



HAL
open science

Etude exploratoire des pavillons japonais du jardin Albert KAHN : apports préliminaires de la caractérisation des bois et des polychromies

Muriel Bordessoulles, Catherine Lavier, Laurence de Viguerie

► To cite this version:

Muriel Bordessoulles, Catherine Lavier, Laurence de Viguerie. Etude exploratoire des pavillons japonais du jardin Albert KAHN : apports préliminaires de la caractérisation des bois et des polychromies. 2015. hal-01281913

HAL Id: hal-01281913

<https://hal.science/hal-01281913v1>

Preprint submitted on 8 Mar 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Etude exploratoire des pavillons japonais du jardin Albert KAHN : apports préliminaires de la caractérisation des bois et des polychromies

Muriel BORDESSOULLES¹, Catherine LAVIER¹, Laurence DE VIGUERIE¹

Résumé

Nous avons réalisé une analyse exploratoire *in situ* des deux pavillons japonais du jardin Albert KAHN complétée par des données recueillies sur la ferme japonaise du jardin d'acclimatation de Paris (dite maison de « Kiso »). La caractérisation des bois et des polychromies nous a permis de déterminer certaines essences de bois employées, d'acquérir des données dendrométriques variées ou encore de découvrir la présence d'une couche de peinture correspondant très probablement à la couleur d'origine. Nous avons aussi pu enregistrer les données des polychromies existantes qui vont disparaître à la restauration et dont les seules traces qui subsisteront seront des archives scientifiques.

Mots-clés : Archéodendrométrie, Dendrochronologie, Dendromorphologie, Xylologie, Fluorescence X, Colorimétrie, Microscope optique, Architecture japonaise en France, Bois, Polychromies.

Exploratory study of Japanese pavilions in Albert KAHN garden: preliminary contribution of wood and polychromy characterization

Abstract

We led an *in situ* exploratory analysis of the 2 Albert Kahn garden's Japanese pavilions completed by data collected on the Japanese farm of the jardin d'acclimatization of Paris (so-called house of "Kiso"). The characterization of wood and polychromy allowed us to identify some wood species, to acquire various dendrometrical data or to discover a blue paint layer probably corresponding to the original color. We were also able to save the data of existing polychromy which will disappear after restoration and whose the only remaining traces will be scientific archives.

Key words: Archaeodendrometry, Dendrochronology, Dendromorphology, Xylology, XRF, Colorimetry, Optical microscope, Japanese architecture in France, Wood, Polychromies.

¹ UMR8220 : CNRS et Université Pierre et Marie Curie, Paris, France

Introduction

Cette étude se déroule dans le cadre du projet AKAHN : « Albert KAHN : Archéologie d'un Héritage Nippon » qui a pour but de conduire une enquête archéologique complète de ces bâtiments en parallèle de leur restauration².

Notre travail étant antérieur à la restauration, nous avons effectué une analyse exploratoire, préliminaire et préparatoire à celle-ci afin de mieux orienter les futures expertises à réaliser lors du démontage complet des pavillons AKAHN. Les mesures ont été menées de selon des méthodes et des techniques non destructive et majoritairement *in situ*. Les données ne seront donc pas exhaustives ni forcément les plus significatives.

Les objectifs de notre étude sont la réalisation d'une base de données sur les bois japonais présents en France, l'analyse dendrométrique des deux pavillons AKAHN ainsi que la caractérisation de leurs polychromies.

Une idée très répandue veut que les habitations japonaises soient construites en *sugi* (*Cryptomeria japonica*). Nous sommes partis de ce postulat et avons donc choisi d'étudier la maison de Kiso, ferme typique du milieu du XIXe siècle afin d'obtenir une courbe de référence de ce bois et de pouvoir dater les deux pavillons. Nous avons ainsi étudié 64 échantillons provenant de la maison de Kiso et 144 d'AKAHN. L'analyse des polychromies est basée sur 15 analyses en fluorescence X, 30 en colorimétrie et 5 échantillons ont été observés au microscope optique.

Méthodologie et protocole expérimental

Bois

Les méthodologies appliquées sur les bois de Kiso et d'AKAHN n'ont pas été les mêmes car les échantillons issus de Kiso pouvaient être recalibrés selon nos besoins (découpage, ponçage, etc.) alors que le

travail sur les bois de AKAHN a dû être mené *in situ*, sans les modifier ni les déplacer. Nous avons mis en place deux protocoles qui sont comparables. Les mesures permettront par la suite d'aborder la datation, relative et absolue, éventuellement une provenance biogéographique mais aussi une analyse morphologique des bois.

Dendrométrie

Pour la maison de Kiso nous avons préparé les échantillons afin de faciliter la lecture des cernes. Nous mesurons ensuite la largeur de chaque cerne présent sur chaque chemin de lecture plusieurs fois afin d'éviter les erreurs et obtenir ainsi une moyenne représentative. La chaîne de mesure est constituée d'un plateau coulissant très précis (à 10 µm près) et d'une loupe binoculaire. Le tout est relié à un ordinateur permettant d'enregistrer la mesure de la largeur de chacun des cernes et de prendre des clichés si nécessaire grâce à une caméra (logiciel Motic et caméra Moticam 3.0). Le logiciel utilisé pour la mesure est TSAP-Win³ (Rinntech). La précision de cette méthode de mesure est de 10 µm.

En ce qui concerne les deux pavillons du jardin Albert KAHN, nous avons utilisé une méthodologie non invasive adaptée aux objets d'art à savoir des macrophotographies (Figure 1) réalisées *in situ*. Après un léger désencrassement de la surface, la mesure de la largeur des cernes est effectuée sur chaque cliché à l'aide d'un logiciel (Mensor⁴). Les photographies ont été prises selon un protocole strict de stabilité, d'éclairage et d'échelle. Les erreurs de parallaxe ont été évitées en assurant un taux de recouvrement d'au moins un tiers entre deux photographies consécutives ce qui a nécessité de nombreux clichés par bois. Chaque photographie doit comporter une échelle afin de connaître la taille exacte de chaque cerne. La précision de cette méthode de mesure est aussi de 10 µm.

² (Dir.) CLUZEL, J.-S., 2014. AKAHN : Albert Kahn : Archéologie d'un Héritage Nippon. Programme Convergence - Projets « Sciences et Patrimoine culturel », Sorbonne Universités, Paris.

³ Logiciel mis au point il y a une quinzaine d'années. Il est surtout employé pour les bois de sites archéologiques et historiques mais aussi les arbres actuels dans le domaine des études climatiques, par exemple. <http://www.rinntech.de>

⁴ S. Meignier et D. Pousset, 2002, Logiciel



Figure 1 : Détail de la planche 2, porte 1, pavillon Est

Traitement des données

Chaque série de valeurs de chacun des chemins de mesure est intégrée dans le logiciel Sylphe⁵ qui la transforme alors en courbe. Nous regroupons ensuite les mesures présentant des caractéristiques similaires ou proches en moyennes et nous les étouffons au fur et à mesure des comparaisons effectuées. Ces groupes sont plus représentatifs des bois employés et permettent d'obtenir une chronologie plus longue et plus pertinente. Chaque échantillon et chaque moyenne est comparée visuellement et statistiquement. Nous confrontons alors les moyennes à des référentiels qui sont différents selon le lieu d'origine et l'essence des bois. Nous avons ici fait appel à M. MITSUTANI Takumi, dendrochronologue au Japon.

Morphologie

Les analyses de morphologie des bois permettent de savoir si deux échantillons (ou plus) proviennent du même groupe d'arbres voire du même arbre et éventuellement de restituer cet arbre et de connaître le type de débitage utilisé. Elles sont réalisées grâce à la comparaison visuelle des courbes pour chaque moyenne voire pour chaque mesure, aux statistiques (taille moyenne des cernes, tailles minimale et maximale) ainsi qu'à la courbe de cumul des données (aperçu des types de croissance).

Xylogologie

La xylogologie permet la détermination des essences de bois utilisées. Il faut pour cela réaliser des coupes très fines sur les trois

plans du bois : transversal, tangentiel et radial et les comparer avec des bases de données existantes. Nous avons utilisé pour cela un microscope optique N-400M (Xiamen Freede Industry) équipé d'une caméra moticom pro 252B (Motic) pour les prises de vue ainsi que d'une lampe ultra-violet à vapeur de mercure (utilisée sur les polychromies). Nous avons ensuite fait appel à Mme MERTZ Mechtild, xylogue spécialiste des bois japonais, et Asensi Amoros Victoria, Xyldata, afin de nous aider dans la détermination des essences employées.

Polychromies

La fluorescence X et la colorimétrie ont été choisies car elles sont transportables, rapides, d'utilisation courante et non destructives. La première technique nous donne des informations sur la composition de la peinture. Les mesures colorimétriques doivent permettre au responsable de la restauration de mieux connaître les teintes à employer.

Nous avons aussi prélevé quelques écailles de peinture pour confirmer les résultats obtenus par les méthodes précédentes.

La fluorescence X permet la détection des éléments chimiques uniquement à partir de l'aluminium et la position des raies sur le spectre obtenu indique la nature des éléments présents. (DE VIGUERIE, 2009) La colorimétrie nous permet de positionner la couleur dans le référentiel choisi, dans notre cas le système L*a*b* (DELAMARE 1987, GILLET 2008). Nous avons aussi mesuré les longueurs d'ondes dominantes pour chaque couleur.

Les appareils de fluorescence X et de colorimétrie sont conçus par le laboratoire. Nous donnerons donc les caractéristiques de chaque élément utilisé :

Fluorescence X

Les analyses ont été réalisées *in situ* et au laboratoire avec le même appareillage. Il est composé d'une source émettrice de rayons X au palladium (Pd) Moxtek (30 kV et 50 mA) ainsi que d'un détecteur de rayons X Amptek X-123Fast SDD (avec une surface de 25 mm² et une épaisseur de 500 µm). Un laser permet le positionnement

⁵ Logiciel version Meignier/Pousset 2003

exact de l'échantillon et une caméra Dino-Lite donne une image de la zone étudiée. Les mesures ont été réalisées grâce au logiciel DppMCA (Amptek) et leur interprétation sur le logiciel PyMca (ESRF) ce qui nous a permis de mesurer l'aire des pics sur les spectres.

Colorimétrie

Les mesures de colorimétrie ont été réalisées *in situ* et/ou au laboratoire grâce au logiciel Oceanview (Ocean optics). L'appareil comprend une source lumineuse Ocean Ecovis NIR (Ocean optics, 400-2500 nm), un détecteur STS-VIS ELIS1024, 350 – 800 nm (Ocean optics, mesure de 350 à 800 nm) ainsi que des fibres optiques afin de conduire le signal. Nous avons analysé les couleurs présentes dans les pavillons : beige, gris foncé, orange, bleu-gris ainsi que des couleurs de références afin de vérifier nos mesures (qpcard203).

Observation en microscopie optique

Afin de pouvoir être étudiées, les écailles de peinture prélevées sur le site ont dû subir une préparation préalable : redimensionnement, mise en résine (résine polyester Sody 33 ESCIL : résine + catalyseur) et polissage afin d'obtenir une surface plane. Le microscope est le même que celui employé en xylologie. Nous avons utilisé deux types de lumière – visible et ultra-violette avec un filtre vert – provenant uniquement par le dessus de l'échantillon.

Résultats expérimentaux et discussion

Bois

Lors de cette étude, nous avons pu réaliser deux moyennes pour les bois de Kiso : la moyenne M1 regroupant 28 échantillons et la M5 en comprenant 13. Les 23 autres échantillons n'ont pu être intégrés aux moyennes, la plupart de par leur faible nombre de cernes (moins de 40 cernes).

En ce qui concerne les bois d'AKAHN, nous avons constitué des moyennes séparées pour les différents éléments mesurés :

poutres rondes extérieures, entrants et *shōji*⁶. Dans les deux premiers cas, nous n'avons pu former qu'une seule moyenne : une comprenant les huit entrants étudiés et une regroupant deux des quatre poutres. Les constitutions de moyennes sur les bois des portes sont plus diversifiés : nous obtenons dix moyennes différentes et 39 échantillons (sur 132) n'ont pas été intégrés à l'une d'entre elles. Les plus expressives sont M19 (31), M16 (16), M4 (12) et M2 (8).

Nous avons ensuite tenté de comparer ces moyennes entre elles mais il n'existe aucune concordance. Les bois de la maison de Kiso n'ont pas pu nous permettre d'obtenir de datation relative pour les pavillons AKAHN.

Nous avons donc envoyé plusieurs moyennes à M. MITSUTANI afin qu'il puisse réaliser une comparaison avec les référentiels des bois japonais mais nous n'avons pas de résultat probant à ce jour. Nous pouvons avancer plusieurs hypothèses pour l'expliquer. En effet, la fin de l'ère Edo⁷ et le début de l'ère Meiji⁸ voient le Japon s'ouvrir aux autres cultures. Ceci a probablement désorganisé tout ou grande partie des circuits bien établis des provenances des bois. Nous pouvons donc imaginer que, comme en Europe au XVIIIe siècle, ces circuits se sont complexifiés et que le nombre d'essences utilisées ainsi que le nombre de zones de ressources forestières a considérablement augmenté. Il est alors possible que l'origine géographique de nos échantillons ou leurs essences n'aient pas encore été référencées. Les chronologies de références établies par M. MITSUTANI concernent principalement les périodes historiques et très peu les périodes récentes car de nombreux bâtiments ont été détruits ce qui pourrait également expliquer les problèmes rencontrés.

Il semble aussi que les bois japonais soient plus difficiles à dater et qu'un grand nombre de cernes soient nécessaires, notamment du fait de faibles variations interannuelles, contrairement aux essences courantes en Europe.

⁶ Porte japonaise constituée de papier de riz translucide montée sur une structure de bois.

⁷ 1600-1868

⁸ 1868-1912

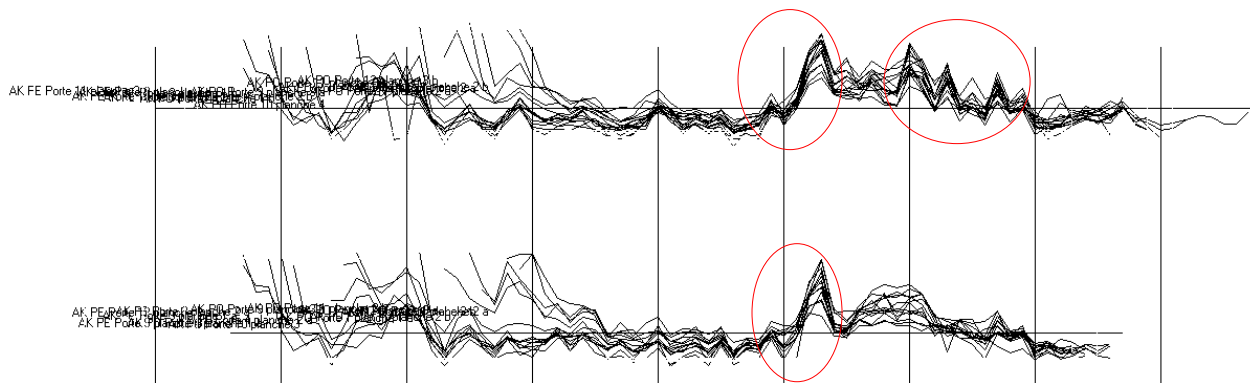


Figure 2 : Moyenne 19 des pavillons AKAHN : nous voyons bien les deux parties dont les séries ont des amplitudes positives spécifiques et similaires (exemples en rouge)

Morphologie

Il n'est bien évidemment pas possible de relier entre eux tous les échantillons à ce stade des études, mais nous avons tout de même pu relever la présence d'échantillons provenant d'un même arbre ou groupe d'arbres.

Pour la maison de Kiso, nous avons pu formellement identifier deux groupes. K049 et K057, faisant partie de la moyenne M1, ils ont une parfaite concordance de croissance ce qui permet non seulement de dire qu'ils ont été extraits du même arbre mais aussi qu'ils étaient contigus dans leur planche d'origine. Il en est de même pour les bois K058 et K059.

En ce qui concerne les pavillons AKAHN, nous avons des résultats similaires pour les moyennes M14 et M15.

La moyenne 19 (Figure 2) comporte 31 échantillons mais elle peut être décomposée en 3 parties : les deux premières comportent 15 séries avec des amplitudes positives spécifiques et similaires permettant de les grouper dans deux lots ; la dernière ne comporte qu'un bois contemporain de l'ensemble mais ne se rapportant pas à l'un de ces groupes. Nous pouvons affirmer qu'il s'agit au moins d'un groupe d'arbres très proches et à croissance similaire voire à un même arbre dont la croissance n'aurait pas été uniforme. Il est à noter que ces deux groupes contiennent des échantillons des deux pavillons.

Nous avons le même type de similitudes pour les huit entrants du pavillon Ouest. En effet, nous retrouvons certains pics caractéristiques qui nous encouragent à penser que ces entrants proviennent d'un autre groupe d'arbres proches et ayant le même type de croissance.

Certains éléments laissent donc à penser

que les pavillons Est et Ouest pourraient provenir d'une seule et même maison à l'origine mais cela reste à confirmer par des mesures complémentaires à effectuer sur d'autres éléments des bâtiments dont les charpentes. En effet, il n'est pas exclu que les *shōji* ont pu être changés ou soient des éléments rapportés. Cela ne devrait cependant pas être le cas sur les éléments de la charpente ce qui nous donnerait des résultats plus fiables.

Xylogologie

Les analyses xylogologiques ont été réalisées sur six prélèvements des deux pavillons Albert KAHN et six échantillons de la maison de Kiso. Nous avons aussi utilisé la base de données sur les bois japonais du Forestry and Forest Products Research Institute⁹.

AKAHN :

Les échantillons D1 et D2 proviennent des poutres rondes extérieures 1 et 2 du pavillon Est, l'échantillon D3 a été prélevé sur l'entrait 2 du pavillon Ouest et les échantillons D4 à D6 viennent de différents *fusuma*¹⁰ du pavillon Ouest. Comme les bâtiments n'ont pu être démontés, nous n'avons pas le droit d'effectuer des prélèvements visibles et de tailles significatives, il a donc fallu en faire peu et non visibles.

Nous avons ensuite sélectionné les deux échantillons dont les coupes étaient les plus lisibles et les avons envoyés à Mechtild MERTZ, xylogue experte des bois japonais. Nous pouvons ainsi affirmer que D1 et D3 sont en mélèze (*Larix sp.*) et non *sugi* comme nous l'avions pensé au début de notre étude. D'autres analyses devront

⁹ <http://f030091.ffpri.affrc.go.jp/JWDB-E/home.php>

¹⁰ Porte coulissante opaque.

être menées afin de connaître son espèce et par conséquent de quel continent ils proviennent.

Kiso

En ce qui concerne la maison de Kiso, nous avons choisi de déterminer les espèces correspondantes aux moyennes M1 et M5 (bois K028 et K006) ainsi que deux types de conifères (K053 et K054) et deux essences que nous pensions différentes aux autres (bois plus dur, présence de faux-cernes : K055 et K064).

Nous avons pu déterminer que l'échantillon K053 est du chêne (*Quercus* sp.) et que le numéro K054 est de l'orme (*Ulmus* sp.). Quant aux quatre échantillons restants, nous n'avons pas pu les déterminer précisément.

Nous avons alors décidé de transmettre les images des trois plans de coupe des numéros K055 et K028 à Mme MERTZ afin qu'elle nous aide à identifier les essences. Cependant, nous n'avons pas pu obtenir une réponse définitive. Nous savons néanmoins qu'il s'agit très probablement d'une des quatre espèces de Cupressaceae suivantes : *hinoki* (*Chamaecyparis obtusa*), *sawara*¹¹ (*Chamaecyparis pisifera*), *nezuko*¹² – ou *kurobe* – (*Thuja standishii*) ou du *sugi* (*Cryptomeria japonica*).

Nous pouvons donc en conclure que même si nous n'avons pas pu identifier exactement les essences employées pour tous les bois, nous savons désormais que les mesures n'ont pas été réalisées sur les mêmes types de bois et sont donc difficilement comparables entre elles. Cela permet d'expliquer l'absence de concordances entre les moyennes de Kiso et d'AKAHN comme nous l'avons vu plus haut.

Polychromies

Fluorescence X et observation en microscopie optique de prélèvements

Nous avons analysé une partie des échantillons *in situ* (blanc, bleu-gris, gris, orange, enduit et le bois 1) ainsi qu'une autre partie au laboratoire (beige (AKPE1)

et deux échantillons de bois (AKPE2 et 5)).

Au cours des mesures *in situ*, nous nous sommes rendus compte que les éléments présents étaient quasiment toujours les mêmes et ce quelle que soit la couleur. Sans connaissance de la stratigraphie des murs peints, nous ne pouvons estimer la pénétration du faisceau et il nous est donc impossible d'être précis sur la composition de la première couche. Dans le cas de couches superposées, le faisceau peut traverser et le spectre de fluorescence X indique alors les éléments de l'ensemble des couches traversées. Afin d'en apprendre plus sur la stratigraphie, nous avons décidé de réaliser quelques coupes sur des prélèvements de peintures.

Voici les résultats obtenus grâce à l'observation microscopique :

Sur les cinq échantillons de peinture passés au microscope, nous avons un beige (AKPE1), deux gris foncés (AKPE3 et 4) et deux orangés (AKPO6 et 7).

Nous n'observons que deux couches de peinture beige sur AKPE1 alors qu'il y a trois couches pour les échantillons AKPE3 et 4 (deux gris foncés et une gris claire avec quelques inclusions bleues, Figure 3).

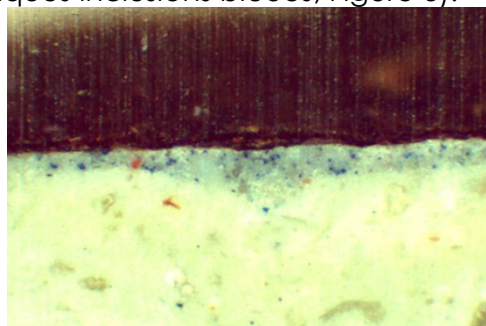


Figure 3 : Echantillon AKPE3 : couche gris bleutée sous les couches gris foncées.

Les deux derniers échantillons, AKPO6 et 7, sont les plus complexes car ils contiennent au moins 5 couches différentes. La première, située sur l'extérieur, est orangée en lumière naturelle alors que la seconde est plus rougeâtre. La troisième couche n'est visible uniquement qu'en lumière UV : elle est très fine (de l'ordre du micron) et présente une couleur blanchâtre. La quatrième est de couleur gris foncé et semble très proche de la seconde couche présente sur les échantillons AKPE3 et 4 (les couleurs sont très proches et les inclusions sont du même ordre de grandeur). Nous pouvons donc supposer qu'il pourrait s'agir

¹¹ Cyprès de Sawara (*Chamaecyparis pisifera*).

¹² Thuya du Japon (*Thuja standishii*).

des mêmes peintures. Enfin, la dernière couche est bleue foncée. Elle semble être composée de petites inclusions bleues (de l'ordre du micron) et de grosses inclusions blanches pouvant aller jusqu'à 50 µm. Toutes ces couches sont très hétérogènes et peuvent atteindre 10 à 180 µm d'épaisseur par couche pour un total de 150 à 400 µm (Figure 5).

Les bleus des couches internes des échantillons AKPE3, 4, AKPO6 et 7 sont composées de micro grains bleus qui, bien qu'en proportions totalement différentes, paraissent identiques. Ils ont en effet la même couleur et le même ordre de grandeur. Cela laisse à penser qu'il y a effectivement présence de peinture bleue comme semble le montrer les autochromes (Figure 4).



Figure 4 : Autochrome du début du XXe siècle : nous apercevons la peinture bleue dans le tokonoma et le tokowaki du pavillon Est

Analyse des résultats de fluorescence X :

La présence de plomb laisse à penser qu'il s'agit de peintures plutôt « anciennes » (avant les années 1990) mais nous ne pouvons le déterminer avec certitude car nous ne savons pas de quelle couche il provient.

La présence de fer pourrait expliquer les colorations rouges ou noires (présence d'hématite ou de magnétite). Cependant cet élément est présent aussi dans le beige, le blanc et l'enduit ce qui n'est pas explicable sans analyse plus approfondie de chaque couche de peinture.

Il est possible de simuler la transmission des rayons X à travers un matériau¹³. En se basant sur ce type de calcul et sur les épaisseurs relevées au microscope, nous pouvons dire que le cuivre (Figure 6) mesuré provient probablement des

couches bleues des échantillons orange et gris foncés.

Il faut toutefois souligner de fortes variations au sein d'une même zone colorée. Il est donc nécessaire de procéder à d'autres types d'analyses qui pourraient être plus précises comme par exemple le microscope électronique à balayage couplée à un spectromètre en dispersion d'énergie (MEB-EDS) qui nous permettrait de réaliser des mesures couche par couche.

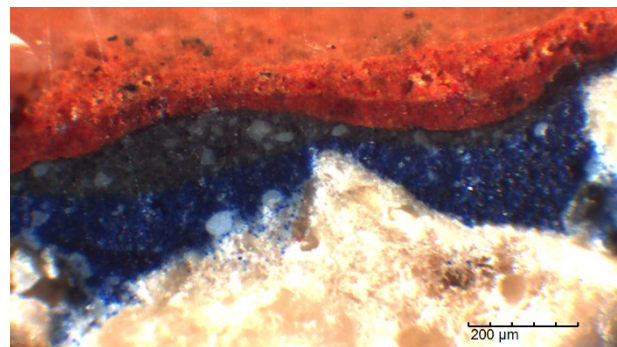
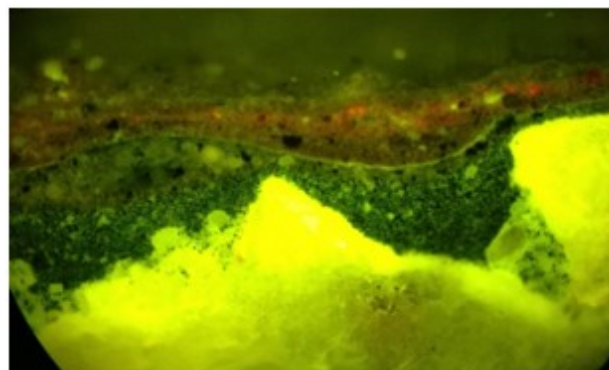


Figure 5 : Echantillon AKPO6 vu en lumière visible (ci-dessus) et UV (ci-dessous): nous pouvons bien voir les cinq couches successives dont la bleue « d'origine ».



En marge de ce travail, nous avons réalisé quelques analyses sur des échantillons de bois sur lesquels nous soupçonnions la présence d'un vernis.

La partie non vernie des bois (face intérieure) présente des pics de fer et de chlore plus faibles que la partie supposée vernie. Ces éléments étant présents dans la majorité des vernis, ces mesures nous incitent à penser que les bois ont pu en être recouverts. Cependant, ces résultats sont à prendre avec précaution en raison de la disparité des valeurs obtenues.

¹³ Filter Transmission : http://henke.lbl.gov/optical_constants/filter2.html

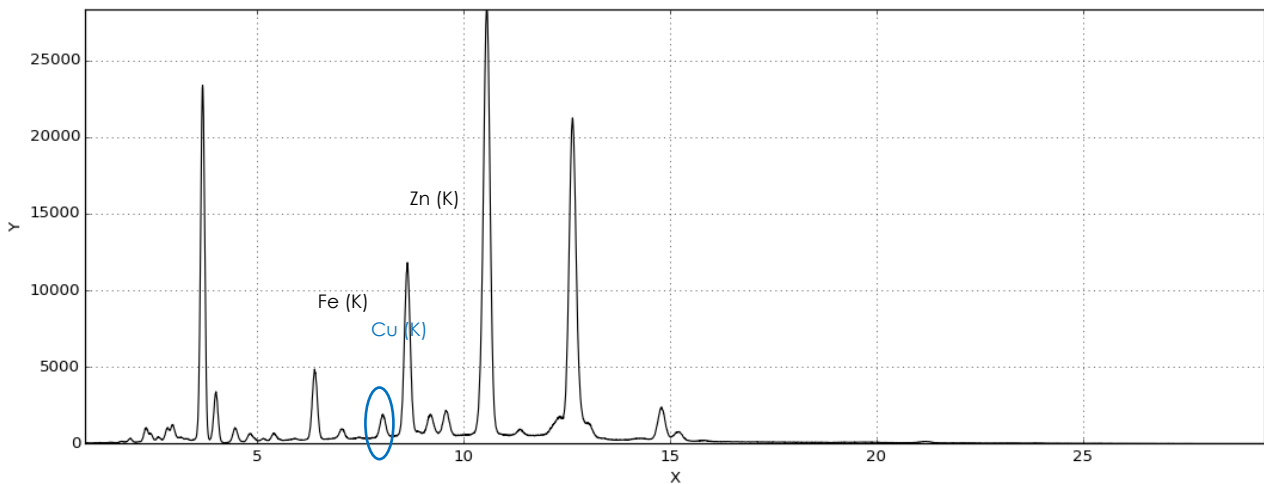


Figure 6 : Spectre de l'échantillon gris 1 : visualisation des éléments majeurs ainsi que la présence de cuivre (en bleu)

		L*	a*	b*	λ dominante (nm)
Maison Ouest	Orange	54,0	21,7	27,4	590,1
Maison Est	Gris foncé	19,4	0,6	2,7	581,9
	Bleu-gris	76,4	-4,5	7,3	565,0
	Beige	78,8	2,8	20,3	578,5
Référence (QPcard203)		L*	a*	b*	λ dominante (nm)
	Orange	56,2	38,4	56,2	592,2
	Gris très foncé	23,9	0,0	2,9	576,4
	Gris foncé	40,0	0,1	1,9	576,7
	Gris clair	82,6	0,2	4,4	576,9
	Bleu pastel	75,8	-21,0	-2,3	494,9
	Beige-jaune	85,8	3,4	40,1	577,8

Tableau 1 : Tableau des moyennes des mesures de colorimétrie par bâtiment et couleur ainsi que les références.

Colorimétrie

Les mesures colorimétriques ont été réalisées avant la découverte des différentes couches superposées de peinture. Elles ne pourront donc probablement pas servir lors de la restauration des deux pavillons. Il est cependant important de garder une trace des couleurs présentes avant les travaux afin de permettre de retracer leur évolution ainsi que de connaître l'état exact juste avant restauration. Les moyennes de ces résultats sont présentées dans le tableau 1.

Le bleu-gris semble plutôt être un gris clair. Les résultats des autres couleurs semblent cohérents, avec une variation plus marquée pour le gris foncé et le bleu-gris qui pourrait s'expliquer par le changement d'environnement lors des mesures (*in situ* ou au laboratoire).

Bilan et perspectives

Bois

En ce qui concerne la dendrochronologie, nous avons pu obtenir plusieurs moyennes (2 pour Kiso et 12 pour AKAHN). Et même si certaines sont plutôt étoffées (jusqu'à 31 échantillons et jusqu'à 233 années de chronologie), elles ne sont pas actuellement utilisables en l'état par manque de référentiels.

Les études de dendromorphologie nous ont permis d'affirmer que certains échantillons provenaient d'un même arbre. Ils nous ont aussi donné des indications sur la concordance des bois utilisés dans les pavillons Est et Ouest. Il est possible que ces derniers proviennent d'un même bâtiment à l'origine.

Enfin, les analyses xylogiques nous ont permis d'identifier un groupe d'essences possibles dans les maisons de Kiso et AKAHN. Nous avons au moins des *Cupressaceae*, du chêne et de l'orme

(Figure 7) pour la première et du Mélèze pour les deux pavillons. Nous n'avons pas les mêmes essences pour ces deux groupes d'échantillons ce qui explique l'absence de concordance lors du traitement des données.

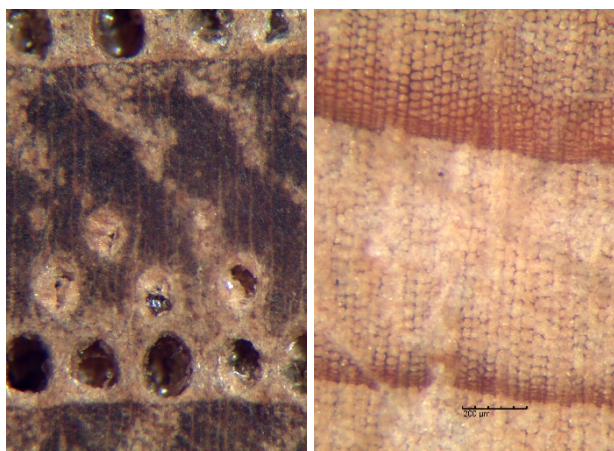


Figure 7 : Macrophotographies de surfaces transversales d'orme (K054) à gauche et de Cupressaceae (K028) à droite

Polychromies

Les analyses par fluorescence X nous montrent l'existence de plomb dans certaines peintures (bleu-gris, gris foncé, orange et dans l'enduit). Cependant, les différentes couches de peintures n'étant pas uniformes et probablement pas de même composition, il nous est difficile de savoir exactement de quelle couche cela provient.

Nous notons aussi la présence de cuivre dans les peintures gris foncé et orange. Nous avons vu précédemment que nous retrouvions sous ces deux couleurs de la peinture bleue ce qui semble correspondre aux autochromes du début du XXe siècle. Le faisceau de rayons X ayant probablement traversé les couches, il est fort probable que le cuivre provienne du bleu.

A ce stade nous pouvons uniquement avoir une vision globale de ces peintures ainsi que des éléments présents en grande quantité (éléments majeurs) comme le calcium ou encore le zinc.

En ce qui concerne la présence de vernis sur les bois, les premières analyses semblent aller dans ce sens. Ces résultats sont encourageants et permettent d'envisager la poursuite de ces analyses lors de la restauration.

Les mesures de colorimétrie, inutilisables pour la restauration car ne correspondant

pas à l'état d'origine, les mesures de colorimétrie permettront cependant de garder une trace des couleurs exactes actuellement présentes sur les bâtiments (bleu-gris, orange, beige et gris foncé) et donc de l'état avant restauration.

Perspectives

La phase exploratoire réalisée lors de cette étude est primordiale car elle va conditionner le reste des travaux et analyses :

- polychromies :
 - récupération d'un maximum de torchis/plâtre lors des démontages : analyses au MEB-EDS afin de déterminer les éléments présents dans chaque couche de peinture, identification du pigment bleu que nous supposons être celui « d'origine » (lors de la reconstruction en France),
 - mesures nécessaires pour les mortiers : si nous trouvons du torchis, il s'agit de murs bâtis selon les méthodes traditionnelles japonaises alors que s'il s'agit de plâtre, la méthode est occidentale,
 - analyse plus poussée sur des micro-prélèvements de bois potentiellement vernis : preuve de présence ou d'absence de vernis,
- dendrométrie :
 - par xylogie et micrographie : définition des essences et de leur provenance continentale (européenne, américaine ou japonaise),
 - dendrochronologie : datation des éventuelles phases de coupes, mesures sur les bois de charpente,
 - morphologie : restitutions des fragments d'arbres identiques, estimations du nombre d'arbres, de l'emplacement dans l'arbre, de leurs dimensions, appartenance des deux pavillons à une seule maison ou non, recherche de l'origine biogéographique,
 - échanges avec les spécialistes : du Japon pour la datation absolue et la dendroprovenance pour les éléments japonais mais aussi avec d'autres partenaires internationaux,
 - études des stigmates laissés sur les bois : traces d'outils, d'usages et d'usures ; restitutions de celles

attribuables à la mise en œuvre initiale des bois, du démontage au Japon et du remontage en France,

- un échange sur les techniques et les savoir-faire traditionnels avec une équipe de charpentiers japonais est également prévu,
- études architecturales lors du démontage,
- études des assemblages et des matériaux employés : les bois, clous, vis, chevilles, ligatures, etc. vont être étudiés de façon archéologique.

Toutes ces nouvelles analyses permettront d'en savoir plus sur les pavillons eux-mêmes ainsi que sur les conditions d'arrivée des matériaux et des éléments constitutifs en France et leur évolution. Nous pourrons aussi connaître précisément leur état lors de leur remontage en France et ainsi effectuer une restauration plus juste de l'état initial, état choisi pour leur restitution lors des travaux de 2015-2016.

Conclusion

Nous avons obtenus certains éléments qui laissent à penser que ces deux pavillons ont des bois de provenance identique et donc qu'ils pourraient appartenir à une seule maison à l'origine. Cela reste cependant à confirmer par des analyses à mener lors du démontage.

Cette étude nous a permis de faire quelques découvertes inattendues comme par exemple les essences des bois employés ou encore la couche de peinture bleue « d'origine ». Nous avons aussi enregistré les données des polychromies existantes qui vont disparaître lors de la restauration et dont les seules traces qui subsisteront seront des données d'archives. Ce travail de documentation est donc très important et sera complété par une analyse dendrométrique complète qui se poursuit actuellement pendant la restauration des pavillons (2015-2016).

Nous avons d'ores et déjà une meilleure connaissance et compréhension des deux pavillons japonais du jardin Albert KAHN et ce avant la restauration. Nous pouvons ainsi pu orienter les recherches à réaliser lors de ce projet et affiner le choix des

méthodes d'analyse qui ont été mises en place lors du démontage complet des pavillons.

Nous avons déjà montré les intérêts de l'interdisciplinarité (archéométrie, histoire et architecture) pour l'analyse de bâtiments importés du Japon.

Bibliographie

- CLUZEL, J.-S., HYUGA, S., NISHIDA, M., YAGAZAKI, Z., 2007 Expertise des pavillons japonais du musée Albert Kahn. Musée départemental des Hauts-de-Seine.
- DELAMARE, F., 1987 Vision et mesure de la couleur. In F. Delamare (dir.) 1987 Datation-Characterisation des peintures pariétales et murales. PACT 17, 195-222.
- DE VIGUERIE, L., 2009 Propriétés physico-chimiques et caractérisation des matériaux du *sfumato*. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie (Paris 6),
- GILLET, S., 2008 Colorimétrie 2008-2009, Université de Liège. <http://perso.latribu.com/shagar/steve/pdf/colorimetrie.pdf>
- LAVIER, C., COBBI, J., BRAGEU, R., ASENSI AMOROS, V., 2019 et 2011. From Kiso to Paris: The true story of a wooden Japanese house. Presentation COST (European cooperation in science and technology): final conference of cost actions IE0601.
- LAVIER, C., 2013 Archéodendrométrie sur objets et œuvres d'art à support-bois : savoir-faire technique, capacités, obstacles et alternatives, *Spectra ANALYSE*, 292 : 67-73
- LAVIER, C., LOCATELLI, C., POUSSET, D., 2013 Dendrochronologie et archéodendrométrie, évolution et développements. In F. Janot, G. Giuliano, D. Morin (Ed.). Indices et Traces, la mémoire des Gestes, 2011, Université de Lorraine, Presses Universitaires de Nancy, 257-295.
- LAVIER, C., CLUZEL, J.-S., 2014 Albert Kahn, Archéologie d'un Héritage Nippon présenté au International symposium WoodSciCraft 2014. Journées d'études du GDR 3544 Sciences du bois, Montpellier, Sept. 2014
- LAVIER, C., (sous presse) Archéodendrométrie et dendrochronologie, techniques, exemples et perspectives. In Bahain J.-P. (Dir.). *Les méthodes de datation en Préhistoire et en géologie du Quaternaire*, Vol.4, Artcom/Errance, Paris, 20 p.
- MERTZ, M., 2011. *Wood and Traditional Woodworking in Japan*. Kaiseisha press, Otsu (Japon).
- NISHI, K., HOZUMI, K., 2008 *What is Japanese Architecture? A survey of traditional Japanese architecture*. Kodansha international, Tokyo (Japon).
- SHIBUSAWA, E., 2000 Cahiers de voyages de la France de 1902. *Recherches de Shibusawa*, 13.