qui a conduit notre prestataire à faire évoluer son objectif macro objectif avec une corolle de lumières led.

Pour l'apprentissage nous avons utilisé au minimum :

- 15 à 20 échantillons par essence en calibration et des échantillons d'essences proches anatomiquement ont également été utilisés.

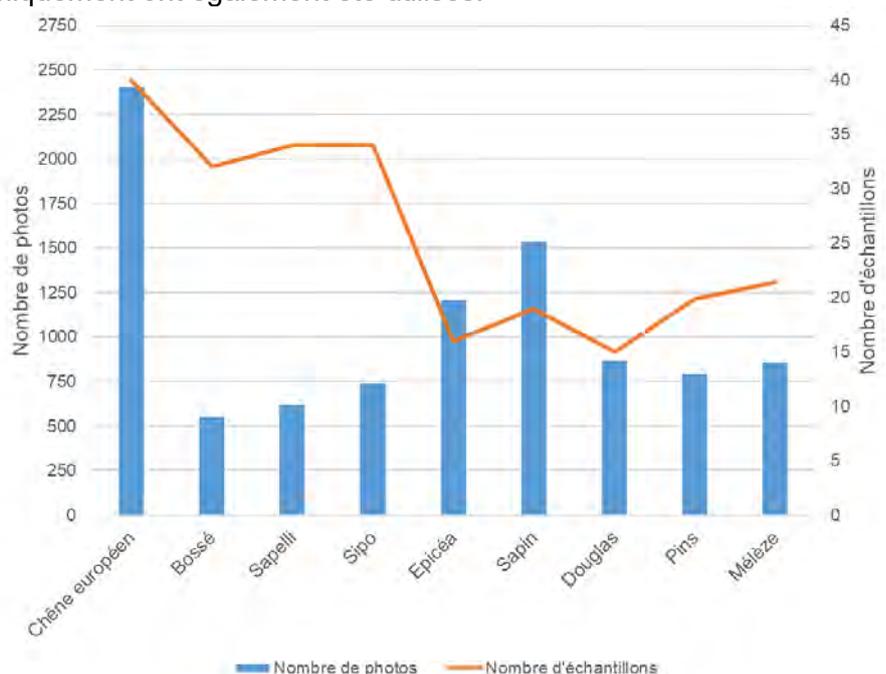


Figure 6: Nombre d'échantillons bois et de photos utilisés pour la constitution des modèles

Essence (nom français)	Nom latin	Nombre de photos
Bossé	<i>Guarea sp. (3) (4)</i>	530
Chêne européen	<i>Quercus pedunculata et sessiliflora (3)</i>	2402
Douglas	<i>Pseudotsuga menziesii (2)</i>	868
Epicéa commun	<i>Picea abies</i>	1207
Mélèze d'Europe	<i>Larix decidua (2)</i>	858
Pins	<i>Pinus sp. (1) (2)</i>	794
Sapelli	<i>Entandrophragma cylindricum (3)</i>	621
Sapin	<i>Abies alba</i>	1536
Sipo	<i>Entandrophragma utile (3)</i>	737
<b>Total</b>		<b>9553</b>

Tableau 2 : Nombre de photos d'apprentissage pour les essences modélisés

- (1) Pour les pins : il s'agit d'un mélange de plusieurs essences : Pin sylvestre, *Pinus sylvestris* ; Pin maritime, *Pinus pinaster* et Pin noir, *Pinus nigra subsp. laricio*
- (2) Aubier et duramen
- (3) Uniquement duramen
- (4) *Guarea laurentii*, *Guarea cedrata*

### 6.3 Les essences anatomiquement proches

Des échantillons de bois d'essences très proches anatomiquement ont été sélectionnés pour ajuster la réponse des différents modèles et permettre ainsi aux réseaux de neurones de distinguer l'essence recherchée d'essences qui anatomiquement sont très proches. Nous avons appelé ces photographies des négatifs, le résultat du modèle devant apporter une réponse négative lors de l'analyse.

Ainsi nous avons pour le modèle Chêne européen les négatifs suivants :

Essence (nom français)	Nom latin	Nombre de photos
Châtaignier	<i>Castanea sativa</i>	389
Chêne blanc américain	<i>Quercus alba</i>	20
Chêne du Liban	<i>Quercus libani</i>	9
Chêne du marais	<i>Quercus palustris</i>	10
Chêne du Maryland	<i>Quercus ferrugina</i>	10
Chêne écarlate	<i>Quercus coccinea</i>	9
Chêne rouge d'amérique	<i>Quercus rubra</i>	181
<b>Total</b>		<b>628</b>

Tableau 3 : Essences proches des deux Chênes européens

Et nous avons pour les trois modèles bois tropicaux les négatifs suivants :

Essence	Nom latin	Nombre de photos
Acajou	<i>Khaya spp, Swietenia marcophylla</i>	70
Kosipo	<i>Entandrophragma candollei</i>	347
Tiama	<i>Entandrophragma angolense</i>	28
<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>445</b>

Tableau 4 : Essences proches du Sipo, Sapelli et Bossé

Tous les échantillons de Sipo, Sapelli et Bossé qui ont servi à la construction des modèles ont été également utilisés comme échantillons négatifs pour les autres modèles.

Ainsi nous avons pour les quatre modèles résineux les négatifs suivants ont été utilisés :

Essence	Nom latin	Nombre de photos
Western Red Cedar	Thuja plicata	127

*Tableau 5 : Essences proches des essences résineuses*

Pour l'ensemble des modèles résineux : tous les échantillons qui ont servi à la construction des modèles ont été également utilisés comme échantillons négatifs pour les autres modèles.

#### 6.4 Evaluation des modèles de reconnaissance

Nous présentons ici l'évolution des modèles décrits dans le rapport précédent et les modèles résineux.

Des data sets positifs de chaque essence identifiée avec des photos d'échantillons n'ayant pas servi à la création des modèles ont été réalisés ainsi que des data sets négatifs d'essences proches des modèles afin de valider en condition laboratoire les différents modèles. Le but étant de déterminer une valeur seuil qui sera à affiner avec la phase de beta testing.

Modèle	Essence (nom français) dataset positif	Nombre de photos	Essence (nom français) dataset négatif	Nombre de photos	Total photos dataset négatif
Chêne européen (*)	Chêne européen	140	Chataignier	100	202
			Chêne rouge	102	
Bossé	Bossé	163	Sapelli	213	499
			Sipo	100	
			Kosipo	60	
			Acajou	62	
			Tiama	64	
Sapelli	Sapelli	213	Sipo	100	449
			Bosse	163	
			Kosipo	60	
			Acajou	62	
			Tiama	64	
Sipo	Sipo	100	Sapelli	213	562
			Bosse	163	
			Kosipo	60	
			Acajou	62	
			Tiama	64	
Sapin	Sapin	394	Epicéa commun	498	1875
			Douglas	482	
			Pins	520	
			Mélèze d'Europe	248	
			Western red cedar	127	
Epicéa commun	Epicéa commun	498	Sapin	394	1771
			Douglas	482	
			Pins	520	
			Mélèze d'Europe	248	
			Western red cedar	127	
Pins	Pins	520	Epicéa commun	498	1749
			Douglas	482	
			Mélèze d'Europe	248	
			Sapin	394	
			Western red cedar	127	
Mélèze d'Europe	Mélèze d'Europe	248	Epicéa commun	498	2021
			Douglas	482	
			Pins	520	
			Sapin	394	
			Western red cedar	127	
Total		2276		9128	9128

Tableau 6 : Base de données ayant servi à tester les modèles

(\*) chêne blanc américain est une essence proche des chênes blancs européens mais en absence d'échantillons cette essence n'a pas été utilisée pour tester le modèle.

La performance des modèles a été évaluée à l'aide d'outils statistiques décrit ci-dessous :

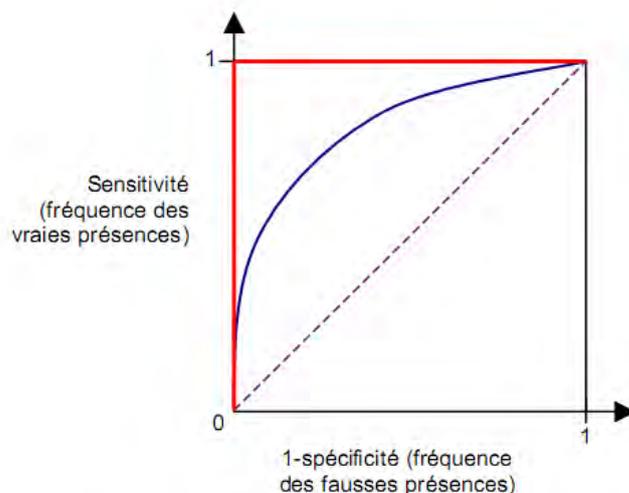
- Le score AUC-ROC : ce score représente la capacité du modèle à distinguer les images positives et négatives. Les valeurs vont de 0 à 1, plus le score AUC-ROC est élevé, mieux c'est. Il est recommandé qu'un modèle obtienne au moins une AUC-ROC de 0,8 (grade B) et plus, pour être considéré comme une bonne performance.
- La précision moyenne : Cette valeur représente la précision du modèle pour prédire les images de bois correctes et ne pas confondre une image négative comme positive. Les valeurs vont de 0 à 1, plus la valeur de précision est élevée, mieux c'est. Il est recommandé qu'un modèle obtienne au moins une précision moyenne de 0,8 (grade B) et plus, pour être considéré comme une bonne performance.
- La courbe ROC montre dans quelle mesure le modèle distingue les images positives et négatives à différents niveaux de seuil. En général, plus la zone sous le graphique est grande, meilleures sont les performances du modèle. Cette courbe est calculée avec la matrice de confusion suivante :

Réponses	Positif	Négatif
Positif	VP	FN
Négatif	FP	VN

Tableau 7 : Matrice de confusion utilisée pour courbe ROC

La fréquence des valeurs vraies = Sensibilité =  $VP / (\text{total positif})$

La fréquence des valeurs fausses = 1 – Spécificité =  $FP / (\text{total négatif})$

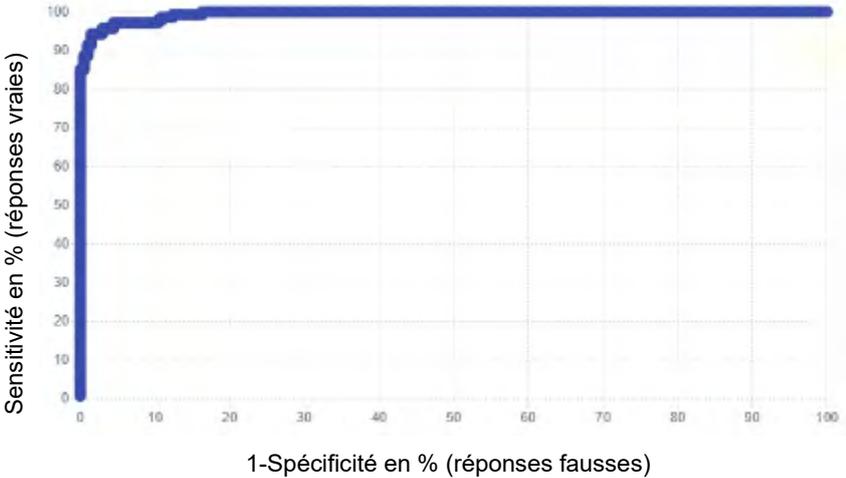


- Courbe ROC représentant le pire des cas avec un fort effet du hasard (AUC de 0,5 associée à une capacité de discrimination très faible)
- Courbe ROC représentant le meilleur des cas (AUC de 1 associée à une capacité de discrimination très forte, le modèle donne des prédictions exactes)
- Courbe ROC représentant la capacité de discrimination d'un modèle étudié (AUC compris entre 1 et 0,5)

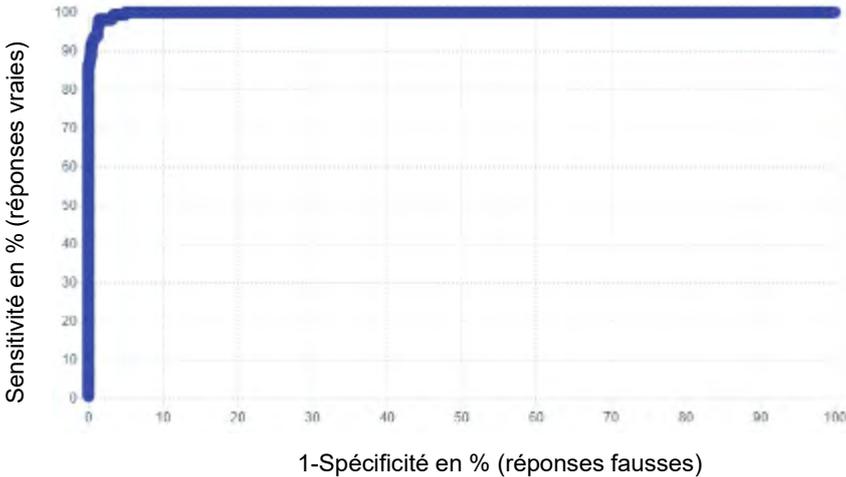
Figure 7: Qu'est-ce qu'une courbe ROC ?

- Valeur seuil : Seuil de décision pour valider l'authentification de l'essence. Elle est fixée par défaut à 70% à dire d'experts

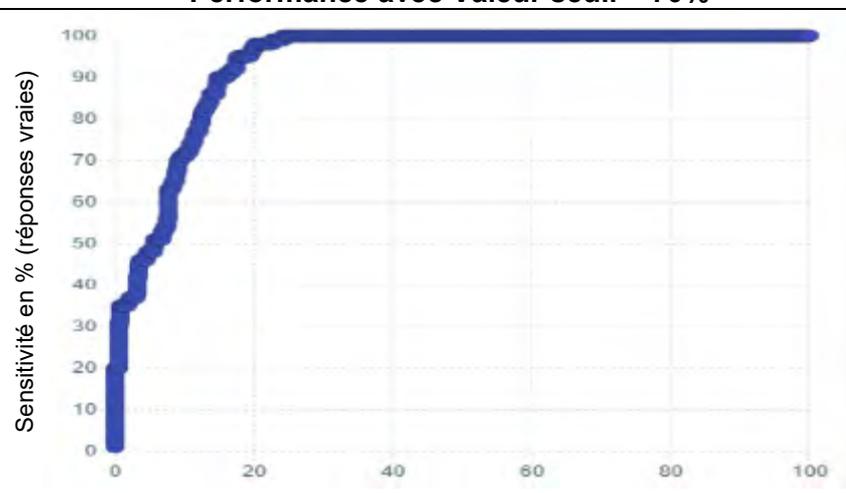
### 6.4.1 Résultat du modèle chêne européen

Auc - Roc	Précision moyenne	Courbe Roc (% sensibilité / % 1- spécificité) Performance avec Valeur seuil = 70%
0.99	0.99	 <p><b>Performance du modèle Chêne européen avec Valeur seuil = 70%</b>            94% des photos de Chêne européen sont bien reconnues            99 % des photos de Châtaignier ne sont pas reconnues comme du chêne (valeur min = 0% et max = 61%)            96% des photos de Chêne rouge ne sont pas reconnues comme du chêne européen (valeur min = 0% et max = 66%)</p>

### 6.4.2 Résultat du modèle Bosse

Auc - Roc	Précision moyenne	Courbe Roc (% sensibilité / % 1- spécificité) Performance avec Valeur seuil = 70%
1.0	0.99	 <p><b>Performance du modèle Bosse avec Valeur seuil = 70%</b>            94% des photos de Bosse sont bien reconnues            100% des photos d'Acajou ne sont pas reconnues comme du Bosse (valeur min = 0% et max = 55%)            100% des photos de Kosipo ne sont pas reconnues comme du Bosse (valeur min = 0% et max = 5%)            100% des photos de Sapelli ne sont pas reconnues comme du Bosse (valeur min = 0% et max = 31%)            100% des photos de Sipo ne sont pas reconnues comme du Bosse (valeur min = 0% et max = 1%)            89% des photos de Tiama ne sont pas reconnues comme du Bosse (valeur min = 0% et max = 15%)</p>

### 6.4.3 Résultat du modèle Sipo

Auc - Roc	Précision moyenne	Courbe Roc (% sensibilité / % 1- spécificité) Performance avec Valeur seuil = 70%
0.93	0.71	

#### Performance du modèle Sipo avec Valeur seuil = 70%

90% des photos de Sipo sont bien reconnues

60% des photos d'Acajou ne sont pas reconnues comme du Sipo (valeur min = 1% et max = 59%)

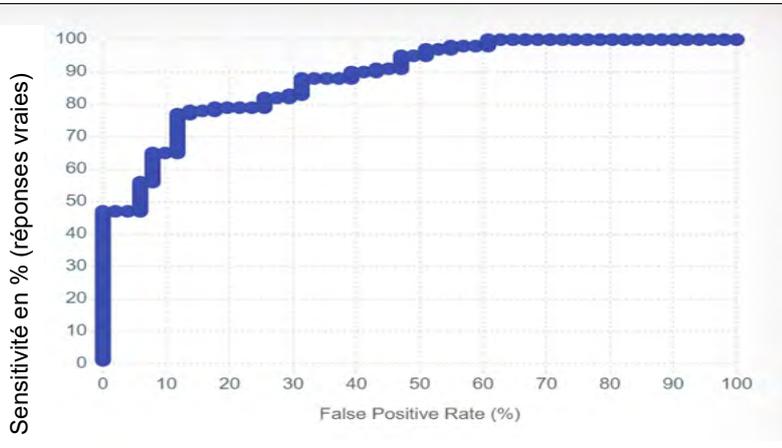
20% des photos de Kosipo ne sont pas reconnues comme du Sipo (valeur min = 3% et max = 70%)

100% des photos de Sapelli ne sont pas reconnues comme du Sipo (valeur min = 0% et max = 56%)

100% des photos de Bosse ne sont pas reconnues comme du Sipo (valeur min = 0% et max = 5%)

77% des photos de Tiama ne sont pas reconnues comme du Sipo (valeur min = 0% et max = 64%)

Les résultats obtenus avec l'Acajou et le Tiama ont été jugés acceptables à ce niveau de l'étude. Les mauvais résultats obtenus avec le Kosipo ne sont issus que de 3 échantillons, un nouveau set avec de nouveaux échantillons de Kosipo a été testé afin de confirmer ou non ces résultats.

Auc - Roc	Précision moyenne	Courbe Roc (% sensibilité / % 1- spécificité) Performance avec Valeur seuil = 70%
0.89	0.94	

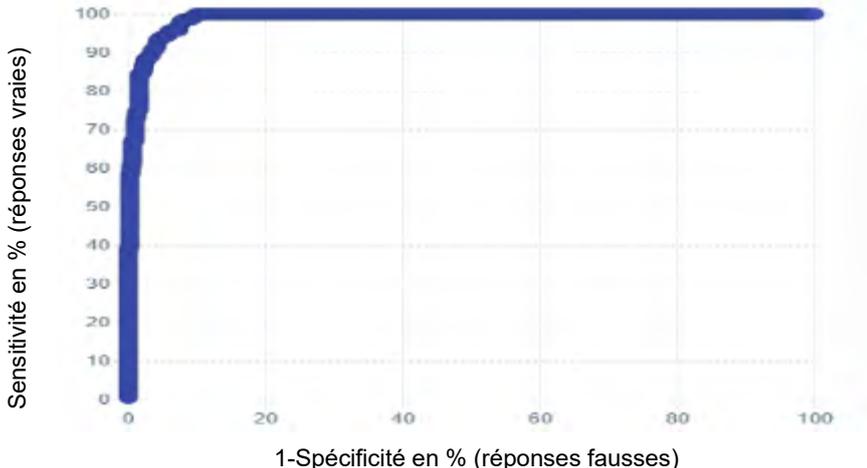
#### Performance du modèle Sipo avec Valeur seuil = 70%

90% des photos de Sipo sont bien reconnues

61% des photos de Kosipo ne sont pas reconnues comme du Sipo (valeur min = 0% et max = 69%)

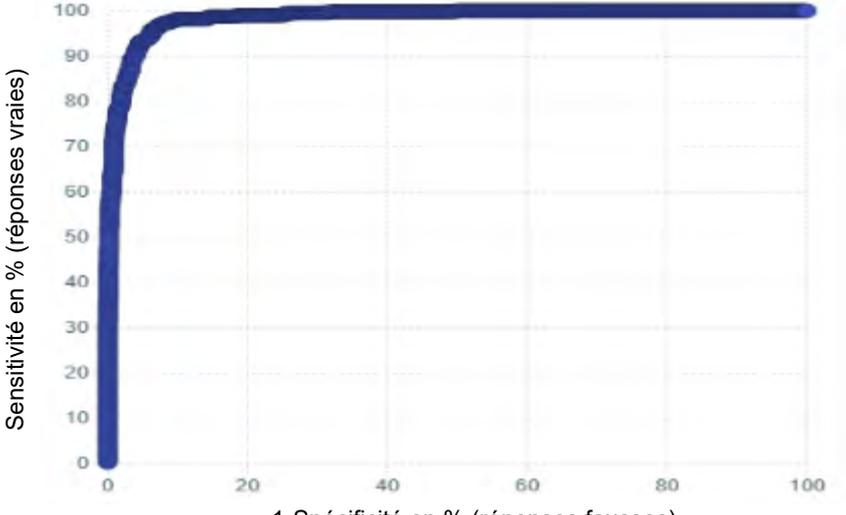
Ces nouveaux résultats nous semblent acceptables et pourront être complétés par les résultats obtenus lors du beta testing.

#### 6.4.4 Résultat du modèle Sapelli

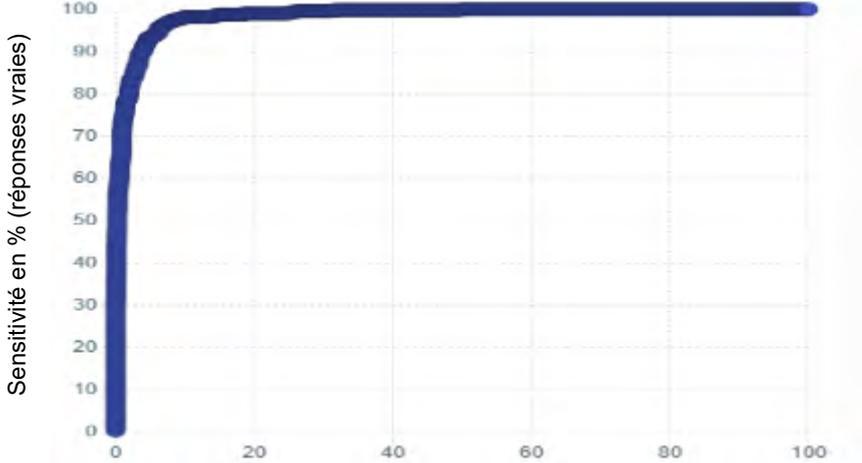
Auc - Roc	Précision moyenne	Courbe Roc (% sensibilité / % 1- spécificité) Performance avec Valeur seuil = 70%
0,99	0,97	
<p><b>Performance du modèle Sapelli avec Valeur seuil = 70%</b></p> <p>100% des photos de Sapelli sont bien reconnues</p> <p>65% des photos d'Acajou ne sont pas reconnues comme du Sapelli (valeur min = 1% et max = 69%)</p> <p>100% des photos de Kosipo ne sont pas reconnues comme du Sapelli (valeur min = 0% et max = 55%)</p> <p>99% des photos de Sipo ne sont pas reconnues comme du Sapelli (valeur min = 0% et max = 67%)</p> <p>99% des photos de Bosse ne sont pas reconnues comme du Sapelli (valeur min = 0% et max = 68%)</p> <p>61% des photos de Tiama ne sont pas reconnues comme du Sapelli (valeur min = 0% et max = 68%)</p>		

Les résultats obtenus avec l'Acajou et le Tiama ont été jugés acceptables à ce niveau de l'étude.

### 6.4.5 Résultat du modèle Douglas

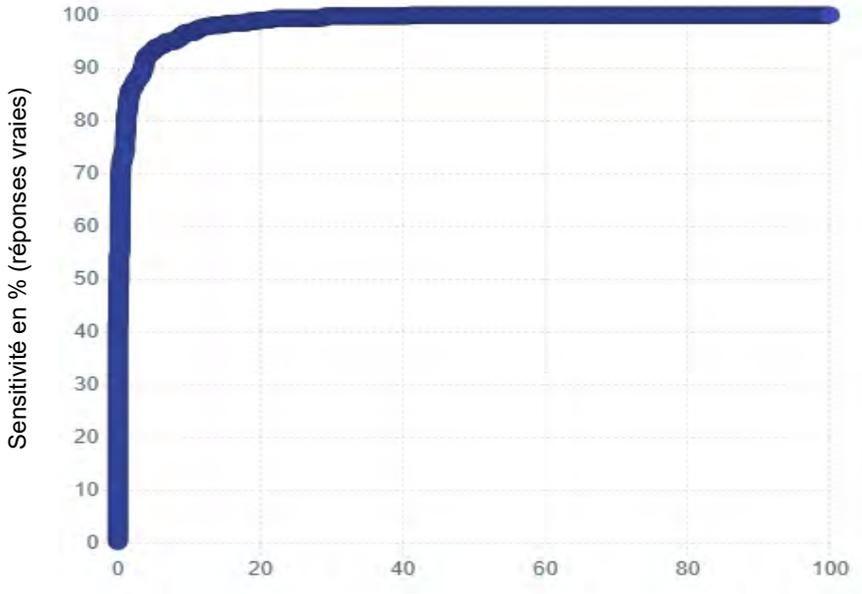
Auc - Roc	Précision moyenne	Courbe Roc (% sensibilité / % 1- spécificité) Performance avec Valeur seuil = 70%
0,99	0,95	 <p><b>Performance du modèle Douglas avec Valeur seuil = 70%</b>  <b>83%</b> des photos de Douglas sont bien reconnues            91% des photos de Sapin ne sont pas reconnues comme du Douglas (valeur min = 0% et max = 68%)            100% des photos de Mélèze ne sont pas reconnues comme du Douglas (valeur min = 0% et max = 20%)            100% des photos de Pin ne sont pas reconnues comme du Douglas (valeur min = 0% et max = 69%)            100% des photos de Epicéa ne sont pas reconnues comme du Douglas (valeur min = 0% et max = 65%)            100% des photos de Western Red Cedar ne sont pas reconnues comme du Douglas (valeur min = 0% et max = 2%)</p>

### 6.4.6 Résultat du modèle Mélèze

Auc - Roc	Précision moyenne	<b>Courbe Roc (% sensibilité / % 1- spécificité)</b> Performance avec Valeur seuil = 70%
0,99	0,95	
<p><b>Performance du modèle Mélèze avec Valeur seuil = 70%</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>91% des photos de Mélèze sont bien reconnues</li> <li>80% des photos de Sapin ne sont pas reconnues comme du Mélèze (valeur min = 0% et max = 70%)</li> <li>97% des photos de Douglas ne sont pas reconnues comme du Mélèze (valeur min = 0% et max = 69%)</li> <li>99% des photos de Pin ne sont pas reconnues comme du Mélèze (valeur min = 0% et max = 65%)</li> <li>100% des photos de Epicea ne sont pas reconnues comme du Mélèze (valeur min = 0% et max = 29%)</li> <li>48% des photos de Western Red Cedar ne sont pas reconnues comme du Mélèze (valeur min = 1% et max = 69%)</li> </ul>		

Les résultats obtenus avec le Western red Cedar ont été jugés acceptables à ce niveau de l'étude.

### 6.4.7 Résultat du modèle Pin

Auc - Roc	Précision moyenne	Courbe Roc (% sensibilité / % 1- spécificité) Performance avec Valeur seuil = 70%
0,99	0,97	

#### Performance du modèle Pin avec Valeur seuil = 70%

90% des photos de Pin sont bien reconnues

99% des photos de Sapin ne sont pas reconnues comme du Pin (valeur min = 0% et max = 62%)

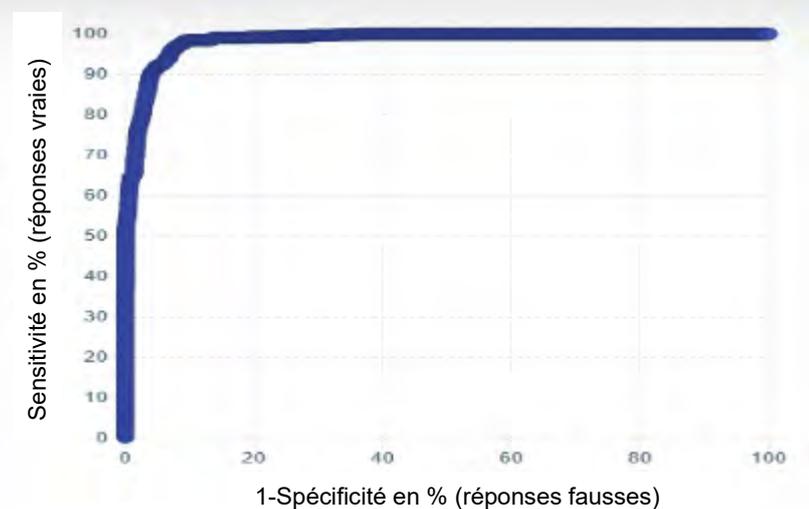
91% des photos de Douglas ne sont pas reconnues comme du Pin (valeur min = 0% et max = 66%)

100% des photos de Mélèze ne sont pas reconnues comme du Pin (valeur min = 0% et max = 31%)

99% des photos de Epicéa ne sont pas reconnues comme du Pin (valeur min = 0% et max = 55%)

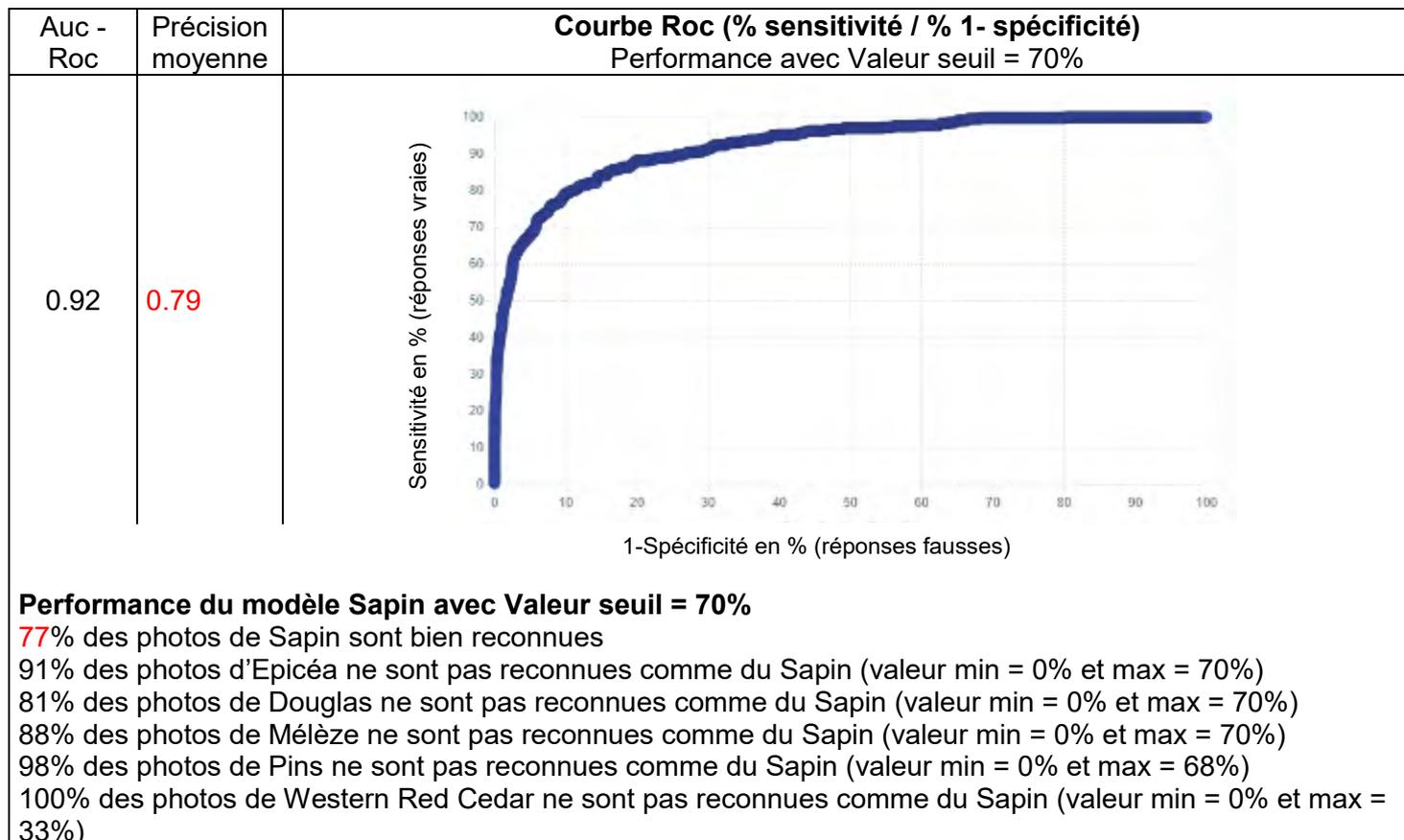
100% des photos de Western Red Cedar ne sont pas reconnues comme du Pin (valeur min = 0% et max = 1%)

### 6.4.8 Résultat du modèle Epicéa

Auc - Roc	Précision moyenne	Courbe Roc (% sensibilité / % 1- spécificité) Performance avec Valeur seuil = 70%
0,98	0,95	
<p><b>Performance du modèle Epicéa avec Valeur seuil = 70%</b>            99% des photos d'Epicéa sont bien reconnues            74% des photos de Sapin ne sont pas reconnues comme du Epicéa (valeur min = 4% et max = 68%)            96% des photos de Douglas ne sont pas reconnues comme du Epicéa (valeur min = 0% et max = 68%)            92% des photos de Mélèze ne sont pas reconnues comme du Epicéa (valeur min = 0% et max = 68%)            93 % des photos de Pin ne sont pas reconnues comme du Epicéa (valeur min = 0% et max = 68%)            100% des photos de Western Red Cedar ne sont pas reconnues comme du Epicéa (valeur min = 0% et max = 10%)</p>		

Les résultats obtenus avec le Sapin ont été jugés acceptables étant donné que l'Epicéa et le Sapin ne sont pas commercialisés séparément aujourd'hui.

### 6.4.9 Résultat du modèle Sapin



### 6.4.10 Conclusion de l'analyse statistique :

Le tableau suivant indique les niveaux de performance des différents modèles testés en fonction de leur capacité à bien prédire l'essence à vérifier et les risques de confusion avec des essences proches anatomiquement.

Essences	Evaluation du modèle	Erreur constatée	Risque de confusion avec (seuil supérieur à 20%)	Performance globale du modèle
Sapelli	Très bon	0%	Acajou et Tiama	Bon
Epicéa commun	Très Bon	1%	Sapin	Bon
Bossé	Très bon	6%		Très bon
Chêne européen	Très bon	6%	(*)	Très bon
Mélèze d'Europe	Très bon	9%	Western Red Cedar	Bon
Pins	Très bon	10%		Très bon
Sipo	Très bon	10%	Kosipo, Acajou, Tiama	Bon
Douglas	Bon	17%		Satisfaisant
Sapin	Moyen	23%		Satisfaisant

Tableau 8 : Evaluation des modèles d'après l'analyse statistique

(\*) Chêne blanc américain non évalué

## 7. Mode opératoire

L'utilisation de l'application nécessite d'avoir une connexion Wifi ou par données mobiles sur son smartphone. La configuration en données mobiles 4G est recommandée, celle-ci va conditionner le temps de réponse entre l'envoi de la photo et le résultat d'identification. Le mode opératoire est disponible en annexes 14 et 15 accessible depuis l'application Xylorix Inspector. Notons qu'une zone rafraichie de 5 mm<sup>2</sup> sur la coupe transversale est suffisante pour l'identification.

### 7.1 Installation de l'application Xylorix Inspector

Téléchargement et utilisation de l'application

L'application Xylorix Inspector v2.4.1 s'installe sur les deux plateformes suivantes suivant le téléphone utilisé :

iOS: <https://itunes.apple.com/>

Android: <https://play.google.com/>



#### 7.1.1 1ere Connexion à Xylorix Inspector :

Ouvrir l'application :

Sign up : Souscrire à l'abonnement en rentrant votre mail avec un mot de passe

Relancer l'application et connectez-vous avec votre mail et votre mot de passe

#### 7.1.2 Première utilisation :

Cliquer sur Model Store, regarder les modèles et vérifier qu'ils soient marqués free

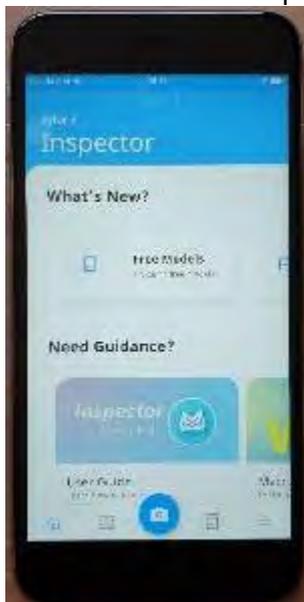


Figure 8 : Ecran Xylorix Inspector des choix des modèles

### 7.2 Installation de l'objectif macroscopique x24

L'objectif macroscopique s'installe sur l'objectif de votre smartphone. La couronne de led se recharge à l'aide du câble USB, le temps d'utilisation est d'environ 1 heure pour une intensité lumineuse maximale (niveau 3 obtenu par pression 3 fois sur le petit bouton blanc). Le manuel d'utilisation de l'objectif est disponible depuis l'application Xylorix Inspector.

### 7.3 Installation de l'application PocketWood

Xylorix PocketWood est une application gratuite qui permet aux utilisateurs d'accéder à des informations et à des images macroscopiques de près de 400 essences de bois du monde entier. Cet outil complémentaire peut être une aide manuelle complémentaire à la vérification d'essence si l'essence recherchée ne fait pas partie des essences apprises par l'application Xylorix Inspector.

Téléchargement et utilisation de l'application

L'application Xylorix Inspector v2.4.1 s'installe sur les deux plateformes suivantes suivant le téléphone utilisé :

iOS: <https://itunes.apple.com/>

Android: <https://play.google.com/>



L'annexe 12 présente de façon synthétique les deux applications (Xylorix Inspector et Xylorix pocketWood)

## 8. Suivi technique – Analyse des tests entreprises

### 8.1 Mise à disposition du matériel

Nous avons donc prêté le matériel à des utilisateurs (après formation, 6 sessions réalisées de fin Novembre à fin Juin 2021) pendant un an pour recueillir ces informations (retours mensuels d'expériences). Le matériel prêté était composé de :

- Un objectif macroscopique (macro-objectif)
- Un sac de transport
- Un chiffon de nettoyage objectif
- Un câble PC macro objectif (port USB) pour la recharger
- Une protection anti coupure du pouce
- Une lame de rasoir (si demandé)
- Une plaquette de calibration
- Un livret de suivi



Figure 9 : Matériels mis à disposition pour chaque bêta-testeur

### 8.2 Les bêta-testeurs

12 entreprises (dont FCBA) ont accepté de tester le matériel mis à disposition gracieusement durant leur activité professionnelle. Suivant leur arrivée dans le programme, les beta-testeurs ont

utilisé l'application entre 5 à 12 mois. La typologie des entreprises figure dans le tableau ci-dessous

Type d'activité	Nombre d'entreprises	Nombre d'utilisateurs
Auditeur technique privé	1	1
Auditeurs ou experts FCBA	1	4
Constructeur bois	1	1
Fabricant de charpentes	2	2
Fabricant de portes et fenêtres	2	3
Menuiseries	3	6
Négoce de bois / sciage	1	1
Société rénovation (menuiseries, charpentes)	1	1
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>19</b>

Tableau 9 : Typologie des bêta-testeurs

### 8.3 Les téléphones utilisés

Chaque utilisateur a utilisé son propre smartphone, ce qui nous a permis d'avoir un panel important de marque de téléphone.

Smartphone (Marque et type)	Nombre
Huawei P9; P10; P20; Psmart 19; P30 lite	6
IPhone 11; SE; X	6
Oppo A7	1
Samsung A50; S7; S20; J3; Xcover	6
<b>Total</b>	<b>19</b>

Tableau 10 : Smartphones utilisés durant le beta-testing

### 8.4 Objectifs du beta-testing

Lors de la formation suivie par chaque beta-testeurs, FCBA a indiqué à chaque participants les objectifs de ce test en entreprise. A savoir :

Un retour d'expérience de chacun sur l'utilisation pratique de l'outil :

- Un avis sur les performances des modèles essences développés sur sites type « sites industriels »,
- Un avis sur les conditions limites d'utilisation du matériel (lumière, poste de travail, état de surface de l'échantillon expertisé, humidité des bois, ...)
- L'ergonomie d'utilisation
- La fréquence d'utilisation et le temps consacré à l'identification
- Les types de produits sur lesquels l'application peut être utilisé (produit brute, raboté, grumes, plots, sciages, carrelets, ...)

Des réunions régulières en visioconférence (tous les deux mois) a permis de recueillir les informations et de faire le point sur l'avancement des tests.

### 8.5 L'analyse des photos des bêta-testeurs

Une plateforme « xylorix toolkit » mise à disposition par notre partenaire a permis de suivre les tests réalisés par les bêta-testeurs en validant les photos réalisées et en analysant les résultats obtenus.

Entre novembre 2020 et Novembre 2021 : plus de 1 400 photos ont été réalisées et analysées sur la plateforme.

Le nombre de photos total nous semble satisfaisant au regard de la conjoncture sanitaire et économique de l'année 2021.

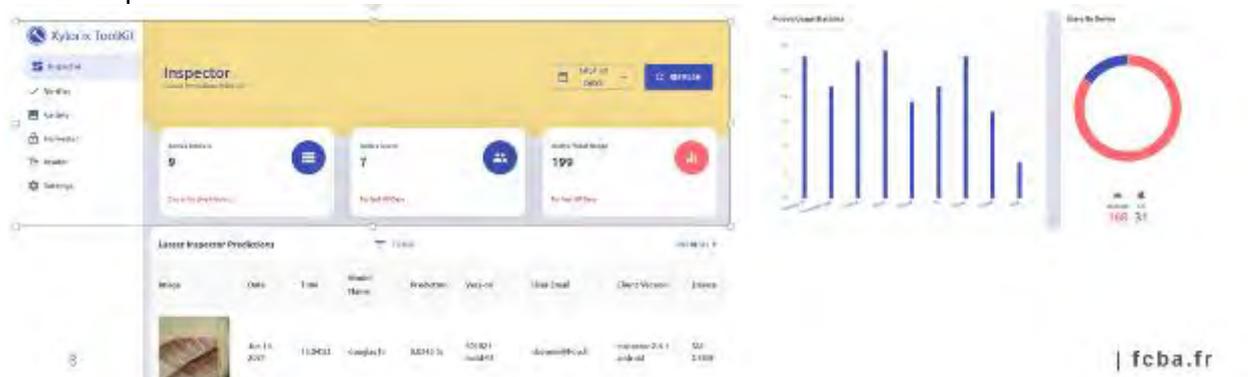


Figure 10 : Exemple extrait de la plateforme xylorix toolkit :

### 8.5.1 Retours sur les images ne pouvant être analysés correctement par les modèles

Les exemples de photos de chêne ci-dessous illustrent les premières difficultés rencontrées.



Figure 11 : Exemples d'erreurs sur les premières photos de Chêne effectuées

Un mauvais cadrage, des images trop sombres, floues, avec des traits de coupe, trop brutes (rafraîchissement ne permettant pas la visualisation des caractéristiques anatomiques) ou dans un sens différent du sens transversal ne permettent pas un bon fonctionnement des algorithmes de reconnaissance des essences.

### 8.5.2 Focus sur les images chêne reçues et analysées

Les exemples de photos ci-dessous illustrent l'état de surface minimum à avoir pour une bonne identification

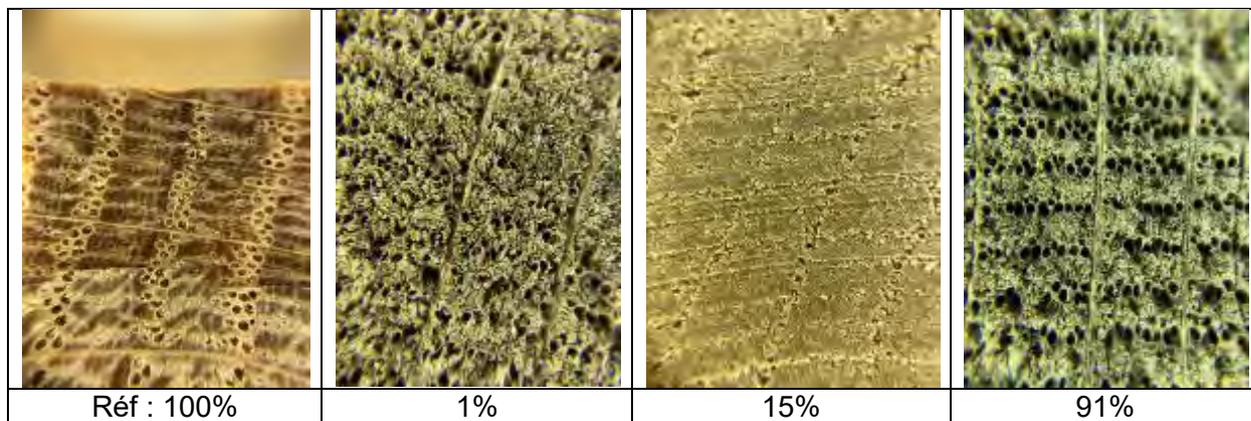


Figure 12 : Exemples de photos de Chêne non analysables

Le modèle est très tolérant par rapport à l'état de surface (3 photos réalisées sans rafraichissement)

### 8.5.3 Focus sur les images bossé reçues et analysées



Figure 13 : Exemples de photos de Bossé analysables ou pas

### 8.5.4 Focus sur les images Sipo et Sapelli reçues et analysées

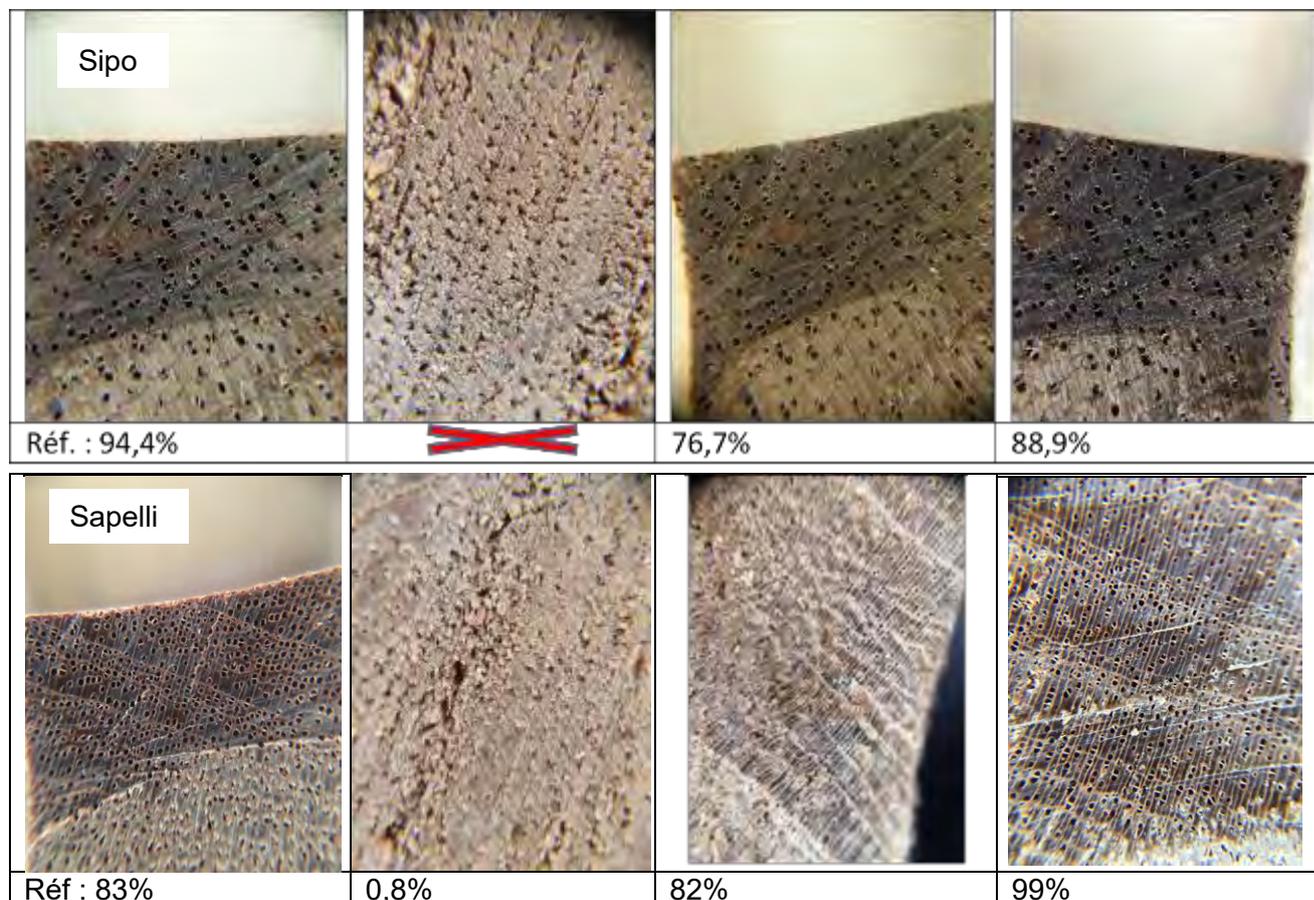


Figure 14 : Exemples de photos de Sipo et Sapelli analysables ou pas

Pour le modèle Sipo :

- Sur les photos réalisées par les beta-testeurs, il n'y a pas de problèmes rencontrés cependant très peu de tests réalisés,
- Les beta-testeurs n'ont pas eu l'occasion d'éprouver le modèle pour voir si le Sipo était bien différencier du Kosipo
- Sur les photos réalisées par les beta-testeurs, le modèle Sipo différencie bien le Sapelli

Pour le modèle Sapelli :

- Sur les photos réalisées par les beta-testeurs, pas de problèmes rencontrés si l'état de surface est bon
- Ce modèle a été testé sur des essences proches et a rendu de bon résultat

### 8.5.5 Focus sur les images des résineux reçues et analysées

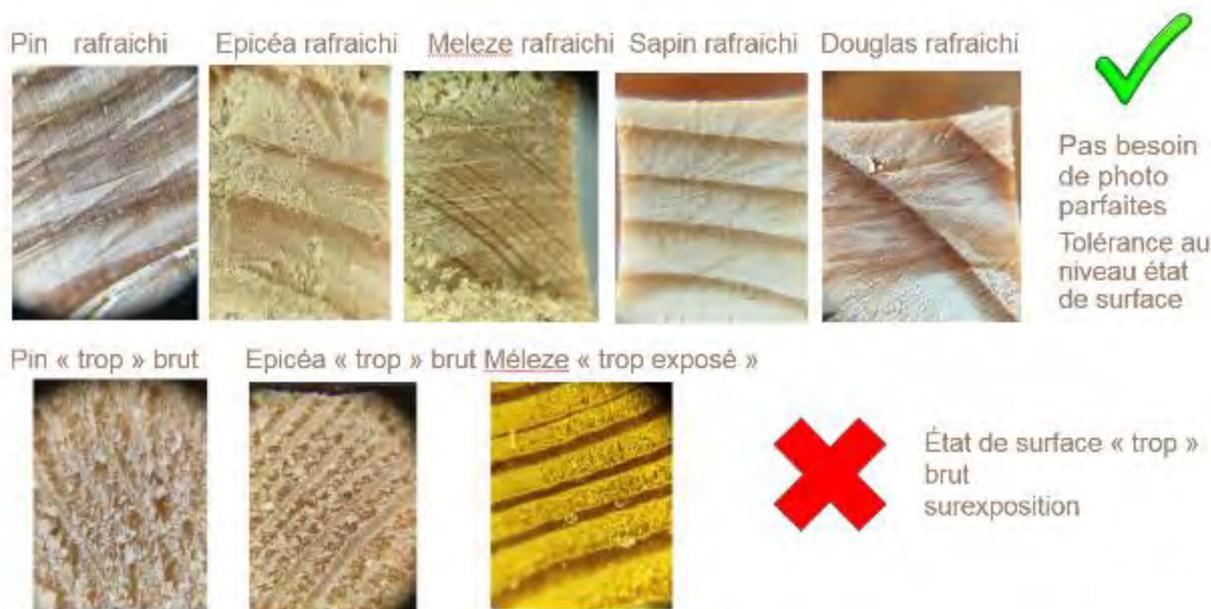


Figure 15 : Exemples de photos de résineux analysables ou pas

## 8.6 Bilan des retours d'expériences des bêta-testeurs

Ce bilan reprend les différentes remarques des utilisateurs ainsi que nos recommandations d'utilisation durant nos différentes réunions d'évaluation de Novembre 2020 à Novembre 2021.

### 8.6.1 Performances des modèles

- De manière générale les modèles sont sensibles aux photos ayant des traits de coupe, un mauvais cadrage et des zones de flou,
- Les modèles Chêne et Bossé sont très robustes (tolérance au niveau état de surface et tolérance sur finition transparente)
- Le modèle Bossé ne prend pas en compte l'aubier (élément non appris), ainsi si la vérification de l'échantillon porte sur de l'aubier le résultat sera erroné,
- Pour les modèles Chêne et Bossé, les tests réalisés sur des plots reconstitués (bois frais) donnent de bons résultats,
- Il y a très peu de confusion des modèles par rapport aux photos effectuées sur des essences proches,
- Trop peu de tests ont été réalisés encore sur les nouveaux modèles résineux pour apprécier leur performance en entreprises (actifs depuis fin juin 2021)
- Beaucoup de mauvais résultats ont souvent été liés à une photo non conforme. Au cours des tests nous avons pu sensibiliser les bêta-testeurs aux erreurs à éviter grâce à l'analyse de leurs photos.

### 8.6.2 Les améliorations proposées

- Un témoin de charge sur la lampe,
- Une durée plus longue de la batterie de l'objectif macroscopique,
- La possibilité de s'affranchir de de l'objectif macroscopique avec l'objectif intégré du smartphone,
- Une version française de l'application,
- Augmenter le nombre de modèles de reconnaissance.

### 8.6.3 Seuils de validation du résultat par modèles

Le choix du seuil de décision pour le réseau de neurones entre une réponse positive (oui c'est la bonne essence) et une réponse négative (non ce n'est pas la bonne réponse) a été fixé à 70%. Ce seuil était bien en dessous du seuil de décision que nous avons obtenu lors de nos essais en laboratoire comme le rappelle le tableau issu du rapport intermédiaire « Wood Species Eye Développement d'un automate de reconnaissance d'essences à destination de la menuiserie ».

Essences	Pourcentage minimum à obtenir sur 3 photos pour valider la reconnaissance
Bossé (Guarea cedrata, Guarea laurentii)*	99%
Sapelli (Entandrophragma cylindricum)	98%
Sipo (Entandrophragma utile)	90%
Chêne européen (Quercus petraea et Quercus robur)	98%

Tableau 11 : Seuils de validation des modèles feuillus développés

Après les essais en entreprise, nous pensons que ce seuil est justifié au regard des résultats obtenus. En effet, la réalisation des photos plus ou moins compliquées, l'état de surface plus ou moins bien rafraîchi, l'habileté des opérateurs lors du test nécessitent un seuil abaissé pour prendre en compte les défauts de prise de vue qui sont liés à l'utilisation de l'application dans des conditions de production.

Pour les modèles Chêne et Bossé, les seuils de décision pourraient être revus à la hausse pour éventuellement séparer les espèces moyennant des tests complémentaires.

### 8.6.4 Préparation de l'échantillon avant prise de photo

- Appréhension différente pour effectuer une coupe de rafraîchissement de surface suivant les utilisateurs
- La prise en main pour le rafraîchissement des coupes avec cutter nécessite de la pratique et la main manipulant le cutter doit être protégée.
- L'outil de coupe préconisé reste la lame de cutter (proscrire le cutter rétractable automatiquement) ou la lame de rasoir. Le rabot, le ciseau à bois et le ponçage ont été testés sans succès.
- Test d'un outil développé par l'un des bêta-testeurs qui pourrait faire l'objet d'un développement. L'outil fonctionne sur le principe d'un massicot.
- Autre difficulté sur le terrain, si les planches à expertiser sont alignées, il est difficile de réaliser la coupe. Dès lors qu'une planche dépasse du fardeau il est plus facile de faire la coupe.

### 8.6.5 Adéquation poste et application

Différents lieux de contrôles ont pu être testés, l'outil est adapté :

- Durant le contrôle qualité à réception camion sur bille, avivé ou plot. Il faut cependant préciser que ce contrôle ne peut être fait de manière exhaustive mais seulement sur un échantillon de contrôle compte tenu du temps pour effectuer le rafraîchissement, la photo et l'attente du résultat.
- Sur la ligne de production (entrée, milieu ou fin de chaîne)

### 8.6.6 Conditions limite d'utilisation

- Les conditions de luminosité sont importantes et nous avons établi une limite d'utilisation lors de la prise de photo en iso qui doit être inférieur à < 160 iso. Ce nombre d'iso est affiché lorsque vous prenez la photo.
- Le temps d'identification dépend de la qualité de connexion au réseau internet. Si cette qualité est satisfaisante le résultat pour obtenir la vérification de la photo effectuée est de l'ordre de quelques secondes. Si l'opérateur a le choix, il faut privilégier les données mobiles (4 ou 5G) au réseau WIFI.
- Certains bêta-testeurs ont eu des sorties intempestives de l'application suite à la saturation de la mémoire du téléphone (toutes les photos prises sont stockées sur le téléphone).

### 8.6.7 Utilisation de l'objectif macroscopique

L'utilisation de l'objectif macroscopique est simple mais différents points d'amélioration ont été relevés :

- Témoin de charge à ajouter pour contrôler la corolle de led
- Temps de charge (autonomie de la batterie uniquement d'une heure de mesures)
- L'utilisation d'un objectif macroscopique intégré au téléphone serait plus pratique.

## 8.7 Protocole d'utilisation retenu suite aux bêta-tests

### 8.7.1 Calibration avec échantillon(s) de référence

Avant de lancer une identification réaliser un test sur un échantillon de référence permet de vérifier si le modèle fonctionne dans les conditions de lumière à l'instant t.

Cliquer sur bouton appareil photo

Cliquer sur Select Model et sélectionner le modèle à tester. Puis cliquer sur « launch camera ».

Placer l'échantillon de référence correspondant au modèle sous la bague instafocus avec la plus forte intensité.

Tapoter sur l'écran afin de réaliser la mise au point

Cliquer sur le bouton déclenchement appareil photo.

Valider « use photo » où supprimer « retake » la photo si elle est floue ou si le nombre d'iso affiché est supérieur à 160 iso



Figure 16 : Illustration des étapes d'identification

### 8.7.2 Exploitation du résultat du test de validation

Attendre l'affichage du résultat (yes ou no). Tapez sur l'encadré pour afficher le pourcentage (en vert résultat valide soit supérieur à 70%, en noir résultat invalide soit inférieur à 70%) - Si le seuil est atteint alors les conditions de lumière sont satisfaisantes pour utiliser le modèle.

### 8.7.3 Réalisation de l'identification de l'échantillon à tester

Il est conseillé de réaliser 3 photographies

Repartir de l'étape 6

Activer le mode multi images qui permettra de donner le résultat moyen des 3 images réalisées et de la comparer au 70 % minimum requis



Figure 17 : Positionnement du téléphone et objectif macroscopique pour la prise de photos

## 9. Offre commerciale Agritix (plateforme Xylorix)

Agritix propose plusieurs services innovants sur la plate-forme Xylorix. Un organisme de la filière forêt et bois doté d'une Xylothèque et d'anatomistes du bois peut développer rapidement un système automatisé d'identification du bois, en souscrivant aux différents services proposés. Le but ultime de ces services est de donner l'opportunité à chacun d'utiliser des modèles de reconnaissance d'essences développés par des organismes professionnels de la filière forêt et bois allant du professionnel (travaillant le bois) à l'amateur éclairé.

### 9.1 Le service de conception des modèles Xylorix (MBS)

Un ensemble d'applications mobiles et Web est fourni aux anatomistes du bois et aux collecteurs de données. Ces applications aident les anatomistes du bois et les collecteurs de données à collecter et à vérifier les images capturées à partir des spécimens de la Xylothèque. Les modèles d'intelligence artificielle sont construits à partir des images collectées. Une fois que les modèles sont prêts, les anatomistes du bois peuvent utiliser d'autres ensembles d'applications mobiles et Web pour évaluer les performances des modèles. Une fois que les modèles sont vérifiés et fonctionnent correctement, ils peuvent être mis à la disposition et à des fins d'identification du bois.

Ce service est celui qui a été utilisé lors de ce projet.

### 9.2 Le service d'hébergement de modèles Xylorix (MHSS)

#### 9.2.1 Principe

Ce service garantit que les modèles soient hébergés dans le cloud et qu'ils puissent être mis à disposition pour les utilisateurs finaux à l'aide de l'application Xylorix Inspector. Les anatomistes

du bois peuvent vérifier la fiabilité et les performances du système en utilisant divers téléphones et emplacements avec les spécimens récemment collectés. L'équipe Agritix se charge de toute la complexité liée à la garantie du fonctionnement du système sur les nouveaux modèles de téléphones.

### 9.2.2 Le coût

Une fois les modèles construits, pour continuer à les utiliser, le partenaire doit s'abonner au service d'hébergement de modèles Xylorix. Dans ce service, la plate-forme Xylorix absorbe les coûts suivants:

- Le coût du matériel du serveur ;
- Le coût des connexions Internet au serveur ;
- Le coût de l'espace de stockage du serveur ;
- Le coût du fonctionnement du système 24 heures sur 24, 7 jours sur 7 ;
- Le coût de l'amélioration continue du logiciel et de l'assistance ;
- Le coût de la mise à niveau continue du système d'exploitation des applications ;
- Coût du développement continu d'applications pour la prise en charge de nouveaux téléphones ;
- Le coût du traitement de la demande des utilisateurs finaux sur l'aspect TIC du système.

Les prix sont les suivants:

Description	Quantité	Coût pour le souscripteur	Prix unitaire
Souscription annuelle Xylorix Model Hosting Service (MBS) pour 10 essences de bois	10 modèles	10 000 €	1 000 €/modèle

Tableau 12 : Coût du service MHSS en fonction du nombre de modèles

## 9.3 Le service de partage de modèles Xylorix (MSS)

### 9.3.1 Principe

Ce service permet à tout utilisateur final intéressé de s'abonner et d'utiliser les modèles à l'aide de Xylorix Inspector. La souscription se fait auprès des détenteurs de modèles (FCBA-CODIFAB) et le bénéfice généré par la souscription à un modèle particulier d'intelligence artificielle à des fins d'identification du bois sera destiné à 70% aux propriétaires des modèles et 30% à l'hébergeur (Agritix). Le paiement s'effectue annuellement.

### 9.3.2 Le coût

Grâce à ce service de partage de modèles (MSS) Xylorix, le partenaire sera en mesure de partager ses modèles avec les utilisateurs finaux payant le service Xylorix Inspector afin de monétiser leur investissement précédent dans le développement des modèles. La plate-forme Xylorix fournit le système de paiement complet aux utilisateurs finaux et à toute autre agence intéressée par l'utilisation des modèles. 0,7 € (70%) reviendra aux partenaires pour chaque euro de bénéfice net provenant des frais d'abonnement des utilisateurs finaux au service d'identification du bois Xylorix. Xylorix reversera chaque année les bénéfices aux partenaires.

Dans le service, la plate-forme Xylorix absorbe les coûts suivants:

- Les frais de traitement des paiements et des transactions en ligne des utilisateurs finaux ;
- Les frais de traitement des paiements aux propriétaires de modèles ;
- Le coût de gestion du service de bons du partenaire pour les utilisateurs finaux.

Le schéma ci-dessous illustre les coûts et les revenus générés pour quatre types d'abonnement utilisateurs finaux :

1. Utilisateur ayant souscrit un abonnement aux neufs modèles développés par FCBA
2. Utilisateur membre du CODIFAB ayant souscrit un abonnement aux neufs modèles développés par FCBA (FCB-CODIFAB9voucher)
3. Utilisateur ayant souscrit un abonnement aux neuf modèles développés par FCBA et 1 modèle développé par un autre organisme
4. Utilisateur ayant souscrit un abonnement à 15 modèles développés par FCBA (9 modèles) et 6 modèles développés par d'autres organismes

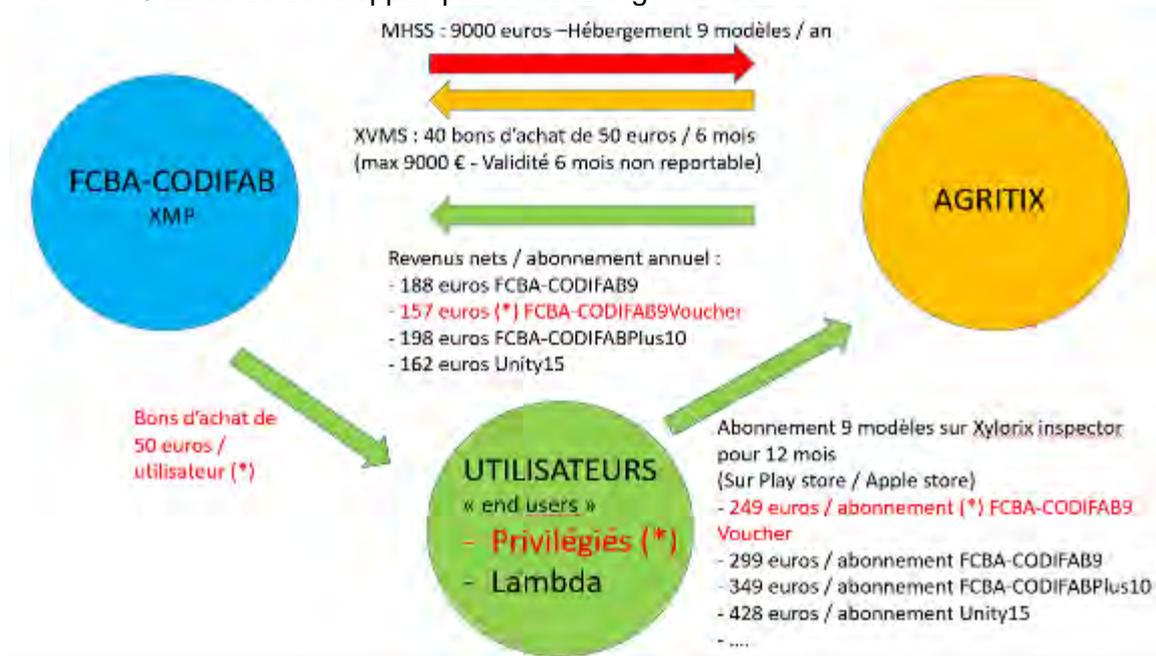


Figure 18 : Schéma du modèle économique proposé par Agritix

## 10. Enquêtes et actions de communications

### 10.1 Enquête (Juin 2020) et document technico-commercial

Un document technique en français (voir en annexe 13) a été rédigé et a accompagné une enquête réalisée par le service commercial de FCBA auprès de 40 menuisiers certifiés (voir annexe 16).

Cette enquête avait plusieurs objectifs :

- Connaître l'intérêt du secteur menuiserie sur ce type d'application,
- Les essences qui posent le plus de problèmes d'identification,
- Quel type de service attendent les professionnels sur ce type d'application,
- Le coût qu'ils seraient prêts à mettre pour l'utilisation de l'application.

Nous avons obtenu 30 réponses après relance téléphonique.

Cette enquête a permis de recenser les essences les plus intéressantes à développer en terme de reconnaissance automatisée.

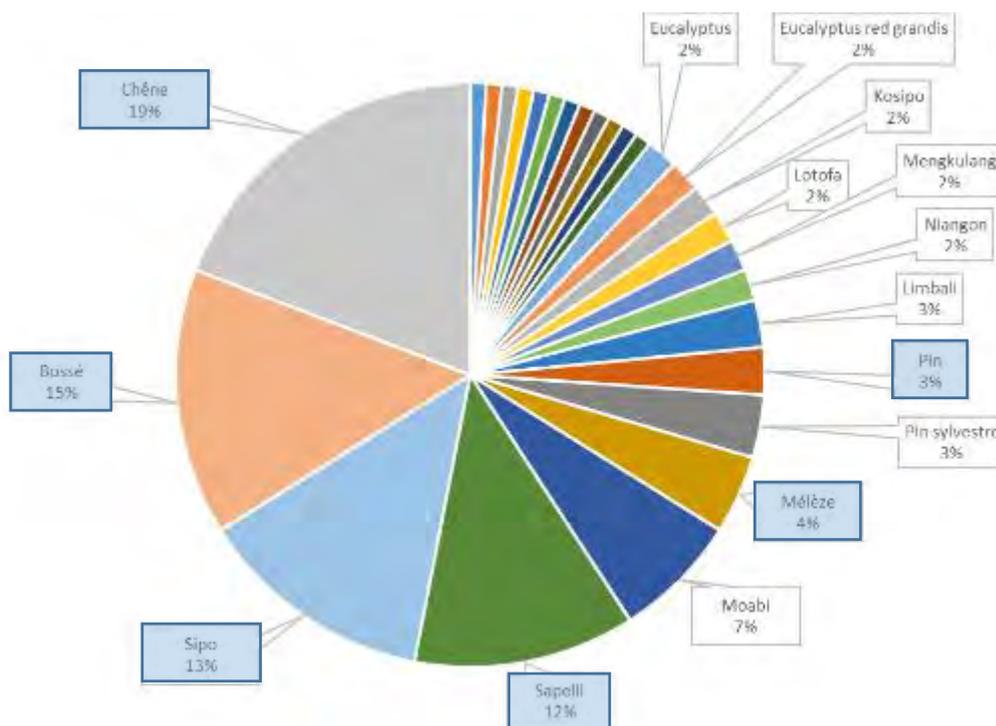


Figure 19 : Question posée : quelles seraient les essences de bois que vous voudriez identifier rapidement et automatiquement ?

Elle a permis également de confirmer l'intérêt des professionnels pour l'outil (87% des personnes interrogées le trouve intéressant à essentiel).

Note attribuée	Catégorie	Nombre de personnes	Pourcentage
De 0 to 3	Non intéressé	7	23%
De 4 to 7	Intéressé	8	27%
De 8 to 10	Essentiel	15	50%
Total		30	100%

(1 seule réponse a reçu la note de 0)

Tableau 13 : Question posée : Est-ce qu'un outil rapide et automatisé vous serait utile pour vérifier les essences ?

Enfin les deux dernières questions portaient sur le type d'abonnement qui serait envisageable et quel prix seraient prêts à mettre les professionnels sur la base d'un abonnement annuel.

Les réponses	Nombre de personnes	Percentage
annuel	17	57%
gratuit	3	10%
Achat de l'application	2	7%
Pas d'achat	2	7%
Selon le besoin	2	7%
Gratuit pour les membres du CODIFAB	2	7%
mensuel	1	3%

Tableau 14 : quel format de souscription ?

Si nous voyons que l'abonnement annuel est le mode choisi par la majorité des personnes interrogées d'autres modes d'utilisation pourraient être envisagés. Ces derniers modes correspondent plus à une utilisation plus ponctuelle voir sans enjeu commercial (mensuel, selon le besoin ou gratuit par exemple).

Les réponses	Abonnement annuel	Nombre de modèles	Prix par essence (euros)
Moyenne	101	4	35
Min	0		0
Max	300	max	100

Tableau 15 : Quel prix seriez-vous prêt à mettre ? (sur la base d'un abonnement annuel en précisant le nombre d'essences qui vous intéressent)

Il a été ainsi possible suite à cette enquête de réaliser une projection du coût de l'abonnement en fonction du nombre de modèles.

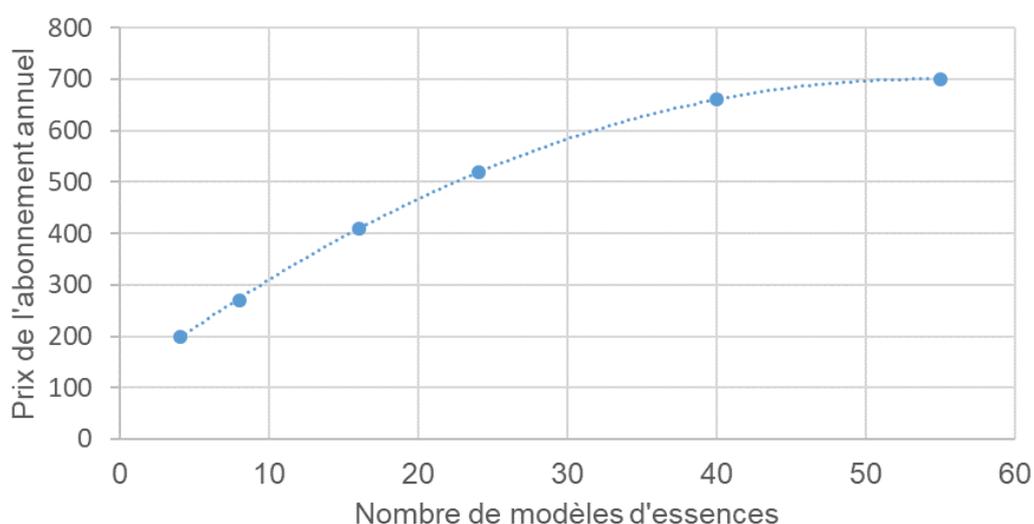


Figure 20 : Projection du prix de l'abonnement en fonction de l'enquête

Suite à cette dernière question de l'enquête, Agritix a donc revu sa proposition initiale d'abonnement de 700 euros / an pour 4 modèles à un tarif plus accessible décrit dans le paragraphe 9.3

## 10.2 Webinaire et sondage (Juin 2021)

Ce webinaire a permis de faire une actualité du projet, de réaliser un sondage et de montrer un témoignage d'un beta testeur sur l'utilisation de l'application xylorix inspector (voir annexe 17).

Cette actualité réalisée a été mise à disposition sur le site de FCBA ainsi que sur la chaîne youtube fcba aux adresses suivantes :

- <https://www.fcba.fr/replay-webinaire-verification-dessence-de-bois-a-laide-de-lapplication-xylorix-inspector/>
- [https://www.youtube.com/watch?v=PkVk\\_vLFAmg\\*](https://www.youtube.com/watch?v=PkVk_vLFAmg*)

### 10.3 Salon ARTIBAT

FCBA a candidaté pour les « nouveautés à la une » au salon de la construction et des travaux publics ARTIBAT en proposant l'application Xylorix Inspector. Après examen du dossier déposé, le jury d'experts a retenu Xylorix Inspector comme nouveauté 2021. FCBA ayant un stand durant ce salon, ceci a été l'occasion d'effectuer des démonstrations auprès de la presse et des professionnels. Ce salon s'est tenu à Rennes du 13 au 15 Octobre 2021 (voir les documents de communication sur Xylorix Inspector nouveauté ARTIBAT en annexe 18). Grâce à ce prix, Xylorix Inspector a pu bénéficier d'une médiatisation et d'une promotion de l'application auprès de la presse professionnelle et des réseaux sociaux Twitter et Facebook.

ARTIBAT vous accompagne dans la promotion de vos Nouveautés 2021



Figure 21 : Communication autour d'ARTIBAT



Figure 22 : Présence de Xylorix Inspector au salon ARTIBAT

## 11. Conclusion

Ces quatre années d'étude, nous ont permis de confirmer l'intérêt des systèmes d'imagerie associés à un réseau de neurones comme moyen d'aide à la vérification des essences en entreprises. Le taux de réussite des modèles d'essences feuillus développés par FCBA est de plus de 90%, celui des modèles résineux est plus modeste avec un taux de réussite de plus de 80% ce qui mériterait des tests complémentaires.

Le projet a permis non seulement de développer techniquement l'application à la vérification des essences sur les neuf essences les plus utilisées sur le marché de la menuiserie et du gros œuvre mais aussi de bâtir un business plan pour proposer cette application à la commercialisation.

Cependant, l'expertise de l'automate demande un investissement en développement important puisqu'il nécessite que chaque essence soit apprise par le système avec un nombre de photos supérieur à 500. Ce système nécessitera donc une mobilisation et une collaboration de plusieurs acteurs de la filière bois internationale si l'objectif est d'atteindre une identification de l'ensemble des essences qui sont et seront utilisées dans les produits bois. Cette démarche de mobilisation est activement développée par Agritix (voir annexe 19)

Aujourd'hui, compte tenu du nombre d'essences apprises par cette application et des retours d'expériences effectuées par nos bêta-testeurs, l'emploi de cette application peut être déjà envisagé dans le cadre de :

- Contrôle d'essences de bois sur chantier,
- Contrôle qualité en entreprise,
- Gestion de stock,
- Marketing,
- Litige clients sur l'essence employée.

## 12. Perspectives

Un certain nombre de propositions sur la poursuite de ce projet a été émis par le comité de pilotage que nous présentons ci-après :

### **Lancement de l'offre commerciale :**

**Début 2022, conformément à la décision du comité de pilotage, l'application Xylorix Inspector sera proposée à l'abonnement avec les neuf modèles développés par le FCBA.**

### **Poursuite de la démarche commerciale :**

- Participation à des salons (Batimat, Eurobois, Carrefour du bois, forum bois, ...) pour présenter et promouvoir le matériel
- Création d'une plaquette utilisateurs
- Accompagnement des abonnés payants (hotline, visites, SAV)

### **Poursuite du suivi de la performance des modèles existants**

#### **Développement de nouveaux modèles à moyen terme :**

- 4 nouvelles essences à choisir parmi les essences suivantes : Western red cedar, Eucalyptus (attention plusieurs espèces), Moabi, Meranti (DRM et LRM), Niangon, ...)
- 8 essences (intéressant CODIFAB et FNB) parmi les essences suivantes :
- Hêtre, Robinier, Frêne, Châtaignier, différenciation entre les espèces de chênes, ...)

#### **Nouveaux développements (recherche exploratoire)**

- Pour les panneaux contreplaqués : reconnaissance d'essences sur la tranche ou en longitudinal (réflexion sur le grossissement nécessitant un protocole de tests à établir).
- Prise en compte du vieillissement du bois (bois grisé) dans la reconnaissance des bois massifs

- Reconnaissance des bois traités avec produit incolore par rapport aux bois non traités

**Ouverture du projet :**

- Intégration d'autres organismes (potentiellement financeurs) FNB/FBF ; ATIBT, Commerce du bois (mail de présentation envoyé le 24 Juin 2021)

## Annexe 1 : Exemples de Smartphones utilisables

### Téléphones Android compatibles :

- Samsung Galaxy S20+, S20, S10+, S10, S10e, S9, S8, S7, S6, A5, A71, A51, A31, A21, M31, M51, M11, J3 Series, J7 Series, Note 20, Note 10+, Note 10, Note 9, Note 8
- Google Pixel 2, 3a, 3a XL, 3, 3 XL, 4, 4a, 4XL
- LG Premier Pro LTE, LG Rebel 3 LTE, LG Stylo 3, 3 Plus
- OnePlus Nord, Nord T, 8 Pro, 8, 7 Pro, 7T, 6T, 6, 5, 3
- Huawei P30 Pro, P30, P20, P10 Plus, P10, P9

### Téléphones Apple compatibles :

- Apple iPhone 12 Pro, 12, 12 mini, 11 Pro, 11, XS Max, XS, XR, X, 8 Plus, 7 Plus, 6 Plus, 8, 7, 6, SE, 5, 5c

-Et la plupart des smartphones (Android ou iOS) produit depuis 2018.

## Annexe 2 : fiche anatomique *Quercus* spp. (*Chêne blanc*)

**Nomenclature** : famille des FAGACEAE. *Q. robur* L. - Syn.: *Q. pendunculata* Ehrh.; *Q. petraea* (Mattuscka) Liebl. - Syn.: *Q. sessiliflora* Salisb.; *Q. grosseserrata* Bl. - Syn.: *Q. crispula* Bl., *Q. mongolica* Fisch. ex Turcz. var. *grosseserrata* (Bl.) Rehd. & Wils.; *Q. alba* L., *Q. muehlenbergii* Engelm. Nom commercial : Weißeiche (D), European oak (GB), European white oak (USA), Europees eiken (NL), farnia (I), roble (E); *Q. robur*: Stieleiche, Sommereiche (D); *Q. petraea*: Traubeneiche, Wintereiche, Spessarteiche (D), Chêne pédonculé (F); *Q. grosseserrata*: Japanische Eiche (D).



Figure 23 : Coupe transversale du *Quercus* spp. (Chêne européen) grossissement x24 (image Xylorix)

**Arbre** : Répartition géographique: Europe, sauf régions méditerranéennes, ou Régions méditerranéennes, y compris l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient, ou Asie tempérée, ou Amérique du Nord (*Q. alba*).

**Caractères généraux** : Limites de cernes distinctes. Bois de cœur brun à jaune à blanc ou gris. Couleur de l'aubier différente du bois de cœur. Densité basale: (0.39–)0.6–0.65(–0.93) g/cm<sup>3</sup>.

**Vaisseaux** : Vaisseaux présents. Bois à zones poreuses. Disposition des vaisseaux en files ou plages obliques et, ou radiales ou en flammes (rarement dendritique), vaisseaux bois initial exclusivement isolés et accolés dans le bois final, vaisseaux accolements radiaux de 2–3 et accolements en amas (seulement dans le bois final). Vaisseaux de bois final sont très petits, nombreux et à parois minces contrairement au Chêne rouge. Diamètre tangentiel moyen des vaisseaux: 130–290–420 µm. Thyllés présents (très fréquentes), de parois mince.

**Trachéides et fibres** : Trachéides vasculaires ou juxta vasculaires normalement présentes. Fibres de parois d'épaisseur moyenne.

**Parenchyme axial** : Parenchyme axial présent. Parenchyme axial le plus souvent Apo trachéal et para trachéal. Parenchyme Apo trachéal cellules isolées disséminées, ou en chaînettes (agrégats en courtes lignes tangentielles entre les rayons). Parenchyme para trachéal juxta vasculaire. Cellules de parenchyme axial en files. Nombre moyen de cellules de parenchyme axial par file: 4–8.

**Rayons** : Nombre de rayons par mm: 5–12 (rayons unisériés; large 1–2/mm), rayons multi sériés, même si seulement sporadiques, rayons (2–)10–30 sériés. Rayons de deux tailles différentes. Rayons composés de cellules du même type. Cellules des rayons homocellulaires couchées.

**Dépôts minéraux :** Cristaux présentes (rare), rhomboédriques (prismes), situés dans: cellules des rayons et cellules du parenchyme axial. Cellules cristallifères dans les rayons couchés. *Cristaux dans les cellules couchées des rayons non en files radiales.* Cellules cristallifères du parenchyme axial recloisonnées. Nombre de cristaux par loges: un seul. Silice non observé.

---

Extrait de la fiche : 'Richter, H.G., and Dallwitz, M.J. 2000 onwards. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Version: 7th August 2018. [delta-intkey.com](http://delta-intkey.com)'.

### Annexe 3 : fiche anatomique *Guarea* spp (Bossé)

**Nomenclature :** famille des MELIACEAE. *G. cedrata* (A. Chev.) Pellegr. (syn: *G. alatipetiolata* de Wild., *Trichilia cedrata* A. Chev.); *G. laurentii* de Wild. (syn.: *Trichilia reygartii* de Wild.); *G. thompsonii* Sprague & Hutch. Nom commercial : *G. cedrata*: scented or white guarea (GB, NG); bossé claire (FR); bosasa, lisasa, dumbala (CD); divuiti (GA); bossi, kwabohoro (GH); akuraten, obobonufua (NG); timbi, ebangbembra, obobo (CM); krassé, ibotou, anakué, krassain, m'bossa (CI); *G. thompsonii*: mutigbanaye (CI); black guarea (NG); bossé foncé (FR); bolon (CM); guarea, diambi (CD). Non protégé selon les normes CITES.

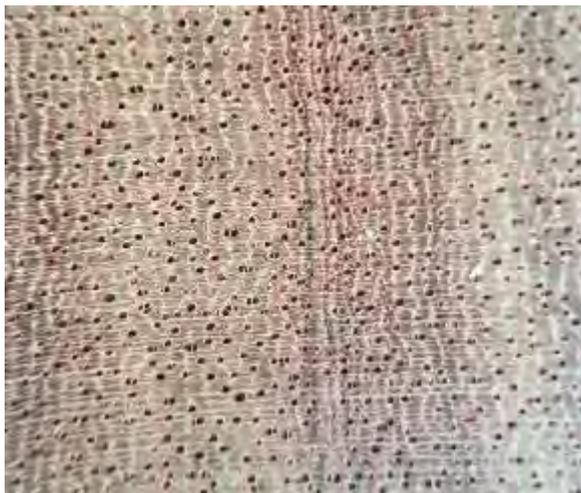


Figure 24 : Coupe transversale du *Guarea cedrata* (Bossé clair) grossissement x24 (image Xylorix)

**Arbre :** Répartition géographique: Afrique tropicale.

**Caractères généraux :** Bois de cœur rouge à brun (*G. cedrata*: couleur saumon devenant brun orangé à la lumière), jaune à brun à rouge (*G. thompsonii*: fonçant à brun cuivré). Couleur de l'aubier différente du bois de cœur. **Odeur caractéristique.** Densité 0.52–0.55–0.65 g/cm<sup>3</sup> (*G. thompsonii* souvent plus lourd). **Parfois exsudations colorées en surface.**

**Vaisseaux :** Bois à pores disséminés. Vaisseaux accolés, accolements radiaux de 2–3. Diamètre tangentiel moyen des vaisseaux: 85–140–215 µm. Nombre moyen de vaisseaux par mm<sup>2</sup>: 7–10–15. **Thylles absents.** Autres dépôts dans les vaisseaux du bois de cœur présents (brun sombre).

**Trachéides et fibres :** Fibres de parois d'épaisseur moyenne.

**Parenchyme axial :** Parenchyme axial en lignes et non en lignes. Lignes marginales (ou semblant marginales) ou non marginales (ou semblant marginales). Lignes fines ou épaisses. Parenchyme axial apo trachéal, ou para trachéal. Parenchyme apo trachéal en chaînettes. Parenchyme para trachéal aliforme, anastomosé, et unilatéral (principalement unilatéral). Parenchyme aliforme: en ailes. Cellules de parenchyme axial en files. Nombre moyen de cellules par file: 6–8–10.

**Rayons :** Nombre de rayons par mm: 6–12, rayons multi sériés, (1–)2–3 sériés. Rayons composés de cellules du même type (homocellulaires) et composés de deux types de cellules ou plus (hétérocellulaires); cellules des rayons homocellulaires couchées. Rayons hétérocellulaires avec cellules carrées et dressées seulement dans les rangées terminales, généralement avec 1 rangée terminale des cellules carrées ou dressées.

**Tissus de sécrétion :** Canaux intercellulaires absents.

**Dépôts minéraux : Cristaux présents**, rhomboédriques (prismes), situés dans: cellules du parenchyme axial. Cellules cristallifères du parenchyme axial recloisonnées. Nombre de cristaux par loges: un seul. **Silice présent**, en corpuscule; localisée dans les cellules des rayons et localisée dans les cellules du parenchyme axial.

**Caractères physiques et chimiques** : Bois de cœur non fluorescent.

---

Extrait de la fiche : 'Richter, H.G., and Dallwitz, M.J. 2000 onwards. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Version: 7th August 2018. [delta-intkey.com](http://delta-intkey.com)'.

## Annexe 4 : fiche anatomique *Entandrophragma cylindricum* (Sapelli)

**Nomenclature :** famille des MELIACEAE. Syn.: *Entandrophragma tomentosum* A. Chev., *E. lebrunii* Staner. Nom commercial : sapelli (DE, FR, BE); sapele, sapele mahogany (GB, NG); sapeli Mahonie (NL); aboudikro (CI, FR, DE); bibitu, lotouhé, abitigbro, boubousson, pan (CI); penkwa (GH); agiekpogo, ubilesan, ukwekan (NG); assié (CM); lifaki (UG); lifaki, libuyu, bobwe, m'boyo (CF); lifuti, livuite (AO). Non protégé selon les normes CITES.

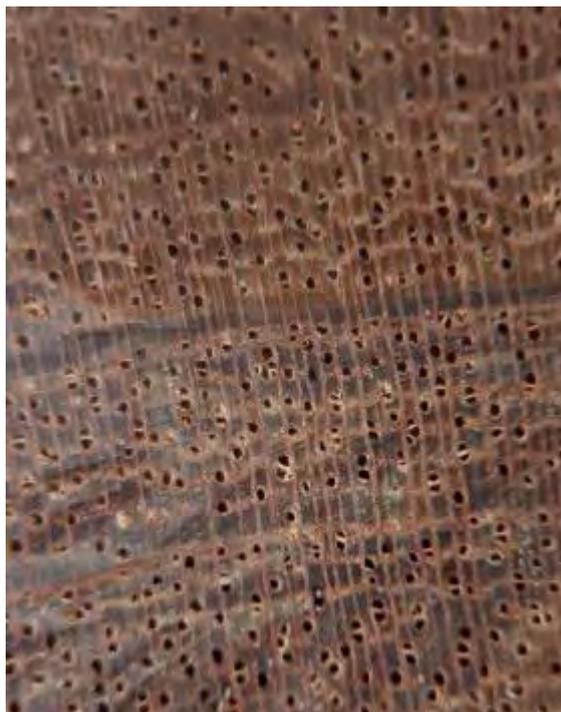


Figure 25 : Coupe transversale du *Entandrophragma cylindricum* (Sapelli) grossissement x24 (image Xylorix)

**Arbre :** Répartition géographique: Afrique tropicale.

**Caractères généraux :** Limites de cernes distinctes. Bois de cœur brun à rouge. Couleur de l'aubier différente du bois de cœur. **Odeur caractéristique.** Densité 0.49–0.62–0.72 g/cm<sup>3</sup>.

**Vaisseaux :** Bois à pores disséminés. **Vaisseaux accolés**, accolements radiaux de 2–3. Diamètre tangentiel moyen des vaisseaux: 90–140–200 µm. Nombre moyen de vaisseaux par mm<sup>2</sup>: 9–17. Autres dépôts dans les vaisseaux du bois de cœur présents (brun rouge).

**Trachéides et fibres :** Fibres de parois d'épaisseur moyenne.

**Parenchyme axial :** Parenchyme axial en lignes ou non en lignes. Lignes marginales (ou semblant marginales). Lignes fines ou épaisses. Parenchyme axial apo trachéal (chaînettes indépendantes ou attachées aux vaisseaux), ou para trachéal. Parenchyme apo trachéal en chaînettes. Parenchyme para trachéal en manchon et unilatéral. Cellules de parenchyme axial en files. Nombre moyen de cellules par file: 8.

**Rayons :** Nombre de rayons par mm: (3–)5–7, rayons multi sériés, 2–5 sériés. Rayons composés de deux types de cellules ou plus (hétérocellulaires). Rayons hétérocellulaires avec cellules carrées et dressées seulement dans les rangées terminales, généralement avec 1 rangée terminale des cellules carrées ou dressées.

**Tissus de sécrétion : Canaux intercellulaires présents**, d'origine traumatique, **d'orientation axiale**, axiaux en lignes tangentielles longues ou en lignes tangentielles courtes.

**Dépôts minéraux** : Cristaux présents, rhomboédriques (prismes), situés dans: cellules des rayons et cellules du parenchyme axial. Cellules cristallifères dans les rayons dressés et, ou carrées, des rayons dressées et/ou carrées cristallifères reclouisonnées. Cellules cristallifères du parenchyme axial reclouisonnées, ou non reclouisonnées. Nombre de cristaux par loges: un seul. Silice non observée.

---

Extrait de la fiche : 'Richter, H.G., and Dallwitz, M.J. 2000 onwards. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Version: 7th August 2018. [delta-intkey.com](http://delta-intkey.com)'.

## Annexe 5 : fiche anatomique *Entandrophragma utile* (Sipo)

**Nomenclature :** famille des MELIACEAE. Syn.: *Entandrophragma macrocarpa* A. Chev., *E. roburoides* Vermeesen, *E. thomasi* Ledoux. Nom commercial : assié (FR, CM); bada, mébrou, zuiru (CI); assi, ombolobolo, mouragalamando, kos-kosi (GA); efou-konkonti (GH); muyoyu (UG); timbi, assang-assié (CM); kalungi, m'vovo, tshimai rouge/noir (CD); akuk, ogipogo, ubilesan (NG); momboyo (CG); njeli (LR). Non protégé selon les normes CITES.



Figure 26 : Coupe transversale du *Entandrophragma utile* (Sipo) grossissement x24 (image Xylorix)

**Arbre :** Répartition géographique: Afrique tropicale.

**Caractères généraux :** Limites de cernes distinctes. **Bois de cœur** brun à rouge, brun à jaune (à la lumière); **sans veines**. **Couleur de l'aubier différente du bois de cœur**. **Odeur absente**. **Densité 0.45–0.59–0.7 g/cm<sup>3</sup>**.

**Vaisseaux :** Bois à pores disséminés. **Disposition des vaisseaux sans disposition particulière, vaisseaux accolés**, vaisseaux accolements radiaux de 2–3. Diamètre tangentiel moyen des vaisseaux: 140–230–295 µm. Nombre moyen de vaisseaux par mm<sup>2</sup>: 3–6. Autres dépôts dans les vaisseaux du bois de cœur présents (brun rouge sombre).

**Trachéides et fibres :** Fibres de parois d'épaisseur moyenne.

**Parenchyme axial :** Parenchyme axial en lignes ou non en lignes. **Lignes marginales (ou semblant marginales)**. Lignes fines. Parenchyme axial apo trachéal, ou para trachéal. Parenchyme apo trachéal de cellules isolées disséminées, ou en chaînettes (lignes courtes et onduleuses généralement non associées aux vaisseaux). Parenchyme para trachéal juxta vasculaire, en manchon, et anastomosé. Cellules de parenchyme axial en files. **Nombre moyen de cellules par file: 7–8**.

**Rayons :** **Nombre de rayons par mm: (2–)5–7**, rayons multi sériés, 2(–4) sériés. Rayons composés de cellules du même type (homocellulaires), ou composés de deux types de cellules ou plus (hétérocellulaires); cellules des rayons homocellulaires couchées. Rayons hétérocellulaires avec cellules carrées et dressées seulement dans les rangées terminales, généralement avec 1 rangée terminale des cellules carrées ou dressées et généralement avec 2–4 rangées terminales des cellules carrées ou dressées (rarement).

**Tissus de sécrétion : Canaux intercellulaires** présents ou absents, d'origine traumatique, **d'orientation axiale**, axiaux en lignes tangentielles courtes.

**Dépôts minéraux : Cristaux présents, rhomboédriques (prismes), situés dans : cellules du parenchyme axial.** Cellules cristallifères du parenchyme axial recloisonnées, ou non recloisonnées. Nombre de cristaux par loges: un seul. **Cristaux rhomboédriques se produisent de façon très sporadique alors dans les cellules marginales des rayons, mais ne sont pas typiques de l'espèce. Silice non observée.**

---

Extrait de la fiche : 'Richter, H.G., and Dallwitz, M.J. 2000 onwards. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Version: 7th August 2018. [delta-intkey.com](http://delta-intkey.com)'.

## Annexe 6 : fiche anatomique *Picea abies* (Epicéa commun)

**Nomenclature:** famille des PINACEAE. Syn.: *Picea alpestris* Stein, *Picea elegantissima* Beissn, *Picea excels* (Lam.). Nom commercial : Sapinette, Epicéa du Nord, Sapin du Nord.



Figure 27 : Coupe transversale de *Picea abies* (Epicéa commun) grossissement x24 (image Xylorix)

**Section transversale :** Transition progressive entre le bois initial et le bois final. Canaux en résine bordés de 8 à 12 cellules épaisses ou plus à parois épaisses.

**Coupe radiale :** Trachéides longitudinales généralement avec des fosses unisériées, rarement bisériées. Rayons hétérocellulaires. Ray trachéides présents, avec des parois lisses. Murs épais de parenchyme ray, parois tangentiels nodulaires. Généralement des fosses piceoïdes dans les champs croisés (en particulier dans le bois final), en partie cupressoïdes.

**Section tangentielle :** Hauteur moyenne des rayons 10 à 15 cellules, rarement jusqu'à 25 cellules. Canaux en résine avec cellules épithéliales à paroi épaisse.

**Caractères clés :** Présence de canaux résinifères. La transition du bois initial au bois final est progressive. Fosses bordées généralement unisériées dans la section radiale des trachéides.

**Remarques :** La différenciation entre *Picea* et *Larix* par les caractéristiques anatomiques du bois n'est pas toujours possible. Chez *Larix*, la transition du bois initial au bois final est abrupte et les fosses bordées de bisériées apparaissent souvent sur des zones relativement longues dans la section radiale des trachéides.

## Annexe 7 : fiche anatomique *Abies alba* (Sapin blanc)

**Nomenclature** : famille des PINACEAE. Syn.: *Abies argentea* Chambray. Nom commercial : Sapin blanc, Sapin pectiné, Sapin commun.



Figure 28 : Coupe transversale de *Abies alba* (Sapin blanc) grossissement x24 (image Xylorix)

**Coupe transversale** : Limites des cernes visibles, généralement abruptes, transition rarement graduelle du bois initial au bois final. Aucun canal de résine, rarement des canaux de résine traumatiques, disposés en rangées tangentiels peuvent être présents.

**Coupe radiale** : Fosses généralement unisériées, parfois bisériées dans les parois trachéides radiales. Rayons homocellulaires. Parois de rayons horizontales épaisses, lisses à dentées, parois de cellules de rayons marginales minces. Parois tangentiels de rayons chaînes nodulaires distinctes. Fosses de taxodioïdes dans les rayons du bois initial, dans les fosses piceoïdes du bois final. Souvent des cristaux dans les cellules des rayons marginaux.

**Section tangentielle** : Hauteur moyenne des rayons 15 à 25 (parfois jusqu'à 40) cellules.

**Caractères clés** : Canaux en résine absents. Rayons sans trachéides.

## Annexe 8 : fiche anatomique *Larix decidua* (Mélèze d'Europe)

**Nomenclature** : famille des PINACEAE. Syn. *Larix europaea*. Nom commercial : Mélèze d'Europe, Mélèze commun.



Figure 29 : Coupe transversale de *Larix decidua* (Mélèze d'Europe) grossissement x24 (image Xylorix)

**Coupe transversale** : Transition abrupte entre le bois primitif et le bois final (à l'exception des anneaux de croissance formés pendant la période d'épidémie de la pyrale du mélèze (*Zeiraphera diniana* Gn.)). Canaux en résine bordés de 8 à 12 cellules profondes ou plus à parois épaisses.

**Coupe radiale** : Trachéides longitudinales souvent avec des fosses bisériées sur des zones relativement longues. Rayons hétérocellulaires. Ray trachéides présents, avec des parois lisses. Murs épais de parenchyme ray, parois tangentielles nodulaires. Des fosses piceoïdes dans les champs croisés du bois primitif.

**Section tangentielle** : Hauteur moyenne des rayons 10 à 15 cellules, rarement jusqu'à 25 cellules. Canaux en résine avec cellules épithéliales à paroi épaisse, parfois deux canaux en résine dans un rayon.

**Caractères clés** : Présence de canaux en résine. Transition brusque du bois initial au bois final. Trachéides longitudinales souvent avec des fosses bisériées.

**Remarques** : La différenciation de *Larix* et *Picea* par les caractéristiques anatomiques du bois n'est pas toujours possible. Chez *Picea*, la transition du bois initial au bois final est progressive et des fosses bordées généralement unisériées apparaissent dans la section radiale des trachéides.

## Annexe 9 : fiche anatomique *Pinus sylvestris* (Pin sylvestre)

**Nomenclature** : famille des PINACEAE. Nom commercial : Pin sylvestre, Pin du Nord, Pin de Riga.



Figure 30 : Coupe transversale du *Pinus* spp (Pins) grossissement x24 (image Xylorix)

**Coupe transversale** : Les limites des anneaux de croissance sont toujours distinctes. La transition du bois hâtif au bois final est généralement brusque. Grands canaux en résine avec cellules épithéliales à paroi mince. Des fluctuations considérables de la densité du bois et parfois de faux anneaux de croissance sont observés dans les échantillons des régions de plaine.

**Coupe radiale** : Fosses trachéides presque unisériées. Rayons hétérocellulaires. Rayons trachéides avec parois dentées. Champs croisés des cellules du parenchyme aux trachéides avec une (rarement deux) grandes fosses de fenestriforme.

**Section tangentielle** : Hauteur moyenne des rayons 8 à 15 cellules. Canaux en résine dans les rayons à cellules épithéliales à parois minces.

**Caractères clés** : Canaux en résine avec cellules épithéliales à parois minces. Rayons avec de grandes fosses en forme de fenestri, trachéides de rayons avec des parois nettement dentées.

**Remarques** : Les espèces *P. sylvestris*, *P. mugo* et *P. nigra* ne peuvent être distinguées sur la base de leur anatomie du bois.

## Annexe 10 : fiche anatomique *Pinus nigra var austriaca* (Pin noir d'Autriche), *Pinus nigra* subsp. *Laricio* (Pin noir laricio)

**Nomenclature** : famille des PINACEAE. Nom commercial : Pin noir d'Autriche.



Figure 31 : Coupe transversale de *Pinus* spp (Pins) grossissement x24 (image Xylorix)

**Coupe transversale** : Les limites des anneaux de croissance sont toujours distinctes. La transition du bois hâtif au bois final est généralement brusque. Grands canaux en résine avec cellules épithéliales à paroi mince. Des fluctuations considérables de la densité du bois et parfois de faux anneaux de croissance sont observés dans les échantillons des régions de plaine.

**Coupe radiale** : Fosses trachéides presque unisériées. Rayons hétérocellulaires. Ray trachéides avec parois dentées. Champs croisés des cellules du parenchyme aux trachéides avec une (rarement deux) grandes fosses de fenestriforme.

**Section tangentielle** : Hauteur moyenne des rayons 8 à 15 cellules. Canaux en résine dans les rayons à cellules épithéliales à parois minces.

**Caractères clés** : Canaux en résine avec cellules épithéliales à parois minces. Rayons avec de grandes fosses en forme de fenêtre, trachéides de rayons avec des parois nettement dentées.

**Remarques** : Les espèces *P. nigra*, *P. mugo* et *P. silvestris* ne peuvent être distinguées sur la base de leur anatomie du bois.

## Annexe 11 : fiche anatomique *Pseudotsuga menziesii* (Mirb. Franco)

**Nomenclature** : famille des PINACEAE. Nom commercial : Douglas vert, Sapin de Douglas, Pin d'Oregon.



Figure 32 : Coupe transversale du *Pseudotsuga menziesii* (Douglas vert) grossissement x24 (image Xylorix)

**Coupe transversale** : Transition du bois précoce à tardif généralement assez brusque, mais dans les arbres à croissance rapide d'Europe, larges anneaux de croissance avec une transition continue du bois du début à la fin. Canaux en résine avec cellules épithéliales à paroi épaisse.

**Coupe radiale** : Fosses trachéides presque unisériées, rarement bisériées. Rayons hétérocellulaires. Fosses taxodioïdes (dans le bois initial) à piceoïde (dans le bois final). Champs croisés des cellules du parenchyme aux trachéides avec 2 à 4 fosses. Indentures présentes dans les parois cellulaires du parenchyme des rayons horizontaux à la jonction avec les parois d'extrémité tangentielle. Épaississements en spirale distincts et délicats.

**Section tangentielle** : Hauteur moyenne des rayons 8 à 15 cellules, parfois plus. Les rayons bisériés occasionnellement. Cellules de rayons rondes à paroi épaisse, dans des canaux de résine de rayons avec cellules épithéliales à paroi épaisse.

**Caractères clés** : Canaux en résine avec cellules épithéliales à paroi épaisse. Épaississements en spirale.

**Remarques** : Planté intensivement en Europe depuis environ 1850 (originaire d'Amérique du Nord).

## Annexe 12 : Présentation de l'application Xylorix Inspector

Lien du Guide d'utilisateur en vidéo :

[https://www.youtube.com/watch?v=IRUHSz5tc\\_Y&ab\\_channel=AgritixForestryAndAgricultureTechnology](https://www.youtube.com/watch?v=IRUHSz5tc_Y&ab_channel=AgritixForestryAndAgricultureTechnology)

### Sur votre téléphone portable (Android ou IOS) pour beta testing :

- Lancer l'application Play store ou Apple store
- Rechercher Xylorix inspector
- Télécharger l'application 
- S'inscrire en tant que nouvel utilisateur
- Donner un email entrer votre nom et un mot de passe
- Accepter les termes et conditions

### Outil complémentaire (facultatif) :

#### Sur votre téléphone portable ( android ou IOS) :

- Lancer l'application Apple store
- Rechercher Xylorix pocketwood
- Télécharger l'application 



### Xylorix Inspector application d'identification macroscopique :

Avec la capture photo 24x de la section transversale rafraîchie d'un bois, Xylorix Inspector utilise ses modèles d'intelligence artificielle pour identifier le genre / espèce de bois en quelques secondes. Cette application nécessite la macro-lens éclairée WIDK-24X01 fixée sur l'objectif du téléphone.

### Xylorix PocketWood application gratuite en betatest (opérationnelle à ce jour uniquement sur Android):

Les utilisateurs peuvent accéder à des informations et des images macroscopiques de près de 240 essences de bois.

Avec la macro-lens, les utilisateurs peuvent effectuer une identification du bois en comparant les images macroscopiques capturées de leur échantillon de bois avec les images disponibles dans la base de données

[www.fcba.fr](http://www.fcba.fr)

## Annexe 13 : Document technique commercial (version française)





### Application mobile de vérification d'essences

#### XYLORIX INSPECTOR / Modèles essences FCBA

Matériels nécessaires : Smartphone Android ou Iphone + objectif macro x24




**Préparation échantillon :**

- Rafraîchir une petite zone sur la face transversale du bois à identifier à l'aide d'un cutter
- Sélectionner l'essence présumée dans l'application
- Puis prendre une photo

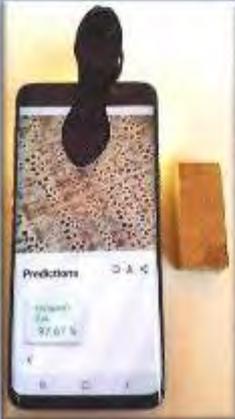



**Xylorix Inspector en action :**

1 prédiction rapide et fiable

Vert => il s'agit de l'essence présumée

Noir => Ce n'est pas l'essence présumée




**Abonnement disponible sur Play store / Apple store prévu dès Janvier 2022 :**

**Pack à 299 euros /an (9 essences)**

Sipo - Sapelli - Bossé - Chêne européen - Sapin - Epicéa - Mélèze - Douglas - Pins

**Demain à l'horizon 2024 :**

40 modèles de reconnaissance d'essence

**Contacts :**

Didier Reuling - Tél 05.56.43.64.26 - [didier.reuling@fcba.fr](mailto:didier.reuling@fcba.fr)

Nathalie Passedat - Tél 05.56.43.64.12 - [nathalie.passedat@fcba.fr](mailto:nathalie.passedat@fcba.fr)

Institut technologique FCBA - Allée de Boutaut - BP 227 - 33028 Bordeaux cedex

## Annexe 14 : Présentation du manuel d'utilisation



### Manuel d'utilisation de Xylorix inspector

Application mobile d'identification automatisée du bois

Pour version 2.4.0



Aperçu

Xylorix Inspector App est l'application dédiée pour l'identification rapide et robuste du bois grâce à l'utilisation de modèles développés à l'aide de technologies d'apprentissage automatique et de reconnaissance d'images.

3 étapes simples [C-S-I]

C

#### Cut



Rafraîchir la surface transversale du bois pour révéler les critères cellulaires macroscopiques

S

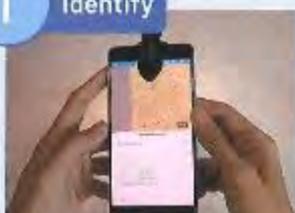
#### Snap



Photographier la surface révélée à l'aide de l'application avec l'objectif macro WDK-24X01

I

#### Identify

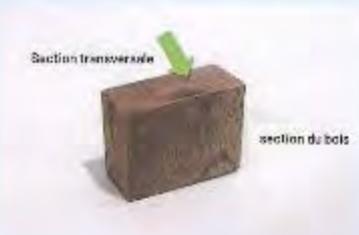


Le résultat de l'identification du bois est renvoyé en quelques secondes

Pré-requis pour l'utilisation

- Préparez l'échantillon de bois en coupant un morceau de la face transversale du bois pour produire une surface de bois rafraîchie.
- Assurez-vous que le plan cellulaire transversal du bois est clairement visible pour l'identification du bois lors de l'utilisation de l'application Inspector.



Section transversale

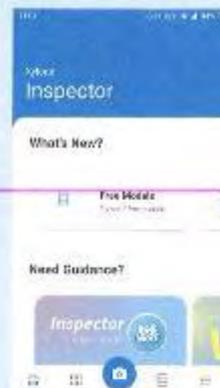
section du bois



Page 1/3

## Comment utiliser l'application Inspector App

- 1 Appuyez sur le bouton « Appareil photo » dans la barre de navigation inférieure pour commencer le processus d'identification du bois.



- 2 Appuyez sur le bouton « Sélectionner un modèle » pour choisir le modèle souhaité dans la liste des modèles souscrits à des fins d'identification.



- 3 Photographiez l'image du bois en appuyant sur le bouton blanc uni.



Page 2/3

- 4** Assurez-vous que les caractéristiques anatomiques du bois sont visibles et que l'image est nette. Appuyez sur le bouton « Utiliser la photo » pour soumettre l'image à des fins d'identification, ou appuyez sur le bouton « Reprendre » pour reprendre de nouveau la photo.



- 5** Le résultat de l'identification sera affiché par la suite, le résultat de la prédiction indique si le bois est le type de modèle de bois sélectionné, qui comme illustré, Hvéa. Vous pouvez appuyer sur la zone de résultat pour basculer entre la valeur de prédiction et le résultat.



- 6** Vous pouvez vérifier tous les résultats d'identification précédents en accédant à la page Galerie.



Regardez notre vidéo de démonstration sur l'utilisation de l'application Xylorix Inspector ici.



## Annexe 15 : Présentation de l'objectif macroscopique



# WIDK-24X01

## Xylorix Wood Identification Kit



WIDK-24X01 is a specially-designed toolkit for macroscopic wood identification. The HPPE cut-resistant thumb protector ensures the safety of its user during the wood surface cutting process. Its macro-lens is crafted with high quality aluminium alloy and multi-element coated glass. Coupled with its uniquely designed ring light, WIDK-24X01 supports any mobile phones in taking evenly-illuminated and shadow-free images that highlight wood anatomical characteristics. It is the perfect companion for anyone in the field that needs to capture, record and share macroscopic wood images.





## Kit Content

- 12-24x Macro Lens with Translucent Lens Hood
- Ring Light with Adjustable Brightness
- Universal Clip with Lens Holder
- USB Charging Cable
- Lens Pouch
- Thumb Protector



## Specifications

### Macro Lens

- Magnifications: 12x and 24x
- Material: Multi-Coated optical glass with aluminium alloy and ABS plastics body
- Compatibility: 98% of Android phones and iPhones
- Pre-installed Translucent Hood: Length - 7mm, Width - 28mm

### Ring Light

- Consists of 12 LEDs
- Illumination: 3-Level Brightness Control
- Illumination Color Temperature: 6000k and 3500k
- Working time per charge: 30-60mins

### Thumb Protector

- Material: HPPE Level-5 Cut Resistant
- Length: 70mm



hello@agritix.com



www.xylorix.com/products/widk24x01



## Annexe 16 : Questions de l'enquête réalisée en juin 2020

Question 1 : Quelles sont les essences de bois que vous souhaitez identifier rapidement et automatiquement ?

Il y avait une liste : Chêne, Sapele, Sipo, Bossé, Autres

Question 2 : Un outil rapide et automatisé vous serait-il utile pour vérifier les espèces ?

Echelle de 0 à 10 : (0 pour Pas du tout et 10 pour Certainement)

Question 3 : Quel type d'abonnement souhaitez-vous pour utiliser l'outil ? (pas de proposition)

Question 4: Quel prix seriez-vous prêt à payer (sur la base d'un abonnement annuel et du nombre d'espèces déclarées à la question 2) ?

## Annexe 17 : Résultats sondages de juin 2021

RD1

### Webinaire : Sondage 1

✓ Question : Seriez-vous intéressés par l'utilisation de votre smartphone pour vérifier une essence ?

Sondages Oui/Non		Nombre de personnes ayant répondu			Pourcentage					
		Non	Oui	Total	% positif	% négatif				
Seriez-vous intéressés par l'utilisation de votre smartphone pour vérifier une essence ?		6	36	42	86%	14%				
Typologie d'entreprises ayant répondu oui										
Menuisier	Consultant/Expert/bureau d'étude	Institution / Interpro	Constructeur	Enseignant	Architecte	?	Finition	Vendeur matériaux	Panneaux	Total
39%	14%	14%	11%	8%	6%	3%	3%	3%		100%

| fcba.fr 14

RD1

### Webinaire : Sondage 2

✓ Question : Seriez-vous intéressés pour participer à ce beta-testing ?

Sondages Oui/Non		Nombre de personnes ayant répondu			Pourcentage					
		Non	Oui	Total	% positif	% négatif				
Seriez-vous intéressés pour participer à ce beta-testing?		18	16	34	47%	53%				
Typologie d'entreprises ayant répondu oui										
Menuisier	Consultant/Expert/bureau d'étude	Institution / Interpro	Constructeur	Enseignant	Architecte	?	Finition	Vendeur matériaux	Panneaux	Total
44%	13%	13%	6%	6%	6%		6%		6%	100%

| fcba.fr 15

## Webinaire : Sondage 3

✓ Question : Seriez-vous prêt à souscrire à cet abonnement annuel ?

Sondages Oui/Non	Nombre de personnes ayant répondu			Pourcentage	
	Non	Oui	Total	% positif	% négatif
Seriez-vous prêt à souscrire à cet abonnement annuel ?	32	5	37	14%	86%

Typologie d'entreprises ayant répondu oui										
Menuisier	Consultant/ Expert/ bureau d'étude	Institution / Interpro	Constructeur	Enseignant	Architecte	?	Finition	Vendeur matériaux	Panneaux	Total
50%	20%			20%						100%

| fcba.fr

RD1

## Webinaire : Sondage 4

✓ Question : Parmi les espèces de bois ci-dessous, quels modèles de reconnaissance seraient à développer dans l'application Xylorix ?

Les essences citées	Nombre de citation	Pourcentage
Durian	4	4%
<b>Kosipo</b>	<b>7</b>	<b>6%</b>
<b>Limbali</b>	<b>7</b>	<b>6%</b>
<b>lotofa</b>	<b>7</b>	<b>6%</b>
<b>Mengkulang</b>	<b>7</b>	<b>6%</b>
<b>Niangon</b>	<b>16</b>	<b>14%</b>
<b>Meranti</b>	<b>18</b>	<b>16%</b>
<b>Eucalyptus</b>	<b>22</b>	<b>20%</b>
<b>Moabi</b>	<b>23</b>	<b>21%</b>
	111	100%

| fcba.fr 17

# Annexe 18 : Xylorix Inspector Nouveauté ARTIBAT 2021



## ARTIBAT : CONCENTRÉ D'INNOVATIONS ET RÉVÉLATEUR DE TENDANCES

ARTIBAT se fait l'écho d'un monde en constante évolution et relate les progrès réalisés de ses visiteurs avec un objectif précis : leur proposer des produits innovants et qui répondent aux dernières nouveautés que vous avez créés ou mises.

### LE GUIDE DES NOUVEAUTÉS

Un guide unique des nouveautés, organisé par secteur, vous présente les nouveautés de votre secteur et les tendances de votre marché. Il est accompagné d'un rapport de synthèse de l'ensemble de votre secteur. Ce guide est disponible en format papier et en format numérique. Il est également possible de le consulter en ligne sur le site de l'ARTIBAT. Ce guide est un outil indispensable pour les professionnels de votre secteur. Il vous permet de rester à jour sur les dernières nouveautés et tendances de votre secteur. Il est également possible de le consulter en ligne sur le site de l'ARTIBAT.



### LE PARCOURS DE VISITE

Cette année, le parcours de visite sera enrichi de nouvelles activités et de nouvelles animations. Il sera également possible de participer à des ateliers de travail et de découvrir les dernières nouveautés de votre secteur. Le parcours de visite est un outil indispensable pour les professionnels de votre secteur. Il vous permet de rester à jour sur les dernières nouveautés et tendances de votre secteur.

## LE JURY 2021



**ABCD 44 BUREAU D'ÉTUDES TECHNIQUES**  
DÉPARTEMENT DU MANCHE

**ARTIBAT**  
MILIERE SPORTS

**AOC**  
D'ARTISANAT

**ZEPHOS**  
OPTIQUE

**CAPES PAYS DE LA LOIRE**  
PAYS DE LA LOIRE

## SOMMAIRE / PAR PÔLE

Gros Matériel - TP	4 à 5
Lot technique	6 à 9
Second Œuvre	10 à 21
Gros Œuvre	22 à 31
Équipement	32 à 36

Le jury est composé de professionnels de votre secteur et de représentants de l'industrie. Il a pour mission de sélectionner les produits les plus innovants et les plus intéressants de votre secteur.



**FCBA**  
INSTITUT TECHNOLOGIQUE

**HALL 4 / 4A28**  
**XYLORIX INSPECTOR / MODELES ESSENCES FCBA**

Centre technique industriel, FCBA a pour mission de promouvoir le progrès technique. Son champ d'action couvre l'ensemble des industries de la forêt, de la pâte à papier, du bois et de l'ameublement.  
Adresse : 10 rue Galilée - 77420 CHAMPS SUR MARNE  
Tél : +33(0)1 72 84 97 84 Site : www.fcba.fr



Le système d'identification utilise la méthode de vision artificielle avec un smartphone et un macro-objectif (grossissement x24). Le smartphone équipé de l'objectif macroscopique couplé à une connectivité Internet permet une acquisition numérique simple d'une image d'une coupe transversale de bois. L'image obtenue est envoyée sur un serveur cloud pour une identification rapide. Aujourd'hui nos essences de bois peuvent être reconnues.

- AVANTAGE PRODUIT**
- Maîtrise du produit mis sur le marché (traçabilité)
  - Contrôle et vérification simple de l'essence travaillée le long de la chaîne de production.
  - Expertise chantier facilitée

**COMMERCIALISATION :** Janvier 2022  
**DISTRIBUTION :** Vente directe

## Annexe 19 : Xylorix Inspector à travers le monde

**WOODNEWS**  
FURNITURE AND MANUFACTURING MATERIALS  
AND TECHNOLOGIES

### Indian varsity develops wood identification AI models



By SATISH KUMAR SINHA

Wood is a versatile raw material that has been used from time immemorial for domestic as well as heavy structural purposes. In India, there are over 4,500 wood-yielding species of which 1,600 tree species have commercial timber value, including some of the best known and highly prized tropical hardwoods.

Of these, more than 450 species have been well studied for various end uses. Wood is considered as one of the most versatile of raw materials in India and is, therefore, in high demand in the construction, furniture and building sectors.

Although India is a timber-rich country and one of the major producers of tropical logs in the world, people still prefer some highly-prized timbers such as Teak, Sal, Rosewood, Mahogany, etc.

It is estimated that India's spend on such timber is US\$ 30 million (Rs 22,000 crore) alone on Teak (*Tectona grandis*) cultivation annually for different end uses.

As a result of the emphasis on its forest conservation policy and legal regulations in the country, timber extraction from forests has declined, resulting in increased timber prices.

The combination of demand for raw material and high timber prices has introduced the possibility of adulteration of precious timbers with inferior ones as a result of the similarity in physical appearances, which may bring monetary loss to unaware traders.

For instance, 1% of teak wood in India is adulterated with Bengali Babool (*Acacia auriculiformis*) and sold in markets under the name of Assam teak. In this context, the identification of timber becomes important from the point of utilisation.

Wood anatomy is a scientific way to identify adulterated timbers and to provide the entity of a particular wood species based on the unique microscopic structures present on different surfaces of wood. However, this skill is largely limited to the wood-anatomical experts only.

Although the DNA barcoding technique can also be used to identify important timber species, it is a much more time-consuming process.

To that end, Navsari Agricultural University (NAU) in Gujarat has recently developed wood identification artificial intelligence (AI) models for three selected Indian timber species: Teak (*Tectona grandis*), Malabar Neem (*Melia dubia*) and Ardu (*Ailanthus excelsa*).

Using the Xylorix platform, these wood identification AI models are the first of their kind to be developed in India. The three AI models are available in the Xylorix Inspector mobile app under the name of Navsari Agricultural University (NAU) Model Album.

This work has been initiated and led by the author of this article through the ICAR-NAHEP CAAST project at NAU. These expert-trained AI models can identify their assigned wood species through image recognition by looking at the magnified pictures of the wood end-grain surface.

With the help of these AI models, non-wood anatomical experts, such as customs officers, farmers, border patrol and timber traders can, with very little training, quickly verify the said wood species.

This, in turn, could help prevent adulteration and illegal transportation of mislabelled woods in the field, with just a knife, an illuminated macro-lens, an internet connection and access to the models, using the Xylorix Inspector mobile app.

Xylorix Inspector app is an automated, macroscopic wood-identification app that is designed to be user-friendly in the field. Users will need to prepare a cutting tool (a heavy-duty utility knife is recommended) and a WIDK-24X01 illuminated macro-lens and follow three simple steps: cut, snap and identify.

The Xylorix Inspector app is available on both the Google Android and Apple iPhone platforms. For more information, you could check out the app user-guide video on YouTube or the Xylorix website.

- Xylorix Inspector (Android): [http://bit.ly/XylInsp\\_Android](http://bit.ly/XylInsp_Android)
- Xylorix Inspector (iPhone): <https://apple.co/2TUCC9G>
- Xylorix Inspector user guide: [https://youtu.be/C0CBZ\\_xmOOs](https://youtu.be/C0CBZ_xmOOs)
- WIDK-24X01 macro-lens: <https://www.xylorix.com/products/widk24x01>

#### References:

1. Pandey, C.N. and Rangaraju, T.S. 2008. India's industrial balance. *International Forestry Review*, 10 (2):173-189.
  2. Chakraborty, D. 2014. Cut trees, conserve better: that's the new approach. *Bangalore Mirror* assessed on 03 September 2018.
  3. Sharma, S.K. 2017. Rajya Sabha TV channel interview in Eureka with Dr. S.K. Sharma. <https://www.youtube.com/watch?v=r3iGVTydZkA>, assessed on 02 January 2017.
- The writer is Assistant Professor (Wood Science and Technology), Department of Forest Products and Utilisation, College of Forestry, Navsari Agricultural University, Navsari, Gujarat. Email: [sksinha@nau.in](mailto:sksinha@nau.in)

Rechercher des documents

**RECHERCHES RÉCENTES**

- La Commission des forêts a annoncé l'ambassadeur américain à l'initiative pour planifier l'ACCAD.
- FC LADIES MARQUE LE DÉBUT DE LA SÉRIE MONDIALE À L'ÉTAT DU GHANA.
- Les parties prenantes de la REDD+ de la forêt de casca du Ghana organisent un atelier consultatif.
- Le Ghana et le RD Congo ont dialogué pour la production et la gestion du bois d'œuvre au Ghana.
- LE PERSONNEL TIDD REÇOIT UNE FORMATION SUR LE FLUX DE TRAVAIL D'IDENTIFICATION DU BOIS.



LE PERSONNEL TIDD REÇOIT UNE FORMATION SUR LE FLUX DE TRAVAIL D'IDENTIFICATION DU BOIS.

**CATÉGORIES**

- Biodiversité (2)
- Émission de CO2 (1)
- CCAF (1)
- Onkment (1)
- Enjeux forestiers (1)
- FTD (2)
- Série spéciale en ligne (3)
- Immobilier (2)
- Mariage (2)
- Religieux (2)
- Nouvelles technologies (1)
- Rapports (2)

Cinq membres du personnel sélectionné de la Division du développement de l'industrie du bois (TIDD) de la Commission des forêts ont reçu une formation intensive de 4 jours au siège social de FC pour perfectionner leurs compétences en matière d'identification du bois à des fins d'inspection, de suivi et de commerce du bois. Cette formation fait partie d'un partenariat international financé par le Service forestier des États-Unis et l'UNIDO pour améliorer le suivi du bois et la criminalité qui y est liée dans le pays.

Le matériel de nos Agences de l'Inde et de l'Appel à l'Action de l'Inde (Wood) - un app mobile conçu pour une utilisation moderne pour aider les utilisateurs à identifier facilement les types d'essence de bois.

Dans son discours, le directeur général de FC, M. John Aboagye, a déclaré que le Ghana avait procédé à ce projet afin de garantir que le bois et les produits dérivés du bois sont d'origine légale et il pense que cette formation dotera les agents des compétences nécessaires et la technologie pour identifier l'origine précise du bois, aider à lutter contre le trafic de bois, améliorer la planification de nouveaux et faciliter la gestion durable des ressources forestières du pays.

**Ghana**

**Training in wood identification**

Staff in the Timber Industry Development Division (TIDD) of the Forestry Commission have had intensive training aimed at retooling their skills in wood identification so as to strengthen timber inspection activities.

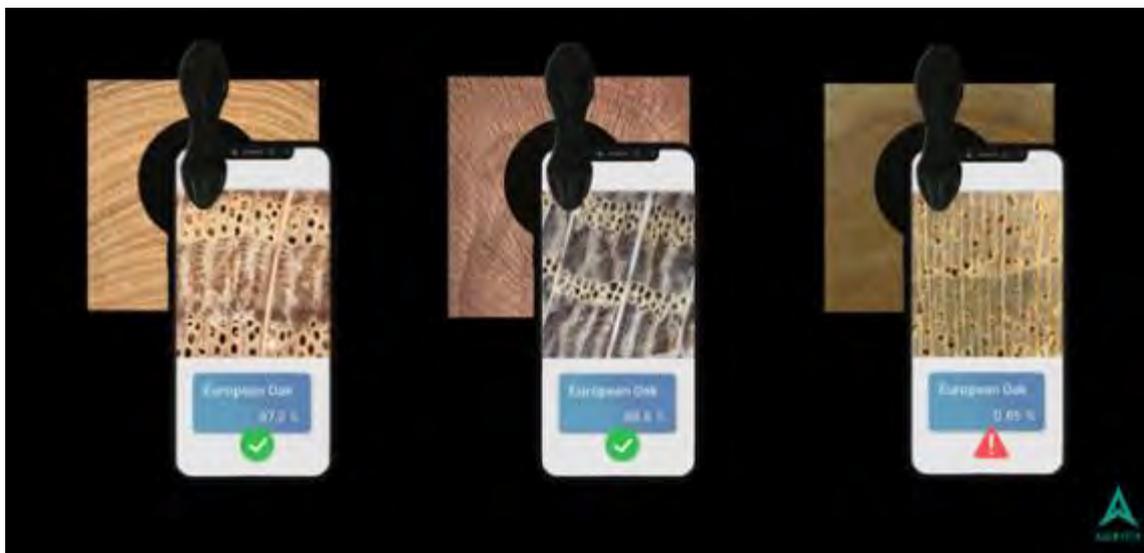
The training forms part of a United States Forest Service and UNIDO funded international partnerships to improve timber tracking and timber forensics in the Ghanaian timber industry and specifically targets the illegal rosewood trade.

The purpose of the training was to streamline the wood identification workflow and equip wood inspectors and the National Monitoring Team with the requisite skill and technology (Xylorix Pocket Wood App) to identify wood species, which are traded internationally and curb the trafficking of rosewood and other protected species.

See: <https://newsite.fcghana.org/news-media/tidd-staff-receive-training-on-wood-identification-workflow/>

## Réseau suivi du bois (article du 5 juillet 2021)

Le bois est un produit commercial de base dans de nombreux pays du monde ; il est extrêmement crucial que ces ressources naturelles inestimables soient gérées de manière durable pour éviter les surexploitations. Cependant, avec une valeur estimée par INTERPOL à environ 152 milliards de dollars par an, les activités forestières illégales ont entraîné d'énormes pertes de revenus et une déforestation incontrôlée dans les régions productrices de bois touchées. Pour lutter contre de telles activités, les forces de l'ordre sont chargées d'intercepter le transport illégal de bois sur le terrain et dans les centres de transport. Cependant, en raison du manque d'outils appropriés, ces agents pourraient avoir des difficultés ou manquer de confiance pour retenir des envois suspects sans preuves justifiables.



Avec l'introduction de Xylorix Inspector, une application pour smartphone développée par Agritix qui fournit une capacité d'identification rapide des espèces de bois sur le terrain. Avec peu de formation, le personnel est en mesure de l'utiliser comme outil d'alerte précoce pour vérifier une déclaration de bois frauduleuse potentielle et de suspendre l'expédition pour une enquête plus approfondie où des méthodes plus définitives telles que l'ADN peuvent être mises en œuvre. L'application Xylorix Inspector fonctionne en prenant une photo macroscopique du grain final d'un bois avec un objectif macro monté. L'image est ensuite envoyée à un serveur cloud où un algorithme d'IA entraîné identifie l'image reçue et renvoie le résultat de l'identification. Tout peut être réalisé en quelques secondes.

Agritix a également développé l'application Xylorix PocketWood, une application gratuite qui fournit un accès rapide à une grande base de données d'images macroscopiques de près de 400 espèces de bois dans le monde, facilitant ainsi la découverte et l'apprentissage de nouvelles espèces de bois et de leur grain final macroscopique distinctif.

Les deux applications sont disponibles pour les iPhones et les téléphones Android :

La société Agritix recherche activement des collaborateurs intéressés à développer ensemble des modèles et des solutions d'IA pour les essences de bois. Toute personne intéressée peut la contacter via cet e-mail : [agritix@agritix.com](mailto:agritix@agritix.com) , ou visitez [www.xylorix.com](http://www.xylorix.com) pour plus d'informations.