

CONVENTION SUR LE COMMERCE INTERNATIONAL DES ESPECES
DE FAUNE ET DE FLORE SAUVAGES MENACEES D'EXTINCTION



Vingt et unième session du Comité pour les plantes
Veracruz (Mexique), 2-8 mai 2014

Interprétation et application de la Convention

Contrôle du commerce et marquage

PRÉPARATION D'UN RÉPERTOIRE D'IDENTIFICATION DES ESSENCES PRODUISANT DU BOIS
INSCRITES AUX ANNEXES CITES

1. Ce document a été soumis par les représentants européens (M. Sajeve et Mlle. Clemente) au nom de l'Union européenne (UE)* relativement au point 14 de l'ordre du jour, « Examen du matériel d'identification et d'orientation (décision 16.59) ».
2. Il fournit un résumé des travaux en cours réalisés par TRAFFIC pour créer un « Répertoire d'identification des essences produisant du bois inscrites aux annexes CITES » appuyé par l'Union européenne (UE) et ses États membres. Il comprend des informations détaillées sur les techniques et l'expertise en matière d'identification ainsi qu'un exemple tiré du répertoire, qui se trouve en annexe.

Contexte

3. En mai 2013, la Commission européenne a lancé une consultation auprès des États membres de l'UE, conformément à la décision 16.60 c), pour déterminer leurs préoccupations et besoins principaux afin d'assurer la mise en œuvre réussie de l'inscription de nouvelles essences produisant du bois à l'Annexe II, comme cela avait été convenu à la CoP16. Dans leurs commentaires, plusieurs États membres de l'UE ont exprimé le besoin d'appuyer davantage l'identification des spécimens d'essences commercialisés, particulièrement pour lutter contre la fraude. À cette fin, il a été suggéré qu'il serait particulièrement utile de fusionner les sources d'information sur les établissements et les spécialistes capables d'identifier les essences produisant du bois inscrites aux annexes CITES.
4. La Commission a donc demandé à TRAFFIC d'amorcer le processus et de commencer à recueillir des informations disponibles sur les établissements ayant une expertise de l'identification morphologique ou moléculaire des essences et sur les spécialistes de l'identification des essences ainsi que les guides ou manuels disponibles pouvant aider les autorités à mener les identifications (phase 1). Il est prévu que ces informations soient rassemblées sous la forme d'un ou de plusieurs répertoire(s) afin de pouvoir être utilisées par toutes les Parties CITES à l'avenir (phase 2).

Avancement

5. TRAFFIC travaille actuellement sur la phase 1 de création du répertoire et a contacté jusqu'à présent plus de 30 **spécialistes de l'analyse anatomique (macroscopique et microscopique), l'analyse chimique,**

* Les appellations géographiques employées dans ce document n'impliquent de la part du Secrétariat CITES ou du Programme des Nations Unies pour l'environnement aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires ou zones, ni quant à leurs frontières ou limites. La responsabilité du contenu du document incombe exclusivement à son auteur.

l'analyse génétique et l'analyse isotopique des plantes et des bois en Europe, aux États-Unis, au Canada, en Amérique centrale, à Singapour et en Australie. La phase 1 comprend les 4 grandes étapes suivantes :

- a) consulter plusieurs spécialistes pour mieux comprendre les processus et les limites des tests et pouvoir créer les meilleurs modèles possible pour la collecte d'informations;
 - b) établir un premier contact avec les spécialistes et vérifier qu'ils ont de l'expertise pour identifier les essences produisant du bois inscrites aux annexes CITES et, dans le cas contraire, savoir avec qui communiquer pour obtenir plus d'informations;
 - c) demander aux spécialistes de remplir un seul et même tableau pour décrire les essences produisant du bois inscrites aux annexes CITES qu'ils peuvent identifier ou qu'ils ont l'habitude d'identifier et présenter la ou les technique(s) qu'ils utilisent à cette fin;
 - d) faire un suivi auprès des spécialistes (principalement par téléphone) pour rassembler des informations détaillées sur leurs capacités à effectuer des tests, les échantillons disponibles et les établissements.
6. Comme ces travaux ont été amorcés pour répondre aux demandes des États membres de l'UE, l'attention est mise jusqu'à présent sur la collecte d'informations concernant l'expertise des spécialistes au sein de l'Europe, sauf pour quelques spécialistes et établissements renommés ailleurs dans le monde. En plus de la prise de contact directe avec les spécialistes, une demande leur a été envoyée pour obtenir leurs coordonnées pour mettre à jour le répertoire des spécialistes des plantes CITES 2013 pour la région de l'Europe.
7. Avancement des étapes (a) à (d) ci-dessus : l'étape (a) est terminée et, d'après les commentaires reçus des spécialistes contactés, les étapes (b) à (d) sont en cours ou presque terminées. Le modèle de collecte des données existe actuellement en format Excel. Le tableau 1, dans l'annexe, présente les établissements qui ont fourni au moins quelques commentaires (ou, dans certains cas, pour lesquels une tierce partie a fourni des informations d'après leur expérience) ainsi que leur expertise respective en matière d'identification des essences, que ce soit au moyen d'analyses anatomique, chimique, génétique ou isotopique. Les tableaux 2 et 3 illustrent le type d'informations détaillées recueillies à l'étape (d) et fournissent un exemple d'informations recueillies sur l'un des établissements européens ayant une expertise des analyses anatomique et génétique des essences, le Naturalis Biodiversity Center, aux Pays-Bas.
8. Les progrès réalisés au cours de la phase 1 ont été présentés aux participants de la session de spécialistes de l'UE sur les essences produisant du bois inscrites aux annexes CITES qui s'est tenue à Bruxelles le 5 décembre 2013. À cette occasion, des commentaires positifs ont été formulés sur la première phase du processus et l'utilité de créer un répertoire de ce type. Les participants ont suggéré qu'un résumé des travaux soit présenté au Comité pour les plantes de la CITES à des fins d'examen.

Considérations et recommandations

9. Dans le cadre des décisions 16.59 et 16.60, le Comité pour les plantes est invité à tenir compte des informations contenues dans le présent document et son annexe ainsi que du besoin exprimé par certains États membres de l'UE de créer un répertoire regroupant toutes les sources d'information sur les établissements et les spécialistes capables d'identifier des produits de bois inscrits aux annexes CITES.
10. Le Comité pour les plantes est aussi invité à considérer si ce document, son annexe et l'exemple du répertoire présenté sont ou seront utiles pour déterminer la disponibilité actuelle de matériels d'identification des bois et les rendre plus accessibles aux Parties.
11. À l'appui des décisions 16.59 b et c, le Comité pour les plantes est invité à formuler des recommandations sur la création continue d'un répertoire d'identification complet pour les essences produisant du bois inscrites aux annexes CITES.

Aperçu des techniques d'identification applicables aux essences produisant du bois inscrites à la CITES

Les quatre principales techniques permettant d'identifier le taxon concerné et (ou) l'origine géographique ou la source des spécimens d'essences de la CITES commercialisés sont l'analyse anatomique (macroscopique et microscopique), l'analyse chimique, l'analyse génétique ou l'analyse isotopique. Ces techniques sont de plus en plus utilisées pour appuyer la traçabilité des bois, leur certification, leurs chaînes de possession et les systèmes ou technologies qui permettent de faire le suivi des essences (RAFT, 2012; Seidl et coll., 2012). La présente annexe se concentre sur les techniques les plus pertinentes pour vérifier les spécimens commercialisés aux fins de lutte contre la fraude dans le cadre de la CITES. Elle donne un aperçu de l'expertise en matière d'identification des essences produisant du bois inscrites aux annexes de la CITES et des informations sur les recherches et les progrès compilées dans le cadre de la phase 1 de la création du répertoire d'identification des essences. Elle vise à servir de base aux discussions actuelles et futures et non pas à fournir une liste complète des références et des projets dans ce domaine.

Cette annexe comprend un résumé de chacune des quatre techniques, dont de l'explication sur leur fonctionnement, leurs capacités et leurs limites et sur la façon dont elles sont ou peuvent être appliquées à l'identification des essences, en particulier celles inscrites aux annexes CITES. Elle présente également un éventail de publications, d'outils et (ou) de renseignements pertinents aux projets de recherche. Pour finir, elle donne un exemple du format et du contenu du répertoire d'identification des essences. Elle dresse la liste des établissements contactés pendant la phase 1 ainsi que leur expertise pertinente. Elle présente enfin un exemple d'informations détaillées contenues dans le répertoire pour un établissement, le Naturalis Biodiversity Center, aux Pays-Bas.

En plus des informations et des références couvrant les techniques et (ou) l'expertise mentionnées ci-dessous se trouvent certaines publications et certains ateliers qui ont permis d'aborder et d'examiner la diversité des connaissances et des recherches dans le domaine au cours des dernières années. Ils fournissent des informations contextuelles essentielles sur la façon dont les techniques peuvent se compléter en fonction de leurs avantages et de leurs inconvénients respectifs, même si depuis leur publication des progrès considérables ont été réalisés en matière d'analyses chimique, génétique et isotopique et que celles-ci ont été testées et appliquées à un plus grand nombre d'essences. Le contenu des trois de ces publications est résumé ci-dessous :

*Degen (2008), **Compte rendu de l'atelier international « Fingerprinting methods for the identification of timber origins », 8 et 9 octobre 2007, Bonn, Allemagne***

Il s'agit de huit documents sur l'utilisation de l'analyse génétique pour tracer des bois exploités de manière illicite, sur l'identification de l'origine géographique des bois tropicaux, sur l'histoire et l'application potentielle de l'analyse d'isotopes stables pour déterminer l'origine des bois et sur la première version du logiciel assisté par ordinateur CITESwoodID (qui permet d'identifier les essences produisant du bois inscrites aux annexes CITES).

*Baas et Wiedenhoef (2011), **Wood Science for Promoting Legal Timber Harvest***

Ce numéro spécial de la revue *International Association of Wood Anatomists (IAWA)* relate des observations tirées du symposium de juin 2010 sur les efforts pratiques et scientifiques pour lutter contre l'exploitation illégale du bois (« Practical and Scientific Efforts to Combat Illegal Logging ») qui s'est déroulé à Madison (États-Unis) et contient des contributions supplémentaires sur les essences produisant du bois inscrites aux annexes CITES (ces documents sont publiés individuellement dans la revue *IAWA* 32 (2)). Il aborde les avantages et les inconvénients d'analyser l'anatomie macroscopique et microscopique des bois pour les identifier et comprend un atlas anatomique de tous les taxons de bois inscrits aux annexes CITES jusqu'à présent. Il couvre l'utilisation de bases de données et de logiciels permettant l'identification des bois, dont *InsideWood*, la deuxième version de *CITESwoodID* et l'outil *PL@NTWOOD* (qui permet l'identification graphique de 110 essences de l'Amazonie). Il présente aussi les premiers travaux sur l'outil « Machine Vision » (qui permet d'automatiser le processus d'identification des bois), l'application des analyses génétiques et les problèmes qui y sont liés et, enfin, la spectroscopie infrarouge qui permet d'identifier l'espèce *Swietenia macrophylla*.

Von Scheliha et Zahnen (2011), Méthodes des empreintes génétiques et isotopiques – Documentation de la conférence internationale, 3 et 4 novembre 2010, Eschborn, Allemagne

Cette publication fournit un aperçu des méthodes des empreintes génétiques et isotopiques et des résultats d'un projet qui permet de tester leur applicabilité pour les essences de teck et d'acajou des concessions forestières du Cameroun. Elle comprend les points de réflexion de divers spécialistes sur ces méthodes et présente les plans et les recherches à venir.

Pour terminer, l'annexe se penche sur l'expertise en identification des bois et ses capacités. Elle ne s'intéresse pas aux protocoles de collecte d'échantillons, aux tests « médico-légaux » ni à la pertinence des techniques en fonction des types de produits à tester (par exemple, lorsque des techniques non destructives sont requises pour analyser des produits de grande valeur). Tous ces points sont néanmoins importants. *Ogden et coll.* (2009) souligne qu'il faut établir une méthode de validation pour chaque étape du processus analytique, que ce soit pour la collecte d'échantillons, l'analyse des données ou les besoins des analyses médico-légales basées sur l'ADN des essences sauvages, qui doivent répondre à des normes d'assurance de la qualité équivalentes à celles des analyses médico-légales basées sur l'ADN humain. La Society for Wildlife Forensic Science (SWGWILD), fondée en 2011, regroupe des spécialistes des méthodes de criminalistique pour les espèces sauvages qui normalisent et appuient les meilleures pratiques pour analyser les diverses essences et recueillir des preuves. La SWGWILD a créé un ensemble de normes et de lignes directrices pour les analyses médico-légales basées sur l'ADN et la morphologie des essences sauvages. Ce document couvre les bonnes pratiques pour les laboratoires, le traitement des preuves, la formation, les considérations essentielles sur la phylogénie, la taxonomie et les collections de référence qui sont propres à la criminalistique pour les essences sauvages (SWGWILD, 2012). L'établissement de normes est aussi une considération principale pour la base de données des bois et les installations qui sont mises en œuvre par Bioversity International (voir la section sur la génétique ci-dessous).

Analyse anatomique des bois

L'identification d'échantillons de bois selon leur anatomie repose sur l'observation de trois coupes du bois – transversale (face), radiale (section) et tangentielle (surface) – qui permet de créer une image en trois dimensions de la structure brute du bois. Les différences observées dans la structure des divers bois peuvent être décrites, attribuées à certaines caractéristiques et servir à identifier les bois en les comparant à des matériaux de référence.

L'anatomie des bois peut être analysée à des niveaux microscopiques et macroscopiques. Les techniques d'identification des bois standard reposent sur la microscopie optique et suffisent, en général, à identifier le genre d'un échantillon de bois et, dans certains cas, aussi son essence. Toutefois, la précision avec laquelle un échantillon de bois peut être identifié dépend de la quantité et de la précision des informations sur cet échantillon. L'analyse microscopique prend du temps et requiert un équipement spécialisé et des matériaux de référence, en plus de beaucoup d'expertise, d'expérience et de pratique (Gasson, 2011; A. Huitema, Douanes du port de Rotterdam, comm. pers., 2013). L'analyse macroscopique (qui repose sur les caractéristiques pouvant être observées ou perçues à l'œil nu ou à l'aide d'une loupe grossissante environ au facteur 10) peut être plus rapide, nécessiter moins d'expertise particulière et être très utile pour fournir au moins une indication sur le taxon concerné. Toutefois, l'identification finale ou définitive requiert, en général, une analyse microscopique, qui fournit des caractéristiques structurelles supplémentaires pour reconnaître l'essence du bois (Koch *et al.*, 2011).

Il existe beaucoup d'établissements scientifiques publics et privés et de spécialistes partout dans le monde qui détiennent l'équipement et les connaissances nécessaires pour entreprendre des analyses de l'anatomie microscopique des essences, comme ceux contactés durant la phase 1 de la création du répertoire d'identification des bois et qui figurent dans la liste du tableau 1. Beaucoup d'entre eux comptent de grandes collections de bois, comme l'Index Xylariorum qui est un répertoire en ligne recueillant des collections de bois provenant d'établissements du monde entier et qui a été mis à jour en 2009 par les Jardins botaniques royaux de Kew, au Royaume-Uni (Lynch et Gasson, 2010). Dans bon nombre de cas, les échantillons individuels sont maintenant numérisés et les informations en ligne sont de plus en plus disponibles dans des bases de données comme InsideWood (Wheeler, 2011) et des portails d'établissements comme la base de données Tervuren Xylarium Wood Database (H. Beekman, Musée royal de l'Afrique centrale, comm. pers., 2014). De plus, l'amélioration constante de l'outil « Machine Vision » (voir ci-dessous) permet la numérisation de nombreux échantillons de bois partout dans le monde. L'outil n'est plus restreint à l'Amérique centrale et au Brésil, comme il l'était au départ (Gardener, 2013).

En dépit de ces améliorations, la principale limite actuelle de l'identification des bois grâce à l'analyse anatomique reste liée au manque de matériaux de référence authentifiés qui sont actuellement conservés et partagés dans le monde sur le genre *Xylaria* (P. Gasson, RBG Kew, pers comm., 2013). Les préoccupations sur le manque d'échantillons de référence, en particulier pour les nouvelles essences de Madagascar inscrites aux annexes CITES, ont entraîné la création de plusieurs projets de collaboration axés sur la taxonomie de l'essence *Diospyros* à Madagascar et la collecte d'échantillons de quelque 300 essences *Dalbergia* spp. et *Diospyros* spp. (Sosa Schmidt, 2013a).

Un certain nombre d'outils d'identification, de guides et d'autres matériaux permettant l'identification des essences grâce à leurs caractéristiques anatomiques ont été créés pour les essences inscrites aux annexes CITES, dont l'acajou (White and Gasson, 2008) et le ramin (Garrett *et coll.* 2010). Des trousseaux d'outils et des cours de formation sur l'identification des essences d'acajou et de cèdre ont été conçus au Brésil et au Pérou spécialement pour les agents chargés de la lutte contre la fraude (Sosa Schmidt, 2013b). Des lignes directrices pour les Douanes et des affiches sur l'acajou, l'afromosia et le ramin ont été créées par les Jardins botaniques royaux de Kew (Groves, M., Jardins botaniques royaux de Kew (RGB Kew), comm. pers., 2013). Des publications ont été plus largement diffusées sur le sujet, comme le Guide d'identification CITES – Bois tropicaux disponible en anglais, en français et en espagnol (Environnement Canada, 2002) et traduit en chinois par TRAFFIC et d'un manuel d'identification des essences produisant du bois inscrites aux Annexes CITES I, II et III qui porte non seulement sur l'identification, mais aussi sur la marche à suivre pour lutter contre la fraude (département de l'Agriculture des États-Unis (USDA), 2006). Parmi les contributions plus récentes se trouvent la mise à jour du CD-ROM CITESWoodID (Richter *et coll.*, 2014) et le prototype de l'outil « Machine Vision » (Gardener, 2013). D'autres informations sur ces deux contributions et d'autres ressources utiles sur l'anatomie des essences produisant du bois inscrites aux annexes CITES sont fournies ci-dessous.

*Gasson (2011), **How precise can wood identification be?***

Cette publication couvre les difficultés de l'identification des essences inscrites aux annexes CITES, comme le ramin (*Gonystylus* spp.), le palissandre du Brésil (*Dalbergia nigra*) et le bois d'agar (essences *Aquilaria* et *Gyrinops*). Elle porte aussi sur les autres essences produisant du bois inscrites aux annexes CITES en 2011 et sur certains autres taxons qui sont commercialisés ou confondus avec des espèces inscrites aux annexes CITES et (ou) qui pourraient être protégées par la loi à l'avenir.

*Gasson et coll. (2011), **Wood anatomy of CITES-listed tree species***

Cette publication comprend des micrographies optiques de faible à gros grossissement, des illustrations et des listes de caractéristiques repères des bois et de caractéristiques des taxons d'angiospermes et de conifères inscrits aux annexes CITES en 2011.

*Wheeler (2011), **Base de données InsideWood** (<http://insidewood.lib.ncsu.edu/welcome>; en anglais seulement)*

Il s'agit d'un outil d'apprentissage, de recherche et de référence en ligne sur l'anatomie des bois nommé Internet-accessible wood anatomy (IAWA) et conçu par la North Carolina State University (États-Unis), qui contient les descriptions anatomiques de plus de 5 800 bois et 36 000 images modernes de bois. Cet outil est doté d'un champ à entrées multiples qui sert à rechercher la présence ou l'absence de caractéristiques IAWA et sert de collection de référence virtuelle.

*Richter et coll. (2014); Koch et coll. (2008, 2011), **CD-ROM CITESwoodID***

Cet outil facilite l'identification des bois en fonction de leurs caractéristiques macroscopiques. Il a été conçu à l'Institut for Wood Technology and Wood Biology du Johann Heinrich von Thünen Institute, en Allemagne, à partir de la base de données DELTA-INTKEY-System. Récemment mise à jour pour intégrer toutes les nouvelles espèces inscrites aux annexes CITES depuis la CoP16, la base de données contient maintenant les descriptions et un système d'identification interactif de 22 essences produisant du bois inscrites aux annexes CITES et de 34 essences similaires pouvant être confondues avec des essences inscrites aux annexes CITES. Conçu à l'intention des inspecteurs et des agents de lutte contre la fraude, l'outil permet aussi d'en savoir davantage sur l'anatomie des bois. Disponible sur CD-ROM en quatre langues : anglais, allemand, français et espagnol.

Hermanson et Wiedenhoef (2011); Gardener (2013), **Outil automatisé pour l'identification des bois**
Machine Vision

Le prototype Machine Vision (MV), version 1.0, créé par le laboratoire Forest Products Laboratory du Service des Forêts (FS) des États-Unis est un dispositif autonome et transportable qui permet d'identifier actuellement les échantillons de bois commercialisés de l'Amérique centrale aussi bien, voire mieux, que le ferait normalement une personne ayant suivi une formation d'une semaine sur l'identification des bois. Ce dispositif utilise des combinaisons avancées de capteurs pour reproduire et améliorer la perception humaine du bois. La base de données de référence est actuellement testée pour analyser d'autres échantillons de bois se trouvant chez des partenaires partout dans le monde et pouvoir intégrer aussi des essences brésiliennes.

Analyse chimique

L'identification chimique des essences produisant du bois repose sur la présence ou l'absence de composés particuliers et (ou) sur les variations de niveaux de certains composés analysés au moyen de différentes techniques de spectrométrie de masse (MS), comme la chromatographie en phase liquide, la spectrométrie de masse et la méthode « DART-TOF-MS » (analyse directe en temps réel à temps de vol qui permet d'analyser des échantillons solides). L'analyse chimique a permis d'identifier avec succès des essences inscrites aux annexes CITES, comme les essences *Dalbergia*, *Swietenia*, *Cedrela* et le bois d'agar et de distinguer les spécimens cultivés des spécimens sauvages (Espinoza, 2014). Le laboratoire de criminalistique du Fish and Wildlife Service (FWS) des États-Unis rapporte que de grands progrès ont été accomplis grâce à la méthode DART-TOF MS, qui est actuellement testée pour analyser plusieurs essences *Diospyros*. La méthode DART-TOF MS permet d'analyser des échantillons de bois solides, ce qui réduit le temps et les coûts liés à la préparation. Une fois que les tests sont conçus, la méthode DART-TOF MS permet d'analyser un échantillon toutes les 10 minutes et d'en traiter 400 par jour (E. Espinoza, USFWS, comm. pers., 2013).

Kite et coll. (2010), **Dalnigrin, a marker for the identification of Brazilian rosewood**

La méthode de chromatographie en phase liquide et de spectrométrie de masse (CL/SM) est utilisée pour identifier un marqueur chimique pour le bois de cœur de l'essence *D. nigra*. Résultat : pas de « dalnigrin » détecté dans les extraits de plus de 50 autres échantillons de bois de cœur représentant 15 essences de *Dalbergia*.

Lancaster et Espinoza (2012a, 2012b); Espinoza (2014), **DART-TOF-MS – Dalbergia et Aquilaria**

Les résultats de la méthode DART-TOF-MS ont pu être reproduits et fournir des classifications appropriées et utiles pour identifier les échantillons de bois inconnus de *Dalbergia* et d'*Aquilaria*. Il est possible d'authentifier des essences de bois d'agar à partir d'échantillons de copeaux de bois, de sciure, d'encens et de liquides, de différencier le bois d'agar sauvage du bois d'agar cultivé et de tirer des déductions fiables sur l'origine du bois.

Analyse génétique

Voici les trois principales approches scientifiques d'identification et de suivi des bois reposant sur l'analyse génétique : le code à barres de l'ADN (création de marqueurs génétiques pour l'identification des essences), la génétique de la population/cartographie génographique (pays/région d'origine) et l'empreinte génétique (identification des individus) (Lowe and Cross, 2011; Geach et coll., 2011). Des progrès rapides ont été accomplis dans le domaine ces dernières années. Des projets pilotes menés en 2012 et en 2013 ont permis de mettre au point des méthodes éprouvées pouvant être intégrées aux activités commerciales et aux services de lutte contre la fraude en 2014. Dans de nombreux cas, les difficultés passées concernant l'extraction d'ADN du bois séché, d'anciens échantillons et de produits transformés comme le placage, le carton gris, le contreplaqué, le carton et le papier ont été surmontées (Degen, 2013; J. Geach, DoubleHelix, pers, comm., 2014).

Le code à barres ADN est relativement rapide et bon marché à créer pour les nouvelles essences, mais la cartographie génographique est un processus plus lent et plus coûteux (J. Geach, DoubleHelix, comm. pers., 2014). Grâce à la coopération internationale, on estime qu'on pourrait créer les marqueurs génétiques de 20 à 50 essences chaque année et les cartes de référence génétiques de deux à cinq essences (Degen, 2013). Néanmoins, pour toutes les méthodes, les progrès dépendent de la disponibilité des échantillons et de la création de bases de données de référence complètes. Bioversity International travaille actuellement sur la création d'une base de données gérée par un centre régional à Kuala Lumpur dans le but d'en faire un référentiel mondial pour les ensembles de données génétiques de diverses essences de bois (Geach et coll., 2011). Elle donne la priorité aux essences qui doivent être incluses à la base de données selon certains

critères, comme le statut de conservation, le commerce et les niveaux d'utilisation, les problèmes d'identification et les collections d'échantillons existantes (Ekue, 2013).

En passant de la recherche à l'identification moléculaire de trois essences sélectionnées, dont la *Fitzroya cupressoides* (Hanssen *et coll.* 2011), le Centre of Wood Science de l'Université de Hambourg, en Allemagne, travaille à créer des marqueurs d'ADN permettant d'identifier rapidement près de 20 essences inscrites aux annexes CITES et 40 à 50 taxons similaires. De bonnes combinaisons ont été créées pour 35 taxons, comme pour les essences *Gonystylus* et *Swietenia*, qui ont été validées en 2013 (Hajo Schmitz-Kretschmer, BfN, comm. pers. 2014). Un projet pilote OIBT-CITES est actuellement en cours pour créer un système de traçabilité génétique pour *Pericopsis elata* dans les concessions forestières et les scieries du Cameroun et de la République du Congo. Il consistera en la création de marqueurs génétiques pour *Pericopsis elata* permettant d'utiliser des empreintes d'ADN et d'organiser et de former des équipes locales pour recueillir et stocker d'échantillons d'ADN (Sosa Schmidt, 2013b). Les publications ci-dessous fournissent d'autres exemples sur l'application de méthodes d'analyse génétique pour identifier des essences inscrites aux annexes CITES et (ou) leurs populations, et présentent d'autres projets pertinents.

*Nielsen et Kjæ (2008), **Tracing timber from forest to consumer with DNA markers***

Cette publication décrit différents marqueurs génétiques et dans quelle mesure ils permettent de tracer le bois. Elle aborde les difficultés d'extraction de l'ADN à partir d'échantillons de bois ainsi que le processus et les coûts estimés pour des exemples pratiques, comme la détection de l'origine et l'identification des grumes de *Swietenia macrophylla*. Elle s'inspire d'études sur le sujet et d'ateliers sur les méthodes liées aux empreintes d'ADN qui se sont déroulés à Bonn (voir ci-dessus).

*Odgen et coll. (2008), **Genetic identification of Ramin Gonystylus spp. timber and products***

Cette publication est une étude de faisabilité qui décrit la création d'une épreuve génétique permettant d'établir une méthode fiable, rentable et transférable pour identifier le ramin transformé. Elle présente toutes les étapes requises pour mettre en place une épreuve d'identification génétique destinée aux agents de la lutte contre la fraude. De plus, elle souligne que d'autres travaux sont requis pour créer un outil d'identification légiste entièrement validé.

*Geach et coll. (2011), **The state of DNA technology for trees & wood products***

Cette publication décrit les progrès accomplis dans le domaine, les trois principales approches d'analyse génétique applicables à l'identification des bois et donne des exemples de projets et d'essences pour lesquels ces approches ont été ou sont appliquées, comme la cartographie génographique à grande échelle des essences *Swietenia macrophylla* et *Cedrela odorata* et le code à barres d'ADN de 20 essences du bassin du Congo, en Afrique. Elle se penche sur les initiatives internationales Barcode of Life (iBOL) et Tree Barcode of Life (TreeBOL), les bases de données d'ADN pertinentes, comme GenBank, et le travail Consortium for the Barcode of Life (CBOL) lié à la création de normes et de protocoles internationaux.

*Degen et coll. (2013), **Verifying the geographic origin of mahogany with DNA-fingerprints***

Cette publication relate la création d'une base de données génétiques de référence permettant de déterminer le pays d'origine des échantillons de l'essence *Swietenia macrophylla* et comprenant les géotypes de près de 2 000 arbres sur lesquels des échantillons ont été prélevés au sein de l'aire de répartition de l'essence.

Analyse isotopique

L'analyse isotopique consiste en l'identification d'une signature ou d'un profil isotopique reposant sur la spectrométrie de masse. Par exemple, les isotopes stables de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote, du carbone et du soufre qui se trouvent dans l'eau et les sols peuvent être analysés pour identifier le profil isotopique d'une région géographique. L'analyse isotopique permet alors de retracer l'endroit où poussaient les arbres sur lesquels les échantillons ont été prélevés. Pour utiliser cette méthode, il faut que les isotopes de la région concernée soient déjà connus, définis et enregistrés (Boner, 2013).

L'analyse isotopique est déjà largement utilisée dans le secteur de l'agriculture, par exemple pour différencier les produits qui poussent dans différents champs. Elle a été testée pour analyser les essences de bois au cours de ces dernières années.

Par exemple, entre 2008 et 2010, dans le cadre d'un projet financé par le Fonds mondial pour la nature (WWF), le laboratoire Agroisolab, en Allemagne, a cherché à différencier l'origine des essences produisant des bois tropicaux comme le teck et l'acajou qui poussent en Asie du Sud-Est et en Amérique centrale en utilisant des isotopes (Förstel *et coll.*, 2011, Boner, 2013). Aux États-Unis, le laboratoire Reston Stable Isotope Laboratory (RSIL) entreprend une recherche sur les isotopes de diverses essences produisant du bois de rose (T. Coplen, RSIL, comm. pers., 2013) et l'Agence de recherche sur l'environnement et l'alimentation (FERA) étudie en particulier les essences malgaches (Cable and McGough, 2014).

*Boner, M. (2013), **Applications of stable isotopes for timber tracking***

Cette publication présente la recherche isotopique d'Agroisolab (Allemagne) dans le secteur de l'agriculture et plus récemment pour le bois, dont la création de bases de données de référence pour l'épicéa, le teck et le chêne de Sibérie et une analyse isotopique et génétique réalisée dans une concession du Cameroun.

*Cable et McGough (2014), **Isotope analysis of Dalbergia and Disopyros species of Madagascar***

Il s'agit d'un projet de validation de concept mené en collaboration avec les Jardins botaniques royaux de Kew, FERA et les Parcs Nationaux de Madagascar et axé sur la vérification de l'origine déclarée des essences *Dalbergia* et *Diospyros* de Madagascar en utilisant des isotopes stables et des éléments traces.

Création, format et exemple du répertoire d'identification des bois

Plus de 40 établissements et spécialistes ont été contactés dans le cadre de la phase 1 de la création du répertoire d'identification de bois. Le tableau 1 présente les établissements qui ont fourni au moins quelques commentaires (ou, dans certains cas, pour lesquels une tierce partie a fourni des informations d'après leur expérience) ainsi que leur expertise respective en matière d'identification des essences, que ce soit au moyen d'analyse anatomique, chimique, génétique ou isotopique.

Comme il est mentionné dans le paragraphe 5 du document PC21 Doc XX, après réception de la réponse initiale, les spécialistes ont été de nouveau sollicités pour fournir plus d'informations détaillées. Ces informations sont en train d'être compilées dans un document Excel. On a demandé à chaque établissement et (ou) spécialiste de fournir plus d'informations sur les points généraux suivants : type d'établissement et normes respectées, expertise en identification (techniques, limites des tests, essences, étendue géographique), nombre et type d'échantillons conservés, disponibilité et aptitudes du personnel, délais et coûts liés à l'exécution des tests, formation suivie, autres travaux ou recherches pertinents ou outils d'identification, coordonnées des personnes-ressources et noms de spécialistes supplémentaires pouvant être consultés. Le tableau 2 résume le type d'informations recueillies pour chacun de ces points (sauf pour les spécialistes supplémentaires) et présente un exemple d'informations recueillies pour l'un des établissements européens ayant une expertise de l'analyse anatomique et génétique des essences : le Naturalis Biodiversity Center, aux Pays-Bas.

Des informations plus précises sur les échantillons et les tests ont aussi été recueillies pour tous les taxons inscrits aux annexes CITES et le tableau 3 donne un exemple des informations sur ces échantillons et ces tests, encore une fois pour le Naturalis Biodiversity Center. Le document Excel contient des informations supplémentaires sur les annotations et les populations inscrites aux annexes de la CITES dans les tableaux équivalents sur les échantillons et les tests. Toutefois, ces informations ne sont pas répétées dans le tableau 3 pour donner une meilleure visibilité à l'exemple présenté.

(Tables in English only / Cuadros únicamente en inglés / Tableaux seulement en anglais)

Tableau 1 Établissements ayant une expertise de l'identification des essences inscrites aux annexes CITES (ont été contactés/ont fourni des commentaires à TRAFFIC avant février 2014)

| Pays | Établissement | Expertise | | | |
|--------------------|---|------------|----------|-----------|------------|
| | | Anatomique | Chimique | Génétique | Isotopique |
| <i>Australie</i> | Université d'Adelaide | | | • | |
| <i>Belgique</i> | Laboratory for Wood Biology and Xylarium, Musée royal de l'Afrique centrale | • | | | |
| <i>Costa Rica</i> | Forest Products Laboratory, Université du Costa Rica | • | • | | |
| <i>Finlande</i> | Musée zoologique de Finlande (FMNH), Wood Laboratory | (•) | | | |
| <i>Allemagne</i> | TÜV Rheinland Agroislab | | | | • |
| <i>Allemagne</i> | Thünen Institute for Wood Technology and Wood Biology | • | | • | |
| <i>Allemagne</i> | Centre of Wood Science, Université de Hamburg | • | | • | |
| <i>Italie</i> | Conseil national de la recherche | • | | | |
| <i>Pologne</i> | Jardin botanique de l'Université de Varsovie | • | | | |
| <i>Mexique</i> | Biology Institute, Université nationale autonome du Mexique | • | | | |
| <i>Pays-Bas</i> | Douanes du port de Rotterdam et laboratoire des Douanes | • | • | • | |
| <i>Pays-Bas</i> | Naturalis Biodiversity Center | • | | • | |
| <i>Singapour</i> | Double Helix Tracking Technologies | | | •* | |
| <i>Suède</i> | Swedish Museum of Natural History, Centre for Genetic Identification | | | (•) | |
| <i>Royaume-Uni</i> | Jardins botaniques royaux de Kew | • | • | | |
| <i>Royaume-Uni</i> | European Plant Science Laboratory | • | | | |
| <i>Royaume-Uni</i> | Agence de recherche sur l'environnement et l'alimentation (FERA) | | | | • |
| <i>Royaume-Uni</i> | TRACE Wildlife Forensics Network | | | • | |
| <i>États-Unis</i> | National Fish and Wildlife Service Forensic Lab | | • | | |
| <i>États-Unis</i> | Reston Stable Isotope Laboratory, US Geological Survey | | | | • |
| <i>États-Unis</i> | Services des Forêts des États-Unis | • | | | |

Remarques : (•) L'établissement est spécialisé dans cette technique, mais n'a toutefois aucune expérience directe avec les essences inscrites aux annexes CITES.

* L'établissement n'effectue pas de tests en tant de quels, mais collabore avec des partenaires à la création de systèmes de traçabilité.

Tableau 2 Informations détaillées sur les établissements et leurs capacités de réaliser des tests, comprenant un exemple tiré du répertoire.

| Sujet | Type d'informations recueillies | Exemple : Naturalis Biodiversity Center, Pays-Bas |
|---|---|--|
| Type d'établissement | <i>Gouvernemental, commercial ou de recherche?</i> | Établissement indépendant, financé en partie par le gouvernement |
| Normes respectées par l'établissement | <i>Conformité aux normes ISO, criminalistique, expérience en tant que témoin spécialiste?</i> | Des méthodes reconnues à l'échelle internationale sont utilisées pour le test. M. Pieter Baas a mené des identifications pour des agents de la police et des Douanes. Il peut s'agir de témoins experts qui n'ont pas encore été appelés à témoigner en Cour, probablement pour des travaux reliés à des codes à barres d'ADN. |
| Expertise – Techniques utilisées, limites des tests | <i>Description générale – Analyse morphologique (anatomique, macroscopique, microscopique), analyse moléculaire (chimique, génétique, isotopique) et critères et limites généraux reliés aux tests</i> | Analyse anatomique microscopique des bois au moyen de microscopes optiques et de tests génétiques. Analyse anatomique – L'identification est plus difficile que la « confirmation ». Dans le cas précédent, des informations supplémentaires étaient utiles, par exemple l'origine géographique. Besoin de blocs d'au moins 1 à 5 cm ³ , si possible du bois proche de l'écorce (aubier). La qualité de l'échantillon de bois n'est pas aussi importante pour l'analyse anatomique que pour le test d'ADN, mais l'analyse est plus difficile à réaliser si le bois est humide et atteint par un champignon. Test génétique – Si l'échantillon est très sec, l'ADN est difficile à extraire. Il est préférable que l'échantillon soit frais. Projet de recherche sur les feuilles. |
| Expertise – Essence et géographie | <i>Description générale – Expertise particulière des taxons de bois et de la géographie, essences inscrites aux annexes CITES</i> | Historiquement, cet établissement était spécialisé dans les bois de l'Asie du Sud-Est, mais comme trois établissements danois ont récemment fusionné leurs collections au centre Naturalis, il y a aussi maintenant des échantillons de bois provenant d'Afrique et d'Amérique du Sud. |
| Informations générales sur les échantillons | <i>L'établissement a-t-il possédé une collection? Nombre et types d'échantillons conservés, possibilité d'échanger des échantillons?</i> | On estime actuellement que cet établissement possède la plus grande collection de bois au monde (110 000 échantillons de bois), dont tous les spécimens de Leiden, de Wageningen et d'Utrecht. Informations en cours de numérisation qui seront disponibles en ligne en 2014. La plupart des échantillons sont des blocs de bois (et 3 lames d'échantillons sectionnés lorsque les échantillons ont été examinés ou identifiés). La plupart sont dupliqués et liés à des spécimens de référence ou d'herbarium (qui ne sont pas tous dans le même établissement). Échange d'échantillons possible. Des échanges ont déjà lieu, en particulier pour les lames dupliquées. |
| Disponibilité et aptitudes du personnel | <i>Combien y a-t-il de membres du personnel? Quelles sont leurs disponibilités et leurs aptitudes?</i> | 2 spécialistes de l'analyse anatomique des bois et 1 doctorant, des techniciens pour sectionner le bois et aider aux préparations et plusieurs techniciens travaillant dans des laboratoires de codage à barres de l'ADN. |
| Délais requis pour effectuer les tests | <i>Temps minimum/moyen/maximum requis pour mener nos tests en situation d'urgence ou en situation normale</i> | Environ 3 à 6 semaines, selon le nombre d'échantillons. Demande urgente : 2 semaines minimum pour permettre au personnel de remplir ses autres engagements. Identification de l'anatomie basique du bois possible en 1 heure en cas d'urgence et réponse oui/non/possible donnée. |
| Coût par test ou échantillon | <i>Services de base/Barème des coûts – Coût par échantillon, coût pour faire un test de vérification plutôt qu'un test d'identification, prix réduits pour les tests effectués à des fins non commerciales, coûts pour tester plusieurs échantillons?</i> | Identification anatomique du bois : environ 150 euros par échantillon. Analyse de l'ADN : environ 240 euros. Les prix peuvent varier s'il s'agit de tester plusieurs échantillons, par exemple pour une recherche gouvernementale. |
| Formation | <i>Formation suivie ou potentiel en matière d'identification pour les responsables de la lutte contre la fraude et (ou) tout autre public?</i> | Pas de formation régulière dans le passé, mais capacité à identifier les essences inscrites aux annexes CITES. Des ateliers pratiques sont offerts aux agents des douanes et aux équipes d'inspection du Netherlands Food and Consumer Product Safety Authority (NVWA). |

| Sujet | Type d'informations recueillies | Exemple : Naturalis Biodiversity Center, Pays-Bas |
|--|--|---|
| Autres recherches et travaux pertinents et outils d'identification | <i>Publications, création d'outils et de guides, recherches nouvelles ou planifiées, p. ex. expéditions pour le prélèvement d'échantillon, nouveaux tests pour les essences inscrites aux annexes CITES?</i> | Pas de travaux reliés à la CITES prévus. Les expéditions pour prélever plus d'échantillons dépendent des objectifs de recherche personnels (p. ex. Bornéo en Malaisie). Inside Wood contient de nombreuses photos de lames de microscope optique aux fins de comparaison. |
| Coordonnées | | Frederic Lens (frederic.lens@naturalis.nl), Pieter Baas (pieter.baas@naturalis.nl), Barbara Gravendeel (barbara.gravendeel@naturalis.nl); Accueil Expertcentum : expertcentrum@naturalis.nl; +31 (0)71 5687687 ,+31 (0)6 44193182 |

Tableau 3 Exemple d'informations sur les tests et les échantillons tirés du répertoire : Naturalis Biodiversity Center, Pays-Bas

| Essence/taxon ¹ | Nom(s) commun(s) | Annexe CITES | Annexe EU | Échantillons conservés | Types et nombres d'échantillons ² | Expertise en anatomie ³ | Expertise en génétique ⁴ |
|----------------------------------|--|--------------|-----------|------------------------|---|------------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Abies guatemalensis</i> | Sapin du Guatemala | I | A | NON | | NON | NON |
| <i>Aniba rosaeodora</i> | Palissandre du Brésil | II | B | OUI | environ 10 spécimens d'herbarium | OUI | NON |
| <i>Aquilaria</i> spp. | Bois d'agar | II | B | OUI | 224 spécimens de 19 espèces, dont des spécimens d'herbarium et des échantillons de bois | OUI | OUI |
| <i>Araucaria araucana</i> | Araucaria du Chili | I | A | OUI | environ 5 spécimens d'herbarium, 1 spécimen de fruit, 3 échantillons de bois | OUI | NON |
| <i>Bulnesia sarmientoi</i> | Palo santo | II | B | OUI | 1 échantillon de bois | OUI | NON |
| <i>Caesalpinia echinata</i> | Pernambouc | II | B | OUI | 2 spécimens d'herbarium | OUI | NON |
| <i>Caryocar costaricense</i> | Aji / Ajo / Cariocar de Costa Rica | II | B | NON | | NON | NON |
| <i>Cedrela fissilis</i> | Cèdre missionnaire | III | C | OUI | environ 5 spécimens d'herbarium, 14 spécimens de bois (1 lame de bois), 1 spécimen de fruit | OUI | NON |
| <i>Cedrela lilloi</i> | Acajou | III | C | OUI | 2 spécimens d'herbarium | NON | NON |
| <i>Cedrela montana</i> | | | D | OUI | 5 spécimens d'herbarium, 2 échantillons de bois | NON | NON |
| <i>Cedrela oaxacensis</i> | | | D | NON | | NON | NON |
| <i>Cedrela odorata</i> | West Indian Cedar / Cèdre rouge / Cèdre d'Amérique | III | C | OUI | environ 100, dont des spécimens d'herbarium et des échantillons de bois | OUI | NON |
| <i>Cedrela salvadorensis</i> | | | D | NON | | NON | NON |
| <i>Cedrela tonduzii</i> | | | D | OUI | 1 spécimen d'herbarium, 2 échantillons de bois | NON | NON |
| <i>Dalbergia cochinchinensis</i> | Bois de rose | II | B | OUI | environ 20 spécimens d'herbarium, aucun échantillon de bois | NON | NON |
| <i>Dalbergia dariensis</i> | | III | C | NON | | NON | NON |
| <i>Dalbergia granadillo</i> | Granadillo rosewood / Bois de rose | II | B | NON | | NON | NON |
| <i>Dalbergia nigra</i> | Brazilian rosewood / Palissandre de Rio | I | A | OUI | aucun spécimen d'herbarium, 4 échantillons de bois | OUI | NON |
| <i>Dalbergia retusa</i> | Black rosewood / Bois de rose | II | B | OUI | 3 échantillons de bois | OUI | NON |
| <i>Dalbergia</i> spp. | Malagasy rosewoods / Bois de rose | II | B | OUI | environ 60, dont des spécimens d'herbarium et des échantillons de bois | OUI | NON |
| <i>Dalbergia stevensonii</i> | Honduras rosewood / Bois de rose | II | B | NON | | NON | NON |
| <i>Diospyros</i> spp. | Bois d'ébène de Madagascar | II | B | OUI | environ 54, dont des spécimens d'herbarium et des échantillons de bois | OUI | NON |
| <i>Dipteryx panamensis</i> | Almendro / almond tree | III | C | OUI | 1 échantillon de bois | OUI | NON |

| Essence/taxon ¹ | Nom(s) commun(s) | Annexe CITES | Annexe EU | Échantillons conservés | Types et nombres d'échantillons ² | Expertise en anatomie ³ | Expertise en génétique ⁴ |
|-----------------------------------|---|--------------|-----------|------------------------|--|------------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Fitzroya cupressoides</i> | Alerce | I | A | OUI | 2 échantillons de bois | OUI | NON |
| <i>Gonostylus</i> spp. | Ramin | II | B | OUI | Nous avons des échantillons, mais pas dans les fichiers informatiques pour le moment** | OUI | NON |
| <i>Guaiaecum</i> spp. | Gaïac | II | B | OUI | environ 54, dont des spécimens d'herbarium et des échantillons de bois | OUI | NON |
| <i>Gyrinops</i> spp. | Bois d'agar | II | B | OUI | 26, dont des spécimens d'herbarium et des échantillons de bois | OUI | NON |
| <i>Oreomunnea pterocarpa</i> | Gavilan | II | B | NON | | NON | NON |
| <i>Osyris lanceolata</i> | Bois de santal est-africain | II | B | OUI | environ 45 spécimens, dont des spécimens d'herbarium et des échantillons de bois | NON | NON |
| <i>Pericopsis elata</i> | Afromosia / Assamela | II | B | OUI | environ 23 spécimens, dont des spécimens d'herbarium et des échantillons de bois | OUI | NON |
| <i>Pilgerodendron uviferum</i> | Pilgerodendron | I | A | OUI | 1 spécimen d'herbarium, 1 spécimen de bois | OUI | NON |
| <i>Pinus koraiensis</i> | Pin de Corée | III | C | OUI | 7 cônes, 2 spécimens de bois, aucun spécimen d'herbarium | OUI | NON |
| <i>Platymiscium pleiostachyum</i> | Quira Macawood, Cristobal, Granadillo. | II | B | NON | | OUI | NON |
| <i>Podocarpus neriifolius</i> | Podocarp | III | C | OUI | environ 170, dont des spécimens d'herbarium, échantillons et cônes de bois | NON | NON |
| <i>Podocarpus parlatorei</i> | Podocarp d'Argentine | I | A | OUI | 3 spécimens d'herbarium, 3 échantillons de bois | NON | NON |
| <i>Prunus africana</i> | African Cherry, Red Stinkwood | II | B | OUI | environ 23 spécimens, dont des spécimens d'herbarium et des échantillons de bois | OUI | NON |
| <i>Pterocarpus santalinus</i> | Santal rouge / Redsanders | II | B | OUI | 4 spécimens d'herbarium | OUI | NON |
| <i>Swietenia humilis</i> | Acajou de la côte Pacifique / Acajou des Antilles | II | B | OUI | 1 spécimen d'herbarium, 1 échantillon de bois | OUI | NON |
| <i>Swietenia macrophylla</i> | Mahogany grandes feuilles / Acajou du Brésil / Acajou d'Amérique / Véritable Acajou | II | B | OUI | environ 40, dont des spécimens d'herbarium, échantillons de bois et de fruits | OUI | NON |
| <i>Swietenia mahagoni</i> | Acajou d'Amérique | II | B | OUI | environ 30, dont des spécimens d'herbarium et des échantillons de bois | OUI | NON |
| <i>Taxus chinensis</i> | Chinese yew / Conifère | II | B | OUI | 1 échantillon de bois | NON | NON |
| <i>Taxus cuspidata</i> | Japanese yew / Conifère | II | B | OUI | environ 20, dont des spécimens d'herbarium et des spécimens de bois | NON | NON |
| <i>Taxus fuana</i> | Tibetan yew / Conifère | II | B | NON | | NON | NON |
| <i>Taxus sumatrana</i> | Sumatran yew / Conifère | II | B | OUI | 10 échantillons, dont des spécimens d'herbarium et des échantillons de bois | NON | NON |
| <i>Taxus wallichiana</i> | Himalayan yew / Conifère | II | B | OUI | 1 spécimen d'herbarium and 1 échantillon de bois | NON | NON |

Remarques :

1. Taxon actuellement utilisé pour les essences (mais pas nécessairement comme objectif principal) inscrites aux annexes CITES et (ou) aux annexes de la réglementation de l'Union européenne sur le commerce des espèces sauvages, valides le 2/10/2013
2. La base de données utilisée pour vérifier les échantillons n'est pas complète. Il est possible qu'il y ait plus de spécimens sur place; ce point sera éclairci une fois que la numérisation sera terminée.
3. Toutes les espèces qui possèdent la mention « OUI » ont subi un test anatomique effectué par Naturalis. Toutes les essences qui possèdent la mention « NON » n'ont pas subi de test anatomique effectué par Naturalis, mais si l'identification de l'anatomie du bois est possible au niveau de l'essence, Naturalis a l'expertise nécessaire pour le faire.
4. Naturalis a l'expertise nécessaire pour créer des marqueurs génétiques pour certaines essences. Toutefois, le centre n'a travaillé que sur l'essence *Aquilaria* jusqu'à présent (car des marqueurs appropriés ont été identifiés).

Références

- Boner, M. (2013). *Applications of stable isotopes for timber tracking*. TÜV Rheinland Agroisolab. Disponible à l'adresse : http://www.globaltimbertrackingnetwork.org/fileadmin/templates/globaltimbertrackingnetwork.org/upload/Regional_Workshop_Americas/Applications_of_stable_isotopes_for_timber_tracking.pdf
- Cable, S. et McGough, N. (2014). FERA and RBG Kew timber isotopes project 2012-14: *SITE analysis of Dalbergia and Disopyros species of Madagascar*. Document résumant le projet.
- Degen, B. (2008). Proceedings of the international workshop "Fingerprinting methods for the identification of timber origins" October 8-9 2007, Bonn/Allemagne. Landbauforschung vTI Agriculture and Forestry Research. Sonderheft 321. Johann Heinrich du Thünen-Institut, Allemagne. Disponible à l'adresse : http://literatur.ti.bund.de/digbib_extern/dk040646.pdf
- Degen, B. (2013). *Application of DNA fingerprints to control tree species and geographic origin of timber*. Thünen Institute of Forest Genetics, Allemagne. Présentation. Disponible à l'adresse : http://www.ti.bund.de/fileadmin/dam_uploads/vTI/Bilder/Startseite/Kompetenzzentrum/Vortraege/Degen_05_03.pdf
- Degen, B., Ward, S.E., Lemes, M.R., Navarro, C., Cavers, S. et Sebbenn, A.M. (2013). Verifying the geographic origin of mahogany (*Swietenia macrophylla*) with DNA-fingerprints. *Forensic Science International: Genetics* 7(1): 55-62.
- Ekué, M.R.M. (2013) *Criteria to prioritize species for the database*. Bioversity International. Global Timber Tracking Network Regional Workshop for the Americas, 27 March 2013. Disponible à l'adresse : http://www.globaltimbertrackingnetwork.org/fileadmin/templates/globaltimbertrackingnetwork.org/upload/Regional_Workshop_Americas/Criteria_to_prioritise_species_for_the_database.pdf
- Environnement Canada (2002). Guide d'identification de la CITES – Bois tropicaux Division de l'application de la loi sur les espèces sauvages et Division des renseignements, Environnement Canada, Ottawa (Ontario). Disponible à l'adresse : https://cites.unia.es/cites/file.php/1/files/CAN-CITES_Wood_Guide.pdf et en chinois à l'adresse : www.traffic.org/forestry-reports/traffic_pub_forestry16.pdf
- Espinoza, E.O., Lancaster, C.A., Kreitals, N.M., Hata, M., Cody, R. B. et Blanchette, R. A. (2014). Distinguishing wild from cultivated agarwood (*Aquilaria* spp.) using direct analysis in real time and time of-flight mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 28 (3): 281-289. Disponible à l'adresse : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rcm.6779/pdf>
- Förstel, H., Boner, M., Höltken, A.M., Fladung, M., Degen, B et Zahnen, J. (2011). Bekämpfung des illegalen Holzeinschlags durch Einführung einer Kombination der Isotopenmethode zur Herkunftsidentifizierung von Holz und der DNA-Analyse zur Artdifferenzierung von Holz. WWF Allemagne, numéro du projet : AZ 26452/31. Disponible à l'adresse : http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publicationen-PDF/Fingerprinting_Projekt_-_tropische_Regionen.pdf
- Garrett, L., McGough, N., Groves, M. et Clarke, G. (2010) *CITES et Ramin: A User's Guide*. Kew Publishing. 32pp. et CD-ROM.
- Gasson, P. (2011). How precise can wood identification be? Wood anatomy's role in support of the legal timber trade, especially CITES. *IAWA Journal* 32 (2): 137-154. Disponible à l'adresse : [http://www.iawa-website.org/IAWA%20J%20pdf's/32.no1-4.2011/IAWA%20J%2032%20\(2\)%20137-154.pdf](http://www.iawa-website.org/IAWA%20J%20pdf's/32.no1-4.2011/IAWA%20J%2032%20(2)%20137-154.pdf)
- Gasson, P., Baas, P. et Wheeler, E. (2011). Wood anatomy of CITES-listed tree species. *IAWA Journal* 32 (2): 137-154. Disponible à l'adresse : [http://www.iawa-website.org/IAWA%20J%20pdf's/32.no1-4.2011/IAWA%20J%2032%20\(2\)%20155-198.pdf](http://www.iawa-website.org/IAWA%20J%20pdf's/32.no1-4.2011/IAWA%20J%2032%20(2)%20155-198.pdf)
- Gardner, S. (2013) United States Forest Service Machine Vision Field-level Automated Wood Identification. Document résumant le projet.
- Geach, J., Thomas, D. et Lowe, A. (2011). *Applied genetics for forest conservation and sustainable trade - the state of DNA technology for trees and wood products*. Juillet 2011. Double Helix. Disponible à l'adresse : http://www.doublehelixtracking.com/wp-content/uploads/2011/12/DoubleHelix_AppliedGeneticsForForestsReport_07-2011.pdf
- Hanssen, F., Wischniewski, N. Moreth, U. et Magel, E.A. (2011). Molecular identification of *Fitzroya cupressoides*, *Sequoia sempervirens*, and *Thuja plicata* wood using taxon-specific RDNA-its primers.

- IAWA Journal* 32 (2): 273-284. Disponible à l'adresse : [http://www.iawa-website.org/IAWA%20J%20pdf's/32.no1-4.2011/IAWA%20J%2032%20\(2\)%20273-284.pdf](http://www.iawa-website.org/IAWA%20J%20pdf's/32.no1-4.2011/IAWA%20J%2032%20(2)%20273-284.pdf)
- Hermanson, J.C. et Wiedenhoef, A.C. (2011) A brief review of machine vision in the context of automated wood identification systems. *IAWA Journal* 32 (2): 233-250. Disponible à l'adresse : [http://www.iawa-website.org/IAWA%20J%20pdf's/32.no1-4.2011/IAWA%20J%2032%20\(2\)%20233-250.pdf](http://www.iawa-website.org/IAWA%20J%20pdf's/32.no1-4.2011/IAWA%20J%2032%20(2)%20233-250.pdf)
- Kite, G.C., Green, P.W.C., Veitch, N.C., Groves, M.C., Gasson, P.E. et Simmonds, M.S.J. (2010). Dalnigrin, a neoflavonoid marker for the identification of Brazilian rosewood (*Dalbergia nigra*) in CITES enforcement. *Phytochemistry* 71: 1122-1131.
- Koch, G., Richter, H.G. et Schmitt, U. (2008). Computer-aided identification and description of CITES protected trade timbers. *Bois et Forêts des Tropiques* 297 (3): 69. Disponible à l'adresse : http://bft.cirad.fr/cd/BFT_297_65-69.pdf
- Koch, G., Richter, H.G. et Schmitt, U. (2011) Design and application of CITESwoodID Computer-aided identification and description of CITES-protected timbers. *IAWA Journal* 32 (2):213-220. Disponible à l'adresse : [http://www.iawa-website.org/IAWA%20J%20pdf's/32.no1-4.2011/IAWA%20J%2032%20\(2\)%20213-220.pdf](http://www.iawa-website.org/IAWA%20J%20pdf's/32.no1-4.2011/IAWA%20J%2032%20(2)%20213-220.pdf)
- Lancaster, C. et Espinoza, E. (2012a). Analysis of select *Dalbergia* and trade timber using direct analysis in real time and time-of-flight mass spectrometry for CITES enforcement. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 26: 1147-1156.
- Lancaster, C. et Espinoza, E. (2012b). Evaluating agarwood products for 2-(2-phenylethyl) chromones using direct analysis in real time time-of-flight mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 26: 2649–2656
- Lowe, A.J. et H.B. Cross. (2011). The Application of DNA methods to timber tracking and origin verification. *IAWA Journal* 32 (2): 251-262. Disponible à l'adresse : [http://www.iawa-website.org/IAWA%20J%20pdf's/32.no1-4.2011/IAWA%20J%2032%20\(2\)%20251-262.pdf](http://www.iawa-website.org/IAWA%20J%20pdf's/32.no1-4.2011/IAWA%20J%2032%20(2)%20251-262.pdf)
- Lynch, A. et Gasson, P. (2010). *Index Xylariorum (Edition 4) - a Directory of Institutional Wood Collections from around the World*. Disponible à l'adresse : <http://www.kew.org/collections/wood-index/>
- Nielsen, L.R. et Kjær, E.D. (2008). Tracing timber from forest to consumer with DNA markers. Service des forêts et de la nature du ministère de l'Environnement du Danemark Disponible à l'adresse : www.skovognatur.dk/udgivelser
- Ogden, R., McGough, H.N, Cowan, R.S., Groves, M. et McEwing, R, (2008) SNP-based method for the genetic identification of ramin *Gonystylus* spp. timber and products: applied research meeting CITES lutte contre la fraude needs. *Endangered Species Research* 9: 255–261, Disponible à l'adresse : <http://www.int-res.com/articles/esr2009/9/n009p255.pdf>
- Ogden, R., Dawnay, N. et McEwing, R. (2009). Wildlife DNA forensics—bridging the gap between conservation genetics and law enforcement. *Endangered Species Research* (9): 179-195. Disponible à l'adresse : <http://www.int-res.com/articles/esr2009/9/n009p179.pdf>
- Seidel, F., Fripp, E., Adams, A. et Denty, I. (2012). Tracking Sustainability - Review of Electronic and Semi-Electronic Timber Tracking Technologies and Case Studies. *ITTO Technical Series #40*. ITTO and CITES. Disponible à l'adresse : <http://www.illegal-logging.info/sites/default/files/uploads/TrackingSustainability.pdf>
- RAFT (2012). *High Time for Timber Tracking to Go High Tech?* Responsible Asia Forestry and Trade program (RAFT) Newsletter. The Nature Conservancy, Services des Forêts des États-Unis, TRAFFIC. Disponible à l'adresse : <http://www.traffic.org/non-traffic/RAFT-newsletter-November-2012.pdf>
- Richter, H.G., Gembruch, K. et Koch, G. (2014): *CITESwoodID: Descriptions, illustrations, identification and information retrieval*. Version de février 2014 disponible en anglais, en allemand, en français et en espagnol. Johann Heinrich von Thünen Institute, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries (vTI), Hamburg, Allemagne.
- Sosa Schmidt, M. (2013a). *Implementation of the listing of Dalbergia spp. and Diospyros spp.* Presentation at Expert Meeting on CITES-listed tree species, 5 décembre 2013, Bruxelles, Belgique.
- Sosa Schmidt, M. (2013b). *Update on some CITES identification initiatives concerning tree listed species.* Presentation at spécialiste Meeting on essences inscrites aux annexes CITES tree species, 5 décembre 2013, Bruxelles, Belgique.

- SWGWILD (2012). *SWGWILD Standards and Guidelines*. Version 2.0, acceptée par SWGWILD, 19 décembre 2012. Disponible à l'adresse : http://www.wildlifeforensicscience.org/documents/2013/01/swgwild-standards_and_guidelines_2-0_12192012.pdf
- Wheeler, E. (2011) InsideWood – Ressource Web pour l'anatomie du bois de coeur. *IAWA Journal* 32 (2):199-211. Disponible à l'adresse : [http://www.iawa-website.org/IAWA%20J%20pdf's/32.no1-4.2011/IAWA%20J%2032%20\(2\)%20199-211.pdf](http://www.iawa-website.org/IAWA%20J%20pdf's/32.no1-4.2011/IAWA%20J%2032%20(2)%20199-211.pdf)
- White, L. et Gasson, P. (2008). *Mahogany*. Kew Publishing. 100pp.
- Wiedenhoft, A. C. et Baas, P. (2011). *Wood Science for Promoting Legal Timber Harvest*. Leiden: International Society of Wood Anatomists. 176 pp.
- USDA (2006) *CITES I-II-III Timber Species Manual*. United States Department of Agriculture; Animal and Plant Health Inspection Service; Plant Protection and Quarantine. Disponible à l'adresse : http://www.aphis.usda.gov/import_export/plants/manuals/ports/downloads/cites.pdf
- Von Scheliha, S. et Zahnen, J. (2011) *Genetic and isotopic fingerprinting methods – practical tools to verify the declared origin of wood*. Documentation of the international conference Eschborn, 3 et 4 novembre 2010. GLZ Division 47 – Environment and Climate Change. Disponible à l'adresse : http://mobil.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Fingerprinting_conf_rep_EN.pdf